

รายงานผลงานประดิษฐ์คิดค้น

เรื่อง

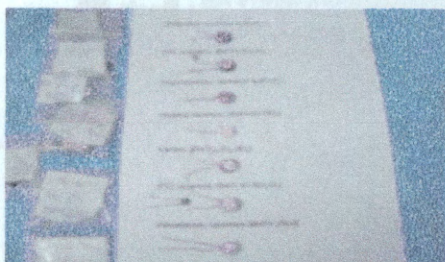
การประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์ (Electroceramic Applications)

ตอนที่ 1 สาธิตการประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์โดยมีการสร้างเครื่องมือที่ควบคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW

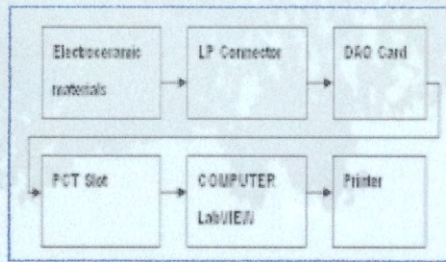
ตอนที่ 2 สาธิตการประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์โดยมีการสร้างเครื่องมือที่ควบคุมด้วยโปรแกรม Visual Basic

***** ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนเกี่ยวกับ “ การประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์ “
สามารถทดลองได้เป็นจำนวน 112 การทดลอง ต้นทุนที่ใช้ทำต่ำมาก
เกี่ยวกับ

หลักการ ขั้นตอน และกรรมวิธีที่ใช้ในการประดิษฐ์
ตลอดจนการใช้ประโยชน์ของผลงานประดิษฐ์คิดค้น



รูป ๑. คอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย LabVIEW



รูป ๒. ระบบเครื่องมือที่ควบคุมด้วย Visual Basic

โดย

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ และคณะ

Tongchai.p@psu.ac.th

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ประเภทสิ่งประดิษฐ์ ประจำปี 2550

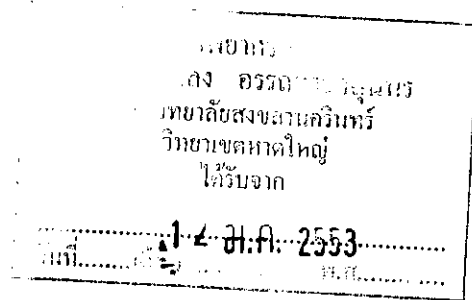
หัวหน้าผู้ประดิษฐ์คิดค้นและ/หรือผู้ร่วมประดิษฐ์คิดค้น

หัวหน้าผู้ประดิษฐ์คิดค้น

ชื่อ นายธงชัย นามสกุล พันธุ์เมธาฤทธิ์
 สัญชาติ ไทย คุณวุฒิ วท.ม. (ฟิสิกส์) อายุ 55 ปี
 อาชีพ ข้าราชการ ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ ระดับ 9
 หน่วยงานที่สังกัดและรหัสไปรษณีย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112
 หมายเลขโทรศัพท์ 01-9693081
 Email: Tongchai.p@psu.ac.th

ผู้ร่วมประดิษฐ์คิดค้น (นักศึกษาที่เรียนวิชาโครงการทางฟิสิกส์และวิทยานิพนธ์ทางฟิสิกส์)

กิงกานต์ เปาะทอง สุภารัตน์ อินทร์น้อย จิราภรณ์ ศรีพรม ยุภา ฤทธิ์โต สาธิตา ดรุณศิลป์
 พีรพรรณ แผงรักษ์ นิภาพร คำขุน สุภารัตน์ เกตุสิงห์ เมทินี ดุริยรัฐการ นีลดอนี พูลชาว
 สุโหลฆอ โด่หลี่ เขียวนุช มะธูระ จุฑารัตน์ บัวมีกลิ่น สุจารี ฤทธิภักดี ศิรินพร แก้วเมฆา



๒๖๐ เศรษฐิกานท์ อเล็กซานเดอร์ ว. วัจชัย
 โคมโครซอฟต์ อีแซลเบลล์ ว. วัจชัย
 พล ขันว. ว. วัจชัย
 สือทพรสอน ว. วัจชัย

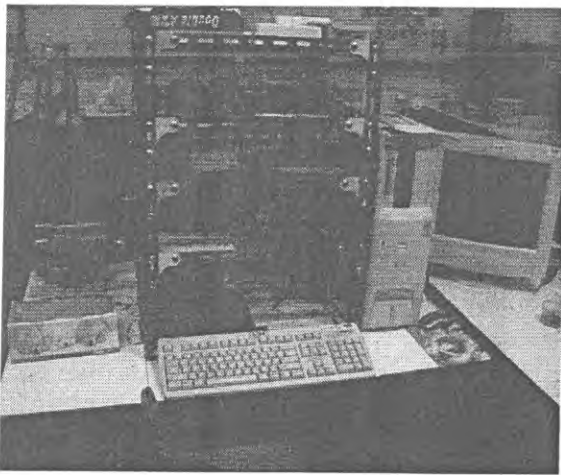
รูปภาพผลงานประดิษฐ์คิดค้น



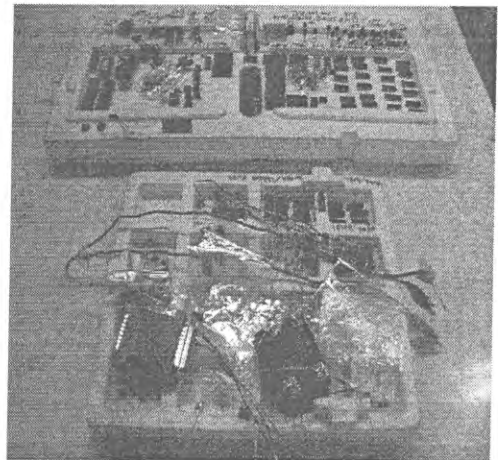
รูป ก รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์



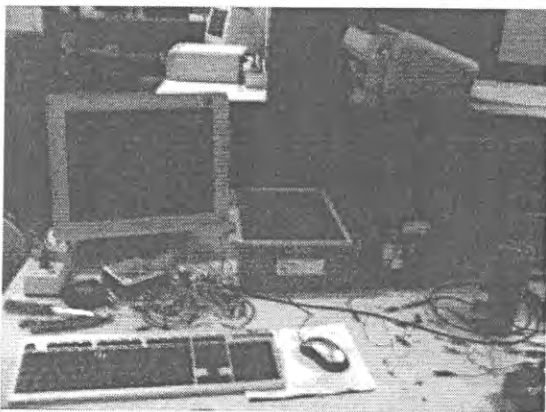
รูป ข คอมพิวเตอร์เชื่อม Fluke45 ที่ใช้ทดสอบวาริสเตอร์



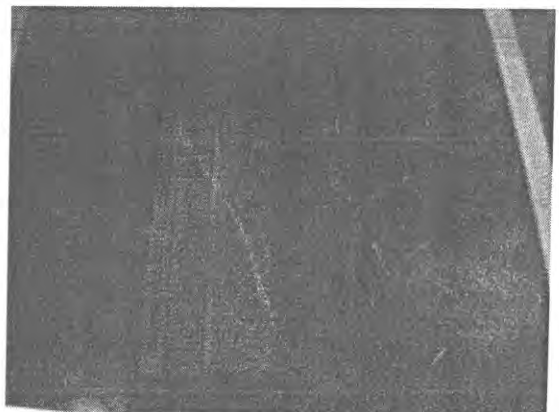
รูป ค ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย Visual Basic



รูป ง อุปกรณ์เชิงการคำนวณสำหรับต่อวงจรการวัด

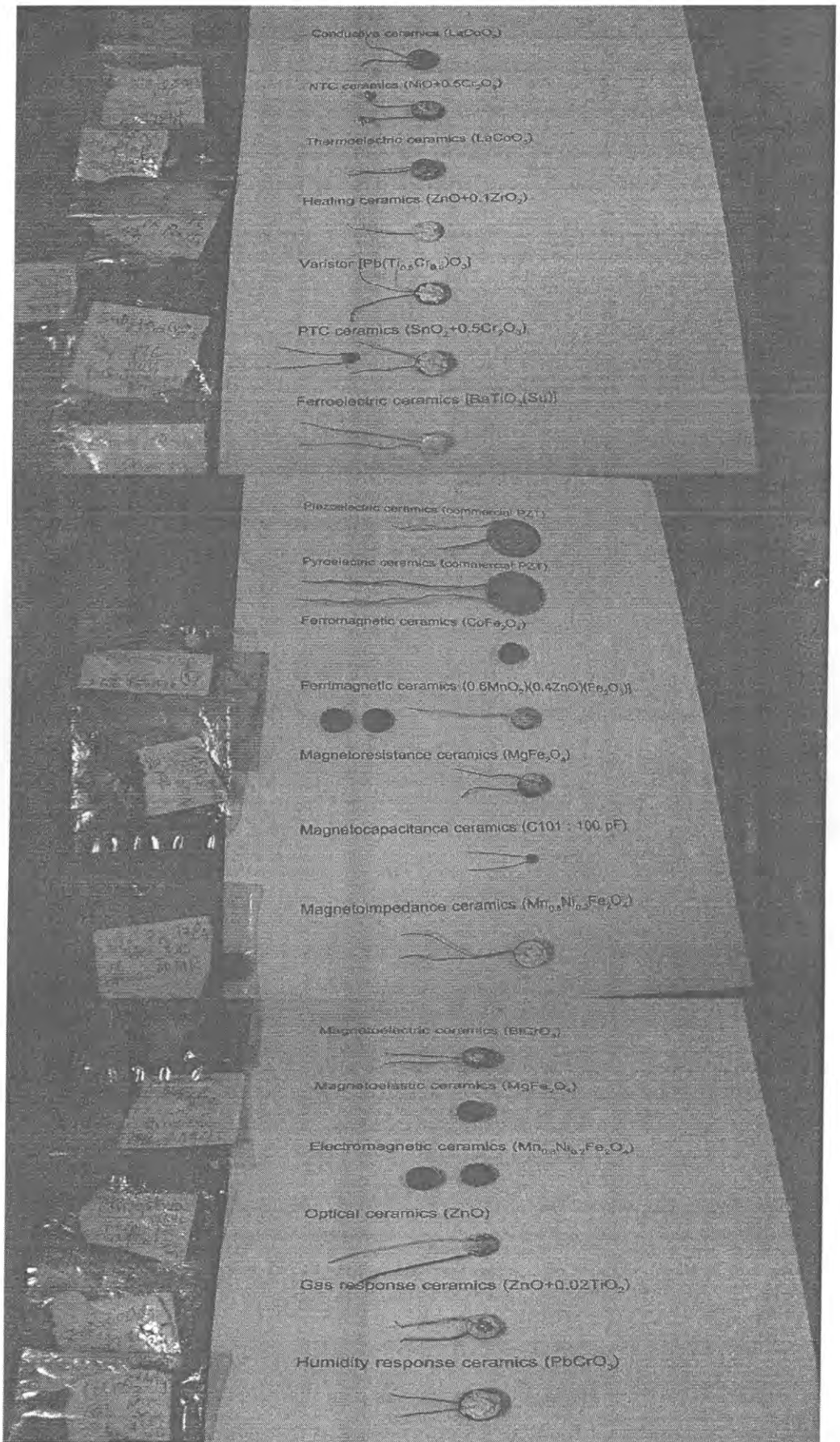


รูป จ คอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย LabVIEW



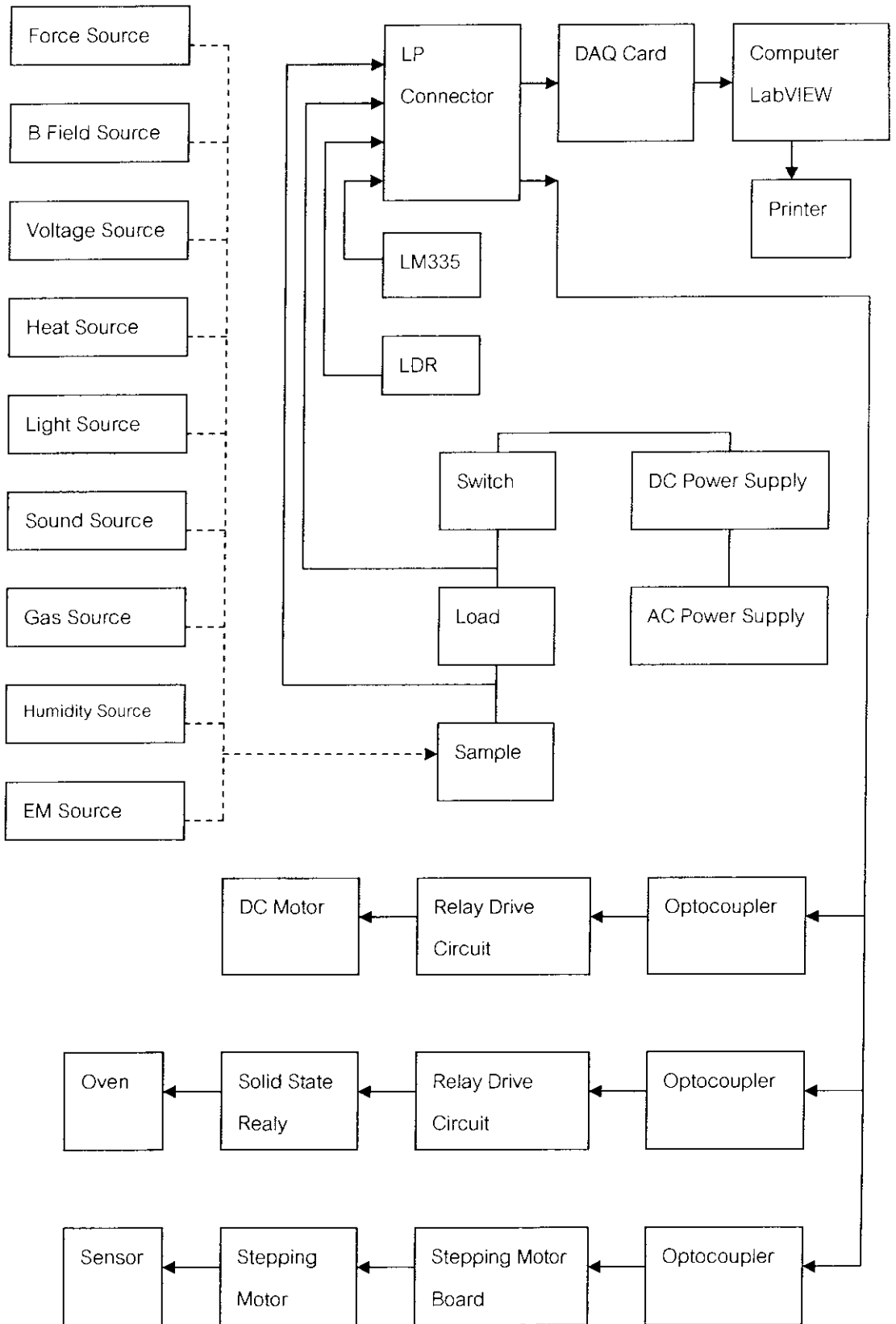
รูป ฉ บอร์ดสำหรับต่อวงจรและ LP connector

*** จุดเด่น คือ ผลงานประดิษฐ์คิดค้นนี้สามารถทดสอบวัสดุเป็นจำนวน 112 การทดลอง การจัดชุดทดลองแต่ละแบบจะมีการออกแบบ ทำการต่อวงจร เขียนโปรแกรม สั่ง RUN เพื่อดูผลการทำงาน สิ่งประดิษฐ์ที่ประกอบด้วยการทดลองย่อยๆจำนวนมากนี้ มีการลงทุนต่ำ สามารถสร้างชุดการทดลองโดยการจัดรูปแบบการต่อวงจรและเขียนโปรแกรมขึ้นใช้เอง

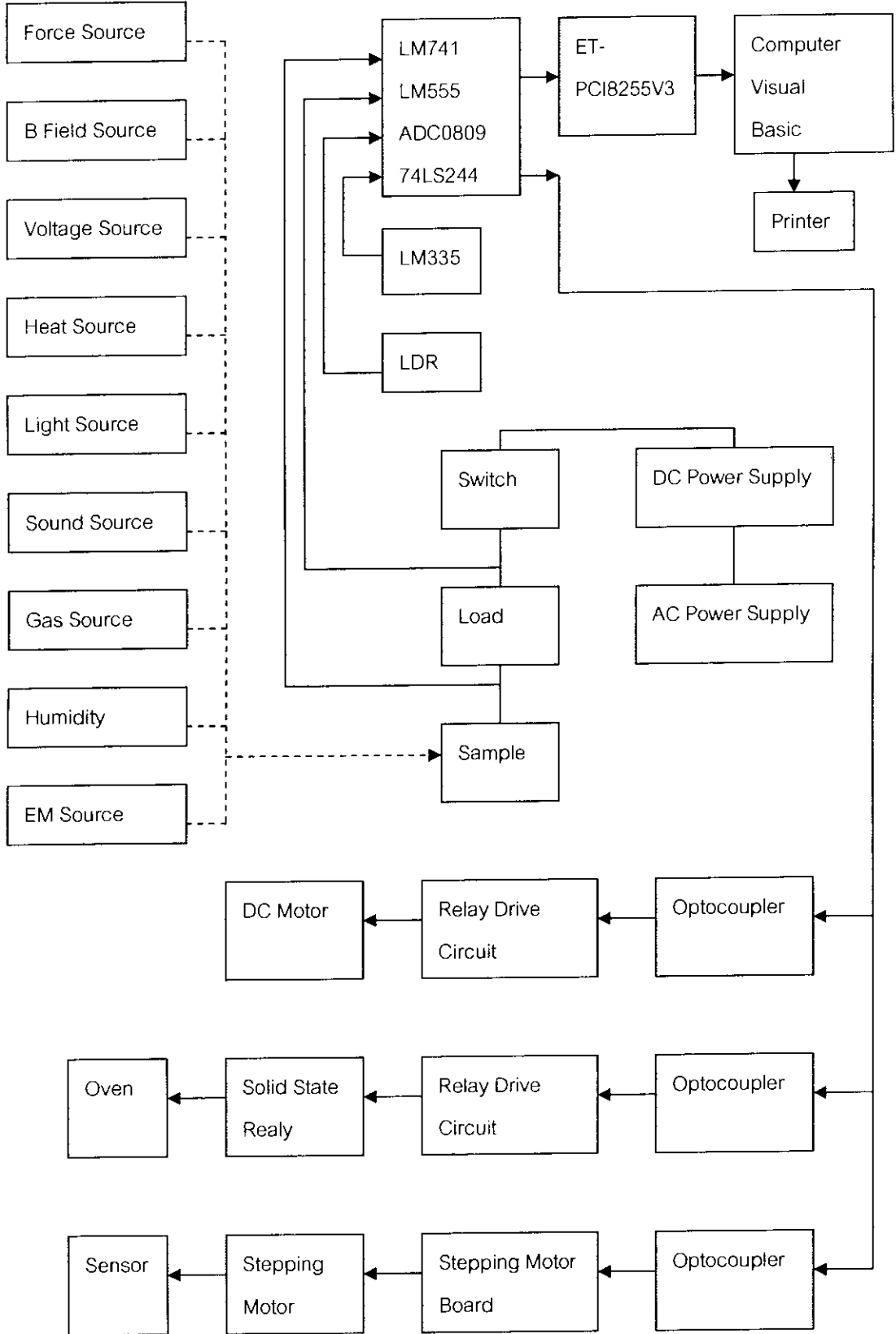


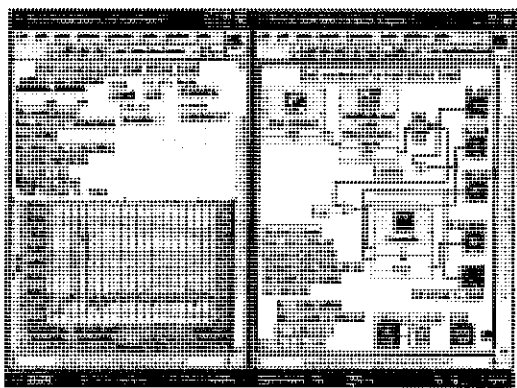
รูป ข สารตัวอย่างอิเล็กทรอนิกส์เซรามิกส์ที่ใช้ทดลอง

Computer-Assisted System For Electroceramic Tests

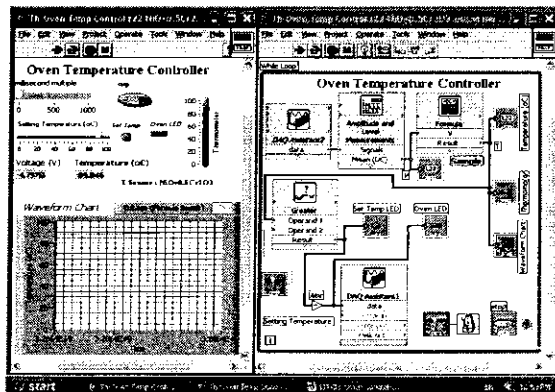


Computer-Assisted System For Electroceramic Tests

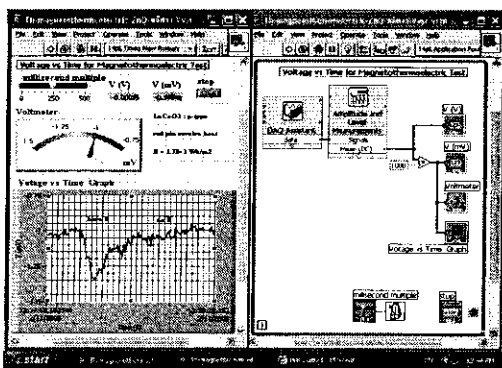




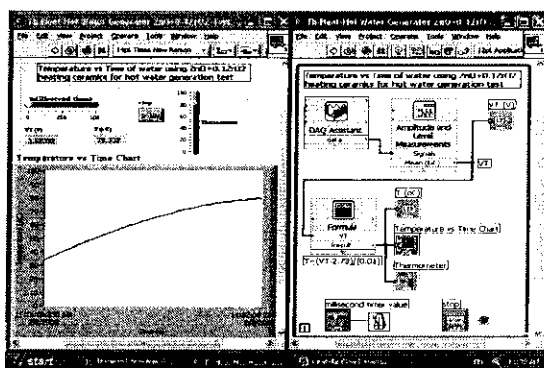
รูปที่ 1 ปรากฏการณ์ฮอลล์



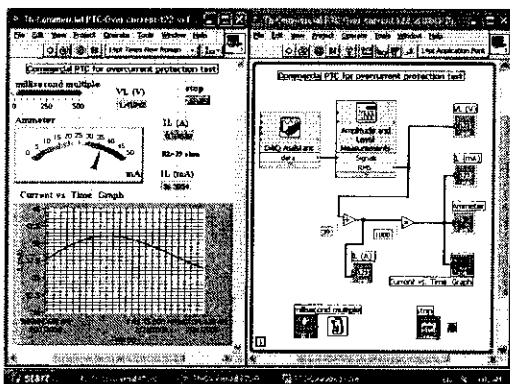
รูปที่ 2 อุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิ



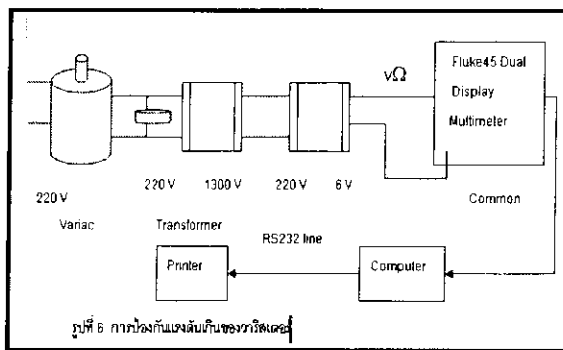
รูปที่ 3 แมกนีโตเทอร์มิโอเล็กตริก



รูปที่ 4 อุปกรณ์ทำน้ำร้อน

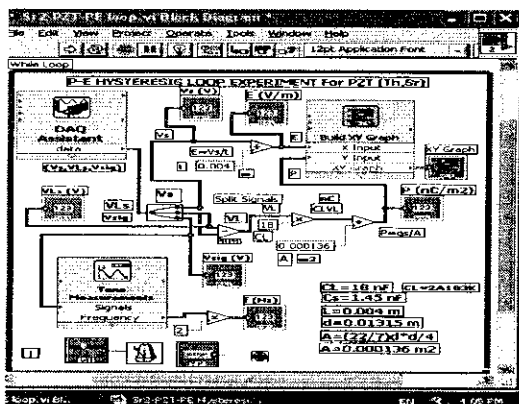


รูปที่ 5 อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน

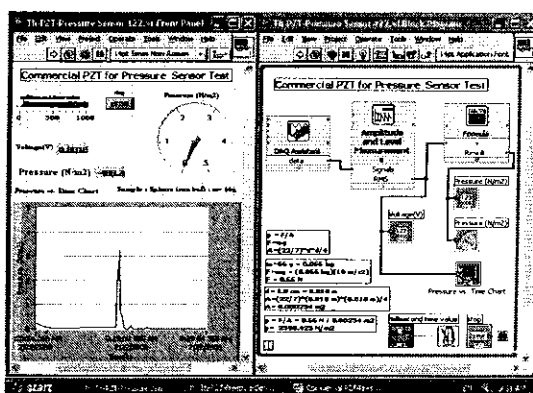


รูปที่ 6 กาววงจรกับแผงลิ้นทองเหลือง

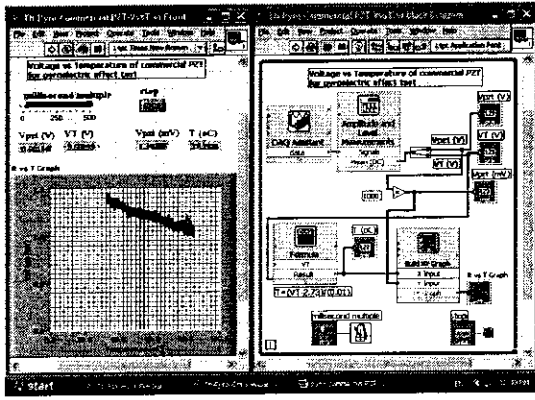
รูปที่ 6 อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกิน



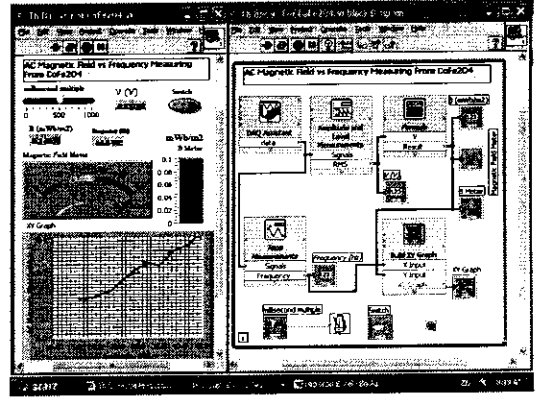
รูปที่ 7 วงการล้าไฟฟ้า(P-E)



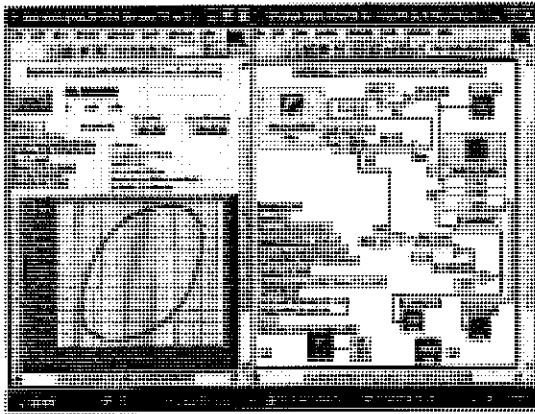
รูปที่ 8 หัววัดความดัน



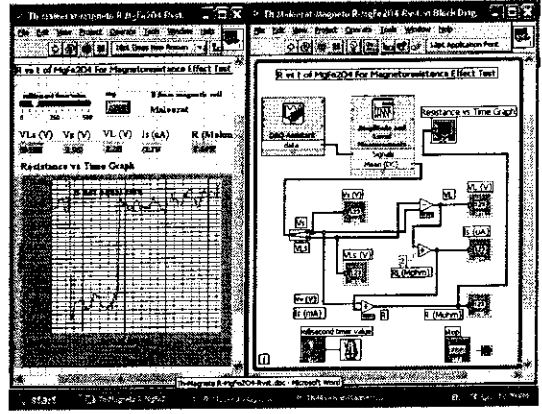
รูปที่ 9 อุปกรณ์ไพโรอิเล็กทริก



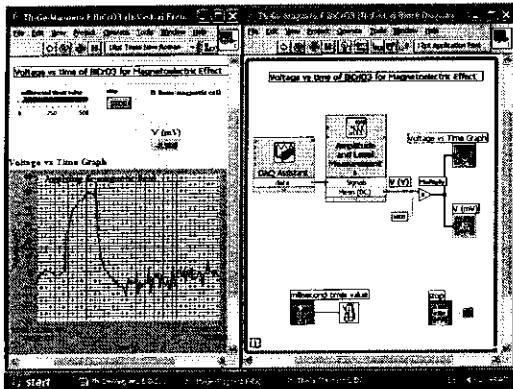
รูปที่ 10 การวัดสนามแม่เหล็ก



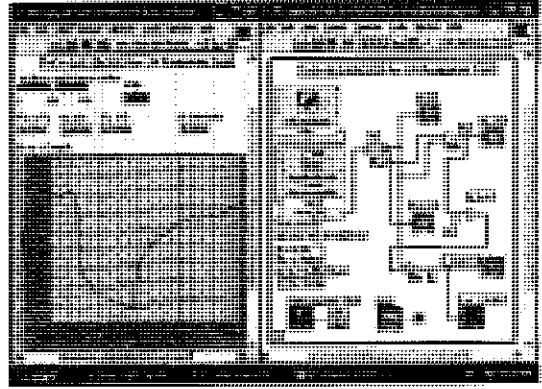
รูปที่ 11 วงการล้าแม่เหล็ก (B-H)



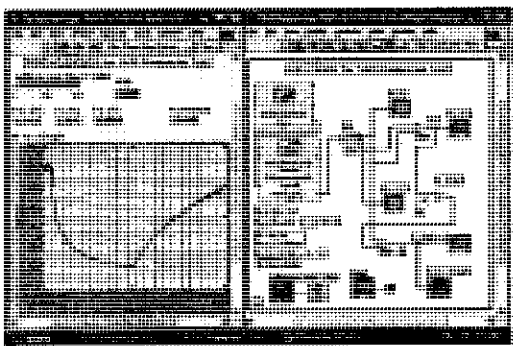
รูปที่ 12 ปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์



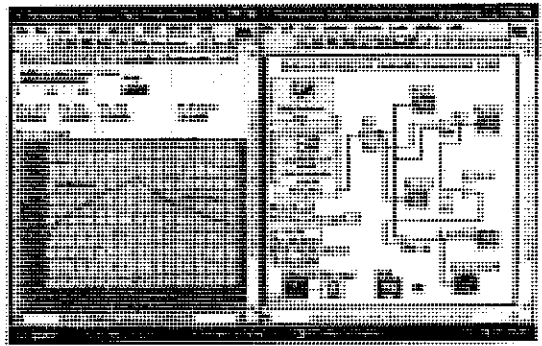
รูปที่ 13 ปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริก



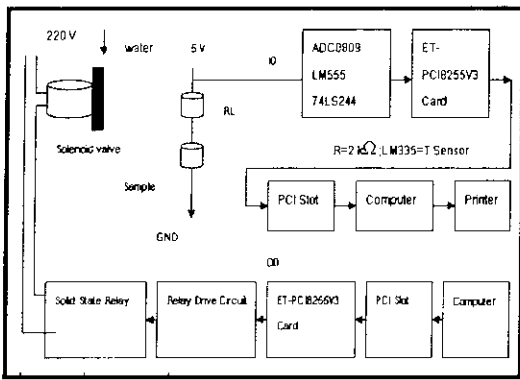
รูปที่ 14 การตอบสนองต่อแสง UV



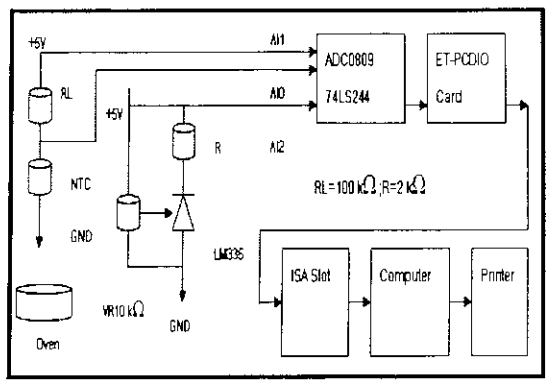
รูปที่ 15 เซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย



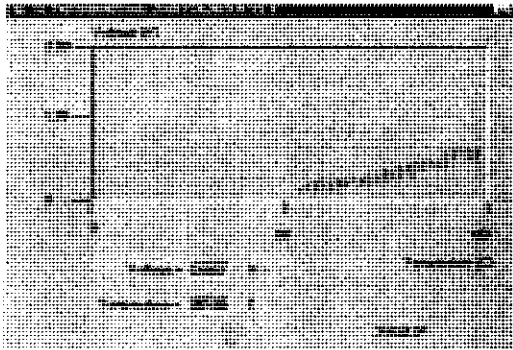
รูปที่ 16 อุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้น



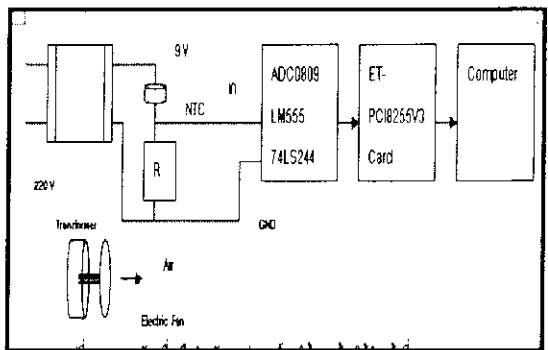
รูปที่ 1 อุปกรณ์วัดระดับของเหลว



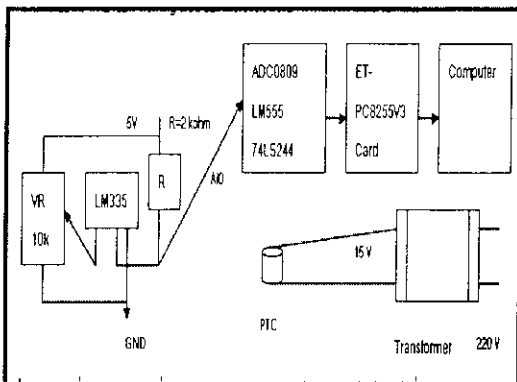
รูปที่ 2 หัววัดอุณหภูมิ



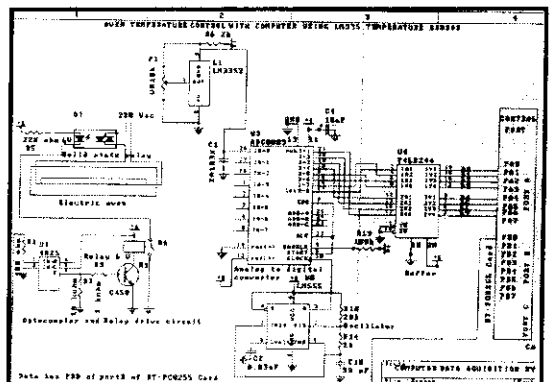
รูปที่ 3 อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก



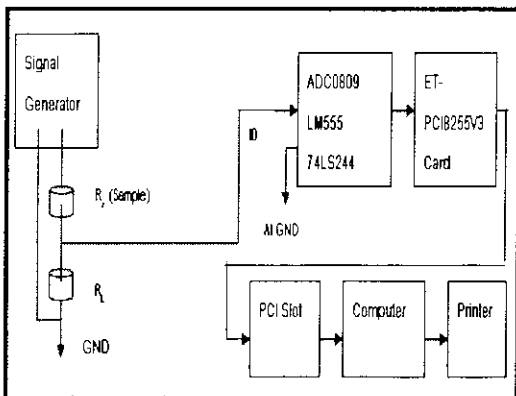
รูปที่ 4 อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ



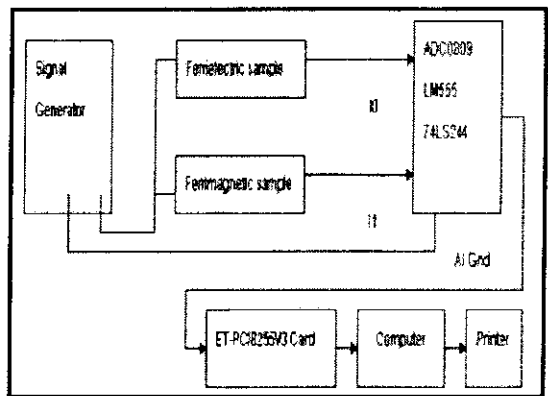
รูปที่ 5 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิคิงท์



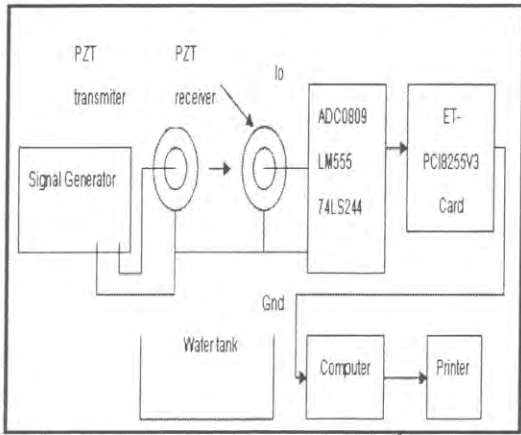
รูปที่ 6 ระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบ



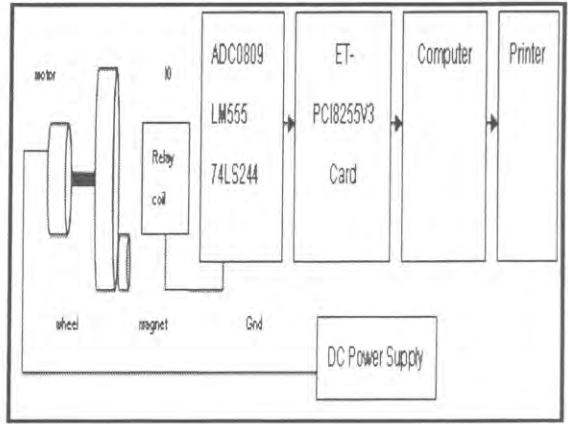
รูปที่ 7 อุปกรณ์การกรองแรงดันไฟฟ้า



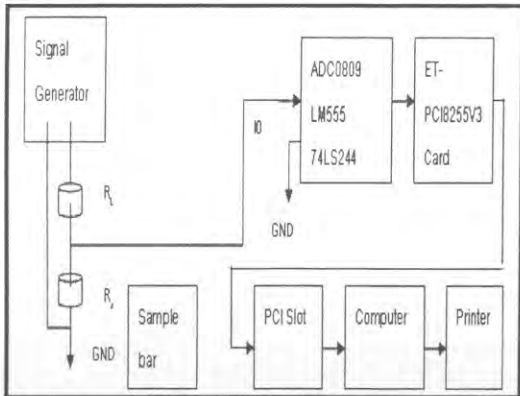
รูปที่ 8 อุปกรณ์เลือกความถี่



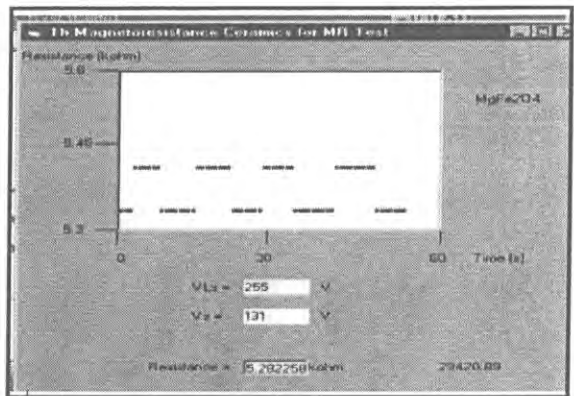
รูปที่ 9 อุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำ



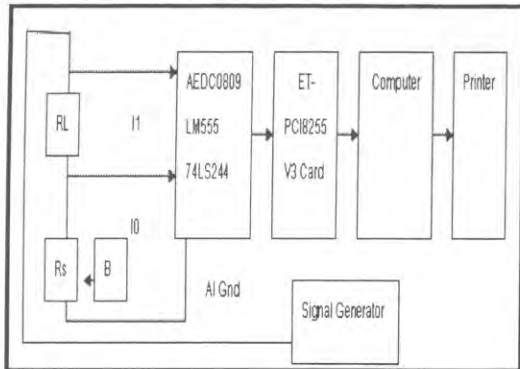
รูปที่ 10 อุปกรณ์วัดสนามแม่เหล็ก



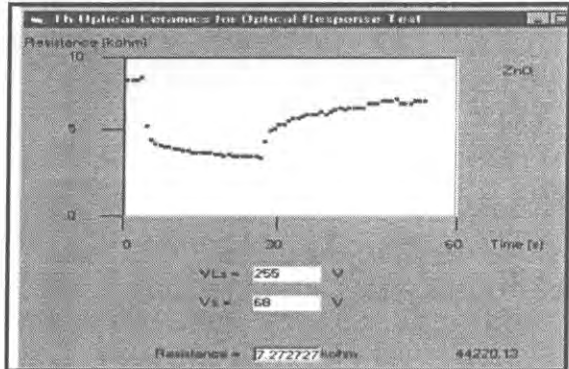
รูปที่ 11 อุปกรณ์ตรวจวัดชนิดของโลหะ



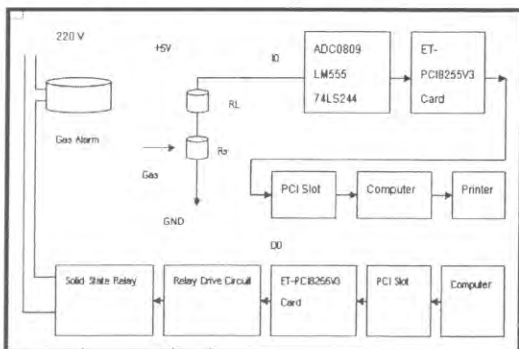
รูปที่ 12 อุปกรณ์แมกนีโตริซิสแตนซ์



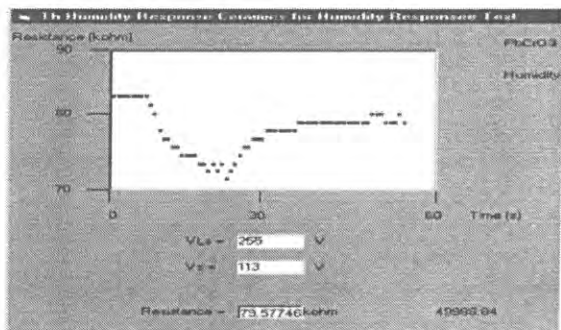
รูปที่ 13 อุปกรณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์



รูปที่ 14 อุปกรณ์ตอบสนองต่อแสง UV



รูปที่ 15 อุปกรณ์สวิทซ์ก๊าซ



รูปที่ 16 อุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้น

คำนำ

รายงานฉบับนี้เกี่ยวข้องกับสิ่งประดิษฐ์ เรื่อง " การประยุกต์ใช้งานของอิเล็กโตรเซรามิกส์ (Electroceramic Applications) " ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเภทสิ่งประดิษฐ์และงานต้นแบบ ประจำปี 2550 เป็นจำนวน 42,000 บาท สิ่งประดิษฐ์นี้ประกอบด้วยเนื้อหา 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 สาธิตการประยุกต์ใช้งานของอิเล็กโตรเซรามิกส์โดยมีการสร้างเครื่องมือที่ควบคุมการวัด ด้วยโปรแกรม LabVIEW

ตอนที่ 2 สาธิตการประยุกต์ใช้งานของอิเล็กโตรเซรามิกส์โดยมีการสร้างเครื่องมือที่ควบคุมการวัด ด้วยโปรแกรม Visual Basic

เซรามิกส์นำไฟฟ้า (conductive ceramics), เซรามิกส์เอ็นทีซี (NTC ceramics), เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กตริก (thermoelectric ceramics), เซรามิกส์ให้ความร้อน (heating ceramics), เซรามิกส์วาริสเตอร์ (varistor ceramics), เซรามิกส์พีทีซี (PTC ceramics), เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริก (ferroelectric ceramics), เซรามิกส์เพียโซอิเล็กตริก (piezoelectric ceramics), เซรามิกส์ไพโรอิเล็กตริก (pyroelectric ceramics), เซรามิกส์เฟอร์โรแมกเนติก (ferromagnetic ceramics), เซรามิกส์เฟอร์ริแมกเนติก (ferrimagnetic ceramics), เซรามิกส์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ (magnetoresistance ceramics), เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กตริก (magnetolectric ceramics), เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ (magnetoimpedance ceramics), เซรามิกส์แมกนีโตอีลาสติก (magnetoelastic ceramics), เซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic ceramics), เซรามิกส์เชิงแสง (optical ceramics), เซรามิกส์การตอบสนองต่อก๊าซ (gas response ceramics), เซรามิกส์ตอบสนองต่อความชื้น (humidity response ceramics)

สิ่งประดิษฐ์ที่ทำขึ้นนี้มีลักษณะเป็นสื่อการเรียนการสอนเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้งานของอิเล็กโตรเซรามิกส์ งบประมาณที่ใช้สำหรับสิ่งประดิษฐ์และงานต้นแบบนี้ต่ำมาก สามารถนำไปใช้ทดสอบอิเล็กโตรเซรามิกส์ได้ถึง 112 การทดลอง (LV : 77 ; VB : 35) มีประโยชน์ต่อนิสิตนักศึกษาตลอดจนอาจารย์ที่สนใจทางด้านนี้และจะนำไปใช้สำหรับการเรียนการสอนและอุตสาหกรรมต่อไป

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์

23 เมษายน พ.ศ. 2552

การประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาสุทธิ

กิ่งกานต์ เปาะทอง สุดารัตน์ อินทร์น้อย จิราภรณ์ ศรีพรม ยุกา ฤทธิโต สาธิตญา ดรุณศิลป์
 พิรพรรณ แผงรักษ์ นิภาพร คำขุน สุธารัตน์ เกตุสิงห์ เมทินี ดุริยรัฐการ นีจดอนี พูลชาว
 สุโหลซอ ไต่หลี่ เยาวนุช มะรุระ จุฑารัตน์ บัวมีกลิ่น สุจารี ฤทธิภักดี ศิรินพร แก้วเมฆา
 รวงศาสตราจารย์ นักศึกษาฝึกหัด ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

อีเมล : tongchai.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก่อนสารอิเล็กทรอนิกส์วัสดุตั้งต้นที่เป็นผง ได้คัดเลือกอุปกรณ์สาร
 กึ่งตัวนำสำหรับใช้เป็นหัววัด ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP, การ์ด
 NI PCI-6221 และแลปวิว ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วย ADC0809, 74LS244 การ์ด
 ET-PCI8255V3 และวิซวลเบสิก วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้สาธิตการประยุกต์ใช้งาน วัสดุอิเล็กทรอนิกส์ที่
 ได้รับการศึกษา ได้แก่ เซรามิกนำไฟฟ้า เซรามิกเอ็นทีซี เซรามิกเทอร์โมอิเล็กทริก เซรามิกให้ความร้อน
 เซรามิกวาริสเตอร์ เซรามิกพีทีซี เซรามิกเฟอร์โรอิเล็กทริก เซรามิกเพียโซอิเล็กทริก เซรามิกไพโรอิเล็ก
 ทริก เซรามิกเฟอร์โรแมกเนติก เซรามิกเฟอร์ริแมกเนติก เซรามิกแมกนีโตรีซิสแตนซ์ เซรามิกแมกนีโตอิ
 เล็กทริก เซรามิกแมกนีโตอิมพีแดนซ์ เซรามิกแมกนีโตอ็ลัสติก เซรามิกแม่เหล็กไฟฟ้า เซรามิกเชิงแสง
 เซรามิกการตอบสนองต่อก๊าซและเซรามิกการตอบสนองต่อความชื้น ผลที่ได้จะนำไปใช้เป็นการเรียนการสอน
 คำสำคัญ: เซรามิกนำไฟฟ้า เซรามิกเอ็นทีซี เซรามิกเทอร์โมอิเล็กทริก เซรามิกให้ความร้อน
 เซรามิกวาริสเตอร์ เซรามิกพีทีซี เซรามิกเฟอร์โรอิเล็กทริก เซรามิกเพียโซอิเล็กทริก
 เซรามิกไพโรอิเล็กทริก เซรามิกเฟอร์โรแมกเนติก เซรามิกเฟอร์ริแมกเนติก
 เซรามิกแมกนีโตรีซิสแตนซ์ เซรามิกแมกนีโตอิเล็กทริก เซรามิกแมกนีโตอิมพีแดนซ์
 เซรามิกแมกนีโตอ็ลัสติก เซรามิกแม่เหล็กไฟฟ้า เซรามิกเชิงแสง เซรามิกการตอบสนอง
 ต่อก๊าซ เซรามิกการตอบสนองต่อความชื้น แลปวิว วิซวลเบสิก

Electroceramic Applications

Thongchai Panmatarith

Kingkan Poathong Sudarat Innoi Chiraporn Sriprom Yupa Ritto

Satiya Daroonsin Peerapan Pangrak Nipaporn Damkhun Sutharat Katesing

Methinee Duriyaratkan Nod-Inee Poolkhao Sulaikho Doolee Yoawanoot Mathura

Jutharat Buameeklin Sujaree Rittipakdee Sirinporn Keawmeka

Assoc. Prof., Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics,

Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.

Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

Abstract

This project involves sample preparation from starting materials in powder form.

Semiconductor devices were selected as sensor . Instruments for sample testing that composed of LP connector, NI PCI-6221 Card and LabVIEW and composed of ADC0809, 74LS244 , ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic were constructed. Physical property of the samples were measured.

Application of the samples were demonstrated. The studied electroceramic materials were such as conductive ceramics, NTC ceramics, thermoelectric ceramics, heating ceramics, varistor ceramics, PTC ceramics, ferroelectric ceramics, piezoelectric ceramics, pyroelectric ceramics, ferromagnetic ceramics, ferrimagnetic ceramics, magnetoresistance ceramics, magnetoelectric ceramics, magnetoimpedance ceramics, magnetoelastic ceramics, electromagnetic ceramics, optical ceramics, gas response ceramics and humidity response ceramics.

Keyword : conductive ceramics , NTC ceramics , thermoelectric ceramics , heating ceramics , varistor ceramics , PTC ceramics , ferroelectric ceramics , piezoelectric ceramics , pyroelectric ceramics , ferromagnetic ceramics , ferrimagnetic ceramics , magnetoresistance ceramics , magnetoelectric ceramics , magnetoimpedance ceramics , magnetoelastic ceramics , electromagnetic ceramics , optical ceramics , gas response ceramics , humidity response ceramics, LabVIEW, Visual Basic

สารบัญ

หัวหน้าผู้ประดิษฐ์คิดค้นและหรือผู้ร่วมประดิษฐ์คิดค้น	ก
รูปภาพผลงานประดิษฐ์คิดค้น	ข
คำนำ	ณ
กิตติกรรมประกาศ	ง
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ฐ
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ฑ
สารบัญ	ท
หลักการ ขั้นตอน และกรรมวิธีที่ใช้ในการประดิษฐ์ตลอดจนการใช้ประโยชน์ของผลงานประดิษฐ์คิดค้น	1
<u>ตอนที่ 1</u> สาธิตการประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์โดยมีการสร้างเครื่องมือที่ควบคุมการวัดด้วยโปรแกรม LabVIEW	2
บทคัดย่อ (ภาษาไทย) แบบขยาย	๖
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) แบบขยาย	๙
0. การเตรียมการขั้นต้น	16
0.1 การเตรียมสารตัวอย่าง	
0.2 การทำความเข้าใจระบบการวัดด้วยคอมพิวเตอร์ที่ใช้โปรแกรมแลปวิว	
0.3 การใช้โปรแกรมแลปวิว (LabView)	
1) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้า อุปกรณ์วัดระดับของของเหลวตัวดูดกลืนอินฟราเรด อุปกรณ์แบ่งแรงดันไฟฟ้าและอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ฮอลล์	๒๗
2) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิ อุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้า การวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิโดยใช้มอเตอร์สแตปป์ิงควบคุมอุณหภูมิ	40
3) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อน หัววัดพัลส์ความร้อนและอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริก	๕3
4) การประยุกต์ใช้ของสารให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ให้ความร้อน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศและอุปกรณ์ทำน้ำร้อนขนาดเล็ก การวัดและควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อน	63
5) การประยุกต์ใช้ของวาริสเตอร์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์วาริสเตอร์และอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกิน	๗5
6) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แบบพีทีซีให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่และอุปกรณ์สวิตซ์หน่วงเวลา	84
7) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าตรงและการวัดเสียง	๙๙
8) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าสลับและอุปกรณ์เลื่อนเฟส	
9) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูง อุปกรณ์คอปปลิ่งและอุปกรณ์วัดความถี่ การวัดการตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเปลือกอหอยแครงและยาง	124

- 10) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริกเป็นอุปกรณ์สาริตการวัดวงการล้าไฟฟ้า อุปกรณ์เลือกความถี่ อุปกรณ์พรอกซิมิตี้ความจุและอุปกรณ์สาริตการวัดปรากฏการณ์อิเล็กทรอนิกส์ไดรอสติก 144
- 11) การประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์เพียโซอิเล็กตริกและไพโรอิเล็กตริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) หัววัดการสั่น หัววัดความดัน อุปกรณ์สาริตการส่งและการรับคลื่นน้ำ อุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์ไพโรอิเล็กตริกและการทดสอบอุปกรณ์อุลตราโซนิคส์ 159
- 12) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โรให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์สาริตการวัดแรงแม่เหล็ก อุปกรณ์วัดความถี่และความเร็ว อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์วัดแผ่นดินไหว และการผลิตไฟฟ้าจากลม 172
- 13) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริเป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนียวนำตัวเอง อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน อุปกรณ์เลื่อนเฟส การวัดการตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของแผ่นดีสค์ 177
- 14) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริเป็นอุปกรณ์สำหรับสาริตการออกซิลเลตแบบหมุนวง 208
- กำหนดแบบอนุกรม RLC การสั่น LC และกำหนดแบบขนาน LC
- 15) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริเป็นอุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูปของแท่งโลหะ อุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดชนิดของโลหะและอุปกรณ์พรอกซิมิตี้ 218
- 16) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริเป็นอุปกรณ์สาริตค่าความเหนียวนำรวม แกนของหม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟโรแมกเนติก 228
- 17) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริเป็นอุปกรณ์สาริตวงฮิสเทอรีซิสแม่เหล็ก แกนของคอยล์อากาศ และหัววัดตำแหน่ง 239
- 18) การประยุกต์ใช้งานให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์และปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ 257
- 19) การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กตริก แม่เหล็กไฟฟ้าและแมกนีโตอิเล็กทรอนิกส์ 267
- 20) การวัดการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงและการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตซ์แสงอุลตราไวโอเล็ต 278
- 21) การวัดตอบสนองของเซรามิกส์ที่มีต่อก๊าซฮีทานอล เมทานอล แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์ หงส์ทอง อะซีโตน เอทิลแอลกอฮอล์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ก๊าซ 285
- 22) การวัดการตอบสนองของเซรามิกส์ที่มีต่อความชื้นและอุปกรณ์สวิตซ์ความชื้น 301
- 23) การกวนสารละลายให้ความร้อนโดยใช้เซรามิกส์เอ็นทีซีเป็นหัววัด 312
- ตอนที่ 2 สาริตการประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์โดยมีการสร้างเครื่องมือที่ควบคุมการวัด 320
- ด้วยโปรแกรม Visual Basic
- บทคัดย่อ (ภาษาไทย) แบบขยาย 320
- บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) แบบขยาย 325
0. การเตรียมการขั้นต้น 330
- 0.1 การเตรียมสารตัวอย่าง
- 0.2 การทำความเข้าใจระบบการวัดด้วยคอมพิวเตอร์ที่ใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก
- 0.3 การใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual Basic)
- 1) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลว

- 2) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิและการสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้า 364
 - 3) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก 380
 - 4) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศและอุปกรณ์ทำน้ำร้อนขนาดเล็ก 390
 - 5) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีสำหรับระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมคอปเปิลเป็นหัววัด 400
 - 6) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์พีซีทีให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์พีซีที อุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกินและอุณหภูมิควบคุมอุณหภูมิคงที่ 405
 - 7) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์เก็บและคายประจุไฟฟ้า อุปกรณ์การกรองแรงดันไฟฟ้า อุปกรณ์คอปปลิ่ง อุปกรณ์เลือกความถี่และอุปกรณ์เฟอร์โรอิเล็กทริก 421
 - 8) การประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดการสั่น อุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำ 436
 - 9) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์การวัดสนามแม่เหล็ก 442
 - 10) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้า อุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดชนิดของโลหะและอุปกรณ์สำหรับการออสซิลเลตแบบหน่วง 449
 - 11) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้า 462
 - 12) การประยุกต์ใช้งานให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตริซิสแตนซ์และอุปกรณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ 464
 - 13) การประยุกต์ใช้งานให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอิเล็กทริกและอุปกรณ์แมกนีโตออสซิลเลต 478
 - 14) การวัดการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงและการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตซ์แสงอุลตราไวโอเล็ต 486
 - 15) การวัดตอบสนองของเซรามิกส์ที่มีต่อก๊าซแอมโมเนียและการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ก๊าซ 494
 - 16) การวัดการตอบสนองของเซรามิกส์ที่มีต่อความชื้น 502
 17. การใช้วัสดุเบสิกวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับระยะทางข้างเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดและมอดูเลตอร์สเตปป์ิ่งกำหนดตำแหน่ง 506
 18. การควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้า 509
- บรรณานุกรม 514
- ภาคผนวก 521
- แบบฟอร์มการเสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเภทสิ่งประดิษฐ์ ประจำปี 2550 521
 - รูปภาพผลงานประดิษฐ์คิดค้น (ต่อ) 564
 - บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ 586

หลักการ ขั้นตอน และกรรมวิธีที่ใช้ในการประดิษฐ์ทดลองจน การใช้ประโยชน์ของผลงานประดิษฐ์คิดค้น

ตอนที่ 1 สาธิตการประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์โดยมี
การสร้างเครื่องมือที่ควบคุมการวัดด้วยโปรแกรม LabVIEW

ตอนที่ 2 สาธิตการประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์โดยมี
การสร้างเครื่องมือที่ควบคุมการวัดด้วยโปรแกรม Visual Basic

ตอนที่ 1

สถิติการประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์โดยมีการสร้างเครื่องมือที่ควบคุมการวัดด้วย LabVIEW

การประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาสุทธิ

กิงกานต์ เปาะทอง จิราภรณ์ ศรีพรม สาธิตา ดรุณศิลป์ พีรพรรณ แผงรักษ์
 สุธาร์ตน์ เกตุสิงห์ เมทินี ดุริยรัฐการ นีลดา ไชยกุล เยาวนุช มะธุระ
 จุฑารัตน์ บัวมีกลิ่น ศิริพร แก้วเมฆา

รองศาสตราจารย์ นักศึกษาฝึกหัด ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก่อนสารเซรามิกส์ตัวนำจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP , การ์ด DAQ และ แลปวิว วัสดุอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับการศึกษา ได้แก่ เซรามิกส์นำไฟฟ้า เซรามิกส์อินทรี เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก เซรามิกส์ให้ความร้อน เซรามิกส์วาริสเตอร์ เซรามิกส์พีทีซี เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริก เซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก เซรามิกส์ไพโรอิเล็กทริก เซรามิกส์เฟอร์โรแมกเนติก เซรามิกส์เฟอร์ริแมกเนติก เซรามิกส์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ เซรามิกส์แมกนีโตอีลาสติก เซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า เซรามิกส์เชิงแสง เซรามิกส์การตอบสนองต่อก๊าซและเซรามิกส์ตอบสนองต่อความชื้น

เซรามิกส์นำไฟฟ้า

ตัวต้านทานไฟฟ้าที่ได้รับการศึกษา ได้แก่ สาร LaCoO_3 มีความต้านทาน 47.30Ω และสาร $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ มีความต้านทาน 183.96Ω ค่าความต้านทานของสารมีค่าต่ำในย่านอินทรี สารมีลักษณะเป็นเซรามิกส์ตัวนำ ความต้านทานของสารนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามเวลาซึ่งแสดงเสถียรภาพทางไฟฟ้าที่ดีของสาร ความต้านทานของสารนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิซึ่งแสดงเสถียรภาพทางความร้อนที่ดีของสาร สาร LaCoO_3 และ $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ มีแนวโน้มนำไปใช้ทำเป็นตัวต้านทานไฟฟ้าได้ ตัวต้านทานค่าคงที่เชิงการคำนวณสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดระดับของของเหลว แผ่น ZnO แสดงการตอบสนองการดูดกลืนอินฟราเรดจึงสามารถทำหน้าที่เป็นตัวดูดกลืนรังสีอินฟราเรด สาร BaTiO_3 (Ju) , $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$ (Yoa) และ BaTiO_3 (Su) ที่ประกอบกันเป็นวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ในการเลือกแรงดันไฟฟ้าไปใช้งานตามต้องการ เมื่อทำการศึกษาปรากฏการณ์ฮอลล์ในแผ่น ZnO ในสนามไฟฟ้าสลับโดยใช้สนามแม่เหล็กขนาด 0.26 Wb/m^2 พบว่าแรงดันฮอลล์มีค่า 0.015823 V ความเข้มข้นของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในเซรามิกส์ (n) มีค่า $5.21 \times 10^{13} \text{ electrons/m}^3$ อุปกรณ์ฮอลล์ที่ทำมาจากแผ่น ZnO นี้จะนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดสนามแม่เหล็ก

เซรามิกส์เอ็นทีซี

สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{MnO}_2+0.5\text{Bi}_2\text{O}_3$ เป็นเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีที่มีความต้านทานลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบ (α) ของสารทั้งสองที่คำนวณได้โดยอาศัยข้อมูลจากการวัดมีค่า $-1.286 \text{ \%}^{\circ}\text{C}$ และ $-1.22642 \text{ \%}^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{MnO}_2+0.5\text{Bi}_2\text{O}_3$ มีค่าความต้านทาน 99.5 k และ 106 k Ω ต่างก็แสดงสมบัติเอ็นทีซี ได้ทำการทดลองพบว่าสาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิได้ สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ สามารถนำไปประยุกต์ทำเป็นเทอร์มิสเตอร์ สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์เอ็นทีซีและสมการความสัมพันธ์ $T=3.62V^2-3.787V+24.621$ สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิโดยอาศัยเครื่องมือเสมือนที่เป็น Greater สารนี้จึงสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้าได้

เซรามิกส์เทอร์มิอิล็กตริก

เมื่อให้ความร้อนแก่ผิวหนึ่งสาร LaCoO_3 ปรากฏว่าแรงดันเทอร์มิอิล็กตริกมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นบวกโดยเปลี่ยนแปลงในช่วง -1 mV ถึง 15 mV แสดงว่าพาหะไฟฟ้ามีประจุไฟฟ้าเป็นบวก สารมีลักษณะเป็นวัสดุชนิดพี เมื่อให้ความร้อนแก่ผิวหนึ่งสาร $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ ปรากฏว่าแรงดันเทอร์มิอิล็กตริกมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นลบโดยเปลี่ยนแปลงในช่วง -0.5 mV ถึง -3 mV แสดงว่าพาหะไฟฟ้ามีประจุไฟฟ้าเป็นลบ สารมีลักษณะเป็นวัสดุชนิดเอ็น เมื่อให้ความร้อนแก่สาร LaCoO_3 จากซ้ายไปขวาและขวาไปซ้ายพบว่าแรงดันเทอร์มิอิล็กตริกมีค่าลดลงและเพิ่มขึ้นตามลำดับ เมื่อให้ความร้อนแก่สาร $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ จากซ้ายไปขวาและขวาไปซ้ายพบว่าแรงดันเทอร์มิอิล็กตริกมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลง ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงเครื่องหมายของแรงดันเทอร์มิอิล็กตริกเป็นตรงกันข้ามของสารทั้งสองจะชี้บอกทิศทางการไหลของความร้อน ดังนั้นสารทั้งสองต่างก็แสดงปรากฏการณ์เทอร์มิอิล็กตริกและสามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อนได้ เมื่อให้ความร้อนแก่สาร LaCoO_3 เป็นจังหวะพบว่าภาพของแรงดันเทอร์มิอิล็กตริกบนจอคอมพิวเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเป็นรูปพัลส์ในหน่วยวินาที ดังนั้นสารทั้งสองจึงสามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดพัลส์ความร้อนได้ เมื่อทดสอบสมบัติเทอร์มิอิล็กตริกของสาร LaCoO_3 ในสนามแม่เหล็กพบว่าแรงดันเทอร์มิอิล็กตริกมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในลักษณะที่มีค่าติดลบเพิ่มขึ้นแสดงว่าสารนี้แสดงปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์มิอิล็กตริก

เซรามิกส์ให้ความร้อน

สาร $\text{CuO}+\text{MnO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ มีค่าความต้านทานเท่ากับ 119 Ω และ 307 Ω ที่อุณหภูมิห้องตามลำดับ เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ 6.47 V ให้แก่สารทั้งสองแล้วให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเป็นเวลา 2 นาทีพบว่าสาร $\text{CuO}+\text{MnO}_2$ จะร้อนจาก 32 $^{\circ}\text{C}$ ไปเป็น 100 $^{\circ}\text{C}$ ส่วนสาร $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ จะร้อนจาก 37 $^{\circ}\text{C}$ ไปเป็น 100 $^{\circ}\text{C}$ สารทั้งสองนี้จะนำไปทำเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน สาร $\text{CuO}+\text{MnO}_2$ ให้ความร้อนดีกว่าสาร $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ เล็กน้อย เมื่อแรงดันไฟฟ้าสลับ 12 V ให้แก่โหลด 39 Ω ที่ต่ออนุกรมกับสาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ พบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารให้ความร้อนนี้จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 3.6 V ถึง 4.6 V ในขณะที่มีอากาศจากพัดลมเคลื่อนที่ผ่าน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารให้ความร้อนนี้จะเปลี่ยนแปลงนี้จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วกการไหลของอากาศ ดังนั้นสารนี้สามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดความเร็วกการไหลของอากาศหรืออุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ สาร $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ ที่แสดงสมบัติให้ความร้อนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนในเครื่องทำน้ำร้อนขนาดเล็กซึ่งจะนำไปใช้สำหรับการทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุต่อไป

เซรามิกสัฟวาโรสเตรอร์

ปรับแรงดันไฟฟ้าด้วยแบริแอคและส่งผ่านหม้อแปลงไฟฟ้ามายังโหลดที่ต่ออนุกรมกับสารตัวอย่าง เมื่อ นำเส้นโค้งกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของสารตัวอย่างที่ทดลองซึ่งได้แก่ (10D391K), ZnO+0.01Ag₂O, FeTiO₃ และ Pb(Ti_{0.5}Cr_{0.5})O₃ มาพิจารณาพบว่าแรงดันเบรคดาวน์ (BV) มีค่า 287, 60, 156 และ 325 V และ สัมประสิทธิ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (α) มีค่า 9.989, 4.35, 9.55 และ 24.19 ตามลำดับ สารเหล่านี้แสดงเส้นโค้ง กระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้าที่ไม่เป็นเชิงเส้นและสามารถนำไปประยุกต์ทำเป็นอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินได้ ได้ แสดงวิธีการทดสอบให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินของวาริสเตรอร์เชิงการค้า (CNR : 10D391K : 1H9) ซึ่งจะนำไปใช้ทดสอบสารอื่นๆต่อไป ได้ใช้เครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยมัลติมิเตอร์ Fluke45 , RS-232 และ QS45

เซรามิกสัฟทีซี

SrBi₄Ti₄O₁₆ และ SnO₂+0.5Cr₂O₃ มีความต้านทานเพิ่มขึ้นในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น สารทั้งสองมี สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นบวก (α) มีค่า 15.52 %/°C และ 15.71 %/°C และอุณหภูมิคูรี (T_c) มี ค่า 70.25 °C และ 60 °C ตามลำดับ สารทั้งสองแสดงปรากฏการณ์พีทีซี การประยุกต์ใช้งานของสาร SrBi₄Ti₄O₁₆ และ SnO₂+0.5Cr₂O₃ ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดป้องกันอุณหภูมิเกินนั้นจะอาศัยผลของความต้านทานที่เพิ่มขึ้นตาม อุณหภูมิซึ่งจะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ใช้ Greater ของเครื่องมือเสมือนทำการ เปรียบเทียบค่าระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ได้ตั้งไว้กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร ผลที่ได้จะไปควบคุมวงจรบริเลย์ สวิตซ์ของรีเลย์จะเปลี่ยนแปลงแบบเปิดปิดซึ่งจะไปควบคุมการทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์จะ ควบคุมการจ่ายกำลังงานไปยังโหลด เช่น เต้าอบไฟฟ้าและพัดลม เป็นต้น การทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกัน กระแสไฟฟ้าเกินของอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าจะอาศัยหลักการที่ว่าความร้อนจากโหลดที่ต้องการควบคุมทำให้ อุปกรณ์พีทีซีร้อน ความต้านทานของอุปกรณ์จะเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลทำให้กระแสไฟฟาลดลงส่งผลทำให้เกิดการ ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินได้ การประยุกต์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศและอุปกรณ์ให้ความร้อน อุณหภูมิคงที่ของอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าจะอาศัยหลักการของปรากฏการณ์พีทีซีซึ่งเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของ ความต้านทานตามอุณหภูมิ

เซรามิกสัฟเออร์โรอิเล็กทริก

สารที่ทดลอง คือ สาร PZT มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 13.15 m และหนา (L) 4 mm มีความต้านทาน (R) 162 MΩ มีความจุไฟฟ้า 1.35 nF มีความจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น มีสภาพต้านทานไฟฟ้าเท่ากับ 12.00 MΩ สภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.083 (MΩ)⁻¹ และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.0678 W เส้นกราฟกระแสไฟฟ้า ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของสาร PZT เป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้น สารแสดงการเก็บและคายประจุไฟฟ้าและสามารถทำ หน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในวงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้า

เมื่อวัดสมบัติเชิงพีลิกส์ในสนามไฟฟ้าสลับของสาร PZT พบว่าเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ความจุไฟฟ้ามีค่า ลดลง ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกมีค่าลดลง ตัวประกอบการสูญเสียมีค่าลดลงและประจุไฟฟ้าภายในสาร PZT มีค่า ลดลง แต่ตัวประกอบคุณภาพมีค่ามากขึ้น ดังนั้นสารสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าและอุปกรณ์เลื่อน เฟสได้

เมื่อเพิ่มค่าความถี่ของแรงดันไฟฟ้าแก่สาร PZT อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าลดลง แต่ความนำไฟฟ้าของสารมีค่าเพิ่มขึ้น สารทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่สูงผ่านและอุปกรณ์ความถี่สูง สาร PZT สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์คอปปลิ่งและอุปกรณ์วัดความถี่ได้

ประยุกต์สารให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตวงกรล้าไฟฟ้า อุปกรณ์เลือกความถี่และอุปกรณ์สาริตอิเล็กทรอนิกส์

เซรามิกส์เพียโซอิเล็กตริกและเซรามิกส์ไพโรอิเล็กตริก

ค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) ที่วัดได้มีค่า 0.53382 nC/N อุปกรณ์เพียโซอิเล็กตริกเชิงการค้ำที่สามารถประยุกต์ใช้เป็นโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบตรง ได้แก่ หัววัดการสั่น และ หัววัดความดัน อุปกรณ์เพียโซอิเล็กตริกเชิงการค้ำสามารถประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตการส่งและการรับคลื่นน้ำ การส่งคลื่นทำงานโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบอ้อมและการรับคลื่นทำงานโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบตรง (direct effect) ของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กตริก ได้นำไปใช้ในการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กตริกเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตไพโรอิเล็กตริก

เซรามิกส์เฟอร์โรแมกเนติก

ได้สร้างแท่งแม่เหล็กถาวรจากเซรามิกส์ CoFe_2O_4 เมื่อความถี่การหมุนของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 16 Hz ไปเป็น 45 Hz พบว่าสนามแม่เหล็กที่วัดได้มีค่า 0.06 mWb/m² ถึง 0.1 mWb/m² แรงแม่เหล็กที่เกิดจากเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ดึงดูดกับแท่งเหล็กมีค่า (F) 0.021 N ซึ่งเทียบเท่ากับ 2.1 g เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าค่าหนึ่งให้แก่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แท่งแม่เหล็กเฟอร์โร (CoFe_2O_4) จะเคลื่อนที่ขดลวดของรีเลย์ที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้น ความถี่การหมุนของมอเตอร์ที่วัดได้โดยวิธีการนี้มีค่า 31.44 Hz และความเร็วของการหมุนของมอเตอร์มีค่า 1.97 m/s ดังนั้นเซรามิกส์ CoFe_2O_4 สามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดความถี่และหัววัดความเร็ว เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โร CoFe_2O_4 สามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดการไหลของอากาศ อาศัยหลักการของกฎของฟาราเดย์

เซรามิกส์เฟอร์โรแมกเนติก

ขดลวดที่มีสารแม่เหล็กเฟอร์โร (0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3) เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วย LabVIEW ค่าความเหนี่ยวนำตัวเอง (L) ที่ได้มีค่า 30 mH ขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนมีค่าความเหนี่ยวนำตัวเองลดลงเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น (วิธีที่ใช้ LCR Meter) ขดลวดที่มีสาร (0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3) เป็นแกนสามารถทดสอบอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้ (วิธีที่ใช้ LabVIEW) ขดลวดที่มีสาร (0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3) เป็นแกนสามารถประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์การกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านและอุปกรณ์เลื่อนเฟสได้

สารแม่เหล็กเฟอร์โรสามารถนำไปใช้ในการสาริตการออกสวิตช์แบบหน่วง ขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำทอนแบบอนุกรม RLC อุปกรณ์สาริตการสั่น LC และขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำทอนแบบขนาน LC

ขดลวดที่มี (0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3) สามารถทำหน้าที่เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดของแท่งโลหะและอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของโลหะซึ่งสามารถแยกแท่งเหล็กออกจากแท่งทองแดงได้ ขดลวดเหนี่ยวนำที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ สามารถทำหน้าที่เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์พรอพซีมิตี

ค่าความเหนี่ยวนำรวมของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนที่วัดได้มีค่า 96 mH ได้ควบคุมการวัดด้วย LabVIEW และ DAQ Card หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สถิติการวัดค่าความเหนี่ยวนำรวมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ สามารถทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามความถี่และอุปกรณ์โฟโรแมกเนติกได้

หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สถิติวงจรถูกแม่เหล็ก (B-H) และแกนของคอยล์อากาศได้ ขดลวดที่มีแกนเป็นเฟอร์ไรต์อ่อนสามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดตำแหน่งโดยการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์และใช้สเตปป์มอเตอร์กำหนดตำแหน่งที่จะวัด

เซรามิกส์แมกนีโตรีซิสแตนซ์และแมกนีโตอิมพีแดนซ์

เมื่อปล่อยสนามแม่เหล็กที่มีขนาด 0.26 Wb/m^2 ให้แก่สาร MgFe_2O_4 และ $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ พบว่าความต้านทานของสาร MgFe_2O_4 และ $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ มีค่าลดลงในช่วง $2.645 \text{ M}\Omega - 2.622 \text{ M}\Omega$ และ $5.25 \text{ k}\Omega - 5.205 \text{ k}\Omega$ ตามลำดับ เนื่องจากผลของการเกิดปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ ขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนสามารถใช้ในการสถิติปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์โดยมีการเพิ่มค่าของอิมพีแดนซ์จาก $0.602 \text{ M}\Omega$ ไปเป็น $0.614 \text{ M}\Omega$

เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก แม่เหล็กไฟฟ้าและแมกนีโตออสติค

ได้วัดปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริกของสาร BaTiO_3 , $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$, BiCrO_3 , $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$ และ $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ พบว่าแรงดันแมกนีโตอิเล็กทริกของทุกสารมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ได้รับสนามแม่เหล็กขนาด 0.26 Wb/m^2 ดังนั้นสารเหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์สำหรับการสถิติปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริก ได้ศึกษาวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ พบว่าเมื่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อิมพีแดนซ์และความจุไฟฟ้าของสารต่างก็มีค่าลดลงในช่วงความถี่ 100 Hz ถึง 10 kHz ค่าความเหนี่ยวนำรวมมีค่าลดลงในช่วงความถี่ 100 Hz ถึง 10 kHz และจะมีค่าเพิ่มขึ้นที่ 100 kHz สารที่ทดลองแสดงสมบัติของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อวัดปรากฏการณ์แมกนีโตออสติคของสาร MgFe_2O_4 ผลปรากฏว่าความต้านทานไฟฟ้าจะมีค่าลดลงในช่วง $16.8 \text{ M}\Omega - 12.8 \text{ M}\Omega$ เมื่อได้รับแรงกดอัดสารจากไมโครมิเตอร์มากขึ้น สารนี้สามารถประยุกต์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สถิติปรากฏการณ์แมกนีโตออสติค

เซรามิกส์เชิงแสง

เมื่อสาร ZnO , $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ ได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ตพบว่าความต้านทานมีค่าลดลง สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อได้รับและไม่รับแสงอุลตราไวโอเล็ต คือ $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ และ ZnO สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตมากที่สุด คือ $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ เมื่อนำสมบัติความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับแสงอุลตราไวโอเล็ตของสาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ ไปประยุกต์ใช้พบว่าสารสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตซ์แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงได้ การทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตซ์แสงจะอาศัยเครื่องมือเหมือน Greater ได้มีการเปรียบเทียบค่าระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารกับแรงดันไฟฟ้าที่ได้ตั้งไว้ ผลการเปรียบเทียบค่าจะไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์และโหลด ตามลำดับ

เขรามิกส์การตอบสนองต่อก๊าซ

ก๊าซ อีทานอล

สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซอีทานอล คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{SnO}_2+0.05\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อได้รับก๊าซอีทานอล คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, ZnO , $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อได้รับและไม่รับก๊าซ อีทานอล คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซอีทานอลซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อก๊าซที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{SnO}_2+0.05\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ และ ZnO สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซอีทานอลมากที่สุด คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$

ก๊าซมีทานอล

สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซมีทานอล คือ $\text{SnO}_2+0.02\text{TiO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อได้รับก๊าซมีทานอล คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, ZnO และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อได้รับและไม่รับก๊าซ มีทานอล คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซมีทานอลซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อก๊าซที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$, $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$, ZnO และ $\text{SnO}_2+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซมีทานอลมากที่สุด คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$

ก๊าซแอมโมเนีย

สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซแอมโมเนีย คือ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อได้รับก๊าซแอมโมเนีย คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อได้รับและไม่รับก๊าซแอมโมเนีย คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อก๊าซที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียมากที่สุด คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

สาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความไวในการตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ มีเท่ากับ 25 %

ก๊าซหุงต้ม

สาร $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ ต่างก็มีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อได้รับก๊าซหุงต้ม สาร $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากกว่า $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ เมื่อได้รับเมื่อได้รับก๊าซหุงต้ม สาร $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ มีค่าสภาพความไวต่อก๊าซมากกว่า $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ เมื่อได้รับเมื่อได้รับก๊าซหุงต้ม

สวิตช์ก๊าซ

ความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับก๊าซแอมโมเนียของสาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซแอมโมเนีย การทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซจะอาศัยเครื่องมือเหมือน Greater ทำการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารกับแรงดันที่ได้ตั้งไว้ ผลการเปรียบเทียบค่าจะไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์และไหลลด ตามลำดับ

เซรามิกส์ตอบสนองต่อความชื้น

สารที่มีความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความชื้น ได้แก่ $ZnO+0.02TiO_2$ สารที่มีความต้านทานลดลงเมื่อได้รับความชื้น ได้แก่ $NiO+0.1Cr_2O_3$ และ $ZnO+0.01Bi_2O_3$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อความชื้นซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อก๊าซที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $ZnO+0.02TiO_2$, $NiO+0.5Cr_2O_3$ และ $ZnO+0.01Bi_2O_3$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อความชื้นมากที่สุด คือ $ZnO+0.02TiO_2$

คำสำคัญ : เซรามิกส์นำไฟฟ้า เซรามิกส์เอ็นทีซี เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก เซรามิกส์ให้ความร้อน เซรามิกส์วาริสเตอร์ เซรามิกส์พีทีซี เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริก เซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก เซรามิกส์ไพโรอิเล็กทริก เซรามิกส์เฟอร์โรแมกเนติก เซรามิกส์เฟอร์ริแมกเนติก เซรามิกส์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ เซรามิกส์แมกนีโตออสติค เซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า เซรามิกส์เชิงแสง เซรามิกส์การตอบสนองต่อก๊าซ เซรามิกส์ตอบสนองต่อความชื้น แลปวิท

Electroceramic Applications

Thongchai Panmatarith

Kingkan Poathong Chiraporn Sriprom Satiya Daroonsin Peerapan Pangrak
 Sutharat Katesing Methinee Duriyaratkan Nod-Inee Poolkhao Yoawanoot Mathura
 Jutharat Buameeklin Sirinporn Keawmeka

Assoc. Prof., Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics,
 Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.

Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical property of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. The studied electroceramic materials were such as conductive ceramics, NTC ceramics, thermoelectric ceramics, heating ceramics, varistor ceramics, PTC ceramics, ferroelectric ceramics, piezoelectric ceramics, pyroelectric ceramics, ferromagnetic ceramics, ferrimagnetic ceramics, magnetoresistance ceramics, magnetoelectric ceramics, magnetoimpedance ceramics, magnetoelastic ceramics, electromagnetic ceramics, optical ceramics, gas response ceramics and humidity response ceramics. The results were :

conductive ceramics

LaCoO_3 and $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ resistors were studied and resistances were 47.30Ω and 183.96Ω , respectively. The resistance value of the samples were a low value in ohm region. Samples were conductive ceramics. The samples showed good electrical stability due to the independence of resistance with time. The samples showed good thermal stability due to the independence of resistance with temperature. The samples had can be used as electrical resistor. Commercial fixed resistor can be used as liquid level sensor. ZnO pellet showed infrared response and can be used as infrared absorber. The BaTiO_3 (Ju) , $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$ (Yoa) and BaTiO_3 (Su) that were voltage divider circuit composition can be used for voltage selection for any work. Hall effect in ZnO pellet was studied in ac electric field with the magnetic field of 0.26 Wb/m^2 and found that Hall voltage was 0.015823 V . The concentration of moving electron in ceramics (n) was $5.21 \times 10^{13} \text{ electrons/m}^3$. Hall devicce that made from ZnO pellet will be used as magnetic field sensor.

NTC ceramics

$\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ and $\text{MnO}_2+0.5\text{Bi}_2\text{O}_3$ were NTC ceramics that resistance decreased as temperature increasing. The negative values of the temperature coefficient of resistance (α) of the samples that were calculated by measuring data were $-1.286 \text{ \%}/^\circ\text{C}$ and $-1.22642 \text{ \%}/^\circ\text{C}$, respectively. The resistances of $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ and $\text{MnO}_2+0.5\text{Bi}_2\text{O}_3$ were $99.5 \text{ k}\Omega$ and $106 \text{ k}\Omega$, respectively and both showed NTC properties. The $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ sample can be used as temperature sensor and thermostat. The $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ sample can be used as temperature sensor by using the NTC effect and the relation of $T=3.62V^2-3.787V+24.621$. The $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ sample can be used as temperature control sensor by using Greater of virtual instrument. So, this sample can be used as temperature measurement and control sensor in electric oven.

thermoelectric ceramics

When the one surface of LaCoO_3 was heated, thermoelectric voltage increased from -1 mV to 15 mV which showed that electrical carrier was a positive charge. This sample was p-type material. When the one surface of $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ was heated, thermoelectric voltage increased from -0.5 mV to -3 mV which showed that electrical carrier was a negative charge. This sample was n-type material. The LaCoO_3 sample was heated when heater was moved from left to right and right to left, thermoelectric voltage decreased and increased, respectively. The $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ sample was heated when heater was moved from left to right and right to left, thermoelectric voltage increased and decreased, respectively. The sign change of thermoelectric voltage of both samples to be opposite value will indicate the heat flow direction. So, both samples showed thermoelectric effect and can be used as heat flow direction sensor. The LaCoO_3 received heat pulse, thermoelectric voltage vs. time in pulse shape on computer screen in second unit. So, this sample can be used for thermal pulse sensor. When thermoelectric property of LaCoO_3 sample was measured in magnetic field, thermoelectric voltage vs. time was a negative value and thermoelectric voltage increased. So, this sample showed magnetothermoelectric effect.

heating ceramics

The resistances of $\text{CuO}+\text{MnO}_2$ and $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ materials were 119Ω and 307Ω at room temperature, respectively. When current of 6.47 V flowed through both samples for 2 min , the $\text{CuO}+\text{MnO}_2$ sample will heat from $32 \text{ }^\circ\text{C}$ to $100 \text{ }^\circ\text{C}$. The $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ sample will heat from $37 \text{ }^\circ\text{C}$ to $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Both samples will be used as heating device. The $\text{CuO}+\text{MnO}_2$ sample showed heating effect better than $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ little. When ac voltage of 12 V was sent to the series connection of load 39Ω and $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ sample, voltage drop across on heating material will change in the interval of $3.6 \text{ V} - 4.6 \text{ V}$ as air flowing. The changing voltage across on heating material will be relative to air flow velocity. So, the sample can be operate as air flow velocity sensor or air flow measuring device. The

ZnO+0.1ZrO₂ sample that showed heating effect can be used as small hot water device which will be used for thermal property testing in the future.

varistor ceramics

Voltage was adjusted by using variac and sent to transformer to the series connection of load and sample. When considered the current-voltage curve of the samples such as (10D391K), ZnO+0.01Ag₂O, FeTiO₃ and Pb(Ti_{0.5}Cr_{0.5})O₃ found that breakdown voltage (BV) were 287, 60, 156 and 325 V and the non-linearity coefficient (α) were 9.989, 4.35, 9.55 and 24.19, respectively. These samples that showed the non-linearity current-voltage curve can be used as varistor and can be applied as overvoltage protection device. The test techniques was treated for the function of overvoltage protection of commercial varistor (CNR : 10D391K : 1H9) which will be used as other material tests. Instruments for sample testing were constructed and Fluke 45 Multimeter, RS-232 and QS45.

PTC ceramics

The resistances of SrBi₄Ti₄O₁₆ and SnO₂+0.5Cr₂O₃ increased as temperature increasing. The positive temperature coefficient of resistance (α) of both samples were 15.52 %/^oC and 15.71 %/^oC and Curie temperatures (T_c) were 70.25 °C and 60 °C, respectively. Both samples showed PTC effect. Applications of SrBi₄Ti₄O₁₆ and SnO₂+0.5Cr₂O₃ samples for overtemperature protection device involved the temperature dependence of resistance which voltage drop across on the sample increased with temperature. Greater of virtual instrument was used for comparison between setting voltage and voltage drop across on the sample. The output result will control relay circuit. Relay switch will change on and off state which will control the operation of solid state relay. Solid state relay will control power supplying to load such as oven and fan, etc. The function of overcurrent protection device of PTC device involved the principle of PTC device heating due to load heat. The resistance of device increased which the current decreased and overcurrent protection can be done. Application for being air flow measuring device and constant temperature heating device of commercial PTC device involved PTC effect which resistance increasing with temperature.

ferroelectric ceramics

The PZT sample was a diameter of 13.15 m and thickness of 4 mm. The resistance of this sample was 162 M Ω and capacitance was 1.35 nF. Capacitance increased when voltage increased. The electrical resistivity, electrical conductance and electric power were 12.00 M Ω , 0.083 (M Ω)⁻¹ and 0.0678 W, respectively. The voltage dependence of current of PZT sample was a non-linear. The sample showed charge and discharge and can be use as capacitor in voltage source.

When physical properties in ac electric field of PZT sample was measured by increasing frequency, capacitance decreased, dielectric constant decreased, dissipation factor decreased and

electric charge decreased, but quality factor increased. So, the sample can be used as capacitor and phase shifter.

When voltage frequency of PZT increased, impedance decreased, but conductance increased. The sample can be used as high pass filter and high frequency device. PZT sample can be used as coupling device and frequency sensor.

These samples can be used as electrical hysteresis loop demonstrative device, frequency selection device and electroelastic demonstrative device.

piezoelectric ceramics and pyroelectric ceramics

The measured charge coefficient (d_{33}) was 0.53382 nC/N. Commercial piezoelectric device which can be applied by direct effect were vibration sensor and pressure sensor. Commercial piezoelectric device can be use as transmitting and receiving water wave demonstrative device. Wave transmission involved indirect effect and wave receiving involved direct effect of piezoelectric ceramics. Commercial piezoelectric device can be use as pyroelectric demonstrative device.

ferromagnetic ceramics

Permanent magnet was made from CoFe_2O_4 ceramics. When rotational frequency of CoFe_2O_4 ceramic magnet increased from 16 Hz to 45 Hz. The measured magnetic field was in the interval of $0.06 \text{ mWb/m}^2 - 0.1 \text{ mWb/m}^2$. Magnetic force of CoFe_2O_4 magnetic ceramic attraction with iron bar (F) was 0.021 N or 2.1 g. When the one value of voltage was supplied to dc motor. CoFe_2O_4 ferromagnet on fan moved and relay coil that received this magnetic field will occur the induced electromotive force. The measured rotational frequency that measured by this method was 31.44 Hz and rotational velocity was 1.97 m/s. So, CoFe_2O_4 ceramics can be used as frequency sensor and velocity sensor. The CoFe_2O_4 ferromagnet can be used as air flow sensor vir Faraday law's principle.

ferrimagnetic ceramics

Induction coil with ferrimagnetic material core , $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$, can be used as self induction measuring demonstrative device. The measured self inductance (L) was 30 mH. The self inductance of coil with $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ core dcreased when frequency increased (LCR Meter method). Coil with $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ core can be used as demonstrative device for self induction measuring in ac electric field (LabVIEW method). Coil with $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ core can be used as high pass filter and phase shifter.

Ferrimagnetic ceramics can be used as demonstration of damped oscillation demonstration, LC oscillation, RLC series resonance and parallel LC resonance.

Induction coil with $((0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ core can be used as device in magnetic field generator, device for metal bar hole detection. Coil with $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ core can be used as and device for the metal type detection and proximity switch.

The measured mutual inductance value of transformer with $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ core was 96 mH. Transformer with $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ core can be used as mutual inductance demonstrative

device. The $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ material can be used as transformer core with voltage transformation ratio increased with frequency and pyromagnetic device.

Transformer with $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ core can be used as Magnetic hysteresis loop demonstrative device and antenna coil's core. Inductor with soft ferrite core can be used as position sensor by computer control and using the stepping motor for locating the measuring position.

Magnetoresistance and magnetoimpedance ceramics

When the magnetic field of 0.26 Wb/m^2 was applied to MgFe_2O_4 and $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$, the resistances of MgFe_2O_4 and $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ decreased in the interval of $2.645 \text{ M}\Omega$ - $2.622 \text{ M}\Omega$ and $5.25 \text{ k}\Omega$ - $5.205 \text{ k}\Omega$, respectively due to the effect of magnetoresistance effect. Induction coil with $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ core can be used for demonstration the magnetoimpedance effect by increasing the impedance from $0.602 \text{ M}\Omega$ to $0.614 \text{ M}\Omega$.

Magnetoelectric, electromagnetic and magnetoelastic ceramics

Magnetoelectric effects of BaTiO_3 , $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$, BiCrO_3 , $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$ and $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ materials were measured. The results showed that magnetoelectric voltages of all samples increased under the applied magnetic field of 0.26 Wb/m^2 . So, these samples can be used for demonstration the magnetoelectric effect. The electromagnetic material which made from $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ceramics. The results showed that impedance and capacitance decreased when voltage frequency increased in the frequency range of 100 Hz - 10 kHz . The mutual inductance decreased in the frequency range of 100 Hz - 10 kHz and increased at 100 kHz . The sample showed the properties of electromagnetic material. The magnetoelastic effect of MgFe_2O_4 material was measured. The results showed that the resistance decreased in the interval of $16.8 \text{ M}\Omega$ - $12.8 \text{ M}\Omega$ when the sample was pressed. This sample can be used as demonstrative device for magnetoelectric, electromagnetic and magnetoelastic effect.

optical ceramics

When the ZnO , $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ and $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ received ultraviolet light. The result showed that the resistance decreased. The sample that the most changing of resistance when non-receiving and receiving ultraviolet light was $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$. The samples that ultraviolet response sensitivity by determining from ultraviolet optical sensitivity from large to low were $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ and ZnO . The sample that the ultraviolet response sensitivity as the most value was $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$. When the ultraviolet light dependence on resistivity property of $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ was applied. The result showed that the sample can be used as ultraviolet light switch of optical ceramics. The operation of optical switch device will use Greater of virtual instrument and relation between voltage drop across on the sample and setting voltage was compared. The result will use for controlling the operation of relay, solid state relay and load, respectively.

gas response ceramics

Ethanol gas

The samples which the resistances increased when received ethanol gas were $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{SnO}_2+0.05\text{Y}_2\text{O}_3$ and $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$. The samples which the resistances decreased when received ethanol gas were $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, ZnO and $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$. The sample which it has the most change of resistance when received and non-received ethanol gas was $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$. The sample that the ethanol gas sensitivity varied from large to small were $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{SnO}_2+0.05\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ and ZnO . The sample that the ethanol gas sensitivity was the most value was $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$.

Methanol gas

The samples which the resistances increased when received methanol gas were $\text{SnO}_2+0.02\text{TiO}_2$ and $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$. The samples which the resistances decreased when received methanol gas were $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, ZnO and $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$. The sample which it has the most change of resistance when received and non-received methanol gas was $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$. The sample that the methanol gas sensitivity varied from large to small were $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$, $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$, ZnO and $\text{SnO}_2+0.02\text{TiO}_2$. The sample that the methanol gas sensitivity was the most value was $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ and $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$.

Ammonia gas

The samples which the resistances increased when received ammonia gas were $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$. The samples which the resistances decreased when received ammonia gas were $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ and $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$. The sample which it has the most change of resistance when received and non-received ammonia gas was $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$. The sample that the ammonia gas sensitivity varied from large to small were $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ and $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$. The sample that the ammonia gas sensitivity was the most value was $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$.

Carbondioxide gas

The resistance of $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ increased when receive carbondioxide gas. The carbondioxide gas sensitivity of $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ was 25 %.

Hongtong gas

The resistances of $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ and $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ decreased when received hongtong gas. The resistance of $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ was a value more than $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ when received hongtong gas. The gas sensitivity of $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ was more than $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ when received hongtong gas.

Gas switch

The ammonia dependence of resistance of $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ can be used as ammonia gas switch device. The operation of gas switch device will use Greater of virtual instrument and relation between voltage drop across on the sample and setting voltage was compared. The result will use for controlling the operation of relay, solid state relay and load, respectively.

humidity response ceramics

The properties of humidity response ceramics ($\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$) were measured. The samples which the resistances increased when received humidity were $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$. The samples which the resistances decreased when received humidity were $\text{NiO}+0.1\text{Cr}_2\text{O}_3$ and $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$. The sample which it has the most change of resistance when received and non-received humidity was $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$. The sample that the humidity sensitivity varied from large to small were $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$, $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$. The sample that the humidity sensitivity was the most value was $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$.

Keyword : conductive ceramics , NTC ceramics , thermoelectric ceramics , heating ceramics , varistor ceramics , PTC ceramics , ferroelectric ceramics , piezoelectric ceramics , pyroelectric ceramics , ferromagnetic ceramics , ferrimagnetic ceramics , magnetoresistance ceramics , magnetoelectric ceramics , magnetoimpedance ceramics , magnetoelastic ceramics , electromagnetic ceramics , optical ceramics , gas response ceramics , humidity response ceramics, LabVIEW

0. การเตรียมการขั้นต้น

0.1 การเตรียมสารตัวอย่าง

สารที่ได้เตรียมประกอบด้วยสาร 20 ชนิด ด้วยกัน สูตรส่วนผสมที่เตรียมของสารทั้งหมดมีดังนี้

conductive ceramics	: LaCoO_3 , $(\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1})\text{O}_3$, Fixed resistor , ZnO (IR absorber) , ZnO (Hall effect)
NTC ceramics	: $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$, MnBiO_3
thermoelectric ceramics	: LaCoO_3 , $(\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1})\text{O}_3$
heating ceramics	: CuMnO_3 , $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$
varistor ceramics	: VDR Commercial, $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ (10D391K), $\text{ZnO}+0.01\text{Ag}_2\text{O}$, FeTiO_3 และ $\text{Pb}(\text{Ti}_{0.5}\text{Cr}_{0.5})\text{O}_3$
PTC ceramics	: $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$, $\text{SnO}_2+\text{Cr}_2\text{O}_3$, commercial PTC
ferroelectric ceramics	: $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$, $\text{BaTiO}_3(\text{Ju})$, $\text{BaTiO}_3(\text{Sj})$, $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$
piezoelectric ceramics	: commercial PZT
pyroelectric ceramics	: commercial PZT
ferromagnetic ceramics	: CoFe_2O_4
ferrimagnetic ceramics	: $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$, $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$.
magnetoresistance ceramics	: MgFe_2O_4 , $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$
magnetocapacitance ceramics	: C101
magnetoimpedance ceramics	: $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3$
magnetolectric ceramics	: BaTiO_3 , $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$, BiCrO_3 , $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$, $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$
electromagnetic ceramics	: $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$
magnetoelastic ceramics	: MgFe_2O_4
optical ceramics	: ZnO, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$
gas response ceramics	: $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{SnO}_2+0.05\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, ZnO , $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$
humidity response ceramics	: MgFe_2O_4 , $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$

ขอยกตัวอย่างวิธีการเตรียมสาร $\text{ZnO}+0.05\text{TiO}_2$ โดยวิธีเทคนิคเซรามิกส์มาตรฐาน (standard ceramic techniques) เริ่มจากผง ZnO ที่มีความบริสุทธิ์ 99 % และ TiO_2 ที่มีความบริสุทธิ์ 99.9 % คำนวณน้ำหนัก ซึ่งผงของสารด้วยเครื่องชั่ง ผสมสารด้วยโถร่อน นำผงของสารใส่กระป๋องพลาสติก หมุนผสมสารด้วยเครื่องหมุนหยดโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ผสมน้ำกลั่น นำผงของสารใส่บ่้าอัด นำบ่้าอัดติดตั้งที่เครื่องอัดสาร (RIIK 25 tons) อัดเป็นก้อน วางไว้วันหนึ่งแล้วนำก้อนสารวางในเตาหลอม (furnace) ที่ใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (FCR-13A-R/M) และใช้เทอร์โมคอปเปิลชนิด K (CA) (model JB-35) เเผาที่ 1100°C ตามลำดับ ใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ $5^\circ\text{C}/\text{min}$ และอุณหภูมิยืนไฟ 1 h ขั้นตอนการเตรียมสารแสดงในรูปที่ 0.1

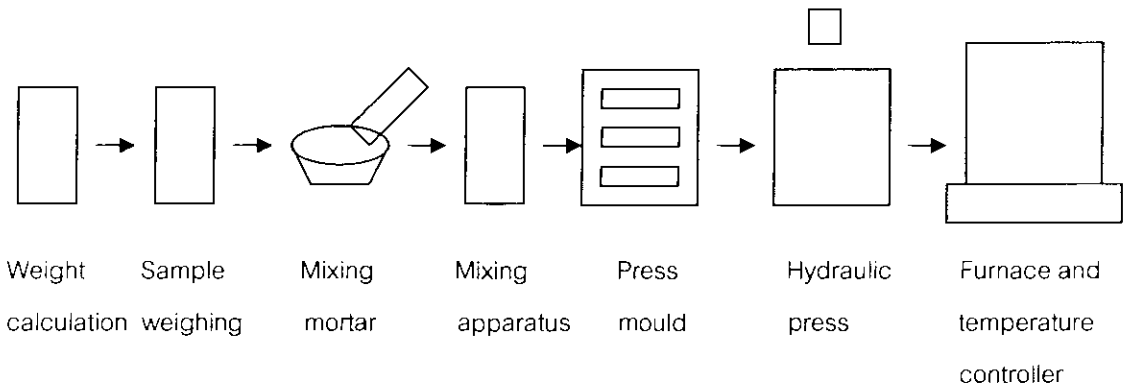
0. การเตรียมการขั้นต้น

0.1 การเตรียมสารตัวอย่าง

สารที่ได้เตรียมประกอบด้วยสาร 20 ชนิด ดังต่อไปนี้ สูตรส่วนผสมที่เตรียมของสารทั้งหมดมีดังนี้

conductive ceramics	: LaCoO_3 , $(\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1})\text{O}_3$, Fixed resistor , ZnO (IR absorber) , ZnO (Hall effect)
NTC ceramics	: $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$, MnBiO_3
thermoelectric ceramics	: LaCoO_3 , $(\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1})\text{O}_3$
heating ceramics	: CuMnO_3 , $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$
varistor ceramics	: VDR Commercial, $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ (10D391K), $\text{ZnO}+0.01\text{Ag}_2\text{O}$, FeTiO_3 และ $\text{Pb}(\text{Ti}_{0.5}\text{Cr}_{0.5})\text{O}_3$
PTC ceramics	: $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$, $\text{SnO}_2+\text{Cr}_2\text{O}_3$, commercial PTC
ferroelectric ceramics	: $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$, $\text{BaTiO}_3(\text{Ju})$, $\text{BaTiO}_3(\text{Sj})$, $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$
piezoelectric ceramics	: commercial PZT
pyroelectric ceramics	: commercial PZT
ferromagnetic ceramics	: CoFe_2O_4
ferrimagnetic ceramics	: $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$, $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$,
magnetoresistance ceramics	: MgFe_2O_4 , $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$
magnetocapacitance ceramics	: C101
magnetoimpedance ceramics	: $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$
magnetoelectric ceramics	: BaTiO_3 , $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$, BiCrO_3 , $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$, $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$
electromagnetic ceramics	: $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$
magnetoelastic ceramics	: MgFe_2O_4
optical ceramics	: ZnO, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$
gas response ceramics	: $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{SnO}_2+0.05\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, ZnO , $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$
humidity response ceramics	: MgFe_2O_4 , $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$

ขอยกตัวอย่างวิธีการเตรียมสาร $\text{ZnO}+0.05\text{TiO}_2$ โดยวิธีเทคนิคเซรามิกส์มาตรฐาน (standard ceramic techniques) เริ่มจากผง ZnO ที่มีความบริสุทธิ์ 99 % และ TiO_2 ที่มีความบริสุทธิ์ 99.9 % คำนวณน้ำหนัก ซึ่งผงของสารด้วยเครื่องชั่ง ผสมสารด้วยโกร่ง นำผงของสารใส่กระป๋องพลาสติก หมุนผสมสารด้วยเครื่องหมุนหยดโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ผสมน้ำกลั่น นำผงของสารใส่เข้าอัด นำเข้าอัดติดตั้งที่เครื่องอัดสาร (RIIK 25 tons) อัดเป็นก้อน วางไว้วันหนึ่งแล้วนำก้อนสารวางในเตาหลอม (furnace) ที่ใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (FCR-13A-R/M) และใช้เทอร์โมคอปเปิลชนิด K (CA) (model JB-35) เเผาที่ 1100°C ตามลำดับ ใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ $5^\circ\text{C}/\text{min}$ และอุณหภูมียืนไฟ 1 h ขั้นตอนการเตรียมสารแสดงในรูปที่ 0.1



รูปที่ 0.1 ขั้นตอนการเตรียมก้อนสารตัวอย่าง

ส่วนการเตรียมสารอื่นๆจะใช้วิธีการทำนองเดียวกัน สารต่างสูตรกันจะใช้อุณหภูมิการเผาที่ต่างกัน แต่ใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิของเตาหลอมเท่ากัน กรณีที่สารที่ผ่านการเผาครั้งที่ 1 มีความเปราะก็จะนำไปบดเป็นผง อัดเป็นก้อนและเผาซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ตรวจสอบเฟสของสารด้วยเครื่อง XRD วัดขนาดและทำซ้ำด้วยกาเงิน

ชนิดของสาร สูตรของส่วนผสมที่เตรียมและขนาดของสารตัวอย่างแสดงในตารางที่ 0.1 อุปกรณ์เชิงการค้าที่ใช้ทดลอง ได้แก่ C101, Commercial PTC, 10D391K, Fixed resistor, commercial PZT, Core of commercial core of antenna coil, commercial permanent magnet, LM335

ตารางที่ 0.1 ชนิดของสาร สูตรของส่วนผสมที่เตรียมและขนาดของสารตัวอย่าง

Material name	Composition formula	Thickness (mm)	Diameter (mm)
Conductive ceramics	LaCoO ₃	5.62	12.34
	Zn _{0.9} Al _{0.1} O ₃	5.09	11.66
	Fixed resistor	-----	-----
	ZnO (IR absorber)	1.63	19.00
	ZnO (Hall effect)	4.10	22.13
NTC ceramics	NiO+0.5Cr ₂ O ₃	3.35	13.18
	MnBiO ₃	2.35	11.6
	Commercial NTC	-----	-----
	LM335	-----	-----
Thermoelectric ceramics	LaCoO ₃	5.62	12.34
	Zn _{0.9} Al _{0.1} O ₃	5.09	11.66
Heating ceramics	CuO+MnO ₂	5.47	12.49
	ZnO+0.1ZrO ₂	2.17	12.08

ตารางที่ 0.1 ชนิดของสาร สูตรของส่วนผสมที่เตรียมและขนาดของสารตัวอย่าง (ต่อ)

Material name	Composition formula	Thickness (mm)	Diameter (mm)
Varistor	FeTiO ₃	3.57	11.13
	Pb(Ti _{0.5} Cr _{0.5})O ₃	1.95	12.26
	ZnO+0.01Ag ₂ O	1.99	11.56
	10D391K	-----	-----
PTC ceramics	SrBi ₄ Ti ₄ O ₁₆	5.27	13.28
	SnO ₂ +0.5Cr ₂ O ₃	2.99	13.01
	Commercial PTC	-----	-----
Ferroelectric ceramics	Sr _{0.5} Pb _{0.5} TiO ₃	3.82	13.25
	BaTiO ₃ (Ju)	2.67	12.11
Piezoelectric ceramics	Pb(Zr _{0.52} Ti _{0.48})O ₃	4.61	13.15
	commercial PZT	-----	-----
Pyroelectric ceramics	commercial PZT	-----	-----
Ferromagnetic ceramics	CoFe ₂ O ₄	3.99	12.74
	commercial permanent magnet	-----	-----
Ferrimagnetic ceramics	(0.6MnO ₂)(0.4ZnO)(Fe ₂ O ₃)	3.84	11.14
	Mn _{0.8} Ni _{0.2} Fe ₂ O ₄	3.35	12.01
	Core of antenna coil	-----	-----
Magnetoresistance ceramics	MgFe ₂ O ₄ (MR)	5.77	10.91
	Ni _{0.65} Zn _{0.35} Fe ₂ O ₄	3.56	12.82
Magnetocapacitance ceramics	C101 : 100 pF	-----	-----
Magnetoimpedance ceramics	(0.6MnO ₂)(0.4ZnO)(Fe ₂ O ₃)	3.84	11.14
Magnetoelastic ceramics	BaTiO ₃ (Ju)	2.67	12.11
	Ba _{0.5} Zn _{0.5} TiO ₃	3.24	13.47
	BiCrO ₃	2.51	13.67
	Pb(Zr _{0.52} Ti _{0.48})O ₃	4.61	13.15
	Sr _{0.5} Pb _{0.5} TiO ₃	3.82	13.25
Magnetoelastic ceramics	MgFe ₂ O ₄ (Melas)	5.16	11.04
Electromagnetic ceramics	Mn _{0.8} Ni _{0.2} Fe ₂ O ₄	3.35	12.01
Optical ceramics	ZnO	1.28	11.45
	ZnO+0.02TiO ₂	2.34	12.17
	ZnO+0.01Sb ₂ O ₃	12.3	12.91

ตารางที่ 0.1 ชนิดของสาร สูตรของส่วนผสมที่เตรียมและขนาดของสารตัวอย่าง (ต่อ)

Material name	Composition formula	Thickness (mm)	Diameter (mm)
Gas response ceramics	$\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.84	13.20
	$\text{SnO}_2+0.02\text{TiO}_2$		
	$\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$	5.57	12.97
	ZnO	1.28	11.45
	$\text{ZnO}+\text{SnO}_2$	3.39	12.97
	$\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$	2.34	12.17
Humidity response ceramics	$\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$	3.35	13.18
	$\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$	3.22	12.01
	$\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$	2.34	12.17

0.2 การทำความเข้าใจระบบการวัดด้วยคอมพิวเตอร์ที่ใช้โปรแกรมแลปวิ เครื่องมือเสมือน (Virtual Instruments) ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1) Hardware

ส่วนของ Hardware ได้แก่ Signal conditioning, LP Connector และ Data acquisition card (DAQ card)

2) Software

ส่วนของ Software ประกอบด้วย LabVIEW 8.2

LabVIEW 8.2

LabVIEW 8.2 มีประโยชน์ดังนี้

- ใช้ออกแบบการกระจายและเชื่อมโยงเครื่องมือ
- ใช้จัดการบริหารเครื่องมือและระบบปฏิบัติการต่างๆ
- ใช้วัดปริมาณต่างๆและการควบคุมเครื่องมือได้อย่างรวดเร็ว

LP Connector (NI 6221 Pinout)

LP Connector มี 68 ขา (68 pin) แสดงดังรูปข้างล่างและประกอบด้วย

Analog Input : AI0,AI1,AI2,AI3,AI4,AI5,AI6,AI7,AI8,..AI9,AI10,AI11,AI12,AI13,AI14,AI15

Analog Output : Ao0,Ao1

Port Output (Digital Output) : Po0,Po1,Po2,Po3,Po4,Po5,Po6,Po7

Port Frequency input (Digital Input & Counter)

: PFI0,PFI1,PFI2,PFI3,PFI4,PFI5,PFI6,PFI7,
PFI8,PFI9,PFI10,PFI11,PFI12,PFI13,PFI14,PFI15

Vcc : 5 V

Ground : AI GND, AO GND, D GND

PCI Slot และ Computer

PCI Slot ใช้ใน Computer ในรุ่นปัจจุบัน

แผนการการเรียนรู้คุณสมบัตินี้หลังจาก อรรถกรวีสุภกร

DAQ Card (NI PCI-6221)

DAQ Card มีลักษณะเป็น 16-bit, 250 kS/s, 16 Analog Inputs แสดงดังรูปที่ 0.2

-two 16-bit analog outputs (833 kS/s)

-24 digital I/O, 32-bit counters, digital triggering

* ซื้อมาจากบริษัท ไทรเนอร์รี่ อินสตรูเมนต์ จำกัด 38/1 ซอยศูนย์วิจัย 8 ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10300 โทร 02-7181870 โทรสาร 02-7181871 Email : Info@trinerger.co.th
 Website : <http://www.trinerger.co.th> และ <http://www.ni.com>

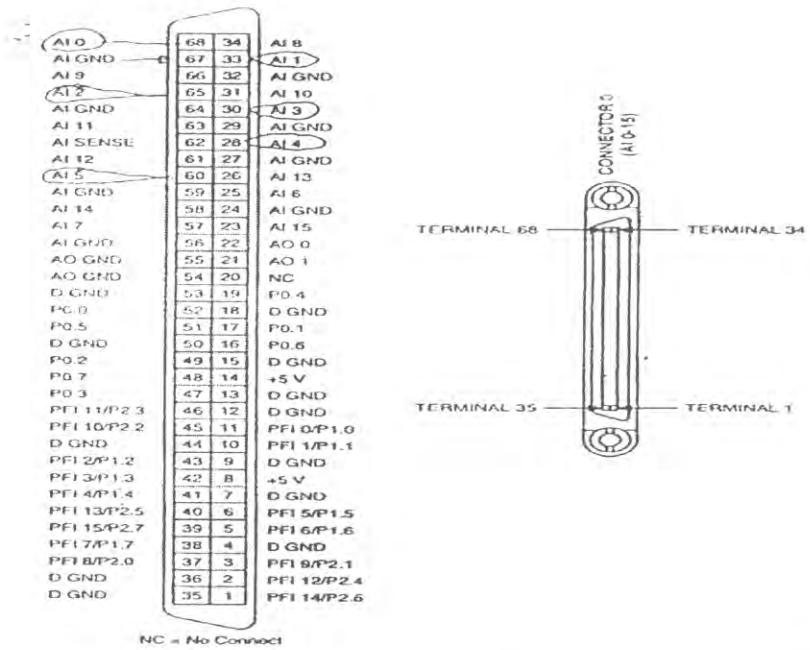
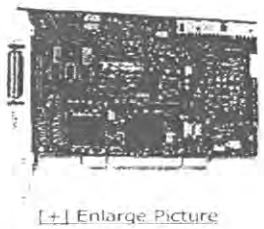


Figure 2. NI 6221 Pinout

(ก) LP Connector (NI 6221 Pinout)



- Two 16-bit analog outputs (833 kS/s)
- NI-MCal calibration technology for increased measurement accuracy
- NIST-traceable calibration certificate and more than 70 signal conditioning options
- Includes NI-DAQmx, VI Logger Lite data-logging software, and other measurement services
- Correlated DIO (8 docked lines, 1 MHz)
- 24 digital I/O; 32-bit counters; digital triggering
- Select high-speed M Series for 5X faster sampling rates or high-accuracy M Series for 4X resolution.

(ข) DAQ Card (NI PCI-6221)

รูปที่ 0.2 LP Connector (NI 6221 Pinout) และ DAQ Card (NI PCI-6221)

0.3 การใช้โปรแกรมแลปวิว (Lab View) (National Instruments Corporate Headquarters, 2003)

1) รายละเอียดเบื้องต้น

เนื้อหาจาก LabVIEW Basics I: Introduction Course kit เมื่อได้ฝึกทำแบบฝึกหัดก็สามารถพัฒนาเพื่อนำไปใช้งานได้ รายละเอียดสามารถเข้าไปดูที่ Website <http://www.ni.com> รายละเอียดต่อจาก LabVIEW Basics I ที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ คือ Data Acquisition and Signal Conditioning และ LabVIEW Introduction Control โปรแกรมที่ใช้ประกอบด้วยแผ่นซีดีรอมที่บรรจุ LabVIEW Version 7.0 พร้อมกับแผ่นซีดีรอม Driver สองแผ่น การ์ดเชื่อมต่อที่ใช้ ได้แก่ DAQ device และ GPIB interface โปรแกรมปฏิบัติการที่ใช้เป็น Windows 98 และ Windows XP

โปรแกรมแลปวิว (LabVIEW programs) มีชื่อเรียกว่า เครื่องมือเสมือน (virtual instruments) หรือ VIs เนื่องจากมีการทำงานเป็นเครื่องมือทางกายภาพ (physical instruments) เช่น มัลติมิเตอร์ (multimeter) และ ออสซิลโลสโคป (oscilloscope) LabVIEW ประกอบด้วยชุดของเครื่องมือสำหรับการได้มาของข้อมูล (acquiring data) การวิเคราะห์ข้อมูล (analyzing data) การแสดงผลข้อมูล (displaying data) และการเก็บข้อมูล (storing data)

LabVIEW ประกอบองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ front panel, block diagram และ icon กับ connection pane LabVIEW สามารถสร้าง user interface ด้วย controls และ indicators Controls ได้แก่ knobs, push buttons, dials และ other input devices Indicators ได้แก่ graphs, LEDs และ other displays หลังจากที่ได้สร้าง user interface ก็สามารเติมโค้ด (code) ที่ใช้ VIs และโครงสร้าง (structure) ที่ใช้ควบคุม front panel objects บล็อกไอคอนประกอบด้วย code โดยมีลักษณะเป็น flow chart

LabVIEW สามารถสื่อสารกับ (communicate) กับฮาร์ดแวร์ เช่น data acquisition, vision และ motion control devices และ GPIB, PXI, VXI, RS-232 และ RS-485 devices เมื่อศึกษา LabVIEW ก็จะสามารถสร้างเกี่ยวกับ Test and measurement, data acquisitions, instrument control, datalogging, measurement analysis และ report generation applications

2) ส่วนต่างๆของโปรแกรม

เมื่อเข้าสู่โปรแกรม LabVIEW ก็จะมี Lab view dialog box Lab view dialog box มีส่วนประกอบคือ

1) Menu ที่มี File>>Exit

2) ชุดของ buttons สำหรับ creating และ opening VIs, configuring data acquisition devices และการหา helpful information

คลิก new button เพื่อสร้าง new VI คลิกลูกศรบน new button เพื่อเลือกเปิด blank VI หรือเพื่อเปิด new dialog box

คลิก open button เพื่อเปิด existing VI คลิกลูกศรบน open button เพื่อเปิด recent files

คลิก Configure buttons เพื่อ configure เกี่ยวกับ data acquisition devices คลิกลูกศรบน Configure buttons เพื่อ configure เกี่ยวกับ LabVIEW

คลิก help button เพื่อเข้าสู่ LabVIEW Help คลิกลูกศรบน Help button สำหรับ other Help options ซึ่งประกอบด้วย NI Example Finder

Creating และ saving a VI

เมื่อท่านคลิก New button ใน LabVIEW dialog box ก็จะมี New dialog box เลือก File>New เพื่อแสดง dialog box นี้ เมื่อเลือก template ใน Create new list ก็ปรากฏภาพของ VI ใน Front panel preview section และ block diagram preview section มีการบรรยายเกี่ยวกับ template ปรากฏขึ้นใน Description section คลิก OK button เพื่อเปิด template สามารถดับเบิลคลิกที่ชื่อของ template VI ใน Create new list เพื่อเปิด template ถ้าไม่มี template ที่ใช้ได้สำหรับงานที่ต้องการสร้าง ให้เริ่มต้นกับ blank VI และสร้าง VI เพื่อให้ได้งานที่ต้องการ ใน LabVIEW dialog box คลิกลูกศรบน New button และเลือก blank VI จาก shortcut menu ท่านสามารถเปิด blank VI โดยการเลือก blank VI จาก Create new list ใน New dialog box หรือโดยการเลือก File>>New VI

Open/Templates

ใช้ New dialog box เพื่อสร้างองค์ประกอบต่างๆใน LabVIEW เพื่อช่วยในการสร้าง application สามารถเริ่มต้นกับ blank VI เพื่อเขียน VI New dialog box มีส่วนประกอบดังนี้

Create new เกี่ยวข้องกับการแสดง templates ที่ใช้เพื่อเริ่มต้นสร้าง VIs และ other LabVIEW documents

Blank VI เกี่ยวข้องกับการเปิด blank front panel และ blank block diagram

VI from template เกี่ยวข้องกับการเปิด front panel และ block diagram ด้วยองค์ประกอบที่ต้องการเพื่อสร้างชนิดต่างๆของ VI

DAQ เกี่ยวข้องกับการเปิด front panel และ block diagram ด้วยองค์ประกอบที่ต้องการวัด (measure) หรือกำเนิด (generate) สัญญาณที่ใช้ DAQ ASSISTANT Express VI และ NI-DAQmx

Instrument I/O เกี่ยวข้องกับการเปิด front panel และ block diagram ด้วยองค์ประกอบที่ต้องการสื่อสารกับ external instruments ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง port เช่น serial-enabled device หรือ GPIB-enabled device

Simulated เกี่ยวข้องกับการเปิด front panel และ block diagram ด้วยองค์ประกอบที่ต้องการเพื่อจำลอง (simulate) ข้อมูลที่จะรับ (acquiring data) จาก device

Tutorial (Getting started) เกี่ยวข้องกับการเปิด front panel และ block diagram ด้วยองค์ประกอบที่ต้องการเพื่อสร้าง VIs สำหรับแบบฝึกหัดใน Getting Started Manual

Browse for Template เกี่ยวข้องกับการแสดง Browse dialog box จนกระทั่งสามารถ navigate ให้แก่ VI ,control หรือ template

Front panel preview เกี่ยวข้องกับการแสดง front panel สำหรับ VI plate ที่ได้เลือกไว้ใน Create new list

Block diagram preview เกี่ยวข้องกับการแสดง block diagram สำหรับ VI template ที่ได้เลือกไว้ใน Create new list

Open an Existing VI

ท่าน load VI เข้าไปใน memory โดยการเลือก File>>Open ปรากฏ dialog box ใน Choose the VI to open ให้ navigate แก่ VI ที่ต้องการ open

Saving VIs

เลือก Save As เพื่อบันทึก VI

Menus

Menus อยู่ในส่วนบนสุดของ VI window ประกอบด้วยรายการต่างๆ เช่น Open, Save, Copy และ Paste File menu ประกอบด้วยรายการที่ใช้สำหรับ basic file operation เช่น opening, closing, saving และ printing files

Edit menu ประกอบด้วยรายการที่ใช้สำหรับการหาและแก้ไข LabVIEW files และ their components

Operate menu ประกอบด้วยรายการที่ใช้เพื่อควบคุมการทำงาน (operation) ของ VIs

Tool menu ประกอบด้วยรายการ configuring LabVIEW, your projects และ your VIs

Browse menu ประกอบด้วยรายการที่ใช้มองลักษณะของ current VI

Window menu ประกอบด้วยรายการที่ใช้ configure การปรากฏขึ้นของ current windows และ patterns

สามารถ access เกี่ยวกับ Error list window

Help menu ประกอบด้วยรายการที่ใช้อธิบายและนิยาม LabVIEW features และ other components เพื่อ

จัดเตรียม full LabVIEW documentation และ access National Instruments technical support

Front Panel and Block diagram Windows

เมื่อได้เปิด blank VI จะปรากฏ untitled front panel

Front Panel Toolbar

ใช้ toolbar buttons เพื่อ run และ edit VI

คลิก Run button เพื่อ run VI solid white arrow ซึ่งบอกว่าสามารถใช้ VI และ Sub VI

Run button มีลักษณะเป็นรอยแตก แสดงว่า VI ที่กำลังสร้าง (creating) หรือแก้ไข (editing) มี error

คลิก Run continuously button เพื่อ run VI มันจะหยุด run เมื่อคลิก abort execution หรือ

pause execution

ขณะที่ VI run จะปรากฏ Abort Execution buttons สามารถคลิก button นี้เพื่อหยุด VI ทันที

คลิก Pause button เพื่อหยุด running VI

เลือก Show Context Help Window button เพื่อ toggle display ของ Context Help window

Block diagram Toolbar

เมื่อท่าน run VI จะปรากฏปุ่มบน block diagram toolbar ที่ท่านสามารถใช้ debug VI

คลิก Highlight Execution button เพื่อแสดง animation ของ block diagram execution เมื่อท่าน Run button ก็ จะเห็นการไหลของข้อมูล (flow of data) ผ่านตลอด block diagram คลิก button นี้อีกครั้งหนึ่งเพื่อ disable execution highlighting

คลิก Step into button เพื่อเปิด node และ pause

คลิก Step over button เพื่อ execute node และ pause ที่ node ถัดไป

คลิก Step out button เพื่อจบ (finish) executing the current node และ pause

Palettes

LabVIEW มี graphical, floating palettes เพื่อช่วยในการสร้าง (create) และรัน (run) VIs Palettes

มี 3 แบบ สามารถวาง Palettes เหล่านี้ที่ตำแหน่งใดๆบนจอ

Tools Palette

สามารถ create, modify และ debug VIs โดยการ ใช้ tools ที่ติดตั้งบน floating Tools palette

Tools palette สามารถใช้ได้บน front panel และ block diagram Tool นี้เป็น special operating mode ของ mouse cursor cursor มีความสอดคล้องกับ icon ของ tool ที่ถูกเลือกใน Tools Palette ใช้ tools นี้เพื่อ operate และ modify front panel objects และ block diagram objects

เลือก Windows>>Show Tools Palette เพื่อ display Tools Palette

กด <Shift > key และคลิกขวาเพื่อ display temporary version ของ Tools palette ที่ตำแหน่งของ cursor

ถ้า automatic tool selection สามารถทำงาน ให้เลือก cursor เหนือ objects บน Front panel หรือ block diagram LabVIEW จะเลือกแบบอัตโนมัติเกี่ยวกับ corresponding tool จาก Tools Palette สามารถไม่ใช้ automatic tool selection และเลือก tool manually โดยการคลิก tool ที่ต้องการบน Tools Palette

คลิกเพื่อใช้ Operating tool เพื่อเปลี่ยนค่าของ control หรือเลือก text ภายใน control

คลิกเพื่อใช้ Positioning tool เพื่อ select, move หรือ resize objects

คลิกเพื่อใช้ Wiring tool เพื่อ wire objects เข้าด้วยกันบน block diagram

Controls Palette

ประกอบด้วย controls subpalettes ของ objects ที่ใช้สร้าง VI เมื่อคลิก controls subpalette icon entire controls palette จะเปลี่ยนไปเป็น control subpalette ที่ได้เลือก เพื่อที่จะใช้ object บน controls palettes ให้คลิก object แล้ววางลงบน front panel หรือ block diagram

controls palettes สามารถใช้ได้เฉพาะบน front panel

controls palettes ประกอบด้วย controls และ indicators ที่ใช้เพื่อสร้าง front panel

Functions Palette

ประกอบด้วย Functions subpalettes ของ objects ที่ใช้สร้าง VI เมื่อคลิก Functions subpalette icon Entire Functions palette จะเปลี่ยนไปเป็น Functions subpalette ที่ได้เลือก เพื่อที่จะใช้ object บน Functions palettes ให้คลิก object แล้ววางลงบน front panel หรือ block diagram

Functions palettes สามารถใช้ได้เฉพาะบน front panel

Functions palettes ประกอบด้วย VIs และ Functions ที่ใช้เพื่อสร้าง block diagram

Shortcut Menus

The most often-used menu เป็น object shortcut menu LabView objects ทั้งหมด และ empty space บน front panel และ block diagram มี associated shortcut menu ใช้ shortcut menu items เพื่อ เปลี่ยน look และ behavior ของ front panel objects และ block diagram objects เพื่อที่จะ access shortcut menu ให้คลิกขวาที่ object, front panel หรือ block diagram

Property Dialog boxes

Front panel objects มี property dialog box ที่ใช้เพื่อเปลี่ยนแปลง look หรือ behavior ของ front panel objects คลิกขวาที่ front panel object และเลือก Properties จาก shortcut menu เพื่อ access property dialog box สำหรับ object

Front Panel

Front panel เป็น user interface ของ VI

Controls and Indicators

สร้าง front panel ด้วย controls และ indicators ซึ่งเป็น interactive input และ output terminals ของ VI ตามลำดับ

Controls ได้แก่ knobs, push buttons, dials และ other input devices

Indicators ได้แก่ graphs, LEDs และ other displays

Controls จะ simulate instrument input devices และ supply data ให้แก่ block diagram ของ VI

Indicators จะ simulate instrument output devices และ display data ที่ block diagram ได้รับหรือที่สร้างขึ้น

Control Palette

เข้าได้เฉพาะบน front panel ประกอบด้วย controls และ indicators ที่ใช้เพื่อสร้าง front panel เลือก Windows>>Show Controls Palettes หรือคลิกขวาที่ front panel workspace เพื่อ display Controls palette Controls subpalettes ประกอบด้วย complete set ของ built-in controls และ indicators

Numeric Controls and Indicators

Numeric objects ที่ใช้กันมากที่สุดเป็น Numeric Controls and Indicators เพื่อที่จะเข้าไปหรือเปลี่ยนค่าใน numeric control ให้คลิก increment button และ decrement button ด้วย Operating tool หรือดับเบิลคลิกที่ number ด้วย Labeling tool หรือ Operating tool พิมพ์ new number และกด <Enter> key

Boolean Controls and Indicators

ใช้เพื่อเข้าไปและแสดงค่า Boolean (TRUE หรือ FALSE) Boolean objects จะ simulate switches, push buttons และ LEDs

Boolean objects ที่ใช้กันมากที่สุดเป็น vertical toggle switch และ round LED

Block diagram

หลังจากที่ได้สร้าง front panel ก็จะไปใส่ code โดยการใส่ graphical representations ของ functions เพื่อ control the front objects block diagram ประกอบด้วย graphical source code front panel objects ปรากฏในลักษณะที่เป็น terminals บน block diagram block diagram objects ประกอบด้วย terminals, sub VIs, functions, constants, structures และ wires ซึ่ง transfer data ท่ามกลาง other block diagram objects

Functions Palette

ใช้ได้เฉพาะใน block diagram ประกอบด้วย VIs และ Functions ที่ใช้เพื่อสร้าง block diagram เลือก Window>Show Functions Palette หรือคลิกขวาที่ block diagram workspace เพื่อ display the Function Palette

Express VIs, VIs and Functions

LabVIEW ใช้ colored icons เพื่อแยกความแตกต่าง Express VIs, VIs and Functions บน block diagram

Express VIs

ใช้สำหรับงานการวัดปกติ (common measurement task) มีลักษณะเป็น nodes ที่

ต้องการ minimal wiring เนื่องจากได้ configure มันด้วย dialog boxes ได้ save the configuration ของ express VI ในลักษณะเป็น sub VI

Vis

ได้วาง VI บน block diagram LabVIEW ได้พิจารณา VI เป็น sub VI เมื่อดับเบิลคลิก sub VI front panel และ block diagram ปรากฏขึ้น front panel

ประกอบด้วย controls และ indicators block diagram ประกอบด้วย wires, front panel icons, functions, sub VI และ other LabVIEW objects

มุมขวามือสุดของ front panel และ block diagram จะ display icon สำหรับ VI สิ่งนี้เป็น icon ที่ปรากฏเมื่อได้วาง VI ลงบน block diagram สามารถสร้าง VI ใช้เป็น sub VI

Functions

เป็น fundamental operating elements ของ LabVIEW Functions ไม่ได้มี front panels หรือ block diagram แต่มี connector panes การดับเบิลคลิกที่ function จะเป็นการเลือกเฉพาะ function เท่านั้น

Nodes

Nodes เป็น objects บน block diagram ที่มี inputs และ/หรือ outputs และกระทำ operations เมื่อ VI run

Terminals

Front panel objects ปรากฏในลักษณะที่เป็น terminals บน block diagram

Terminals ใช้แทนชนิดของ data ของ control หรือ indicator

Wires

สามารถย้ายข้อมูลท่ามกลาง block diagram objects ผ่านตลอด wires

1. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้า อุปกรณ์วัดระดับของของเหลว ตัวดูดกลืนอินฟราเรด อุปกรณ์แบ่งแรงดันไฟฟ้า และอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ฮอลล์

Applications of conductive ceramics for the operation of electrical resistor, liquid level sensor, infrared absorber, voltage divider and Hall effect demonstrative device.

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ¹ เยาวนุช มะธูระ² จุฑารัตน์ บัวมิกลิ้น²
Thongchai Panmatarith¹ Yoawanoot Mathura² Jutharat Buameeklin²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารเซรามิกส์ตัวนำจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP, การ์ด DAQ และ แลปวิว ตัวต้านทานไฟฟ้าที่ได้รับการศึกษา ได้แก่ สาร LaCoO_3 มีความต้านทาน 47.30Ω และสาร $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ มีความต้านทาน 183.96Ω ค่าความต้านทานของสารมีค่าต่ำในย่านโอห์ม สารมีลักษณะเป็นเซรามิกส์ตัวนำ ความต้านทานของสารนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามเวลาซึ่งแสดงเสถียรภาพทางไฟฟ้าที่ดีของสาร ความต้านทานของสารนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิซึ่งแสดงเสถียรภาพทางความร้อนที่ดีของสาร สาร LaCoO_3 และ $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ มีแนวโน้มนำไปใช้ทำเป็นตัวต้านทานไฟฟ้าได้ ตัวต้านทานค่าคงที่เชิงการค้ำสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดระดับของของเหลว แผ่น ZnO แสดงการตอบสนองการดูดกลืนอินฟราเรดจึงสามารถทำหน้าที่เป็นตัวดูดกลืนรังสีอินฟราเรด สาร BaTiO_3 (Ju), $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$ (Yoa) และ BaTiO_3 (Su) ที่ประกอบกันเป็นวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ในการเลือกแรงดันไฟฟ้าไปใช้งานตามต้องการ เมื่อทำการศึกษาปรากฏการณ์ฮอลล์ในแผ่น ZnO ในสนามไฟฟ้าสลับโดยใช้สนามแม่เหล็กขนาด 0.26 Wb/m^2 พบว่าแรงดันฮอลล์มีค่า 0.015823 V ความเข้มข้นของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในเซรามิกส์ (n) มีค่า $5.21 \times 10^{13} \text{ electrons/m}^3$ อุปกรณ์ฮอลล์ที่ทำมาจากแผ่น ZnO นี้จะนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดสนามแม่เหล็ก

คำสำคัญ : เซรามิกส์ตัวนำ ตัวต้านทานไฟฟ้า ตัวต้านทานค่าคงที่เชิงการค้ำ ตัวดูดกลืนรังสีอินฟราเรด วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า อุปกรณ์ฮอลล์ หัววัดสนามแม่เหล็ก แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting material in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. LaCoO_3 and $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ resistors were studied and resistances were 47.30Ω and 183.96Ω , respectively. The resistance value of the samples were a low value in ohm region. Samples were conductive ceramics. The samples showed good electrical stability due to the independence of resistance with time. The samples showed good thermal stability due to the independence of

resistance with temperature. The samples had can be used as electrical resistor. Commercial fixed resistor can be used as liquid level sensor. ZnO pellet showed infrared response and can be used as infrared absorber. The BaTiO_3 (Ju), $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$ (Yoa) and BaTiO_3 (Su) that were voltage divider circuit composition can be used for voltage selection for any work. Hall effect in ZnO pellet was studied in ac electric field with the magnetic field of 0.26 Wb/m^2 and found that Hall voltage was 0.015823 V . The concentration of moving electron in ceramics (n) was $5.21 \times 10^{13} \text{ electrons/m}^3$. Hall device that made from ZnO pellet will be used as magnetic field sensor.

Keyword : resistor , infrared absorber , liquid level sensor , voltage divider , Hall device , LabVIEW

¹รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

ตัวนำเซรามิกส์เป็นตัวต้านทานที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำซึ่งอยู่ในย่านตัวนำ ตัวต้านทานโอห์มมิกเป็นมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานไฟฟ้าต่ำโดยมีความต้านทานไฟฟ้าอยู่ในช่วง 10^3 - $10^8 \Omega$ ทำมาจากส่วนผสมของตัวนำกับฉนวนหรือชั้นบางของตัวนำซึ่งถูกเคลือบลงบนฐานรองฉนวน ตัวต้านทานโอห์มมิกมีรูปร่างเป็นแท่งฟิล์มหนาหรือฟิล์มบาง (A. J. Moulson และ J.M. Herbert, 1990) มีผู้เตรียมอุปกรณ์ที่เป็นฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำ SnO_2 ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดหลายอันที่อยู่เรียงกันเป็นแถว (sensor array) สำหรับใช้ทดสอบก๊าซและควัน (gas and smoke) ที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ แหล่งกำเนิดควันที่ใช้เป็นกระดาษ ไม้ บุหรี่ พลาสติก เส้นผม ที่ลุกไหม้ หัววัดนี้มีความไวต่อก๊าซ H_2 และ CO สัญญาณจากหัววัดที่บอกความเข้มข้นของควัน มีผู้เตรียมตัวต้านทาน RuO_2 แบบฟิล์มบางโดยสเปคโตรอิมเมจเจอร์แบบไฟฟ้ากระแสตรงวปฏิบัติกรรยา (reactive d.c. magnetron sputtering) วัดสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน (TCR) เพื่อศึกษาเสถียรภาพต่อความร้อนพบว่า $\text{TCR} = \pm 20 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ RuO_2 แบบฟิล์มบางนี้ใช้ทำตัวต้านทาน (Jiao, K. L. 1993) มีผู้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสมบัติเชิงไฟฟ้าและสมบัติเชิงเสถียรภาพและการที่บ่งลักษณะของไมโครสโคปอูลตราโซนิกส์ของตัวต้านทานเซรามิกส์ที่มีการเผาพร้อม (LTCC) ได้ศึกษาอิทธิพลของขนาดที่มีต่อผลต่อความต้านทาน เสถียรภาพทางความร้อนยาวนานและความทนทานต่อการรับพัลส์แรงดันสูงขนาดไมโครวินาทีหรือนาโนวินาที (Andrzej Dziedzic, 2001)

ปรากฏการณ์ฮอลล์ (Hall effect) คือ ปรากฏการณ์ที่มีการปล่อยกระแสไฟฟ้า (electric current, I_x) ให้ไหลผ่านสารและในขณะเดียวกันก็มีการบ่อนสนามแม่เหล็ก (magnetic field, B_z) ในแนวตั้งฉากกับกระแสไฟฟ้ามันจะเกิดความต่างศักย์ฮอลล์ (Hall voltage, V_y or V_H) และสนามฮอลล์ (Hall field, E_y or E_H) ในแนวตั้งฉากกับกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

บทความนี้เป็นการศึกษาประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้า อุปกรณ์วัดระดับของของเหลว ตัวดูดกลืนอินฟราเรด อุปกรณ์แบ่งแรงดันไฟฟ้าสำหรับวัดแรงดันไฟฟ้าสูงและอุปกรณ์ฮอลล์สำหรับวัดสนามแม่เหล็ก

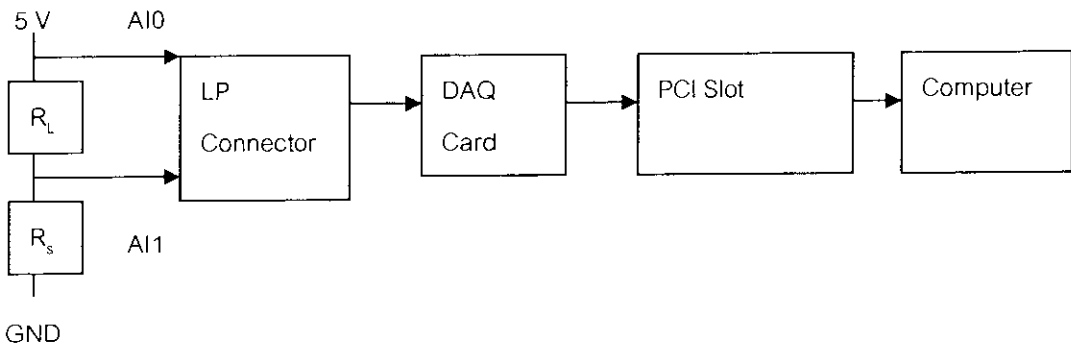
วัตถุประสงค์และวิธีการ

1.1 การประยุกต์ใช้เป็นตัวต้านทานไฟฟ้า

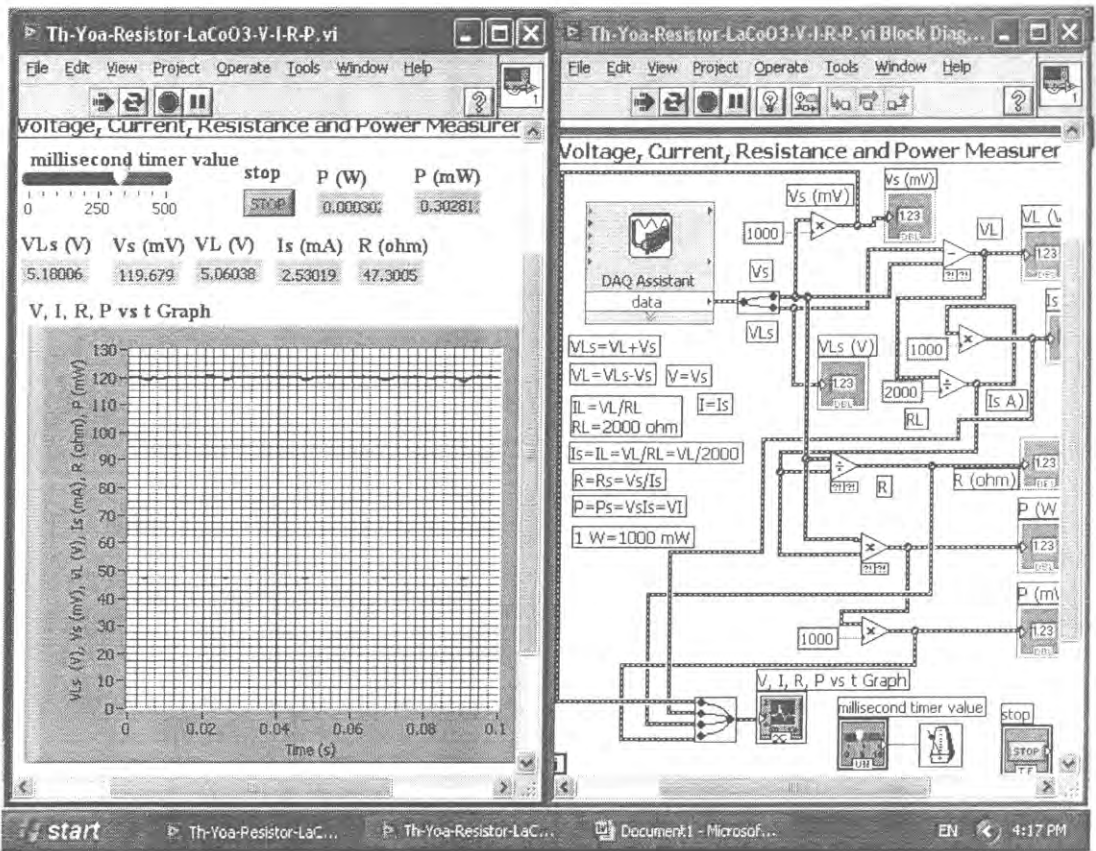
1) เลือกสูตรของสารที่เป็นเซรามิกส์ตัวนำสำหรับในการทดลองโดยการวัดดูว่าตัวต้านทานที่อุณหภูมิห้องมีค่าเท่าใด (เลือกในย่าน Ω และ $k\Omega$) ความต้านทานของสารจะต้องน้อยกว่า $1 k\Omega$ วัดดูว่าตัวต้านทานเปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือไม่ด้วยมัลติมิเตอร์ (Fluke 45 Dual Display Multimeter) และวัดดูว่าตัวต้านทานเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิหรือไม่ด้วยมัลติมิเตอร์

2) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำที่ใช้ทำเป็นตัวต้านทาน

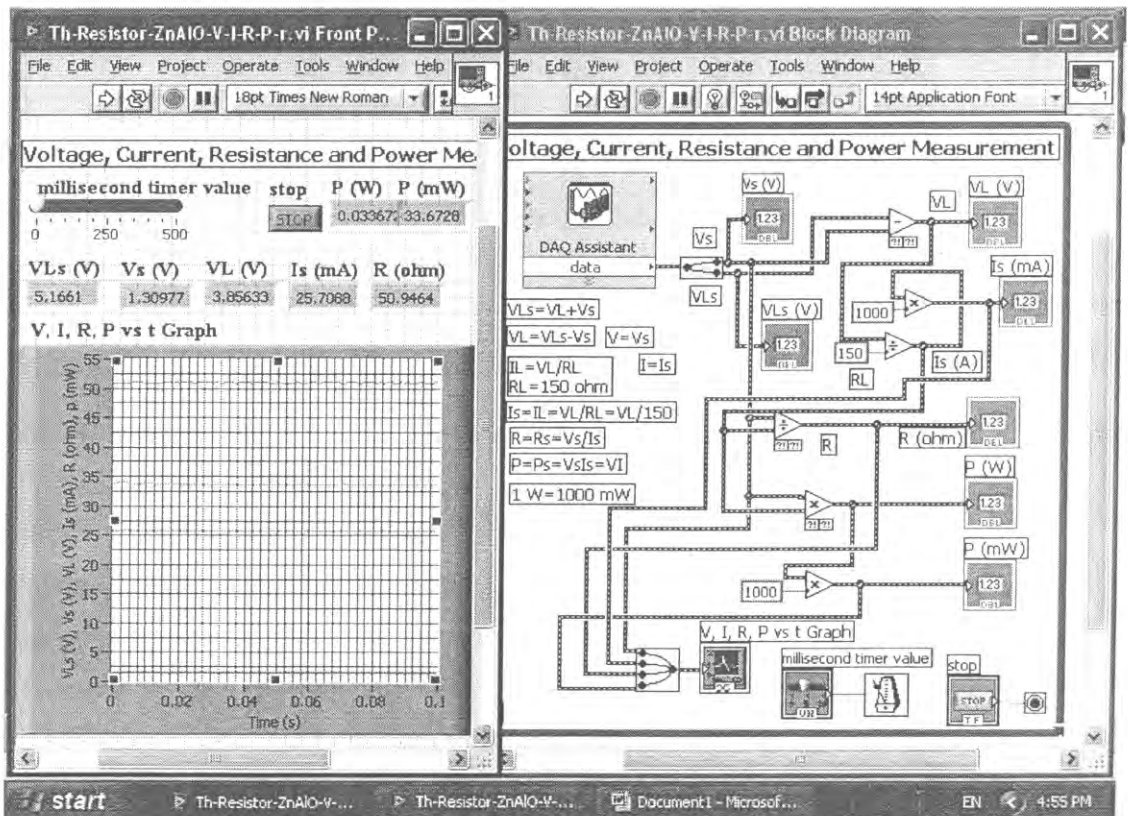
จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำ $LaCoO_3$ และ $Zn_{0.9}Al_{0.1}O_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้าด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 1.1.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำ $LaCoO_3$ และ $Zn_{0.9}Al_{0.1}O_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้าด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 1.1.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ $LaCoO_3$ และ $Zn_{0.9}Al_{0.1}O_3$ กระแสไฟฟ้าจากขั้ว +5V (ขา 14 ของ LP Connector) ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $2 k\Omega$ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (Ai0) และ analog input 1 (Ai1) ของ LP connector ตามลำดับ V_L และ V_s จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant Split signal จะแยก V_s และ V_{Ls} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s = I_L$ คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ กำลังไฟฟ้า (p) คำนวณจาก $V_s I_s$ แปลงหน่วยของ V_s จาก V มาเป็น mV ด้วย Multiplier แปลงหน่วยของ I_s จาก A มาเป็น mA ด้วย Multiplier แปลงหน่วยของ p จาก W มาเป็น mW ด้วย Multiplier หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของโปรแกรม While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V_{Ls} vs. t, V_L vs. t, V_s vs. t, I_s vs. t และ p vs. t ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Graph สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 1.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำ $LaCoO_3$ และ $Zn_{0.9}Al_{0.1}O_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้าด้วย LabVIEW



n) LaCoO₃

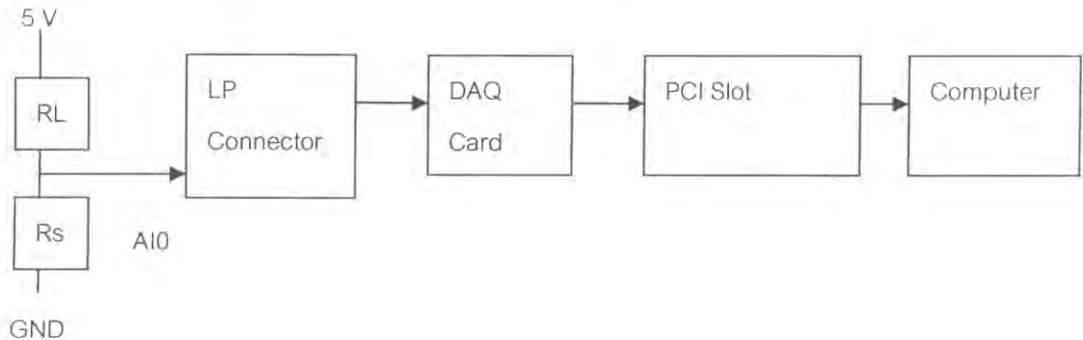


ญ) Zn_{0.9}Al_{0.1}O₃

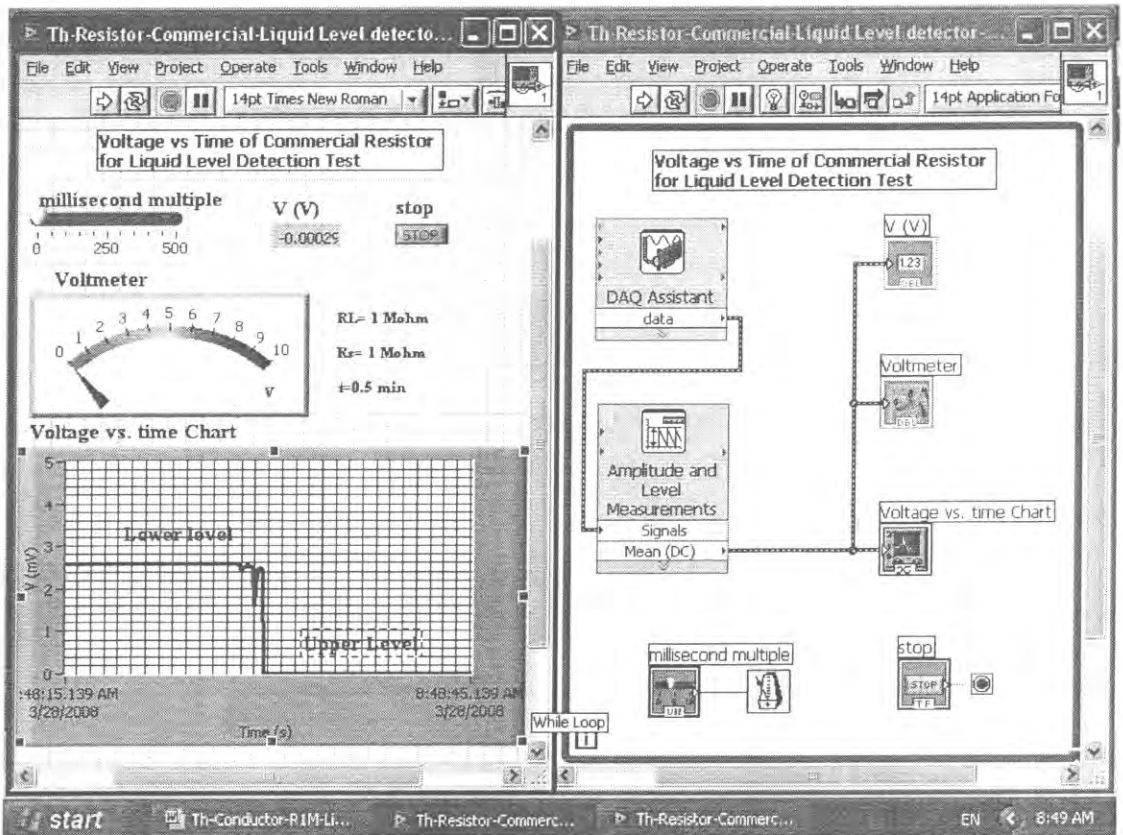
รูปที่ 1.1.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบประยุกต์ใช้ของเซรามิกสัณฐาน LaCoO₃ และ Zn_{0.9}Al_{0.1}O₃ ให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้าด้วย LabVIEW

1.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดระดับของของเหลว

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้ตัวต้านทานค่าคงที่เชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดระดับของของเหลวด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 1.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้ตัวต้านทานค่าคงที่เชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดระดับของของเหลวด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 1.2.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ตัวต้านทานค่าคงที่เชิงการค้ำ ($R_s = 1\text{ M}\Omega$) กระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้า 5 V (ขา 14 ของ LP Connector) ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $1\text{ M}\Omega$ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน $R_x = 1\text{ M}\Omega$ ต่อ GND กับ Analog Input Ground (AIGND) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_x ที่มีค่า V_x หรือ V จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) แรงดันไฟฟ้า V จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดัน V จะไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้แสดงเป็นค่า Mean (DC) แสดงแรงดันไฟฟ้า (V) ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม แล้วเพิ่มระดับของของเหลวจนกระทั่งสารตัวอย่างจมมิดในของเหลวนี้เพื่อแสดงกราฟ voltage vs. time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



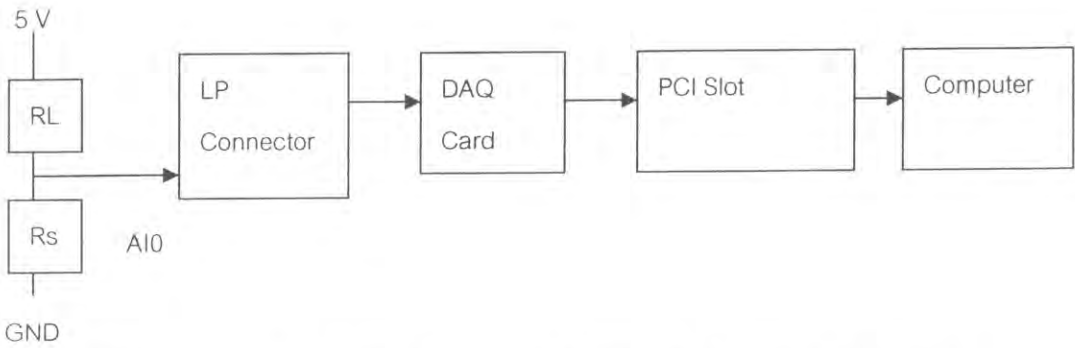
รูปที่ 1.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้ตัวต้านทานค่าคงที่เชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดระดับของของเหลวด้วย LabVIEW



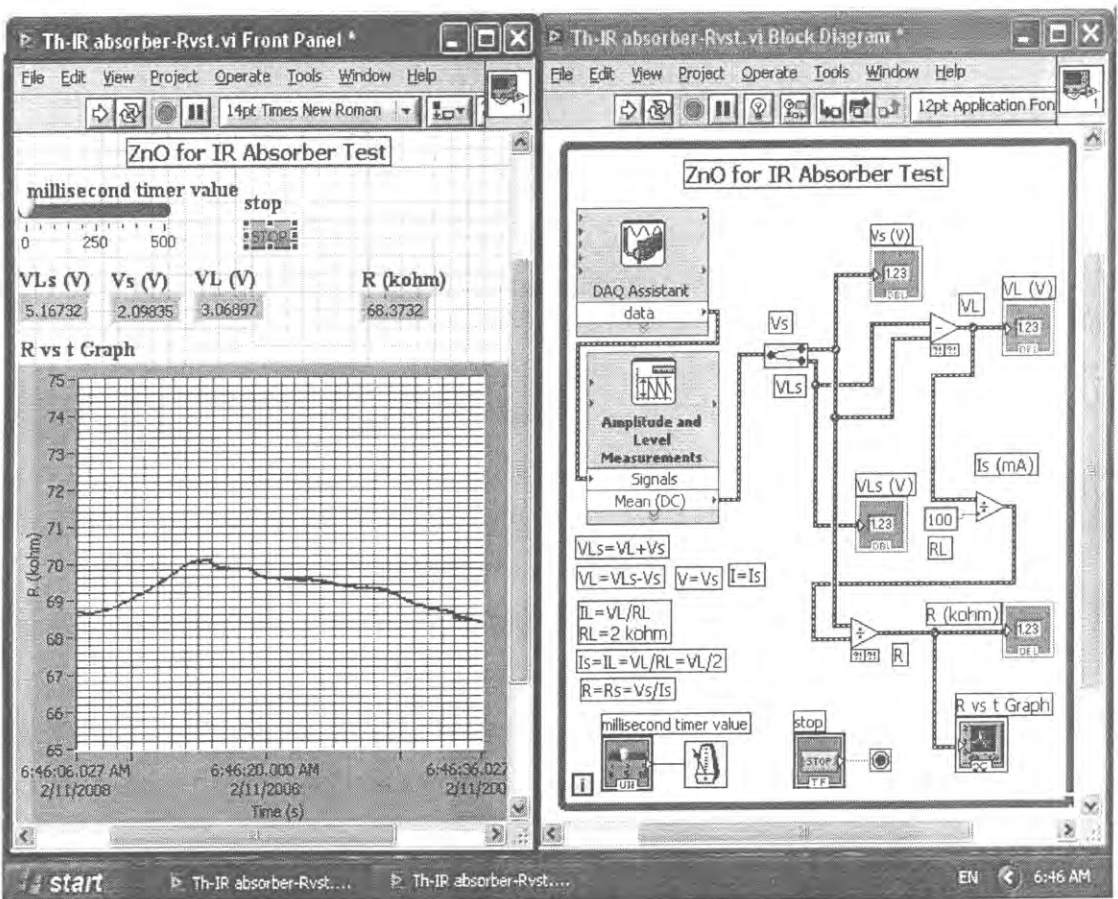
รูปที่ 1.2.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้ตัวต้านทานค่าคงที่เชิงการค้า ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดระดับของของเหลวด้วย LabVIEW

1.3 การประยุกต์ใช้เป็นตัววัดอุณหภูมิอินฟราเรด

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบเพื่อประยุกต์ใช้ตัวนำเซรามิกส์ ZnO ให้เป็นตัววัดอุณหภูมิอินฟราเรดด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 1.3.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram เพื่อประยุกต์ใช้ตัวนำเซรามิกส์ แผ่น ZnO ให้เป็นตัววัดอุณหภูมิอินฟราเรดด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 1.3.2 สารตัวอย่างที่ใช้ คือ แผ่นดุกกลืนอินฟราเรด ในที่นี้จะใช้แผ่น ZnO ที่มีความหนา 1.63 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 19 mm หัววัดที่ใช้ คือ $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ มีความหนา 3.35 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 13.18 mm กระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้า 5 V (ขา 14 ของ LP Connector) ไหลผ่าน ตัวต้านทานโหลด (R_L) $100\text{ k}\Omega$ และสารตัวอย่าง ($\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$) ที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ R_s+R_L มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Mean (DC) Split signal จะแยก V_s และ V_{Ls} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L=V_{Ls}-V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L=V_L/R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s=I_L$ คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R=V_s/I_s$ หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของโปรแกรม While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม นำแผ่น ZnO ไม่บังและบังรังสีอินฟราเรดจากเตาไฟฟ้าที่จะไปตกกระทบ $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ แล้วสั่งพิมพ์กราฟ R vs t นี้ เพื่อแสดงกราฟ resistance vs. time ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 1.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบเพื่อประยุกต์ใช้ตัวนำเซรามิกส์ ZnO ให้เป็น ตัวดูดกลืนอินฟราเรดด้วย LabVIEW

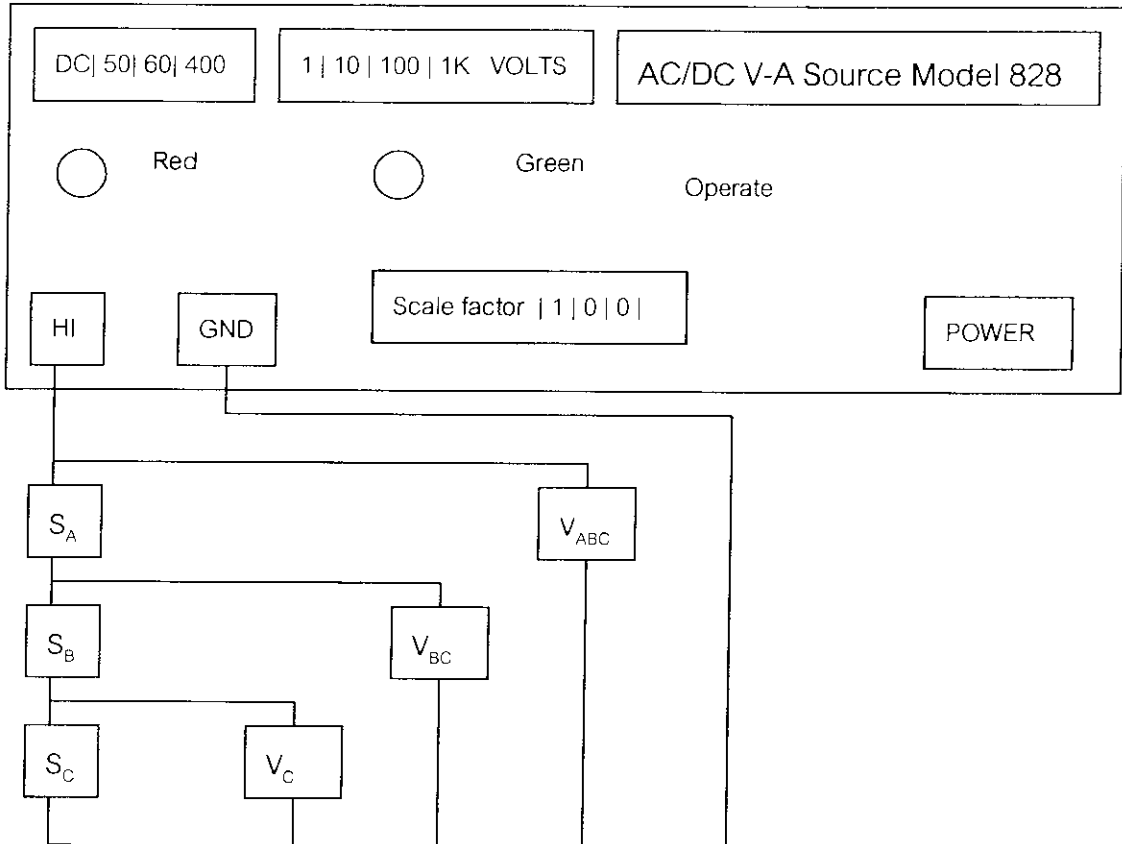


รูปที่ 1.3.2 Front Panel และ Block diagram เพื่อประยุกต์ใช้ตัวนำเซรามิกส์ ZnO ให้เป็น ตัวดูดกลืนอินฟราเรดด้วย LabVIEW

1.4 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์แบ่งแรงดันไฟฟ้า

จัดเตรียมวิธีการต่อวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้างดแสดงในรูปที่ 1.4.1 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ S_A , S_B และ S_C ซึ่งคือ $BaTiO_3$ (Ju), $Sr_{0.5}Pb_{0.5}TiO_3$ (Yoa) และ $BaTiO_3$ (Su) การทดลองจะใช้เครื่อง AC/DC V-A Source เสียบสายไฟฟ้า 220 V เข้ากับปลั๊กไฟของตึก ตั้งโดยเลือกไฟฟ้าสลับ 50 Hz ตั้งโดยเลือกแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ 10 V ตั้ง Scale factor ที่ 1 ต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้โวลต์มิเตอร์มีเพียง 1 เครื่อง ให้เลื่อนสายวัด

ไปยังจุดที่ต้องการจะวัด เปิดสวิตช์ POWER ไฟสีแดงจะติด รอ 1/2 นาที แล้วกดสวิตช์ operate จะเห็นไฟสีเขียวติด แรงดันไฟฟ้าจะออกทางขั้ว HI และ GND และจะเข้าไปในวงจรของ S_A , S_B และ S_C สังเกตดูแรงดันไฟฟ้า V_{ABC} , V_{BC} และ V_C ตั้งแรงดันไฟฟ้าที่ใช้เป็น 1000 V แล้ววัดและบันทึกแรงดันไฟฟ้า V_{ABC} , V_{BC} และ V_C ลงในตารางที่ 1.4.1

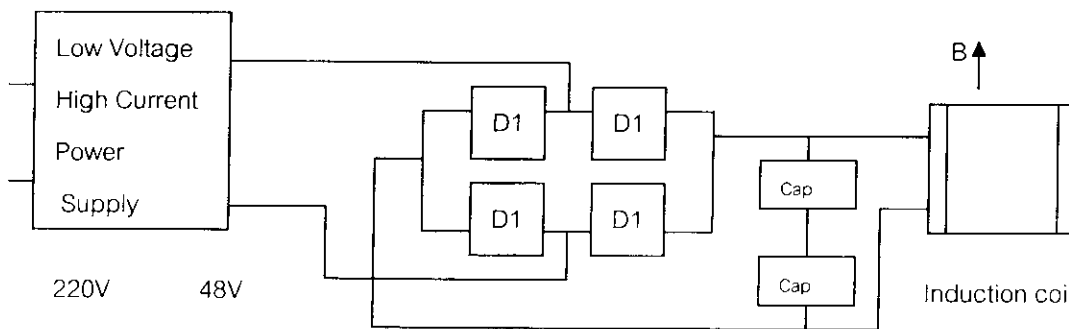


รูปที่ 1.4.1 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

1.5 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ฮอลล์

วัตถุประสงค์และวิธีการ

1) จัดเครื่องมือเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง (high strength magnetic field) ดังแสดงในรูปที่ 1.5.1 ปลอยไฟบ้าน 220 V มายังหม้อแปลงไฟฟ้า 220 V-48 V หม้อแปลงไฟฟ้านี้จะแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 V นี้ให้เป็น 48 V ส่งไปยังไดโอดที่ต่อแบบบริดจ์เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ส่งมายังวงจรของกระแสไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุไฟฟ้า 2 ตัว เพื่อกรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบหรือมีค่าคงที่ แรงดันไฟฟ้าที่ได้มีค่าประมาณ 54 V จะถูกส่งไปยังขดลวดเหนี่ยวนำ มีสนามแม่เหล็ก (B) เกิดขึ้นตามกฎของแอมแปร์ $B = \mu NI/L$

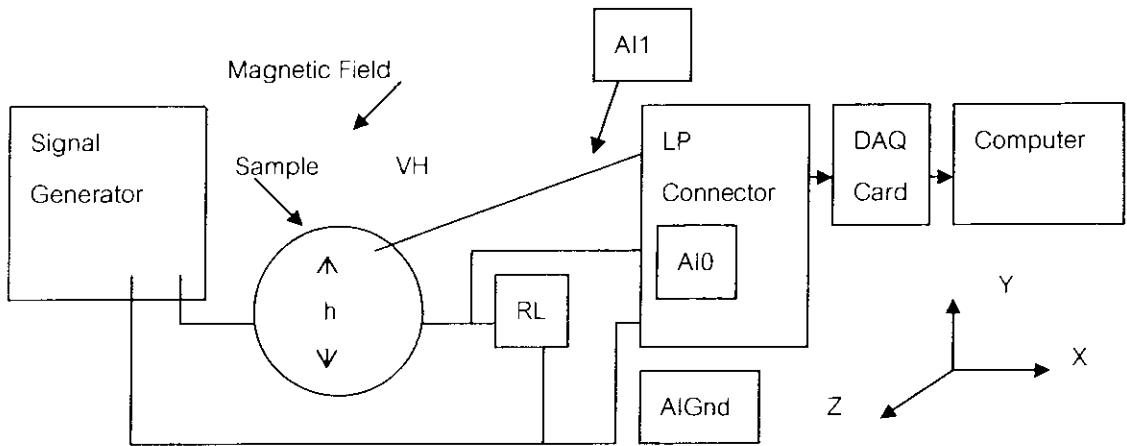


รูปที่ 1.5.1 การจัดเครื่องมือเพื่อเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง

การคำนวณหาสนามแม่เหล็ก (B)

ความต้านทานของขดลวด (R) มีค่า 12.1Ω สภาพต้านทานไฟฟ้าของลวดทองแดง (ρ_{Cu}) มีค่า $1.7 \times 10^{-8} \Omega m$ สูตรที่ใช้คำนวณ $R = \rho L/A$; ความยาวทั้งหมดของขดลวดมีค่า $L_w = RA/\rho$ พื้นที่หน้าตัดของขดลวดมีค่า $A = \pi d^2/4$ เส้นผ่าศูนย์กลางของขดลวดมีค่า $d = 0.9 \times 10^{-3} m$ ดังนั้น $A = 0.63585 \times 10^{-6} m^2$ และความยาวทั้งหมดของขดลวดมีค่า $L_w = 4.525756 \times 10^2 m$ ความยาวของแกนของขดลวดมีค่า $L_c = 5 \times 10^{-2} m$ จำนวนจำนวนรอบของขดลวดได้จากสูตร $N = L_w/L_{1turn}$ ความยาวของขดลวด 1 รอบ มีค่า $L_{1turn} = 2\pi r = \pi d$ เส้นผ่าศูนย์กลางของแกนของขดลวดมีค่า $d = 6.2 \times 10^{-2} m$ ดังนั้นความยาวของขดลวด 1 รอบ มีค่า $L_{1turn} = 0.19468 m$ จำนวนรอบของขดลวดมีค่า $N = 2324.715 turns$ คำนวณสนามแม่เหล็กจากสูตร $B = \mu NI/L_c = \mu_0 \mu_r NI/L_c$ เมื่อ μ เป็นสภาพขั้วซึมได้ทางแม่เหล็กของสารแม่เหล็ก μ_0 เป็นสภาพขั้วซึมได้ทางแม่เหล็กของสุญญากาศ μ_r เป็นสภาพขั้วซึมได้ทางแม่เหล็กสัมพัทธ์ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} Wb/Am$, $\mu = 5000$ ดังนั้นสนามแม่เหล็กจากที่คำนวณได้มีค่า $B = 1.314 \times 10^3 Wb/m^2$ สนามแม่เหล็กที่เครื่องสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูงมีค่า $1.315 \times 10^3 Wb/m^2$ (ภายในแกนเหล็ก) สนามแม่เหล็กที่เครื่องสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูงมีค่า $0.26 Wb/m^2$ (ที่ผ่านอากาศ)

2) จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์ฮอลล์ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 1.5.2 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์ฮอลล์ ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 1.5.3 สารตัวอย่างที่ทดสอบคือ แผ่น ZnO เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ $f = 60 Hz$ จ่ายกระแสไฟฟ้า I_x ผ่าน $R_L = 1 M\Omega$ และสารตัวอย่างเซรามิกที่เป็นแผ่น ZnO ปลดปล่อยสนามแม่เหล็ก (magnetic field, B_z) ที่มีขนาด $0.26 Wb/m^2$ เข้าไป ให้ Ammeter วัดกระแสไฟฟ้า I_x และ Voltmeter วัดแรงดันฮอลล์ V_y หรือ V_H (กระแสไฟฟ้ามีทิศทาง x สนามแม่เหล็กมีทิศทาง z และสนามฮอลล์มีทิศ y) แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้เป็นเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า (Signal Generator)



รูปที่ 1.5.2 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ฮอลล์ด้วย LabVIEW

แรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออิเล็กตรอนที่มีประจุไฟฟ้า q และความเร็ว v_x มีค่า F_y ดังสมการ

$$F_B = -qv_x B_z \quad (1)$$

แรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออิเล็กตรอนมีค่า F_{EH} ดังสมการ

$$F_{EH} = -qE_H \quad (2)$$

แรงทั้งสองมีค่าเท่ากัน

$$\begin{aligned} F_B &= F_{EH} \\ -qv_x B_z &= -qE_H \\ v_x &= E_H / B_z \end{aligned} \quad (3)$$

ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าของอิเล็กตรอน (electron's electric current density, j_x) มีค่า

$$j_x = -nqv_x \quad (4)$$

แทนสมการ (3) ใน (4) จะได้

$$j_x = -nqv_x = -nqE_H / B_z \quad (5)$$

เมื่อ n เป็นความเข้มข้นของอิเล็กตรอน (electron concentration)

สนามไฟฟ้าฮอลล์ (E_H) มีความสัมพันธ์กับแรงดันฮอลล์ V_H และระยะห่างระหว่างผิวที่มีประจุบวกและผิวที่มีประจุลบหรือความกว้างของสาร (w)

$$E_H = V_H / w \quad (6)$$

ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (j_x) มีความสัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้า (I_x) และพื้นที่หน้าตัดของสาร (A) ดังสมการ

$$j_x = I_x / (wd) \quad (7)$$

เมื่อ $A = wh$ และ $h =$ ระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด ที่เกิดแรงดันฮอลล์

แทน (6) และ (7) ใน (5) จะได้

$$I_x / wd = -nqV_H / wB_z$$

จัดเทอมก็จะได้ความเข้มข้นของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในเซรามิกส์

$$n = -I_x B_z / qV_H h \quad (8)$$

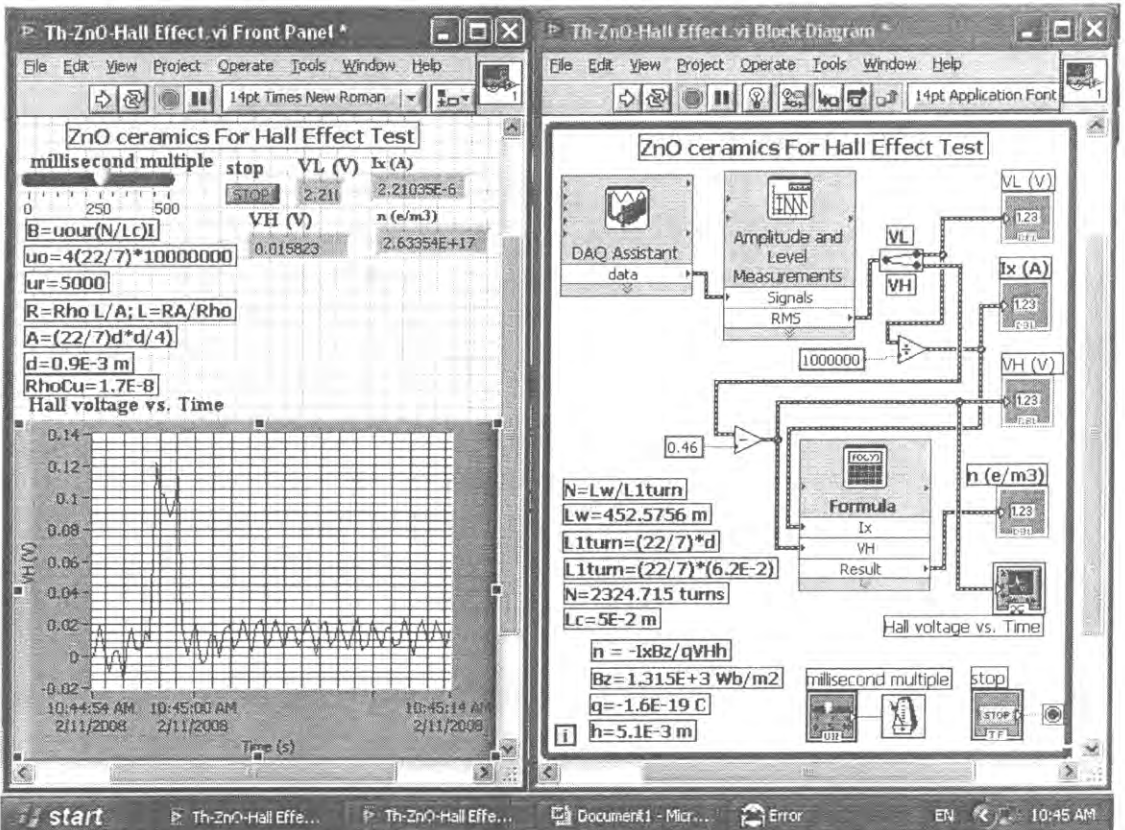
เมื่อ $q = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

สมการ (8) เป็นสูตรที่ใช้คำนวณหาจำนวนอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ต่อปริมาตรของสาร

สัมประสิทธิ์ฮอลล์ (Hall coefficient, R_H) สำหรับอิเล็กตรอน

$$R_H = -1/nq \quad (9)$$

นำแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานโหลด (V_L) ป้อนเข้า Analog Input 0 (AI0) แรงดันฮอลล์ (V_H) ป้อนเข้า Analog Input 1 (AI1) ต่อ GND กับ Analog Input Ground (AIGND) ของ LP connector แรงดันไฟฟ้าก็จะเคลื่อนที่ผ่าน LP connector ผ่าน DAQ Card เข้า computer โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_L และ V_H ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ Split signal จะแยก V_L และ V_H ออกจากกัน คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L/R_L$ ด้วย Divider เมื่อ $R_L = 1 \text{ M}\Omega$ กระแสไฟฟ้า $I_L = I_x$ $q = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ เป็นค่าคงที่ ระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด ที่เกิดแรงดันฮอลล์ (h) วัดได้ด้วยใช้ไมโครมิเตอร์ สนามแม่เหล็กที่มีค่า (B_z) = 0.26 Wb/m^2 ปรับ zero voltage สำหรับ V_H โดยการลบออกด้วย 0.46 บันทึกลงทั้งหมดลงในโปรแกรม คำนวณความเข้มข้นของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในเซรามิกส์ (n) ด้วย Formula และใช้สูตร $n = -I_x B_z / q V_H h$ แสดงความเข้มข้นของอิเล็กตรอนด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart หนึ่งวง เวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ electron concentration vs time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 1.5.3 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจากปรากฏการณ์ฮอลล์ ด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

1) ตัวต้านทานไฟฟ้า

สาร LaCoO_3 มีความต้านทาน 47.30Ω และสาร $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ มีความต้านทาน 183.96Ω ค่าความต้านทานของสารมีค่าต่ำในย่านอินทิม สารทั้งสองมีลักษณะเป็นเซรามิกส์ตัวนำ ความต้านทานของสารนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามเวลาซึ่งแสดงเสถียรภาพทางไฟฟ้าที่ดีของสาร ความต้านทานของสารทั้งสองนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิซึ่งแสดงเสถียรภาพทางความร้อนที่ดีของสาร

2) อุปกรณ์วัดระดับของของเหลว

ผลการประยุกต์ใช้ตัวต้านทานค่าคงที่เชิงการดัดให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดระดับของของเหลวแสดงดังรูปที่ 1.2.2 จากการพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่างที่เป็นตัวต้านทานค่าคงที่เชิงการดัดเมื่อระดับน้ำอยู่ต่ำจะมีค่าสูงและแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่างเมื่อระดับน้ำอยู่สูงจะมีค่าต่ำ เมื่อพิจารณาแรงดันไฟฟ้านี้ก็สามารถบ่งชี้ระดับของของเหลว นอกจากนี้เซรามิกส์ตัวนำก็สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดระดับของของเหลว

3) ตัวดูดกลืนอินฟราเรด

ผลการทดสอบการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดแสดงดังรูปที่ 1.3.2 ความต้านทานของ $\text{NiO}+0.05\text{Cr}_2\text{O}_3$ ก่อนบั้งและหลังบั้งหรือก่อนและหลังการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของแผ่น ZnO มีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงตามลำดับ แผ่น ZnO แสดงการตอบสนองการดูดกลืนอินฟราเรด (infrared absorption response) ดังนั้นแผ่น ZnO ทำหน้าที่เป็นตัวดูดกลืนรังสีอินฟราเรด

4) อุปกรณ์แบ่งแรงดันไฟฟ้า

ตารางที่ 1.4.1 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่าง S_A , S_B และ S_C

V_{ABC}	1000 V
V_{BC}	494.3 V
V_C	297 V

5) อุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ฮอลล์

สูตรของเซรามิกส์นำไฟฟ้าที่ใช้ทดลองหรือชื่ออุปกรณ์ คือ แผ่น ZnO แรงดันฮอลล์ (VH) มีค่า 0.015823 V ความเข้มข้นของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในเซรามิกส์ (n) มีค่า $2.63354 \times 10^{17} \text{ electrons/m}^3$ แต่เนื่องจากสนามแม่เหล็กภายในแกนของขดลวดมีค่ามากกว่าสนามแม่เหล็กที่สารได้รับ 5053.846 เท่า ดังนั้นความเข้มข้นของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในเซรามิกส์ (n) มีค่า $5.21 \times 10^{13} \text{ electrons/m}^3$ ปรากฏการณ์ฮอลล์ในเซรามิกส์ที่ได้ทดลองนี้เป็นการศึกษาในสนามไฟฟ้าสลับ (ac magnetic field)

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร LaCoO_3 และ $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ มีแนวโน้มนำไปใช้เป็นตัวต้านทานไฟฟ้าได้
- 2) ตัวต้านทานค่าคงที่เชิงการดัดสามารถนำไปประยุกต์ทำเป็นหัววัดระดับของของเหลว
- 3) เซรามิกส์นำไฟฟ้า (ZnO) สามารถนำไปประยุกต์ทำเป็นตัวดูดกลืนรังสีอินฟราเรด
- 4) สามารถนำสาร BaTiO_3 (Ju), $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$ (Yoa) และ BaTiO_3 (Su) มาประกอบกันเป็นวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเลือกแรงดันไฟฟ้าไปใช้งานตามต้องการ
- 5) ผลการศึกษาปรากฏการณ์ฮอลล์ในเซรามิกส์ทำให้สามารถหาความเข้มข้นของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในเซรามิกส์ อุปกรณ์ฮอลล์จะนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดสนามแม่เหล็ก

เอกสารอ้างอิง

- Andrzej Dziejczak, 2001, Electrical and stability properties and ultrasonic microscope characterisation of low temperature co-fired ceramics resistors, *Microelectronics Reliability*, 41(5): 669-676.
- Jiao, K. L., 1993, Development and fabrication of RuO₂ thin film resistors, *Materials Science and Engineering B*, 18(3) 220-225.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.

2. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เอ็นทีซีให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิ อุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้า การวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิโดยใช้มอเตอร์สเตปป์ิงควบคุมอุณหภูมิ

Applications of NTC ceramics for the operation of temperature sensor, temperature measurement and control sensor in oven, resistance versus temperature using stepping motor temperature control

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ¹

เยาวนุช มะธูระ²

จุฬารัตน์ บัวมีกลิ่น²

Thongchai Panmatarith¹

Yoawanoot Mathura²

Jutharat Buameeklin²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง ตรวจสอบเฟสของสาร วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยหัวต่อ LP , การ์ด DAQ และ แลปวิว สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{MnO}_2+0.5\text{Bi}_2\text{O}_3$ เป็นเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีที่มีความต้านทานลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบ (α) ของสารทั้งสองที่คำนวณได้โดยอาศัยข้อมูลจากการวัดมีค่า $-1.286 \text{ \%}/^\circ\text{C}$ และ $-1.22642 \text{ \%}/^\circ\text{C}$ ตามลำดับ สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{MnO}_2+0.5\text{Bi}_2\text{O}_3$ มีค่าความต้านทาน 99.5 k และ $106 \text{ k } \Omega$ ต่างก็แสดงสมบัติเอ็นทีซี สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์เอ็นทีซีและสมการความสัมพันธ์ $T=3.62V^2-3.787V+24.621$ สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิโดยอาศัยเครื่องมือเสมือนที่เป็น Greater สารนี้จึงสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้าได้

คำสำคัญ : หัววัดอุณหภูมิ อุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิ แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting material in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ and $\text{MnO}_2+0.5\text{Bi}_2\text{O}_3$ were NTC ceramics that resistance decreased as temperature increasing. The negative values of the temperature coefficient of resistance (α) of the samples that were calculated by measuring data were $-1.286 \text{ \%}/^\circ\text{C}$ and $-1.22642 \text{ \%}/^\circ\text{C}$, respectively. The resistances that were of $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ and $\text{MnO}_2+0.5\text{Bi}_2\text{O}_3$ were $99.5 \text{ k}\Omega$ and $106 \text{ k}\Omega$, respectively and both showed NTC properties. The $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ sample can be used as temperature sensor by using the NTC effect and the relation of $T=3.62V^2-3.787V+24.621$. The $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ sample can be used as temperature control sensor by using Greater of virtual instrument. So, this sample can be used as temperature measurement and control sensor in electric oven.

Keyword : temperature sensor , temperature measurement and control sensor , LabVIEW

รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาศาสตร์ หน้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of
Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เน้ือหน้า

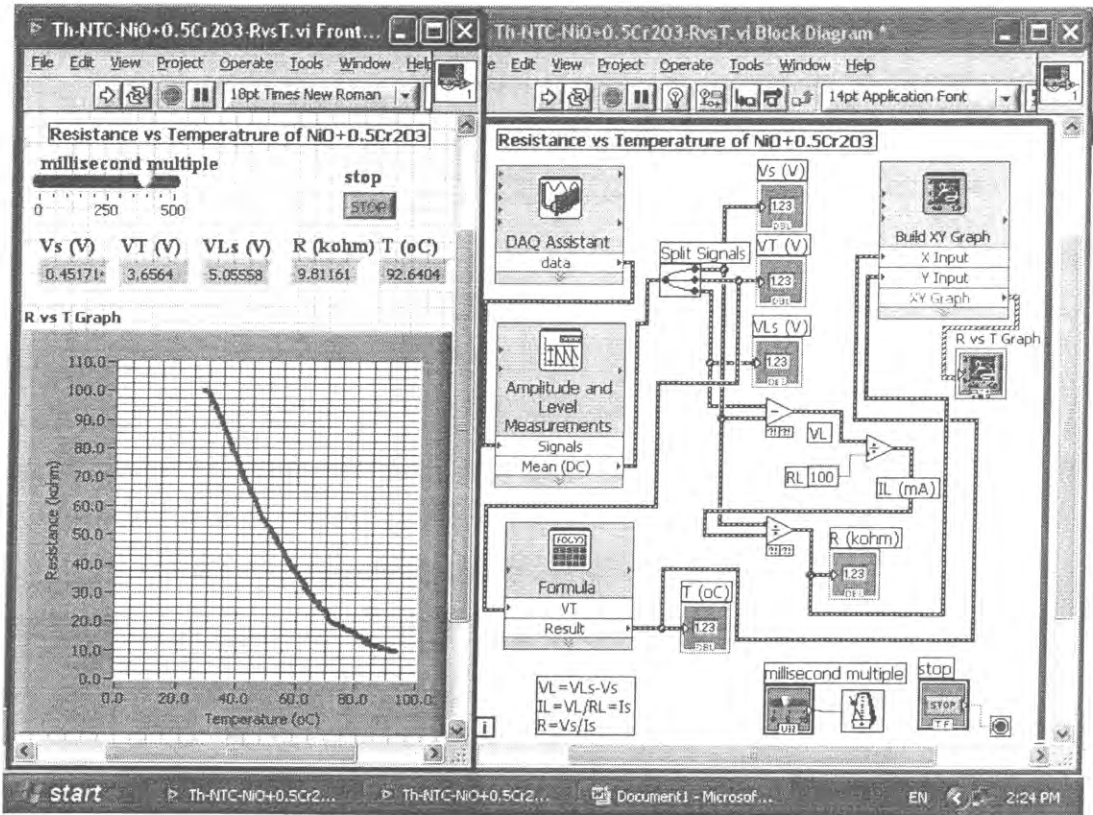
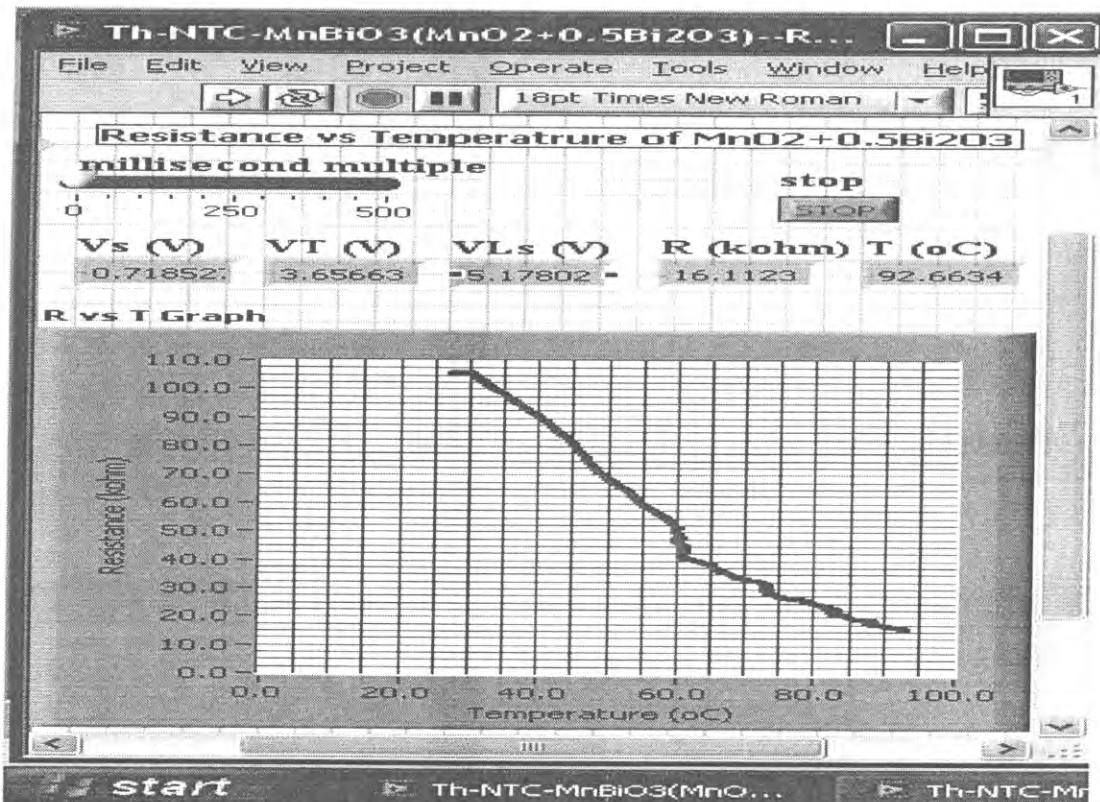
F. A. S. Soliman (1993) ได้ศึกษาเทอร์มิสเตอร์ในทางการค้าซึ่งเตรียมมาจากส่วนผสมของ NiO, Mn₂O₃ และ Co₂O₃ แล้ววัดความต้านทานของสารที่อุณหภูมิต่างๆ M. L. Martinez Sarrion (1995) ได้เตรียม Fe_{2.18}Mn_{0.21}Ni_{0.61}O₄ ซึ่งเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC สารสูตรนี้อยู่ในกลุ่มเฟอร์ไรต์ วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ส่วนผสมต่างๆ ศึกษาเสถียรภาพทางไฟฟ้า (electrical stability) โดยการวัดวัดการแปรค่าความต้านทานกับเวลา มีผู้เตรียมสารประกอบจากแผนภาพเทอร์นารี Y₂O₃-Mn₂O₃-Cr₂O₃ ทดสอบเอ็นทีซี (NTC test) โดยการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิ ความต้านทานที่อุณหภูมิห้องมีค่าหลายร้อยโอห์ม ความต้านทานที่ 1000 °C อุณหภูมิห้องมีค่าหลายโอห์ม สารที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นตัวต้านทานเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีและสามารถประยุกต์ใช้เป็นตัวต้านทานเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีอุณหภูมิสูงในย่านอุณหภูมิของบริเวณที่อยู่รอบๆถึง 1000 °C (David Houivet, 2004) มีผู้เตรียม Cu_{1-x}Zn_xTi_yFe_{2-y}O₄, 0.5 ≤ x ≤ 0.6, 0.00 ≤ y ≤ 0.05 วัดสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็กที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (χ_m vs T) ประยุกต์ใช้เป็นหัววัดอุณหภูมิโดยอาศัยแม่เหล็กและเทอร์มิสเตอร์ (thermostat) หรืออุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature control device) (Miclea, C., 2005) มีผู้เตรียมฟิล์มบาง NiO วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (ρ vs T) วัดสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน (TCR) ด้วยสูตร TCR=(ΔR/R₀)/ΔT วัดเสถียรภาพของความต้านทานยาวนาน (long-term resistance stability) นำหัววัดนี้ไปใช้งานเป็นหัววัดการไหล (flow sensor) (Sangsoo Noh, 2006)

บทความนี้เกี่ยวข้องกับประยุกต์ใช้เซรามิกส์แบบเอ็นทีซีให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิ อุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้า

วัตถุประสงค์และวิธีการ

2.1 การประยุกต์ใช้เป็นหัววัดอุณหภูมิ

- 1) คัดเลือกสารที่เป็นเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีที่มีความต้านทานอยู่ในย่าน kΩ หรือ Ω โดยการวัดความต้านทานที่อุณหภูมิห้อง วัดความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วยมัลติมิเตอร์ (Fluke 87 True RMS Multimeter) และความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิด้วยมัลติมิเตอร์
- 2) จัดเครื่องมือสำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี NiO+0.5Cr₂O₃ และ MnO₂+0.5Bi₂O₃ ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 2.1.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี NiO+0.5Cr₂O₃ และ MnO₂+0.5Bi₂O₃ ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 2.1.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ NiO+0.5Cr₂O₃ และ MnO₂+0.5Bi₂O₃ กระแสไฟฟ้าไฟฟ้า 5 V (ขา 14 ของ LP Connector) ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 100 kΩ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ R_s+R_L มีค่า V_s และ V_L ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_L จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดย

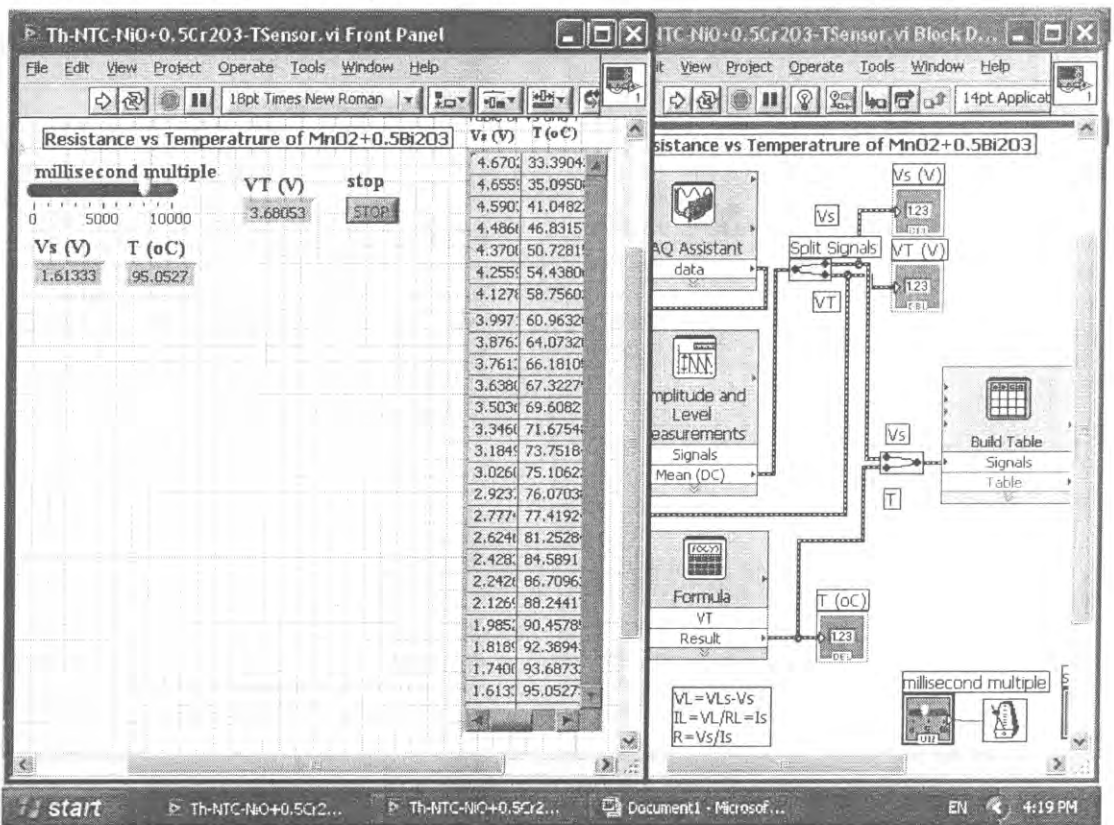
n) $NiO+0.5Cr_2O_3$ ข) $MnO_2+0.5Bi_2O_3$

รูปที่ 2.1.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $NiO+0.5Cr_2O_3$ และ $MnO_2+0.5Bi_2O_3$ ด้วย LabVIEW

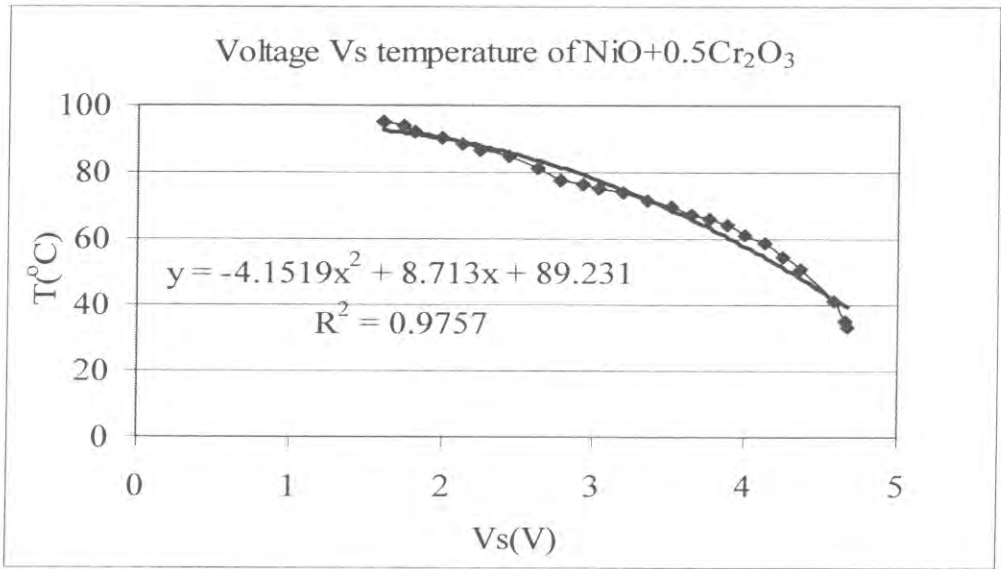
3) การประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดอุณหภูมิ

ดัดแปลง Front Panel และ Block diagram ของรูปที่ 2.1.2 ให้แสดงแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่าง (Vs) ที่ขึ้นกับอุณหภูมิ T และใช้ Build Table แสดงตารางของข้อมูล Vs และ T Front Panel และ Block Diagram ที่ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิที่วัดได้จากคอมพิวเตอร์ (Ttrue) กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (Vs) ของสาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ แสดงดังรูปที่ 2.1.3 อุณหภูมิที่วัดได้จากคอมพิวเตอร์ (Ttrue) กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (Vs) ของสาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ (รูปที่ 2.1.7) สั่ง Run และพิมพ์ Front Panel และ Block diagram เขียนกราฟ $T=f(Vs)$ และแสดงสมการด้วย EXCEL สมการที่ได้ คือ $T = -4.151V_s^2 + 8.713Vs + 89.231$

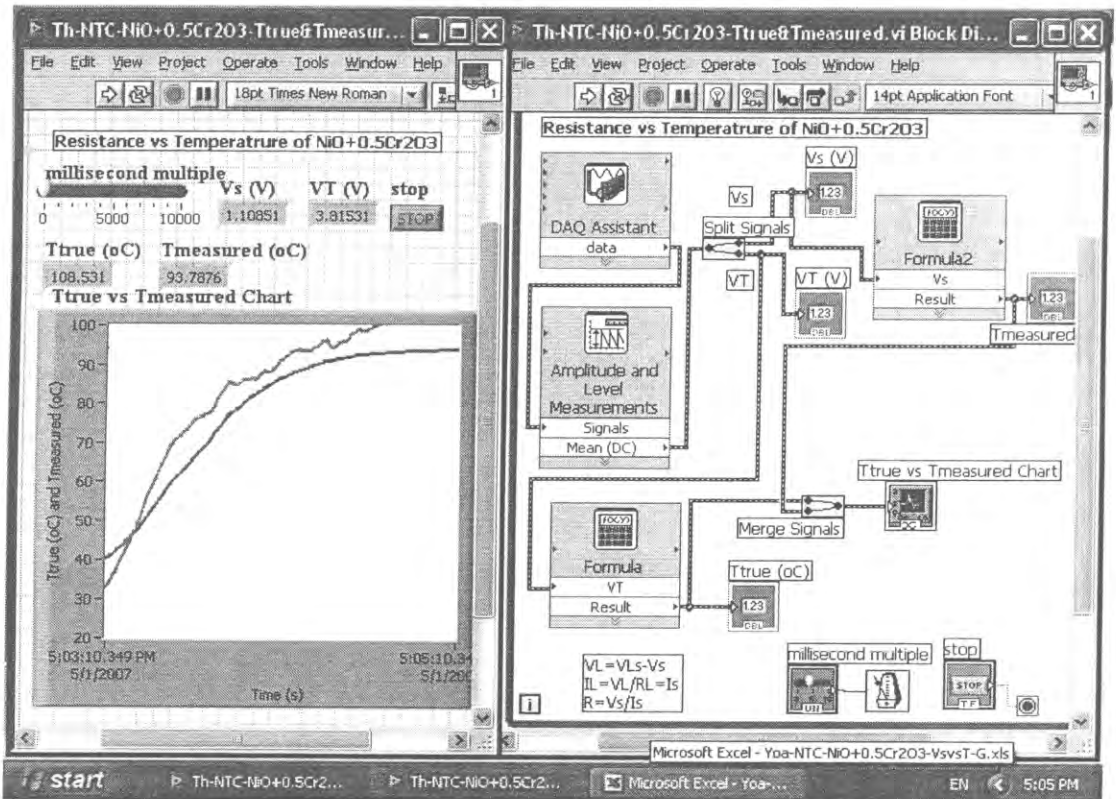
จัดเครื่องมือสำหรับการวัดเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิจริงที่อ่านได้จาก LM335 (Ttrue) และอุณหภูมิที่วัดได้เมื่อใช้สารตัวอย่าง $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ เป็นหัววัด (Tmeasure) (เหมือนรูป 2.1.1) สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดอุณหภูมิที่หัววัดอุณหภูมิ LM335 อ่านได้ (Ttrue) กับอุณหภูมิที่คอมพิวเตอร์อ่านได้โดยใช้สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ เป็นหัววัดอุณหภูมิ (Tmeasure) แสดงดังรูปที่ 2.1.4 ให้ Formula1 จัดการเกี่ยวกับการวัด Ttrue และ Formula2 จัดการเกี่ยวกับการวัด Tmeasure แสดงด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



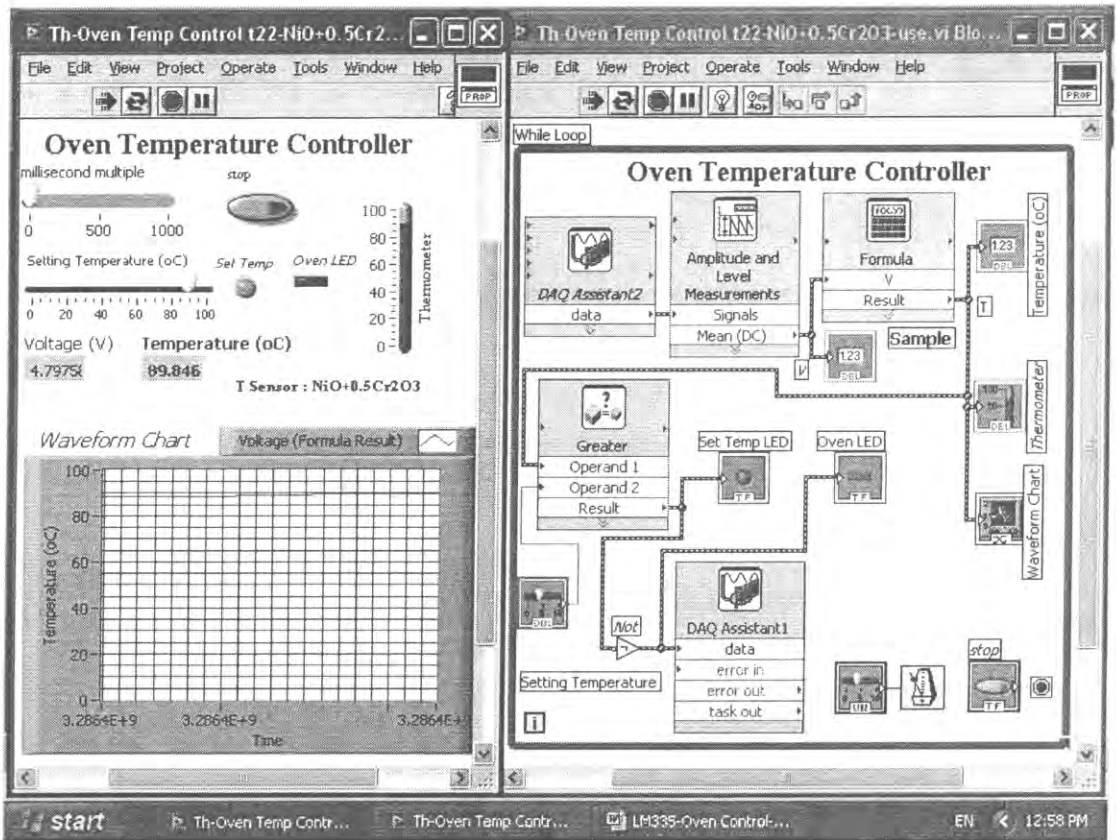
รูปที่ 2.1.3 Front Panel และ Block Diagram ที่ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิที่วัดได้จากคอมพิวเตอร์ (Ttrue) กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (Vs) ของสาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$



รูปที่ 2.1.4 เส้นโค้งอุณหภูมิที่วัดได้จาก LM335 (T true) กับ ค่าแรงดันไฟฟ้าของสาร (Vs)



รูปที่ 2.1.5 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดอุณหภูมิที่หัววัดอุณหภูมิ LM335 อ่านได้ (Ttrue) กับอุณหภูมิที่คอมพิวเตอร์อ่านได้โดยใช้สาร NiO+0.5Cr₂O₃ เป็นหัววัดอุณหภูมิ (Tmeasure)



รูปที่ 2.2.6 Front panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ใช้ เป็นอุปกรณ์วัด และควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้าด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

1) หัววัดอุณหภูมิ

ผลการจัดเครื่องมือสำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{MnO}_2+0.5\text{Bi}_2\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW แสดงดัง รูปที่ 2.2.7 ผลการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{MnO}_2+0.5\text{Bi}_2\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 2.2.8 ความต้านทานของสารนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามเวลา จากกราฟผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิของสารเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานของสารจะลดลง ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบ (α) ที่คำนวณได้ของ $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{MnO}_2+0.5\text{Bi}_2\text{O}_3$ มีค่า $-1.286 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$ และ $-1.22642 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้รับรายงานโดย Moulson ซึ่งมีค่า -1 ถึง $-7 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$ พบว่า สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{MnO}_2+0.5\text{Bi}_2\text{O}_3$ อยู่ในกลุ่มเทอร์มิเตอร์แบบเอ็นทีซี (Moulson, 1990)

อุณหภูมิที่วัดได้จากคอมพิวเตอร์ (Ttrue) กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (V_s) ของสาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ (รูปที่ 2.1.4) ใช้สำหรับการปรับเทียบเพื่อให้สารทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิ ผลการวัดอุณหภูมิที่หัววัดอุณหภูมิ LM335 อ่านได้ (Ttrue) กับอุณหภูมิที่คอมพิวเตอร์อ่านได้โดยใช้สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ เป็นหัววัดอุณหภูมิ (Tmeasure) (รูปที่ 2.1.5) พบว่ามีค่าใกล้เคียง ดังนั้นสารจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดอุณหภูมิสำหรับใช้งานทั่วไป

2) อุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้า

ผลการประยุกต์ใช้สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ เป็นอุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 2.2.6 สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์เอ็นทีซีและสมการความสัมพันธ์ $T=3.62V^2-3.787V+24.621$ สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิโดยอาศัยเครื่องมือเสมือนที่เป็น Greater การทำงานของระบบเครื่องมือจะใช้ DAQ Card และ LabVIEW

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{MnO}_2+0.5\text{Bi}_2\text{O}_3$ มีค่าความต้านทาน 99.5 k และ 106 k Ω ต่างก็แสดงสมบัติเอ็นทีซีได้ทำการทดลองพบว่าสาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิได้
- 2) สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้าได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- David Houivet, 2004, High temperature NTC ceramic resistors ambient -1000 °C, Journal of European Ceramic Society, 24(6) 1237-1241.
- Martinez Sarrion, M. L., 1995. Preparation and characterization of NTC thermistors based on Fe-Mn-Ni-O₄. J. Mater. Sci., 30, 2610-2615.
- Miclea, C., 2005, Soft ferrite materials for magnetic temperature transducers and applications, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 290-291 (2): 1506-1509.
- Mouison, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Sangsoo Noh, 2006, Electrical properties of nickel oxide thin films for flow sensor application, Sensors and Actuators A: Physical, 125(2): 363-366.

5) การให้แลปวิทำหน้าที่วัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์โดยใช้

สแตมป์มอเตอร์กำหนดตำแหน่งการวัด

บทความ การวัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC เจึงการค้า โดยใช้สแตมป์มอเตอร์กำหนดตำแหน่งด้วยโปรแกรมแลปวิว

ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai 90112, Thailand.

E-Mail : pthongch@ratree.psu.ac.th

บทคัดย่อ:

ได้ทำการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC เชิงการคำนวณโดยใช้สเตปมอเตอร์กำหนดตำแหน่งด้วยโปรแกรมแลปวิวเป็นผลสำเร็จ

Abstract:

Resistance versus temperature of commercial NTC thermistor by stepping motor locating the position with LabVIEW Program, successfully.

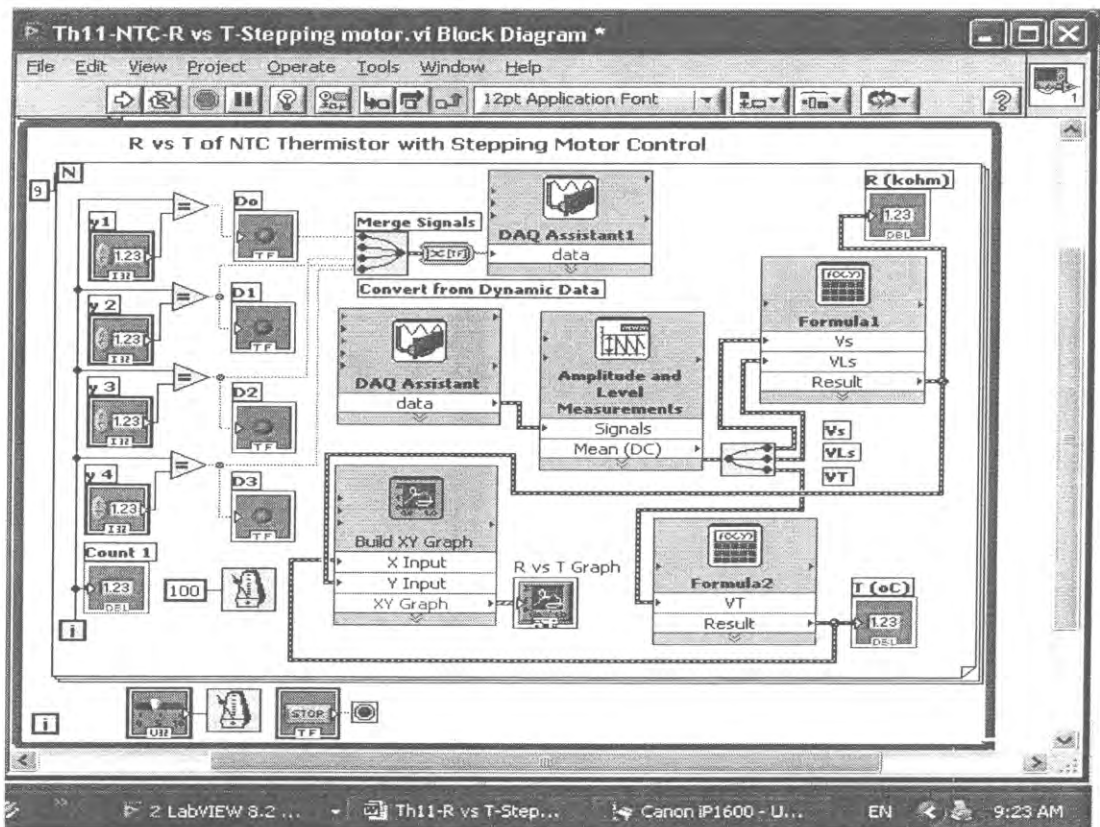
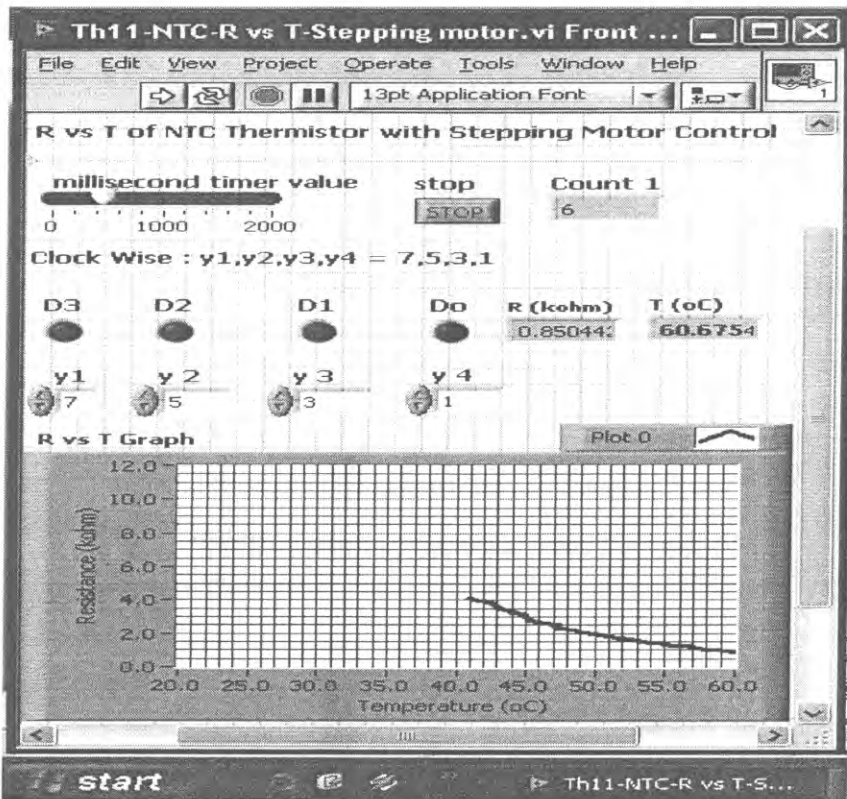
Keyword: NTC thermistor, Temperature sensor

คำนำ

Martinez Sarrion (1995) ในประเทศสเปน ได้เตรียม $\text{Fe}_{2.18}\text{Mn}_{0.21}\text{Ni}_{0.61}\text{O}_4$ วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่สัดส่วนผสมต่างๆ และวัดเสถียรภาพทางไฟฟ้า (electrical stability) ของสารตัวอย่าง Adalbert Feltz (2000) ในประเทศออสเตรียได้เตรียมสารตัวอย่างชนิด $\text{Fe}_x\text{Ni}_y\text{Mn}_{1-x-y}\text{O}_4$ วัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิและคำนวณค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เบบิลบ McConnel (1988) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องควบคุมเตาอบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ศึกษาวัสดุโฟโตอิเล็กทริก (photoelectric materials) ใช้เทอร์โมคอปเปอร์คอนสแตนต (copper constantan thermocouple) Kaliyugavaraden (1997) ในประเทศอินเดีย ได้พัฒนาตัวควบคุมอุณหภูมิโดยได้สร้างระบบควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์และใช้หัววัด RTD (temperature dependence resistor) รายละเอียดเกี่ยวกับประปรยุกต์ใช้ยังไม่ได้รับการศึกษา ดังนั้นงานที่นำนี้ได้เตรียม $\text{Mn}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ตรวจสอบเฟส วัดสมบัติเอ็นทีซีและทดสอบการประยุกต์ใช้เป็นหัววัดและควบคุมอุณหภูมิ

วิธีการทดลอง

จัดวงจรดังรูปที่ 2.2.7 กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่าน $R_L=78 \Omega$ และเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC เชิงการคำนวณทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L และ R_s เท่ากับ V_L และ V_s ตามลำดับ เมื่อ $V_{Ls}=V_L+V_s$ ให้แรงดันไฟฟ้า V_s และ V_{Ls} เข้า AI0 และ AI1 ของ LP connector ผ่าน DAQ Card (PCI 6221) เข้าไปในคอมพิวเตอร์ คำนวณ $V_L=V_{Ls}-V_s$; $I_L=V_L/R_L$; $I_s=I_L$; $R=V_s/I_s$ (R =ความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์) กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านตัวต้านทาน $2 \text{ k}\Omega$ และ LM335 (หัววัดอุณหภูมิ) ทำให้มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม LM335 เท่ากับ V ให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม V เข้า AI1 ของ LP connector ผ่าน DAQ Card (PCI 6221) เข้าไปในคอมพิวเตอร์ ใช้สูตร $T=(V_T-2.73)/(0.01)$ แปลงแรงดันไฟฟ้าจากหัววัดให้เป็นอุณหภูมิ คอมพิวเตอร์ส่งแรงดันไฟฟ้าผ่าน DAQ card และ LP connector โดยออกทาง Po0, Po1, Po2 และ Po3 แล้วมายังบอร์ดขับมอเตอร์สเตปมอ (stepping motor board) เพื่อให้มอเตอร์นี้เลื่อนตำแหน่งของสารตัวอย่างและหัววัดอุณหภูมิ ให้คอมพิวเตอร์วัด R และ T Front Panel และ Block Diagram แสดงดังรูปที่ 2.2.8 DAQ Assistant ทำหน้าที่จัดการรับแรงดันไฟฟ้าจาก Po0, Po1, Po2 และ Po3 ของ LP connector แล้วมายังบอร์ดขับมอเตอร์สเตปมอ (stepping motor board) เพื่อให้มอเตอร์นี้เลื่อนตำแหน่งของสารตัวอย่างและหัววัดอุณหภูมิ DAQ Assistant ทำหน้าที่อ่านแรงดันไฟฟ้า V_s , V_{Ls} และ V_T ส่งมาที่ Split signal ซึ่งทำหน้าที่แยกแรงดันไฟฟ้าทั้งสามค่าออกจากกัน นำแรงดัน V_s และ V_{Ls} ลบกันด้วย Subtract คำนวณกระแสไฟฟ้า $I_L=V_L/R_L=I_s$ ด้วย Divide เมื่อ $R_L=78 \Omega$ คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างที่เป็นเทอร์มิสเตอร์เชิงการคำนวณด้วย Divide ($R=V_s/I_s$) ส่งค่า R ไปที่



รูป 2.2.8 Front Panel และ Block Diagram สำหรับการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC เชิงการค่าโดยใช้สเตปป์มอเตอร์กำหนดตำแหน่ง

ผลการทดลอง

ผลการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC เชิงการค้าโดยใช้สแตปป์มอเตอร์กำหนดตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 1.7.1.1

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC เชิงการค้าโดยใช้สแตปป์มอเตอร์กำหนดตำแหน่งจะนำไปใช้ศึกษาสมบัติของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ

สรุปผลการทดลอง

ระบบเชื่อมต่อกอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย LabVIEW สามารถแสดงผลการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์เชิงการค้าโดยใช้สแตปป์มอเตอร์กำหนดตำแหน่ง

เอกสารอ้างอิง

ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์ ฟิสิกส์วัสดุเล็กโตเรชรามิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2548

[Http:// www.ni.com](http://www.ni.com), LabVIEW™ Basic I. Introduction Course Manual,
National Instruments Corporation, 1993-2001.

3. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อน หัววัดพัลส์ความร้อนและอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริก

Applications of thermoelectric ceramics for the operation of heat flow direction sensor, thermal pulse sensor and magnetothermoelectric demonstrative device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์¹ เยาวนุช มะธูระ² จุฑารัตน์ บัวมีกลิ่น²
Thongchai Panmatarith¹ Yoawanoot Mathura² Jutharat Buameeklin²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัสดุสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP, การ์ด DAQ และแลปวิว เมื่อให้ความร้อนแก่ผิวหนึ่งสาร LaCoO_3 ปรากฏว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นบวกโดยเปลี่ยนแปลงในช่วง -1 mV ถึง 15 mV แสดงว่าพาหะไฟฟ้ามีประจุไฟฟ้าเป็นบวก สารมีลักษณะเป็นวัสดุชนิดพี เมื่อให้ความร้อนแก่ผิวหนึ่งสาร $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ ปรากฏว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นลบโดยเปลี่ยนแปลงในช่วง -0.5 mV ถึง -3 mV แสดงว่าพาหะไฟฟ้ามีประจุไฟฟ้าเป็นลบ สารมีลักษณะเป็นวัสดุชนิดเอ็น เมื่อให้ความร้อนแก่สาร LaCoO_3 จากซ้ายไปขวาและขวาไปซ้ายพบว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าลดลงและเพิ่มขึ้นตามลำดับ เมื่อให้ความร้อนแก่สาร $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ จากซ้ายไปขวาและขวาไปซ้ายพบว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลง ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงเครื่องหมายของแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นตรงกันข้ามของสารทั้งสองจะชี้บอกทิศทางการไหลของความร้อน ดังนั้นสารทั้งสองต่างก็แสดงปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกและสามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อนได้ เมื่อให้ความร้อนแก่สาร LaCoO_3 เป็นจังหวะพบว่าภาพของแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกบนจอคอมพิวเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเป็นรูปพัลส์ในหน่วยวินาที ดังนั้นสารทั้งสองจึงสามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดพัลส์ความร้อนได้ เมื่อทดสอบสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของสาร LaCoO_3 ในสนามแม่เหล็กพบว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในลักษณะที่มีค่าติดลบเพิ่มขึ้นแสดงว่าสารนี้แสดงปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริก

คำสำคัญ: เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก หัววัดทิศทางการไหลของความร้อน หัววัดพัลส์ความร้อน
อุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริก แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting material in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. When the one surface of LaCoO_3 was heated, thermoelectric voltage increased from -1 mV to 15 mV which showed that electrical carrier was a positive charge. This sample was p-type material. When the one surface of $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ was heated, thermoelectric voltage increased from -0.5 mV to -3 mV which

showed that electrical carrier was a negative charge. This sample was n-type material. The LaCoO_3 sample was heated when heater was moved from left to right and right to left, thermoelectric voltage decreased and increased, respectively. The $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ sample was heated when heater was moved from left to right and right to left, thermoelectric voltage increased and decreased, respectively. The sign change of thermoelectric voltage of both samples to be opposite value will indicate the heat flow direction. So, both samples showed thermoelectric effect and can be used as heat flow direction sensor. The LaCoO_3 received heat pulse, thermoelectric voltage vs. time in pulse shape on computer screen in second unit. So, this sample can be used for thermal pulse sensor. When thermoelectric property of LaCoO_3 sample was measured in magnetic field, thermoelectric voltage vs. time was a negative value and thermoelectric voltage increased. So, this sample showed magnetothermoelectric effect.

Keyword : thermoelectric ceramics, heat flow direction sensor , thermal pulse sensor, magnetothermoelectric effect, LabVIEW

รองศาสตราจารย์ นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

Ravinder (1994) ได้เตรียม Mn-Zn ferrite ซึ่งมีสูตร $\text{Mn}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($x=0.0, 0.2, 0.6,$ และ 0.8) เมาที่อุณหภูมิ 1200°C วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า-ความร้อน (thermo-emf) ที่อุณหภูมิต่างๆ หลังจากผ่านการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคหรือกำลังไฟฟ้าความร้อนพบว่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (α) มีค่าลดลงในขณะที่อุณหภูมิ (T) เพิ่มขึ้น และยังได้วัดความสัมพันธ์ซีเบคของสารที่มีส่วนผสมต่างกันด้วย Pujar (1996) ได้เตรียม $\text{Zn}_x\text{Mg}_{1-x+y}\text{Zr}_y\text{Fe}_{2-2y}\text{O}_4$ ($x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$; $y=0.01, 0.03, 0.05, 0.07$) แล้วนำสารไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) ศึกษากำลังไฟฟ้าความร้อนโดยการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบคตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึง 973°C ผลการวัดพบว่าสารมีสภาพนำไฟฟ้าชนิดเอ็น (n-type conductivity) และสัมประสิทธิ์ซีเบคมีค่าลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น Bosman ได้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคกับพลังงานเฟอร์มิ คือ $E_f = e\alpha T - A k_B T$ เมื่อ E_f เป็นพลังงานเฟอร์มิ e เป็นประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน α เป็นสัมประสิทธิ์ซีเบค T เป็นอุณหภูมิสัมบูรณ์ A เป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน และ k_B เป็นค่าคงที่โบลต์ซมาน Seok (1995) ได้เตรียม La_2CuO_4 เพื่อทำเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก La_2CuO_4 เป็นฉนวนแม่เหล็กแอนติเฟอร์โร (antiferromagnetic insulator) $\text{La}_2\text{CuO}_{4.8}$ ที่มีออกซิเจนเกินจะแสดงกำลังไฟฟ้าความร้อนและสภาพนำไฟฟ้าที่มีค่าสูง สารที่เตรียมเพื่อทดสอบ อาทิ $\text{La}_2\text{Cu}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_4$, $\text{La}_2\text{Cu}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}\text{O}_4$, $\text{La}_2\text{Cu}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_4$ และ $\text{La}_2\text{Cu}_{0.9}\text{Ni}_{0.1}\text{O}_4$ มีผู้เตรียมสาร $(\text{Fe}_{1-x}\text{M}_x)_2\text{O}_3$ เมื่อ $\text{M}=\text{Ti}, \text{Sn}$; $x=0-0.03$ วัดสภาพการนำไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (σ vs T) วัดสัมประสิทธิ์ซีเบคที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (S vs T) วัดสภาพการนำความร้อนที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (K vs T) (Hiroaki Muta, 2002) มีผู้เตรียมฟิล์มบาง $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ ใช้พัลส์เลเซอร์ (laser pulse) และการให้ความร้อนแบบไดนามิกส์ (dynamic heating) เพื่อวัด

แรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่ขึ้นกับเวลา (V vs t) หาเวลาการตอบสนองเทอร์โมอิเล็กทริกจากความสัมพันธ์ V vs t (Zahner, Th., 1999) เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกแสดงปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริก ปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริก คือ ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่เกิดขึ้นในขณะที่สารอยู่ในสนามแม่เหล็ก

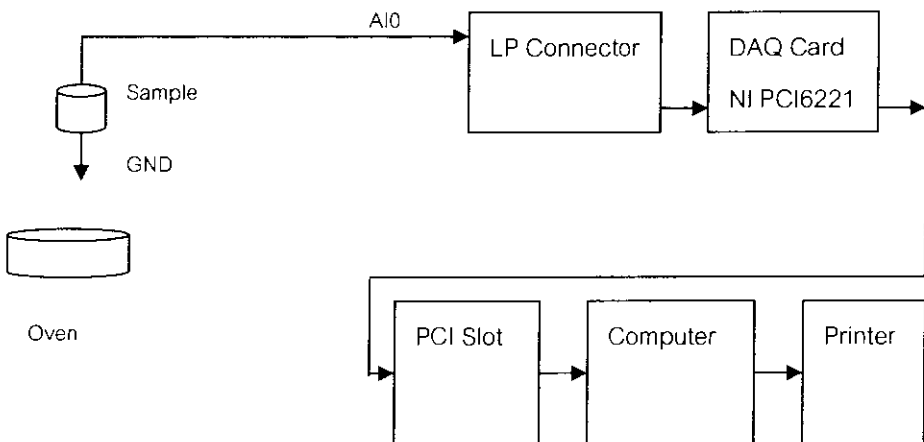
บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อน หัววัดพัลส์ความร้อนและอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

3.1 การประยุกต์ใช้เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อน

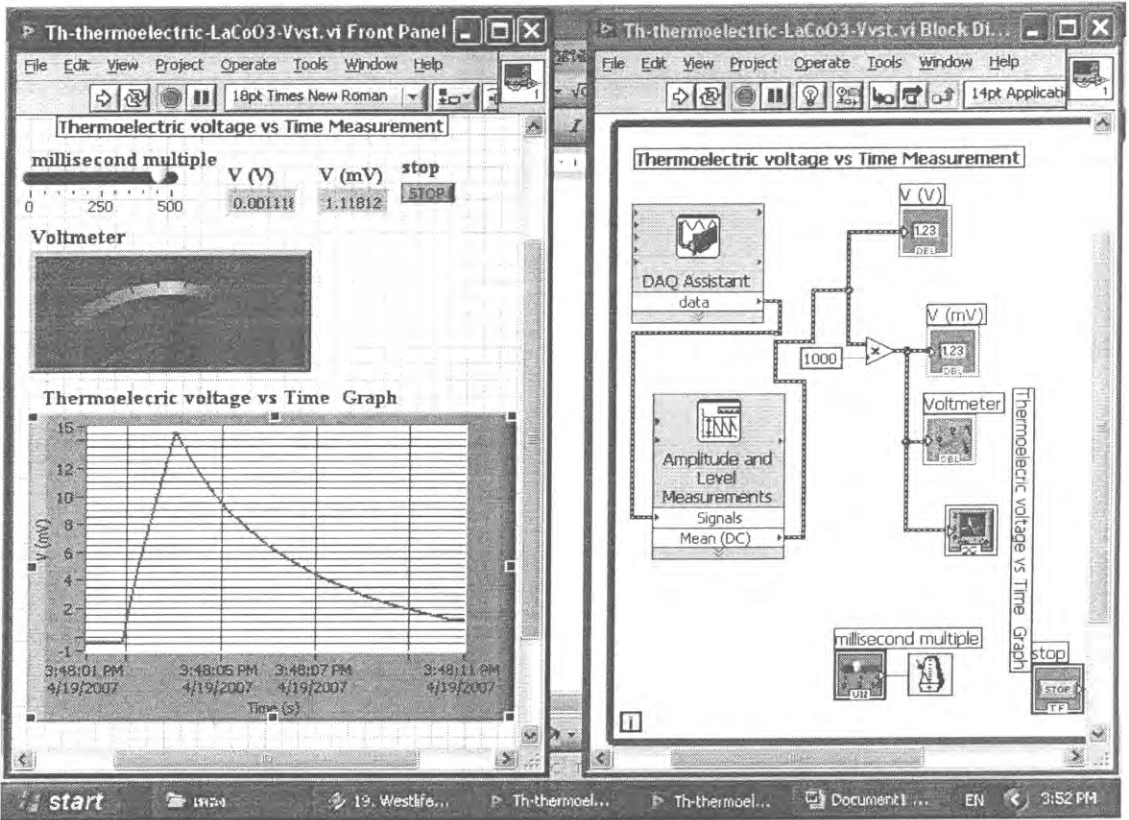
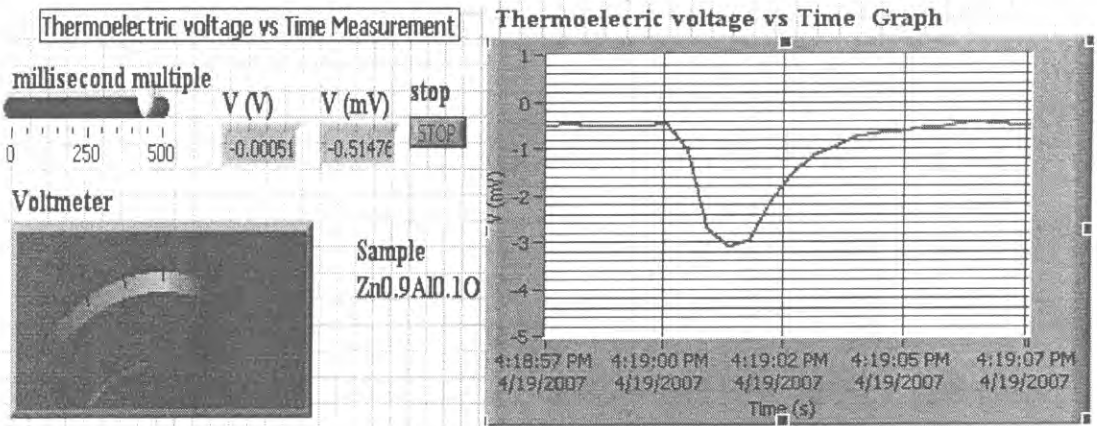
1) การวัดปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

จัดเครื่องมือสำหรับการวัดปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก LaCoO_3 และ $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW ดังแสดงในรูปที่ 3.1.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก LaCoO_3 และ $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW ดังแสดงในรูปที่ 3.1.2 สารตัวอย่าง คือ LaCoO_3 และ $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ จ่ายกระแสผ่านขดลวดของเตาไฟฟ้า (electric oven) นำสารไปปรับความร้อนโดยให้หัวของสารที่ต่อกับสารสีดำของโวลต์มิเตอร์อยู่ทางด้านเตาไฟฟ้าแล้วมีแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก (V) ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (t) แรงดันไฟฟ้า V จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และจะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Mean (DC) ใช้ Multiply แปลงแรงดันไฟฟ้าจากหน่วย V เป็น mV หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของ While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs. time ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart ซึ่งเป็นแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (V vs. t) นี้ สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 3.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการวัดปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

ของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก LaCoO_3 และ $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW

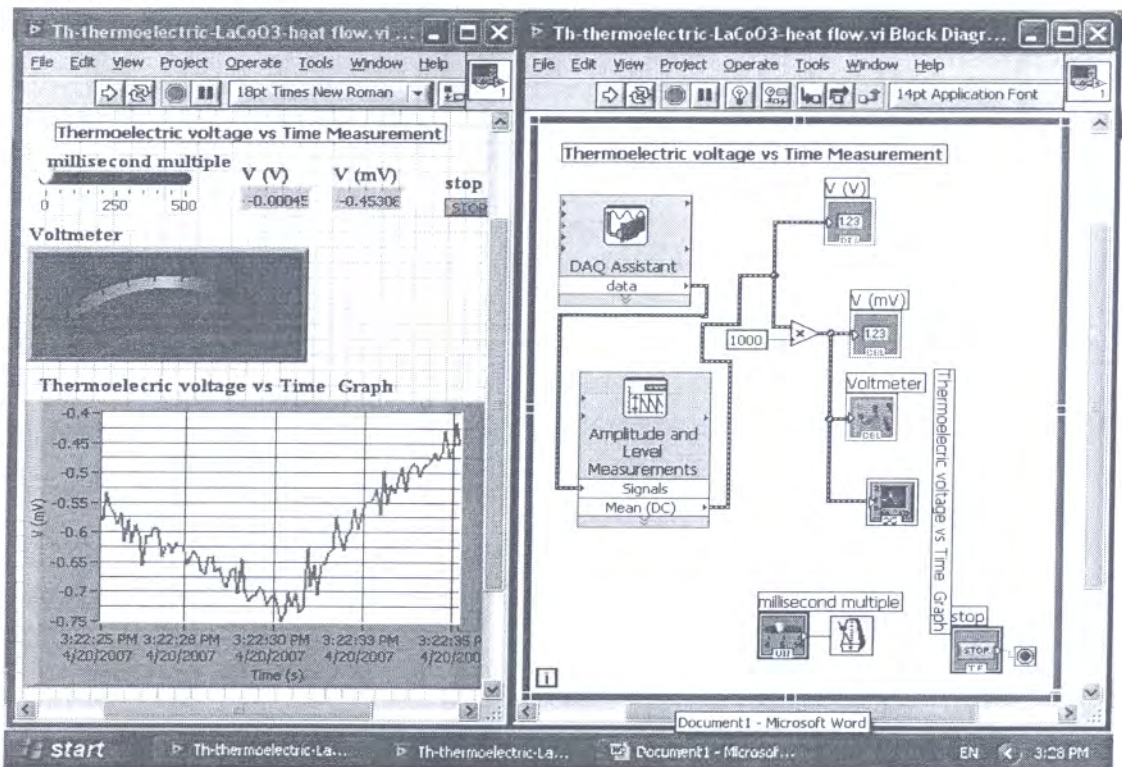
n) LaCoO_3 ข) $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$

รูปที่ 3.1.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก LaCoO_3 และ $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW

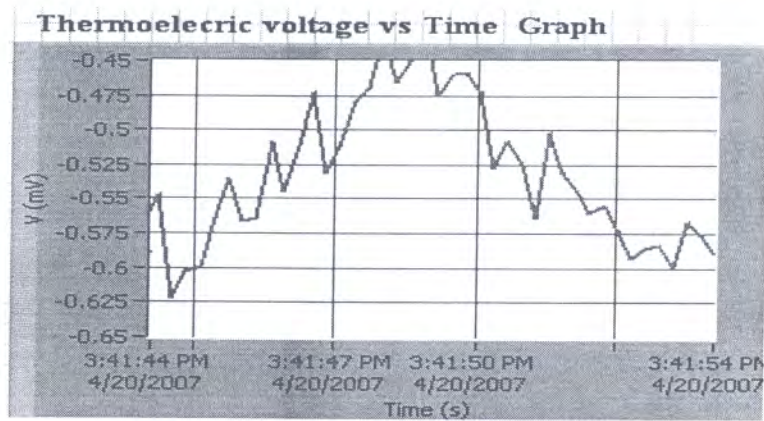
2) การประยุกต์ใช้เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อน

พิจารณาการไหลของความร้อน (heat flow) จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สาร LaCoO_3 และ $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดการไหลของความร้อนดังแสดงในรูปที่ 3.1.3 นำสายไฟของเตาไฟฟ้าไปเสียบกับปลั๊กไฟบ้านและเปิดสวิตช์ให้กระแสไหลผ่านเตาไฟฟ้า ทำการทดสอบให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อน

กรณีที่1: ให้ความร้อนจากซ้ายไปขวาโดยให้เตาไฟฟ้าอยู่ทางด้านผิวหน้าที่ขาดต่อกับสายสีดำ กรณีที่2: ให้ความร้อนจากขวาไปซ้ายโดยให้เตาไฟฟ้าอยู่ทางด้านผิวหน้าที่ขาดต่อกับสายสีดำ พิจารณาการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ารวมทั้งเครื่องหมายเพื่อตรวจสอบทิศทางการไหลของความร้อน



n) LaCoO_3



ข) $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$

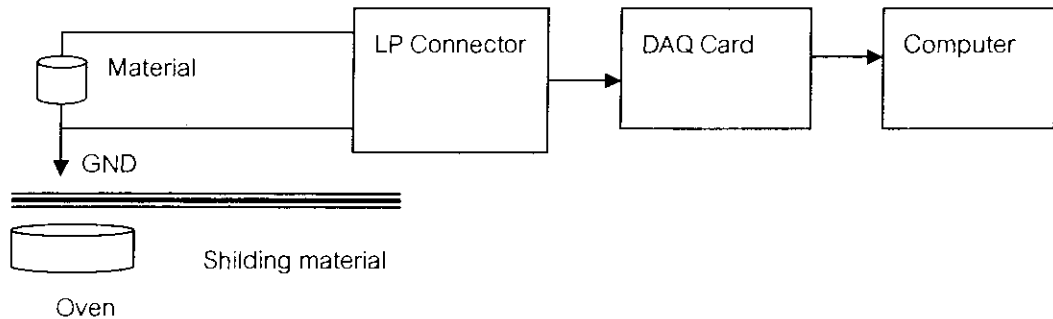
รูป 3.1.3 Front Panel และ Block Diagram สำหรับการวัดแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่ขึ้นกับเวลาของสาร LaCoO_3 และ $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ เพื่อทดสอบให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อน

3.2 การประยุกต์ใช้เป็นหัววัดพัลส์ความร้อน

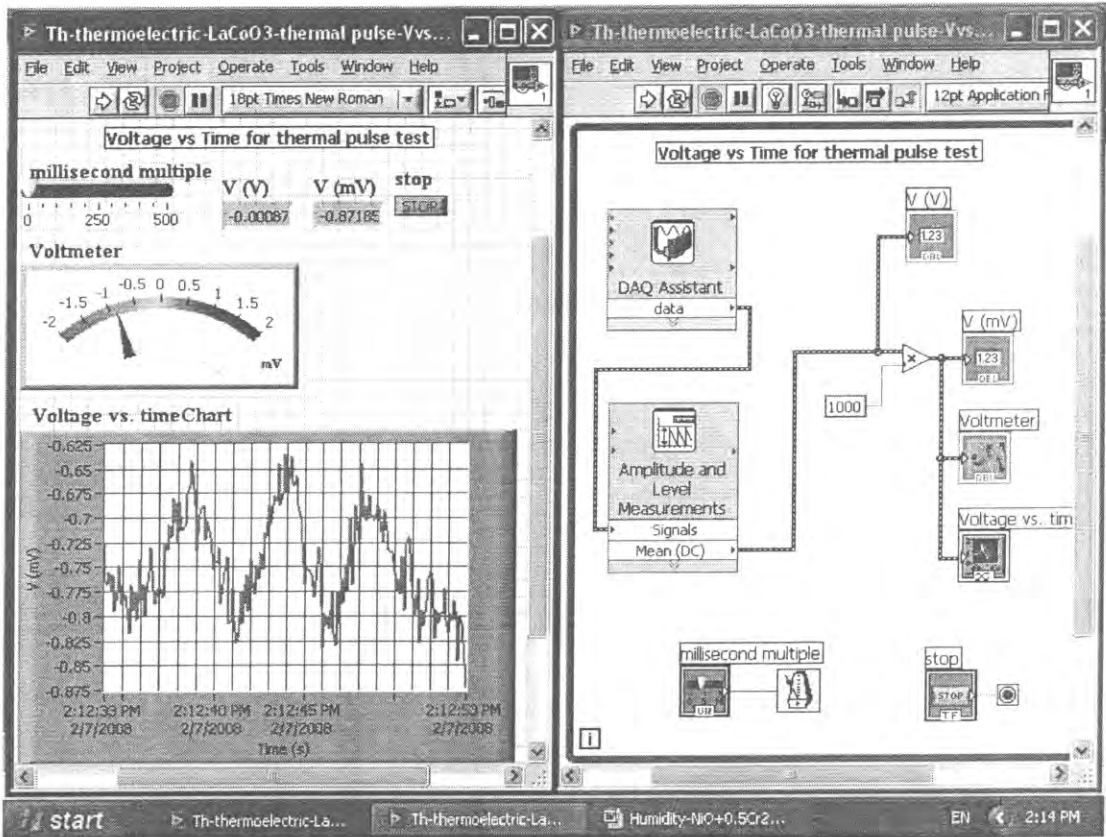
จัดเครื่องมือเพื่อประยุกต์เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดพัลส์ความร้อนดังแสดงในรูปที่

3.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็น

ห้วงวัดพัลส์ความร้อนดังแสดงรูปที่ 3.2.2 สารตัวอย่าง คือ LaCoO_3 มีความหนา 5.62 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.34 mm จ่ายกระแสผ่านขดลวดของเตาไฟฟ้า (electric oven) นำสารไปปรับความร้อนโดยให้ขั้วของสารที่ติดกับสารสีดำของโวลต์มิเตอร์อยู่ทางด้านเตาไฟฟ้าแล้วมีแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก (V) ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (t) ใช้กระดาษทึบแสดงไปบังและไม่บังความร้อนจากเตาไฟฟ้ามายังสาร แรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่เปลี่ยนแปลงตามเวลานี้ (V) จะมีลักษณะเป็นพัลส์ แรงดันไฟฟ้า V จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และจะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Mean (DC) ใช้ Multiply แปลงแรงดันไฟฟ้าจากหน่วย V เป็น mV แสดงแรงดันไฟฟ้าด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของ While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs. time ซึ่งเป็นแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (V vs. t) นี้ สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



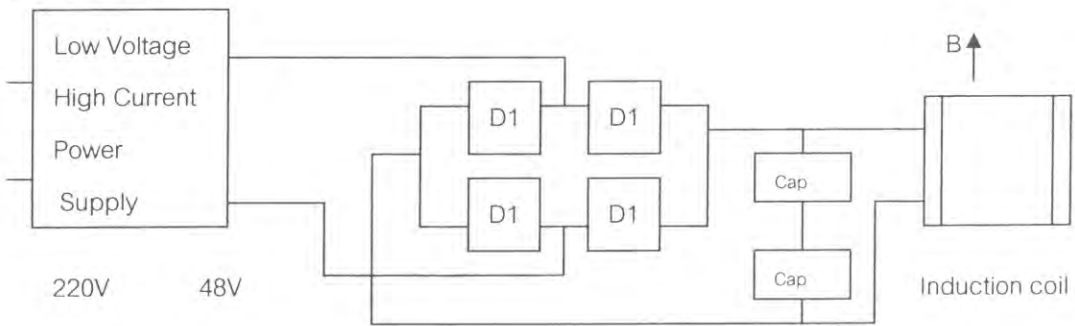
รูปที่ 3.2.1 การจัดเครื่องมือเพื่อประยุกต์เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก LaCoO_3 ให้ทำหน้าที่เป็น
ห้วงวัดพัลส์ความร้อน



รูปที่ 3.2.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก LaCo₃ ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดพัลส์ความร้อน

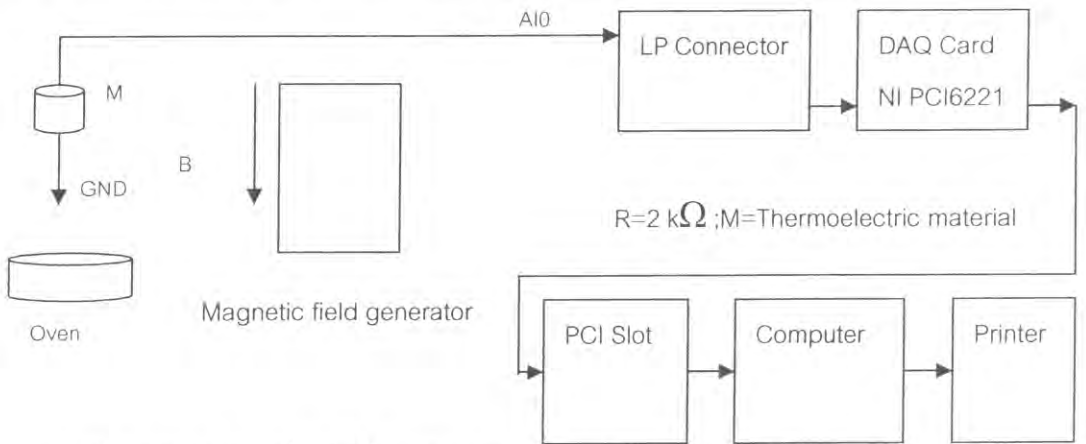
3.3 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริก

1) จัดเครื่องมือเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง (high strength magnetic field) ดังแสดงในรูปที่ 3.3.1 ปลอยไฟบ้าน 220 V มายังหม้อแปลงไฟฟ้า 220 V-48 V หม้อแปลงไฟฟ้านี้จะแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 V นี้ให้เป็น 48 V ส่งไปยังไดโอดที่ต่อแบบบริดจ์เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ส่งมายังวงจรกรองกระแสไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุไฟฟ้า 2 ตัว เพื่อกรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบหรือมีค่าคงที่ แรงดันที่ได้มีค่าประมาณ 54 V จะถูกส่งไปยังขดลวดเหนี่ยวนำ มีสนามแม่เหล็ก (B) เกิดขึ้นตามกฎของแอมแปร์ $B = \mu NI/L$ สนามแม่เหล็ก B นี้จะนำไปใช้ทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริกในเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก สนามแม่เหล็ก B ที่สร้างได้มีขนาด $1.314 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ (ภายในแกน) สนามแม่เหล็ก B ที่สร้างได้มีขนาด 0.26 Wb/m^2 (ที่ผ่านสาร)

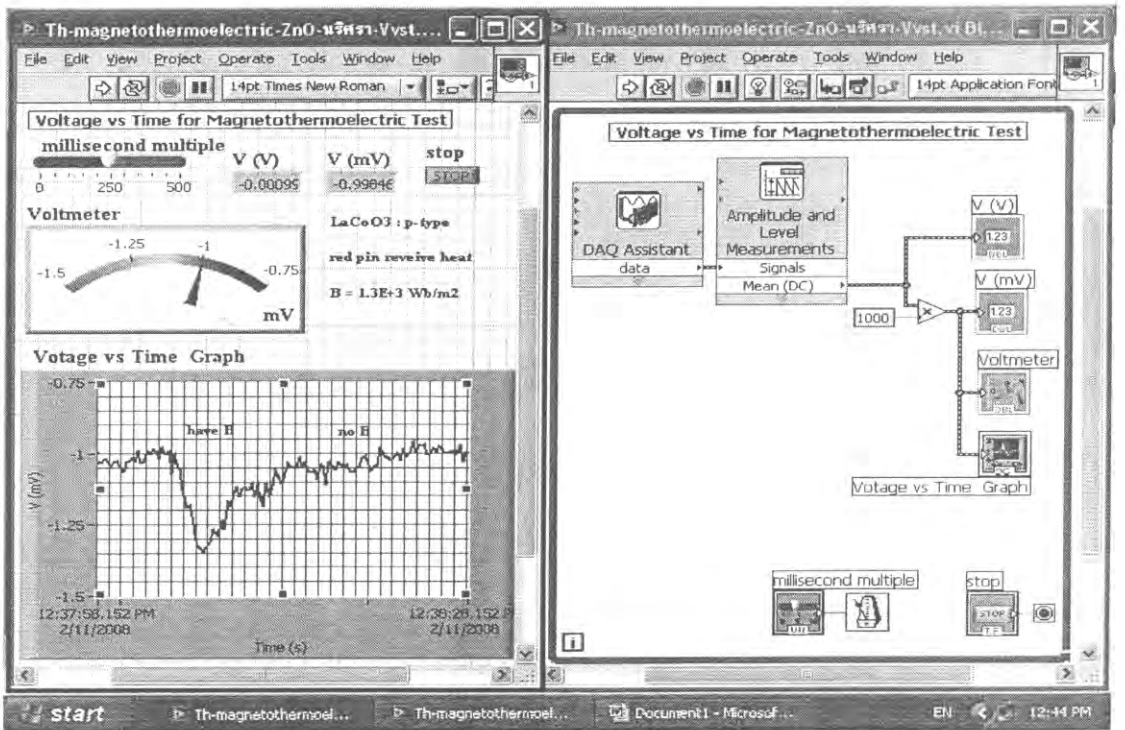


รูปที่ 3.3.1 การจัดเครื่องมือเพื่อเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง

2) จัดเครื่องมือเพื่อทดสอบปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริกในเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกตามรูปที่ 3.3.2 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริกในเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกรูปที่ 3.3.3 สารตัวอย่าง คือ LaCoO_3 มีความหนา 5.62 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.34 mm จ่ายกระแสผ่านขดลวดของเตาไฟฟ้า (electric oven) นำสารไปปรับความร้อนโดยให้หัวของสารที่ต่อกับสารสีดำของโวลต์มิเตอร์อยู่ทางด้านเตาไฟฟ้าแล้วมีแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก (V) ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (t) ส่งแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก (V) ไปเข้าที่ AIO ของ LP Connector ผ่าน DAQ Card เข้าคอมพิวเตอร์ แรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่เปลี่ยนแปลงตามเวลานี้จะมีลักษณะเป็นพัลส์ซึ่งมองเห็นได้บนจอคอมพิวเตอร์ การทดลองนี้มีการป้อนสนามแม่เหล็ก $B=0.26 \text{ Wb/m}^2$ ไปยังสาร ให้ความภาพของแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (V vs. t) ที่เห็นบนจอในขณะที่สารไม่อยู่และอยู่ในสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 3.3.2 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริก ในเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก LaCoO_3



รูปที่ 3.3.3 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริกในเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก LaCoO_3

ผลและวิเคราะห์ผล

1) หัววัดทิศทางการไหลของความร้อน

- ผลการวัดแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่ขึ้นกับเวลาของสาร LaCoO_3

เมื่อให้ความร้อนจากเตาไฟฟ้าพบว่าความสัมพันธ์ของแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก $V(\text{mV})$ กับเวลา t (s) ของสาร LaCoO_3 ได้ผลแสดงดังรูปที่ 3.1.2 จากกราฟพบว่าเมื่อไม่ให้ความร้อนแก่สารปรากฏว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าเป็นศูนย์ แต่เมื่อให้ความร้อนแก่สารปรากฏว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นบวก แรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่เกิดขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงในช่วง $0.0\text{-}1.8\text{ mV}$ เมื่อให้ความร้อนที่ผิวหนึ่งของสาร LaCoO_3 ที่ต่อกับสายกราวด์ (สายสีดำ) แล้วปรากฏว่ามีแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกค่าลบ (+) เกิดขึ้น แสดงว่าพาหะไฟฟ้ามีประจุไฟฟ้าเป็นบวก สารนี้มีลักษณะเป็นวัสดุชนิดพี (p-type material)

เมื่อให้ความร้อนที่ผิวหนึ่งของสาร $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ ที่ต่อกับสายกราวด์ (สายสีดำ) แล้วปรากฏว่ามีแรงดันไฟฟ้าค่าลบ (-) เกิดขึ้น แสดงว่าพาหะไฟฟ้ามีประจุไฟฟ้าเป็นลบซึ่งก็คือ อิเล็กตรอนสารนี้มีลักษณะเป็นวัสดุชนิดเอ็น (n-type material)

- ผลการประยุกต์ของสาร LaCoO_3 ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อน

เมื่อให้ความร้อนจากเตาไฟฟ้าแก่สาร LaCoO_3 ความสัมพันธ์ของแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก $V(\text{mV})$ กับเวลา t (s) ของสาร LaCoO_3 สำหรับการทดสอบให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อนรูปที่ 3.1.3 จากกราฟพบว่าเมื่อให้ความร้อนแก่สารจากซ้ายไปขวาพบว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าลดลง แต่เมื่อเปลี่ยนทิศทางการให้ความร้อนโดยให้ความร้อนจากขวาไปซ้ายปรากฏว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความร้อนที่ให้แก่วิถุหนึ่งของสารมีการเปลี่ยนทิศทาง เครื่องหมายของแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีการเปลี่ยนเป็นตรงข้าม แสดงว่าสารสามารถบอกทิศทางการไหลของความร้อน สารสามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อน

จากกราฟพบว่าเมื่อให้ความร้อนแก่สาร $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ จากซ้ายไปขวาพบว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเปลี่ยนทิศทางการให้ความร้อนโดยให้ความร้อนจากขวาไปซ้ายปรากฏว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าลดลง เมื่อความร้อนที่ให้แก่วิถุหนึ่งของสารมีการเปลี่ยนทิศทาง เครื่องหมายของแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีการเปลี่ยนเป็นตรงข้าม แสดงว่าสารสามารถบอกทิศทางการไหลของความร้อน สารสามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อน

2) หัววัดพัลส์ความร้อน

ภาพของแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก (V) ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (t) ของสาร LaCoO_3 ในขณะที่ได้รับพัลส์ความร้อนรูปที่ 3.2.2 แรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก (V) ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (t) เกิดขึ้นเนื่องจากผลของปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

3) อุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริก

ผลการทดสอบปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริกในเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกที่มีสูตร LaCoO_3 แสดงดังรูปที่ 3.3.3 แรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก (V) ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (t) เกิดขึ้นเนื่องจากผลของปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อสารอยู่ในสนามแม่เหล็กพบว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาจะมีค่าติดลบเพิ่มขึ้น ปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นปรากฏการณ์ที่สนามแม่เหล็กทำให้แรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกเปลี่ยนแปลงไป

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร LaCoO_3 และ $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ ต่างก็แสดงปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กตริกและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อนได้
- 2) เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กตริกสามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดพัลส์ความร้อนได้
- 3) สารที่ใช้ทดลองแสดงปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กตริกในเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กตริก LaCoO_3

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Hiroaki Muta, 2002, Thermoelectric properties of Ti- and Sn-doped $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$,
Journal of Alloys and compounds, 335(1-2): 202-202.
- Pujar, R. B. (1996). Electrical properties of Zr^{4+} -substituted Mg-Zn ferrites. J. Mater. Sci. Lett. 15:1605-1607.
- Ravinder, D. (1994). Electrical conductivity of Mn-Zn ferrites. J. Appl. Phys. 75 (10):6118-6120.
- Seok, S. I. (1995). The effect of Cu-sites doping on electrical properties of La_2CuO_4 as thermoelectric material. J. Mater. Sci. : Mater. Elect. 6:140-143.
- Tanaka, Y. (1997). Thermoelectric properties of ZnO-based materials. J. Mater. Sci. Lett. 16:155-157.
- Zahner, Th., 1999, Picosecond thermoelectric response of thin $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ films, Superconductivity, 313(1-2): 37-40.

4. การประยุกต์ใช้ของสารให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิต ปรากฏการณ์ให้ความร้อน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์ทำน้ำร้อน การวัดและควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อน

Applications of heating ceramics for the operation of demonstrative device for heating effect, air flow measuring device and water heater device, temperature measurement and control of heating material

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ¹ เขาวนุช มะธูระ² จุฑารัตน์ บัวมีกลิ่น²
Thongchai Panmatarith¹ Yoawanoot Mathura² Jutharat Buameeklin²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP, การ์ด DAQ และแลปวิว สาร $\text{CuO}+\text{MnO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ มีค่าความต้านทานเท่ากับ 119Ω และ 307Ω ที่อุณหภูมิห้องตามลำดับ เมื่อปล่อยแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ 6.47 V ให้แก่สารทั้งสองแล้วให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเป็นเวลา 2 นาที พบว่าสาร $\text{CuO}+\text{MnO}_2$ จะร้อนจาก 32°C ไปเป็น 100°C ส่วนสาร $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ จะร้อนจาก 37°C ไปเป็น 100°C สารทั้งสองนี้จะนำไปทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน สาร $\text{CuO}+\text{MnO}_2$ ให้ความร้อนดีกว่าสาร $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ เล็กน้อย เมื่อแรงดันไฟฟ้าสลับ 12 V ให้แก่โหลด 39Ω ที่ต่ออนุกรมกับสาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ พบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารให้ความร้อนนี้จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 3.6 V ถึง 4.6 V ในขณะที่มีอากาศจากพัดลมเคลื่อนที่ผ่าน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารให้ความร้อนนี้จะเปลี่ยนแปลงนี้จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วการไหลของอากาศ ดังนั้นสารนี้สามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดความเร็วการไหลของอากาศหรืออุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ สาร $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ ที่แสดงสมบัติให้ความร้อนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนในเครื่องทำน้ำร้อนขนาดเล็กซึ่งจะนำไปใช้สำหรับการทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุต่อไป ได้ศึกษาการวัดและควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อน

คำสำคัญ: สารให้ความร้อน ปรากฏการณ์ให้ความร้อน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์ทำน้ำร้อน เครื่องทำน้ำร้อนขนาดเล็ก การวัดและควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อน แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. The resistances of $\text{CuO}+\text{MnO}_2$ and $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ materials were 119Ω and 307Ω at room temperature, respectively. When current of 6.47 V flowed through both both samples for 2 min, the $\text{CuO}+\text{MnO}_2$ sample will heat from 32°C to 100°C . The $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ sample will heat from 37°C to 100°C . Both

samples will be used as heating device. The $\text{CuO}+\text{MnO}_2$ sample showed heating effect better than $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ little. When ac voltage of 12 V was sent to the series connection of load 39Ω and $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ sample, voltage drop across on heating material will change in the interval of 3.6 V-4.6 V as air flowing. The changing voltage across on heating material will be relative to air flow velocity. So, the sample can be operate as air flow velocity sensor or air flow measuring device. The $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ sample that showed heating effect can be used as small hot water device which will be used for thermal property testing in the future. Temperature measurement and control of heating material was studied.

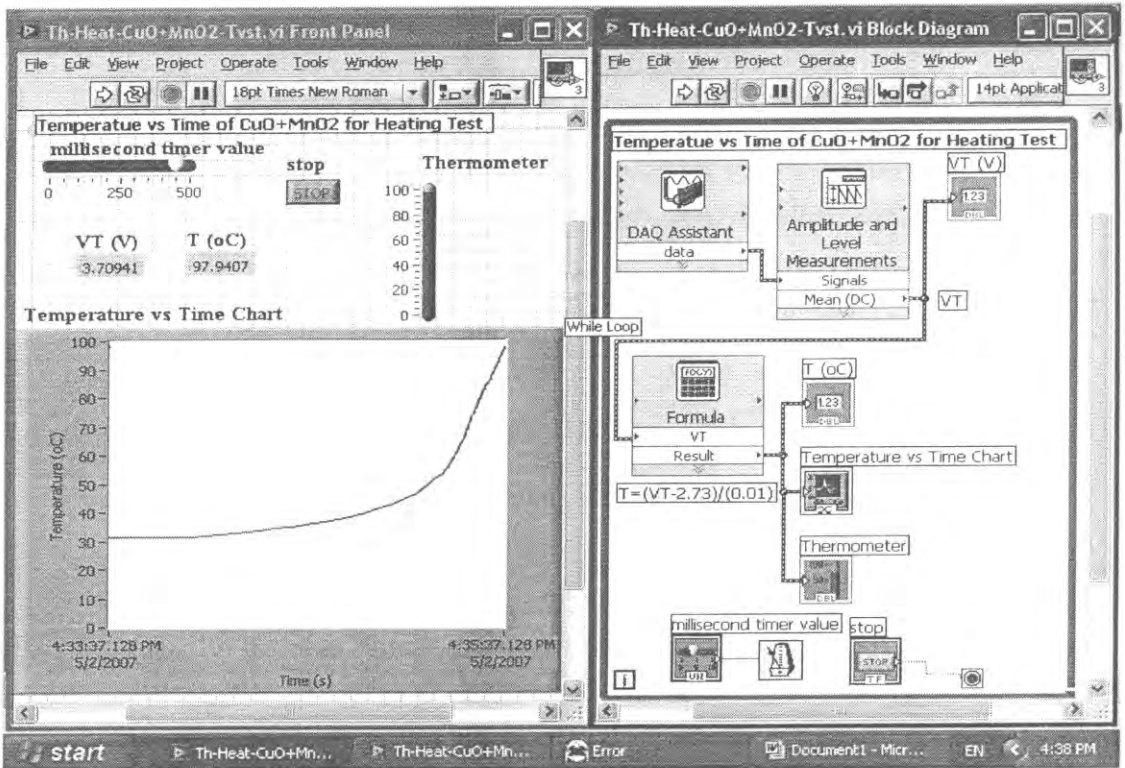
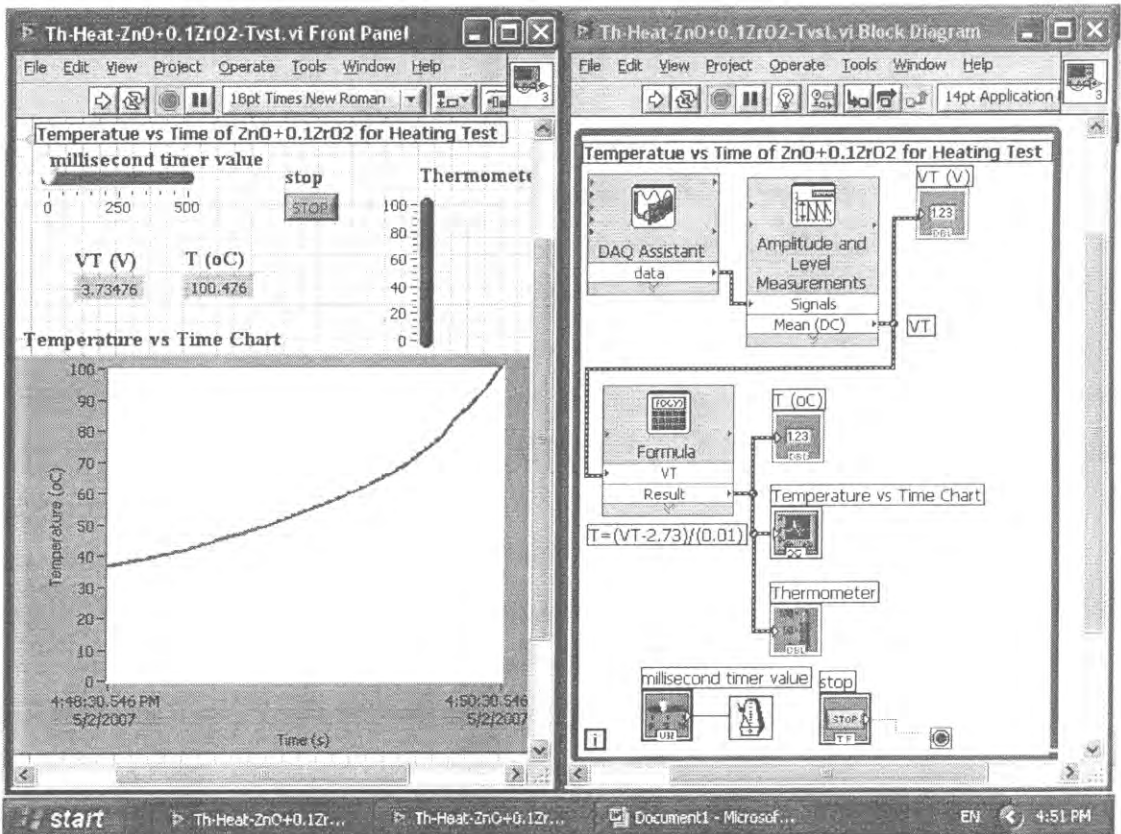
Keyword : heating effect, heating material , air flow velocity sensor , small hot water device , temperature measurement and control of heating material , LabVIEW

รองศาสตราจารย์ ศึกษาศาสตรบัณฑิต นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

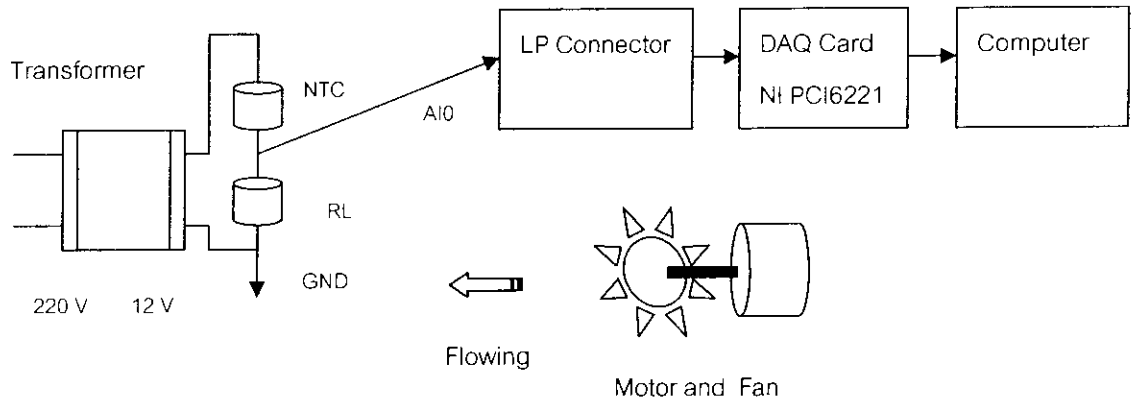
สารให้ความร้อน (heating element) เป็นสารที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนได้ดี ใช้ทำขดลวดของเตาหลอม (furnace element) ตัวอย่างของสารให้ความร้อน อาทิเช่น แกรไฟต์ (graphite), โมเดียม (Mo), ทังสเตน (W), ทองคำขาว (Pt), SiC (1650°C) และ MoSi_2 (1500°C) Das Gupta (1996) ในประเทศแคนาดา ได้รายงานเกี่ยวกับสารที่ใช้ทำสารให้ความร้อนซึ่งได้แก่ MoSi_2 , SiC, แกรไฟต์ (graphite) และ BaTiO_3 Reznikov (1997) ได้สร้างตัวควบคุมอุณหภูมิที่โปรแกรมได้จากไมโครโปรเซสเซอร์ สำหรับใช้งานกับเตาหลอมไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ Pelissier (1998) ในประเทศฝรั่งเศสได้ศึกษาสภาพด้านทานไฟฟ้าและสภาพการนำความร้อนของสารให้ความร้อนที่ทำมาจากซิลิกอนคาร์ไบด์ Ogawa (1998) ในประเทศญี่ปุ่น ได้สร้างฟิล์มบาง BaTiO_3 แล้วประยุกต์ใช้เป็นแผ่นความร้อนที่สามารถให้ความร้อนสม่ำเสมอ Hayashi (2001) ในประเทศญี่ปุ่น ได้เตรียมฟิล์มบางของ $\text{LaCrO}_3\text{-Ca}$ โดยมีขั้วเป็น Pt และหาลักษณะสมบัติการให้ความร้อน (heating characteristics) ความต้านทานของฟิล์มบางให้ความร้อนมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นลบและอุณหภูมิให้ความร้อนสูงสุด 1100°C Meier (2001) ในประเทศอังกฤษ ได้ศึกษาสารให้ความร้อนที่ทำมาจากเทอร์มิสเตอร์แบบ PTC ซึ่งสามารถทำงานที่อุณหภูมิเกือบคงที่ มีผู้เตรียม LaCrO_3 วัดสมบัติเชิงไฟฟ้าและสมบัติเชิงแม่เหล็ก ทดสอบการให้ความร้อน (heating test) อุณหภูมิการทำงาน (working temperature) มีค่า $2000\text{-}2100^\circ\text{C}$ (Song, S.T., 1984) มีผู้เตรียมสาร $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{CoO}_3$ วัดสภาพด้านทานไฟฟ้า ρ ที่ขึ้นกับสัดส่วนผสม x พบว่า $x=0.5$ มีค่า ρ ต่ำสุด ได้ทดสอบการดูดกลืนอินฟราเรด (infrared absorption test) ได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับกลไกการนำไฟฟ้า (conducting mechanism) (Mingshan Xiao, 1998) มีผู้ทดลองโดยปล่อยกระแสไฟฟ้าสลับไหลผ่านลวดทองคำขาว (platinum wire) วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (V) วัดอุณหภูมิของลวด (T) วัดอัตราเร็ว (velocity) คำนวณอัตราการไหลของลม (wind flow rate) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วกับอุณหภูมิของลวดทองคำขาวจะนำไปประยุกต์เป็นหัววัดอัตราเร็วของลม (Seuinghyun Kim, 2004) มีผู้ศึกษาความสามารถในการกดอัด (compressibility) ของ MgCO_3 ด้วยค่าการดูดกลืนอินฟราเรด (infrared absorbance) ในย่านเลขคลื่น

n) $\text{CuO} + \text{MnO}_2$ ข) $\text{ZnO} + 0.1\text{ZrO}_2$

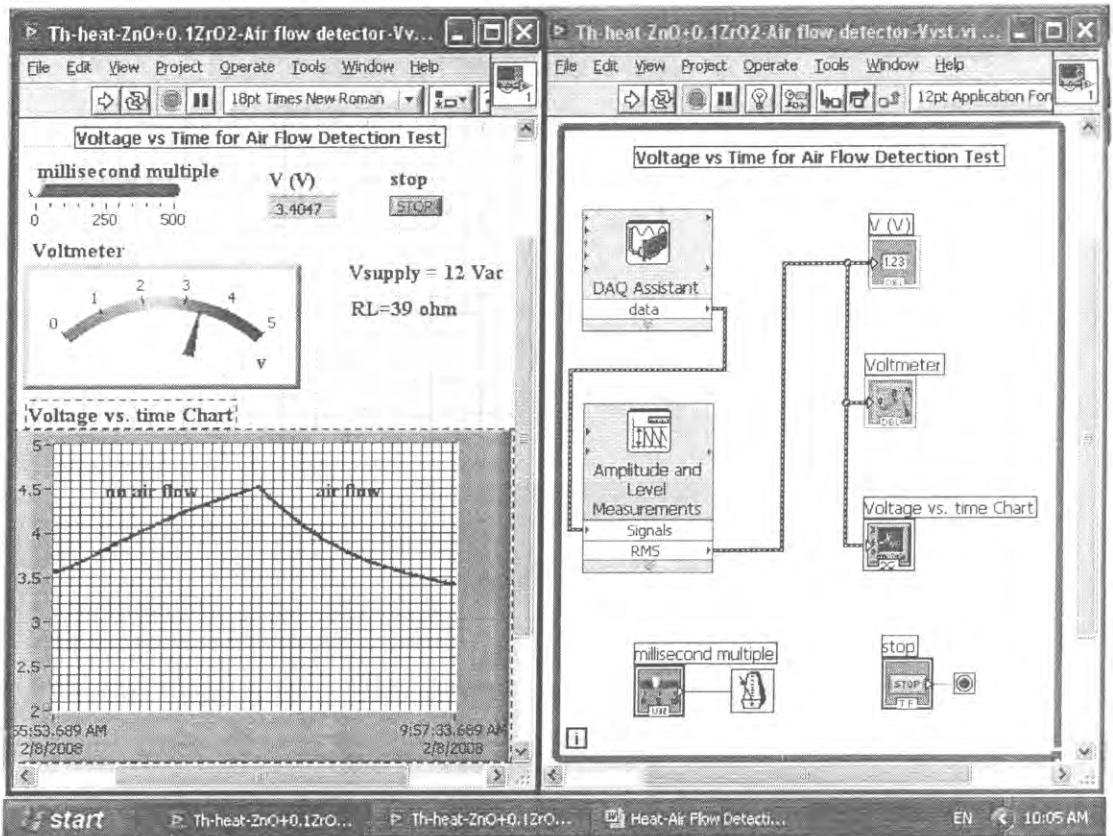
รูปที่ 4.1.2 Front Panel และ Block Diagram แสดงการวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลา
ของสาร $\text{CuO} + \text{MnO}_2$ และ $\text{ZnO} + 0.1\text{ZrO}_2$

4.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 4.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 4.2.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ปล่องไฟบ้าน 220 V เข้าทางขดปฐมภูมิ (ขด 1) ของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าจะแปลงแรงดันไฟฟ้าออกทางขดทุติยภูมิ (ขด 2) แรงดันไฟฟ้าที่ขด 2 นี้มี 12 V แรงดันไฟฟ้าที่ขด 2 นี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารให้ความร้อน $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และตัวต้านทานโหลด $R_L=39\ \Omega$ สารจะแปลงไฟฟ้าเป็นความร้อน ใช้ Voltmeter วัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานโหลด R_L (V) แรงดันไฟฟ้า VL หรือ V ถูกส่งเข้า AI0 (Analog Input0) GND ของวงจรต่อกับขั้ว AIGND แรงดันไฟฟ้า V จะผ่าน DAQ Card เข้าคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs. time ปล่องไฟบ้าน 220 V เข้าพัดลมไฟฟ้า อากาศทำให้สารให้ความร้อนมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป ความต้านทานของสารให้ความร้อนจะเปลี่ยน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารให้ความร้อนนี้จะเปลี่ยนแปลง สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



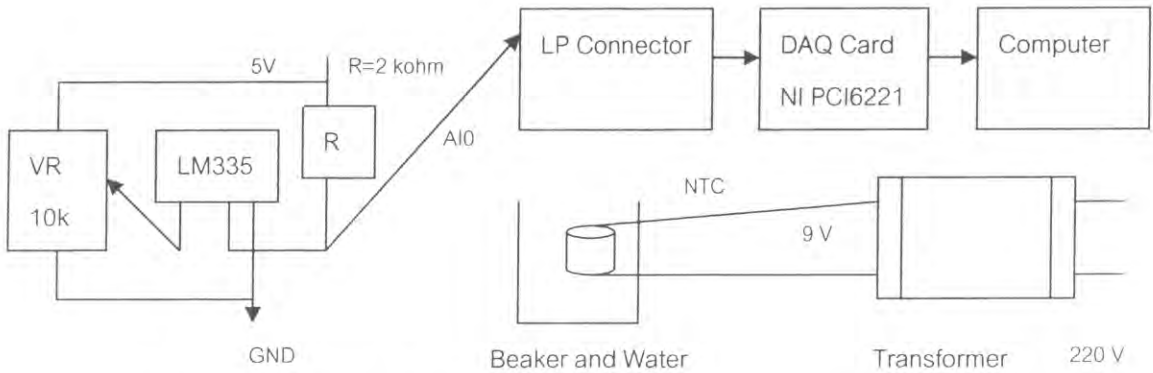
รูปที่ 4.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศด้วย LabVIEW



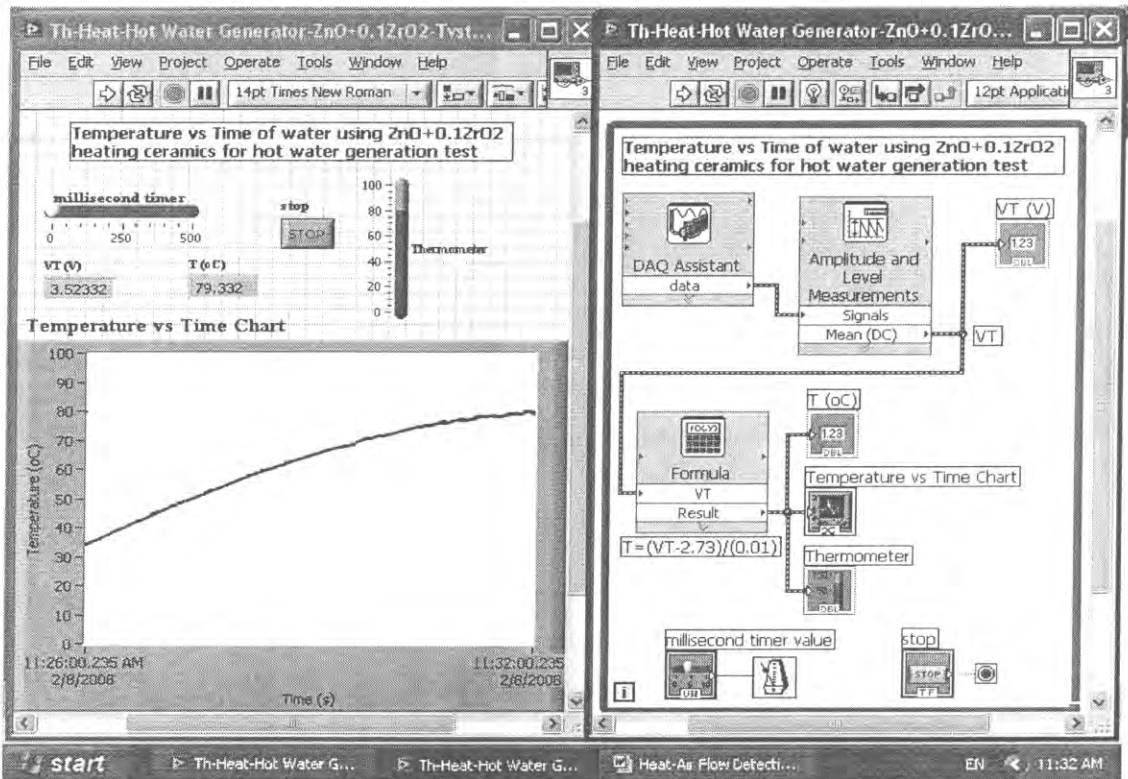
รูปที่ 4.2.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบ $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศด้วย LabVIEW

4.3 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อน

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สารให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 4.3.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์สารให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 4.3.2 ปลั๊กไฟบ้าน 220 V เข้าทางขดปฐมภูมิ (ขด 1) ของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าจะแปลงแรงดันไฟฟ้าออกทางขดทุติยภูมิ (ขด 2) แรงดันไฟฟ้าที่ขด 2 นี้ จะใช้ 12V สารให้ความร้อนที่ใช้ทดลอง คือ $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ ดังนั้นจะต้องเลือกแรงดันไฟฟ้าที่ขด 2 ซึ่งจะถูกป้อนให้แก่สารที่เหมาะสม สารจึงสามารถแปลงไฟฟ้าเป็นความร้อนได้ดี ปลั๊กแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมไปยังสารที่จุ่มอยู่ในน้ำภายในกระป๋องพลาสติก สารจะแปลงไฟฟ้าเป็นความร้อน อย่าให้สารร้อนเกินเพราะขั้ว Ag จะหลุด ใช้ LM335 แปลงอุณหภูมิของน้ำให้เป็นแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก (V_T) ส่งแรงดัน V_T มาเข้าที่ AIO ของ LP Connector ผ่าน DAQ Card เข้าคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_T ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Mean (DC) แสดงแรงดัน V_T ด้วย Numeric Indicator แปลงแรงดัน V_T ให้เป็นอุณหภูมิ T ด้วย Formula และใช้สูตร $T = (V_T - 2.73) / (0.01)$ แสดงอุณหภูมิของน้ำร้อนที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (T vs t) ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart หนึ่งเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของโปรแกรม While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ temperature vs. time รอคูร์ สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer คอมพิวเตอร์แสดงกราฟอุณหภูมิของสารที่ทดลองกับเวลา (T vs t)



รูปที่ 4.3.1 การจัดเครื่องมือเพื่อประยุกต์สารให้ความร้อน $ZnO+0.1ZrO_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อน



รูปที่ 4.3.2 Front Panel และ Block Diagram สำหรับการประยุกต์สารให้ความร้อน $ZnO+0.1ZrO_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อน

4.4 การให้แลปวิทาหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิแบบเปิด-ปิดของสารให้ความร้อนวัสดุอุปกรณ์

Computer สารให้ความร้อน $ZnAlO_4$ LP Connector DAQ Card

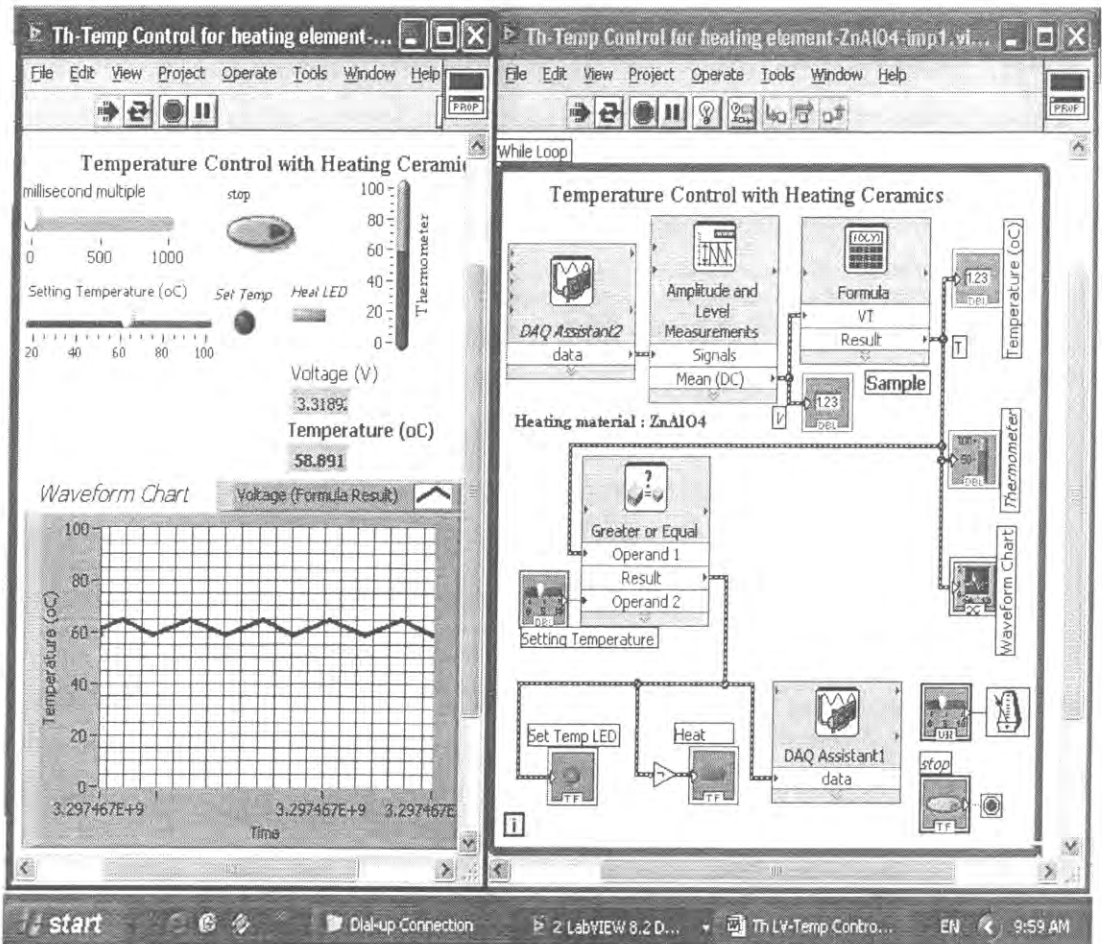
วิธีการทดลอง

1. จัดเครื่องมือสำหรับการควบคุมอุณหภูมิของเซรามิกส์ให้ความร้อน $ZnAlO_4$ โดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลปวิทเป็นฐานแสดงดังรูป 4.4.1

ในตอนแรกสารให้ความร้อนมีอุณหภูมิต่ำ $T_{read} < T_{set}$ Result ของ Greater มีโลจิก 1 (5 V) ส่ง Result ของ Greater ออกทาง port output0 (Po0) โดยอาศัยการควบคุมของ DAQ Assistant1 มาเข้าที่อินพุตของ optocoupler 4N27 ออฟโตคอปเปลอร์ทำงาน กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย 5 V จะไหลผ่านขา C ขา E ของ 4N27 ผ่าน $R_{10} \text{ k}\Omega$ ลง GND มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขา B และ E ของทรานซิสเตอร์ C458 ทรานซิสเตอร์ทำงาน กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย 5 V จะไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ (ขั้ว 1 และ 2) และขา C และ E ลง GND ขดลวดของรีเลย์มีอำนาจแม่เหล็ก ดึงดูดให้สวิตช์ขั้ว 3 ต่อกับขั้ว 4 สวิตช์ 3-4 จะเปิด กระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้า 18 V ไหลผ่านสารให้ความร้อน ใช้ LM335 วัดอุณหภูมิของสารนี้ เมื่ออุณหภูมิสารให้ความร้อนสูงขึ้นจนกระทั่งมีค่าเท่ากับ T_{set} หรือ setting temperature ซึ่งมีค่าประมาณ 62.5°C

ในตอนหลังสารให้ความร้อนมีอุณหภูมิสูงกว่า $T_{read} > T_{set}$ Result ของ Greater มีโลจิก 0 (0 V) ส่ง Result ของ Greater ออกทาง port output0 (Po0) โดยอาศัยการควบคุมของ DAQ Assistant1 มาเข้าที่อินพุตของ optocoupler 4N27 ออฟโตคอปเปลอร์ไม่ทำงาน กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย 5 V จะไม่ไหลผ่านขา C ขา E ของ 4N27 ผ่าน $R_{10} \text{ k}\Omega$ ลง GND ไม่มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขา B และ E ของทรานซิสเตอร์ C458 ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย 5 V จะไม่ไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ (ขั้ว 1 และ 2) และขา C และ E ลง GND ขดลวดของรีเลย์มีอำนาจแม่เหล็ก ไม่ดึงดูดให้สวิตช์ขั้ว 3 ต่อกับขั้ว 4 สวิตช์ 3-4 จะปิด กระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้า 18 V ไม่ไหลผ่านสารให้ความร้อน เมื่ออุณหภูมิสารให้ความร้อนที่ LM335 อ่านได้จะมีค่าลดลง

การทำงานจะมีการวนเวียนกันแบบนี้ทำให้เกิดการควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อนนี้ สำหรับการทดลองนี้ได้ตั้ง T_{set} เพื่อควบคุมให้อุณหภูมิคงที่ประมาณ 62.5°C ระยะเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ temperature vs time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ในขณะที่ระบบกำลังทำงานด้วย Printer



รูปที่ 4.4.2 Front Panel และ Block Diagram สำหรับการให้คอมพิวเตอร์ควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อน $ZnAlO_4$ ด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ให้ความร้อน

สารที่แสดงสมบัติให้ความร้อนที่คัดเลือก คือ $CuO+MnO_2$ สารนี้มีความต้านทานที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 119Ω แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ $6.47 V$ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T) กับเวลา (t) ของสารให้ความร้อนนี้แสดงดังรูปที่ 4.1.2 อุณหภูมิของสารจะเพิ่มขึ้นตามเวลาซึ่งแสดงการแปลงไฟฟ้าเป็นความร้อน เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเป็นเวลา 2 นาที สารจะร้อนจาก $32^\circ C$ ไปเป็น $100^\circ C$ สารนี้จะนำไปทำเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน

สารที่แสดงสมบัติให้ความร้อนที่คัดเลือก คือ $ZnO+0.1ZrO_2$ สารนี้มีความต้านทานที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 307Ω แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ $6.47 V$ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T) กับเวลา (t) ของสารให้ความร้อนนี้แสดงดังรูปที่ 4.1.2 อุณหภูมิของสารจะเพิ่มขึ้นตามเวลาซึ่งแสดงการแปลงไฟฟ้าเป็นความร้อน เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเป็นเวลา 2 นาที สารจะร้อนจาก $37^\circ C$ ไปเป็น $100^\circ C$ สารนี้จะนำไปทำเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน

2) อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ

ผลการทดสอบ $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 4.2.2 เมื่อแรงดันไฟฟ้าสลับ 12 V ให้แก่สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ที่ต่ออนุกรมกับโหลด 39Ω พบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารให้ความร้อนนี้จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 3.6 V ถึง 4.6 V ในขณะที่มีอากาศจากพัดลมเคลื่อนที่ผ่านการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมนี้มีความเกี่ยวข้องกับสมบัติเอ็นทีซี แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารให้ความร้อนนี้ที่เปลี่ยนแปลงนี้ จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วกการไหลของอากาศ (air flow velocity) การเคลื่อนที่ของอากาศที่ผ่านสารที่ทำให้ความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนในตัวสารเปลี่ยนแปลงมีความเกี่ยวข้องกับสมบัติให้ความร้อน ถ้าใช้ Commercial Air Flow Sensor ทำการเปรียบเทียบ สารให้ความร้อนนี้ก็ทำหน้าที่เป็นหัววัดความเร็วการไหลของอากาศหรืออุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ แต่อย่างไรก็ตาม ขณะนี้ยังไม่มีหัววัดการไหลของอากาศเชิงการค้า (commercial air flow sensor) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ดังนั้นจึงเป็นการวัดเพียงแค่แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารให้ความร้อนในขณะที่เปิดพัดลม เท่านั้น สารที่จะใช้ทดสอบเพื่อประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศนั้นจะต้องมีสมบัติให้ความร้อนและเอ็นทีซี

3) อุปกรณ์ทำน้ำร้อนขนาดเล็ก

เครื่องทำความร้อนแก่น้ำด้วยไฟฟ้ามีโครงสร้างที่ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่ให้แรงดันไฟฟ้า 12 Vac สารให้ความร้อน $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ และกระเบื้องบรรจุน้ำ เครื่องทำความร้อนที่ได้ออกแบบขึ้นนี้เป็นเครื่องทำความร้อนขนาดเล็ก (micro-heater) เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านสารนี้พบว่าอุณหภูมิของสารที่ทดลองจะเพิ่มขึ้นตามเวลา (T vs t) สารทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อน

4) การควบคุมอุณหภูมิของเซรามิกสีให้ความร้อน ZnAlO_4

ได้แสดงการให้คอมพิวเตอร์ควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อน ZnAlO_4 ด้วย LabVIEW ที่ 60°C ซึ่งจะนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อไป

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร $\text{CuO}+\text{MnO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ ซึ่งมีค่าความต้านทานเท่ากับ 119Ω และ 307Ω ตามลำดับ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนได้
- 2) สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศได้
- 3) สาร $\text{ZnO}+0.1\text{ZrO}_2$ แสดงสมบัติให้ความร้อนและสามารถทำหน้าที่เป็นสารให้ความร้อนในเครื่องทำน้ำร้อนใช้สำหรับการทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุ
- 4) ได้แสดงการให้คอมพิวเตอร์ควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อน ZnAlO_4 ด้วย LabVIEW ที่ 60°C

เอกสารอ้างอิง

- Andrzej Grzechnik, 1999, An infrared study of MgCO_3 at high pressure, Physica B: Condensed Matter, 262(1-2): 67-73.
- Ciepi, C. 2000. Temperature controlled oven for low noise measurement systems. IEEE transactions on instrumentation and measurement., 49, 546-549.
- Das Gupta, S. 1996. Heating elements and electrically conducting ceramics. Key Engineering Materials., 122, 279-282.

- Hayashi, S. 2001. Fabrication and evaluation of LaCrO_3 thin films electric heaters. *Key Engineering Materials.*, 216, 105-108.
- Kaliyugavaraden, S. 1997. Microcontroller-based programmable temperature controller. *IECON Preceedings (industrial Electronics Conference).*, 1, 155-158.
- Meier, K. 2001. PTC thermistor heating elements. *Appliance.*, 58, 64-66.
- Mingshan Xiao, 1998, Conductivity and infrared absorption of $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{CoO}_3$ conductive ceramics, *Journal of Solid State Chemistry*, 137(2): 211-313.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.
- Ogawa, 1998. T. Sol-gel PTC BaTiO_3 thin films – application of PTC film to heater plate. *IEEE International Sumposium on Applications of Ferroelectrics.*, 101-104.
- Pelissier, K. 1998. Silicon carbide heating elements. *Ceramics international.*, 24, 371-377.
- Reznikov, Y. A. 1997. Programmable temperature control in an electric furnace for laboratory coking based on a microprocessor controller. *Fuel and Energy Abstracts.*, 38, 219.
- Seuinghyun Kim, 2004, Measurement of flow direction and velocity using micromachined flow sensor, *Sensors and Actuators A: Physical*, 115(2-3) :312-318.
- Song, S. T., 1984, Synthesis, properties and application of high conductive LaCrO_3 -based ceramic-materials, *Ceramics International*, 10(4): 143-146.

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหาหน้า

Shr-Nan Bai (1993) ได้เตรียมวาริสเตอร์จากส่วนผสมของ 97.5 mol % ZnO กับ 2.5 mol % ของ (Bi_2O_3 , Sb_2O_3 , Co_3O_4 , MnO , Cr_2O_3) เผาที่ 1150 °C วัดได้ค่า $\alpha=52.2$ J. Fan (1993) ได้เตรียมวาริสเตอร์จากสูตร $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3+0.01\text{Ag}_2\text{O}$ varistor วัดความสัมพันธ์ J vs E คำนวณค่า α จากสูตร $\alpha = (\log J_2 - \log J_1) / (\log E_2 - \log E_1)$ โดยกำหนด J_1 และ J_2 มีค่า 0.1 และ 1 mA/cm² วัดความสัมพันธ์ระหว่าง α กับปริมาณของ Ag_2O และค่า $\alpha = 35$ Bi-Shiou Chiou (1993) ได้เตรียม MnO_2 -doped $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3$ varistor วัดได้ค่า $\alpha=14$ M. Tomasevic-Canovic (1993) ได้เตรียม ZnO-based varistor วัดได้ค่า $\alpha=30$ T.R. Narayanan (1995) ได้เตรียม $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-Co}_3\text{O}_4$ varistor วัดความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า (I vs V) และระหว่างความจุไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า (C vs V) วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ขึ้นกับความถี่ ได้ค่า $\alpha=40$ Tyh. Kuang (1995) ได้เตรียม $\text{ZnO-V}_2\text{O}_5$ varistor พบสมบัติที่ไม่เป็นโอห์มมิก(non-ohmic property) T.R.N. Kutty (1996) ได้เตรียม $94.5\text{ZnO}+3.0\text{Bi}_2\text{O}_3+2.5\text{CoO}$ วัดโดยใช้สูตร $\alpha = (\log I_2 - \log I_1) / (\log V_2 - \log V_1)$ ได้ค่า $\alpha=65$ B. Meyer (1996) ได้เตรียมวัสดุผสมวาริสเตอร์ที่มีแรงดันเบรคดาวน์ต่ำ low-voltage varistor composite วัสดุผสมนี้ผสมกับระหว่าง $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$ กับโพลีเอทีลีน (polyethylene) วัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า(ρ)ได้ค่า $4.0 \times 10^{11} \Omega\text{cm}$ วัดเลขชี้กำลังที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้ $\alpha \sim 10$ วัดค่าสนามเบรคดาวน์ได้ $BE = 190 \text{ V/m}$ S.A. Pianaro (1997) ได้เตรียม $(98.95-x) \text{ mol\% SnO}_2 + 1.00 \text{ mol\% CoO} + 0.05 \text{ mol\% Nb}_2\text{O}_5 + x \text{ \% Bi}_2\text{O}_3$ โดยที่ $x=0.3$ วัด J vs E ได้ค่า $\alpha=10$ มีผู้เตรียม $\text{ZnO}+x\text{SnO}_2$ เมื่อ $x=0.05, 0.1, 0.15, 0.2$ โดยวิธีการทำกระบวนการผงแบบดั้งเดิม (conventional powder processing routes) อุณหภูมิซินเตอร์ที่ใช้มีค่า 1150-1275 °C ตรวจสอบเฟสด้วยเครื่อง XRD วัดความหนาแน่น (ρ) ด้วยสูตร $\rho=m/V$ ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยเครื่อง SEM วัดกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า (I vs V) และความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับสนามไฟฟ้า (J vs E) หาค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เป็นเชิงเส้น (α) แรงดันเบรคดาวน์ (BV) และสนามเบรคดาวน์ (BE) (Anastasion, A., 2004)

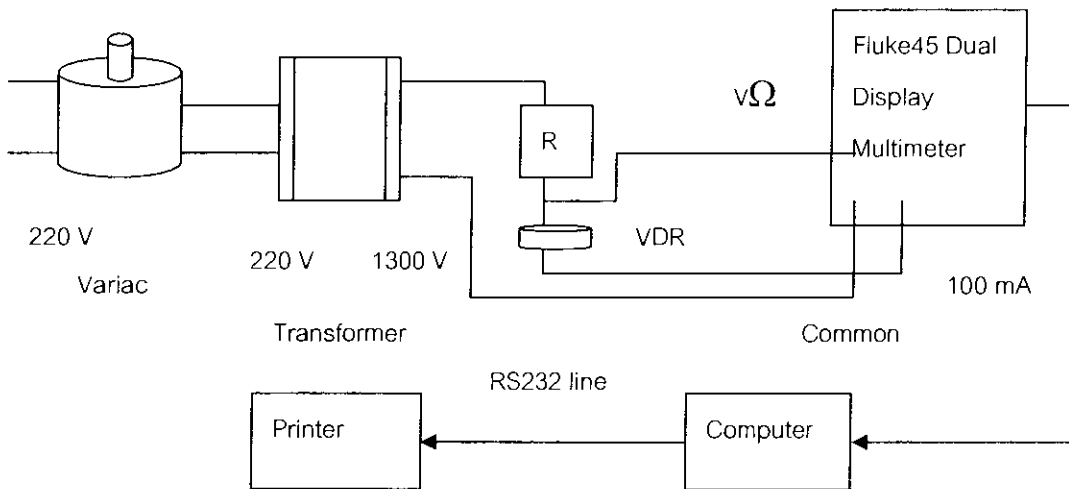
บทความนี้เกี่ยวข้องกับกับการประยุกต์ใช้วาริสเตอร์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ปรากฏการณ์วาริสเตอร์ และอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกิน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

5.1 การวัดกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของวาริสเตอร์

จัดเครื่องมือเพื่อวัดกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 5.1.1 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ Commercial varistor (10D391K), $\text{ZnO}+0.01\text{Ag}_2\text{O}$, FeTiO_3 และ $\text{Pb}(\text{Ti}_{0.5}\text{Cr}_{0.5})\text{O}_3$ ไฟบ้าน 220 V เข้าอินพุต (input) ของแวนริแอก (variac) แวนริแอกจะแปลงแรงดันจากค่าหนึ่งไปเป็นอีกค่าหนึ่งซึ่งทำได้โดยการหมุนปรับแรงดันจากแวนริแอกจะเข้าที่หม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 220V แปลงเป็น 1300V เพื่อแปลงแรงดันให้สูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้านี้จะจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_L ผ่านสารตัวอย่างที่เป็นวาริสเตอร์ เข้าขั้ว 100 mA ออกทางขั้ว Common เพื่อทำหน้าที่วัดกระแสไฟฟ้า ขั้ว $V\Omega$ กับ Common ทำหน้าที่วัดแรงดันตกคร่อมสารหรือ

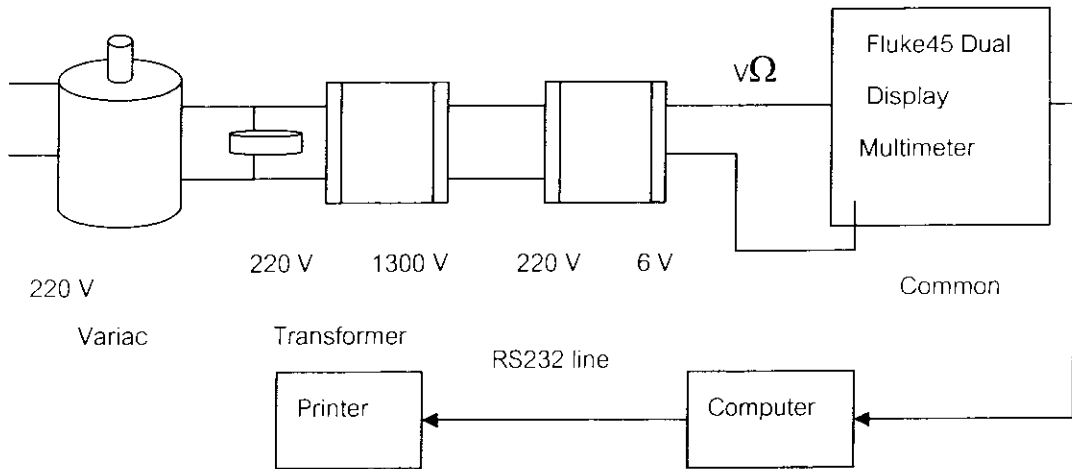
ความต่างศักย์ไฟฟ้า ต้องกดปุ่ม Vac เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้าเป็นค่าแรก กดปุ่ม RND เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าสลับเป็นค่าที่สอง เมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นช้าในตอนแรกและจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อถึงจุดเบรกดาวน (breakdown) หาแรงดันเบรกดาวน (breakdown voltage) คร่าวๆ เพื่อสะดวกในการทดลอง แรงดันไฟฟ้า (V) และกระแสไฟฟ้า (I) จาก Fluke45 Dual Display Multimeter จะเคลื่อนที่ผ่านสาย RS232 ไปเข้าคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม QS45 ควบคุมการวัด การใช้โปรแกรม QS45 ทำได้โดยเริ่มจากเปิดคอมพิวเตอร์ รอจนเห็น C:\ พิมพ์ CD_QS45 แล้ว Enter พิมพ์ QS แล้ว Enter เห็นเมนูที่ 2 ถอยกลับไปเมนู 1 โดย Alt+X ให้คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับมัลติมิเตอร์ให้ใช้ ALT+I แล้ว Enter เห็น Communication established คอมพิวเตอร์จะส่งคำสั่งออกจาก TD (ขา 2) เข้า RD (ขา 3) ของ Fluke45 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจาก Fluke45 จะเคลื่อนที่ออกจากขา TD (ขา 2) เข้า RD (ขา 3) ของคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะแสดง V และ I บนจอ ที่หน้าปัดมิเตอร์ตั้งหน่วยการวัด ค่าซ้ายตั้งที่ function 1 โดย Alt+1 ค่าขวาตั้งที่ function 2 โดย Alt+2 ตั้ง Range (สเกลการวัด) ด้วย Alt+N แล้วเลือก AUTO ตั้ง Rate (อัตราเร็วของการวัดของมัลติมิเตอร์) ด้วย Alt + A แล้วเลือก Fast สั่งพิมพ์ด้วย Alt + P เลือก On คำนวณสัมประสิทธิ์ความไม่เป็นเชิงเส้นของวาริสเตอร์ (α) โดยอาศัยความชันของเส้นกราฟ I vs V และใช้สูตร $I = kV^\alpha$ สัมประสิทธิ์ความไม่เป็นเชิงเส้นของวาริสเตอร์ (α) คำนวณได้จากสูตร $\alpha = \Delta I / \Delta V = (I_2 - I_1) / (V_2 - V_1)$



รูปที่ 5.1.1 การจัดเครื่องมือเพื่อวัดกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของวาริสเตอร์

5.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกิน

จัดเครื่องมือดังรูปที่ 5.1.2 ไฟบ้านเข้าแวลวเอด แรงดันไฟฟ้าจากแวลวเอดจะเข้าหม้อแปลง 220-1300V เพื่อแปลงแรงดันให้สูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าจากหม้อแปลงนี้จะถูกส่งต่อไปเข้าหม้อแปลงไฟฟ้า 220 V-6 V ติดตั้งสารตัวอย่างที่จะทดสอบเป็นวาริสเตอร์ที่ขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้านี้ ในการทดลองจะหมุนปุ่มปรับของแวลวเอด เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า เมื่อถึงจุดเบรกดาวน ให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า

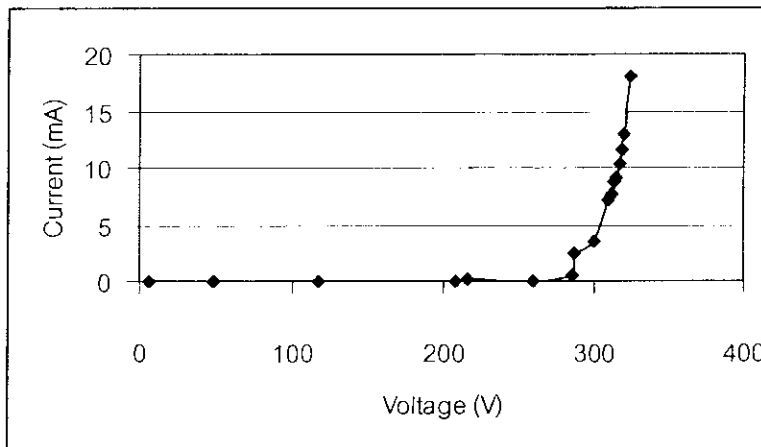


รูปที่ 5.1.2 แสดงการทดสอบการป้องกันแรงดันเกินของวาริสเตอร์

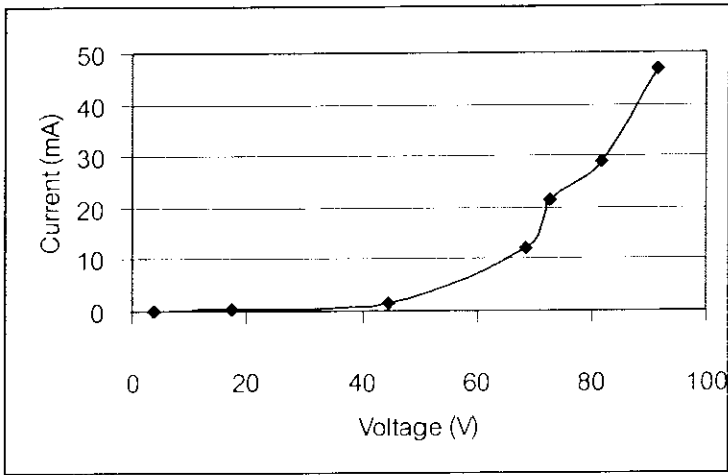
ผลและวิเคราะห์ผล

1) กระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของวาริสเตอร์

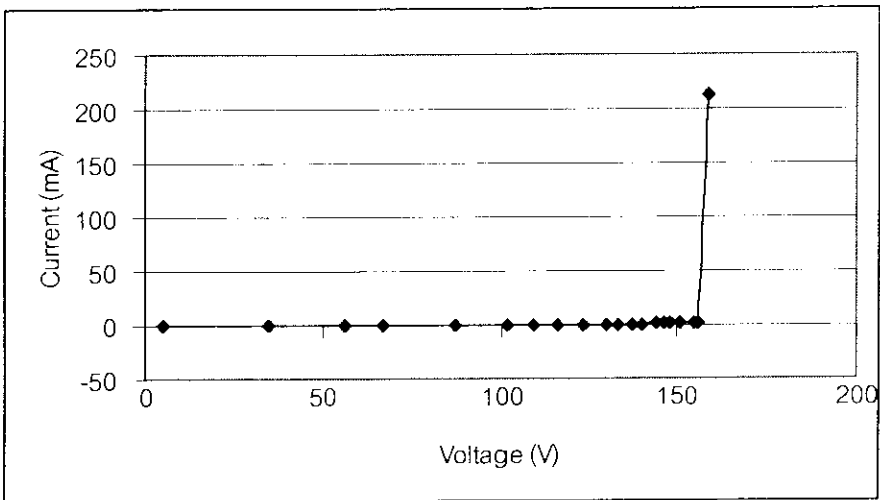
เส้นโค้งกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของสารตัวอย่างที่ทดลองแสดงดังรูปที่ 5.1.3 การหาสัมประสิทธิ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นของสารตัวอย่างที่ทดลองแสดงดังรูปที่ 5.1.4 ความหนา (L) เส้นผ่าศูนย์กลาง (d) แรงดันเบรกดาวน์ (BV) และสัมประสิทธิ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (α) ของ Commercial varistor (10D391K), $\text{ZnO}+0.01\text{Ag}_2\text{O}$, FeTiO_3 และ $\text{Pb}(\text{Ti}_{0.5}\text{Cr}_{0.5})\text{O}_3$ แสดงดังตารางที่ 5.1.1 จากรูปและตารางจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นช้าในตอนแรกและจะเพิ่มขึ้นเร็วเมื่อถึงจุดเบรกดาวน์



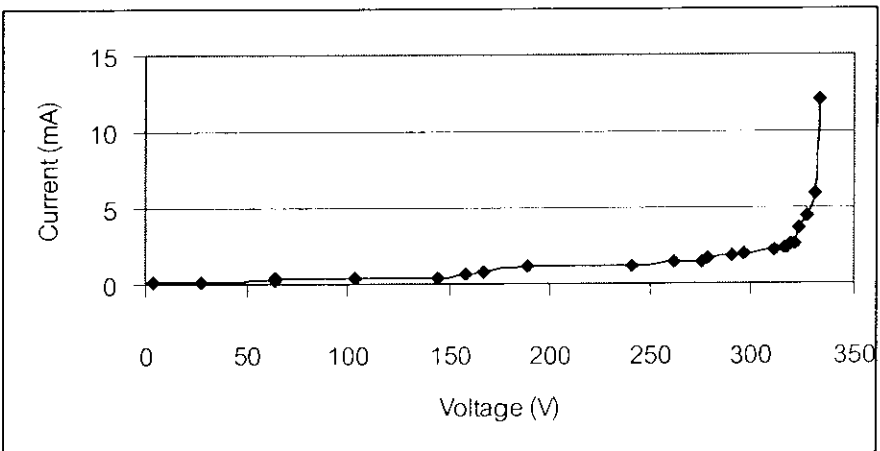
ก) วาริสเตอร์เชิงการค้า (CNR : 10D391K : 1H9)



๒) สาร ZnO+0.01Ag₂O

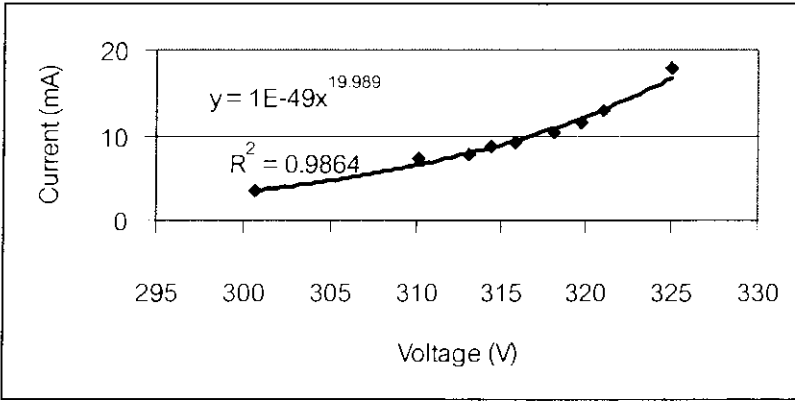


๓) สาร FeTiO₃

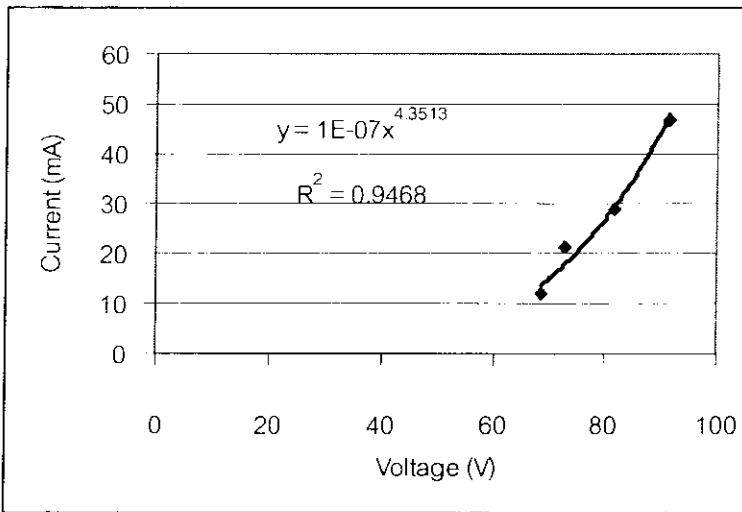


๔) สาร Pb(Ti_{0.5}Cr_{0.5})O₃

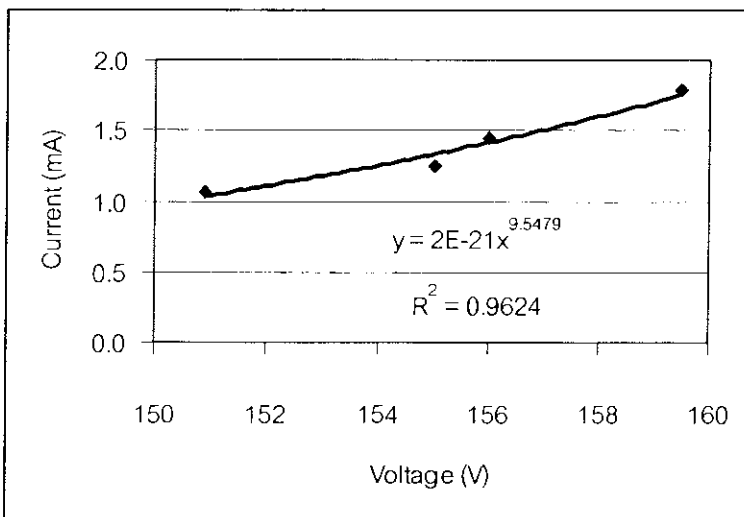
รูปที่ 5.1.3 กระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของวาริสเตอร์



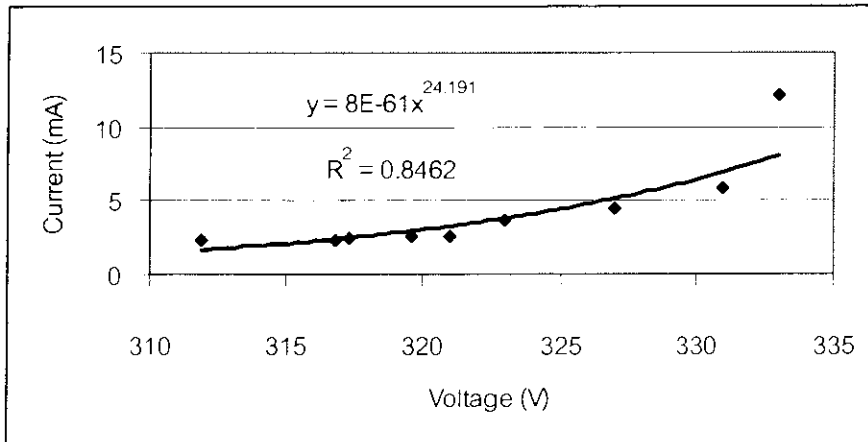
ก) วาริสเตอร์เชิงการค้ำ (CNR : 10D391K : 1H9)



ข) สาร ZnO+0.01Ag₂O



ค) สาร FeTiO₃



ง) สาร $\text{Pb}(\text{Ti}_{0.5}\text{Cr}_{0.5})\text{O}_3$

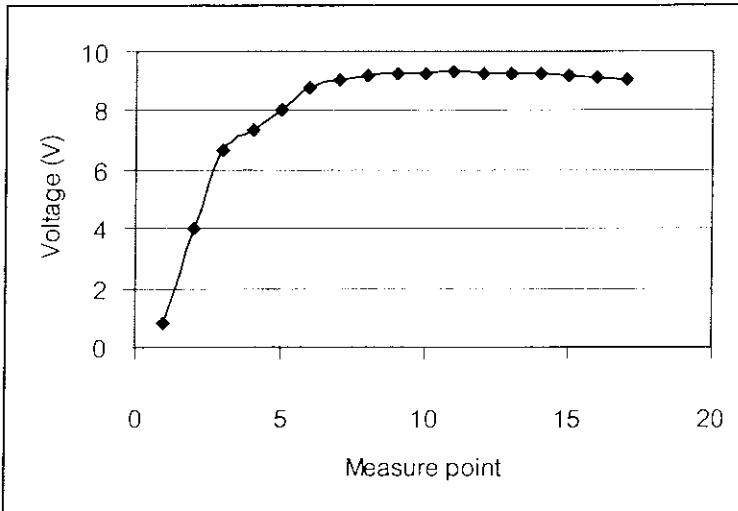
รูปที่ 5.1.4 เส้นกราฟที่แสดงการหาสัมประสิทธิ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นของสารตัวอย่างที่ทดลอง

ตารางที่ 5.1.1 ความหนา (L) เส้นผ่าศูนย์กลาง (d) แรงดันเบรคดาวน (BV) และสัมประสิทธิ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (α) ของ Commercial varistor (10D391K), $\text{ZnO}+0.01\text{Ag}_2\text{O}$, FeTiO_3 และ $\text{Pb}(\text{Ti}_{0.5}\text{Cr}_{0.5})\text{O}_3$

Sample	L (mm)	d (mm)	BV (V)	α value
Commercial varistor (10D391K)	---	---	287	9.989
$\text{ZnO}+0.01\text{Ag}_2\text{O}$	1.995	11.565	60	4.35
FeTiO_3	3.57	11.13	156	9.55
$\text{Pb}(\text{Ti}_{0.5}\text{Cr}_{0.5})\text{O}_3$	1.95	12.26	325	24.19

2) อุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกิน

ผลการประยุกต์ใช้งานของวาริสเตอร์เชิงการคำนวณให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินแสดงดังรูปที่ 5.1.5 ในการทดลองจะหมุนปุ่มปรับของแวนิแอคเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า เมื่อถึงจุดเบรคดาวน แรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิจะลดลงซึ่งเป็นลักษณะของการทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกิน



รูปที่ 5.1.2 ผลการทดสอบการป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินของวาริสเตอร์เชิงการค้ำ
(CNR : 10D391K : 1H9)

สรุปผลการทดลอง

สารตัวอย่างที่ทดลองแสดงเส้นโค้งกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้าที่ไม่เป็นเชิงเส้นและสามารถนำไปประยุกต์ทำเป็นอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินได้

เอกสารอ้างอิง

- Anastasion, A., 2004, Ceramic varistors based on ZnO-SnO₂, Journal of European Ceramic Society, 24(6): 1171-1175.
- Bi-Shiou Chiou., 1993. Electrical behaviour of the MnO₂-doped ZnO-Bi₂O₃ system, J.Mater. Sci :Mater. In Elect., 4 : 38-42.
- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Fan, J., 1993, Electrical properties and d.c. degradation characteristics of silvered doped ZnO varistors J. Mater. Sci. 28 : 1391-1395.
- Kuang, Tyh., 1995, Microstructure and nonohmic properties of ZnO-V₂O₅ ceramics, J. Appl. Phys. 34 : 6452-6457.
- Kutty, T.R.N., 1996, Dependence of non-linearity coefficients on transition metal oxide concentration in simplified compositions of ZnO+Bi₂O₃+MO varistor ceramics (M=Co or Mn), J. Mater. Sci :Mater. In Elect. 7 : 137-148.
- Meyer, B., 1996, New low-voltage varistor composites, J. Mater. Sci. 31: 5941-5944.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Narayanan, T.R., 1995, Influence of alkali ions in enhancing the nonlinearity of ZnO-Bi₂O₃-Co₃O₄ varistor ceramics, J. Appl. Phys. 34 : 6125-6132.

- Pianaro, P.R., 1997, Effect of Bi_2O_3 addition on the microstructure and electrical properties of the $\text{SnO}_2\text{-CoO.Nb}_2\text{O}_5$ varistor system, *J. Mater. Sci. Lett.* 16 : 634-638.
- Shr-Nan Bai, 1993, Influence of sintering temperature on electrical properties of ZnO varistors, *J. Appl. Phys.* 74 (1), 1 July : 695-703.
- Tomasevic_Canovic, M., 1993, Synthesis of ZnO-based varistor precursor powders by reaction spray process, *J. Mater. Sci.* 28 : 5211-5217.

6. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์พีทีซีให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่และอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลา

Applications of PTC ceramics for the operation of overtemperature device, overcurrent device, air flow measuring device, constant temperature heating device and delayed-time switch

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์¹ เยาวนุช มะธูระ² จุฑารัตน์ บัวมีกลิ่น²
Thongchai Panmatarith¹ Yoawanoot Mathura² Jutharat Buameeklin²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP , การ์ด DAQ และแลปวิว $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$ และ $\text{SnO}_2+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ มีความต้านทานเพิ่มขึ้นในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น สารทั้งสองมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นบวก (α) มีค่า $15.52\text{ }^{\circ}\text{C}$ และ $15.71\text{ }^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิคูรี (T_c) มีค่า $70.25\text{ }^{\circ}\text{C}$ และ $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ สารทั้งสองแสดงปรากฏการณ์พีทีซี การประยุกต์ใช้งานของสาร $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$ และ $\text{SnO}_2+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดป้องกันอุณหภูมิเกินนั้นจะอาศัยผลของความต้านทานที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิซึ่งจะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ใช้ Greater ของเครื่องมือเสมือนทำการเปรียบเทียบค่าระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ได้ตั้งไว้กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร ผลที่ได้จะไปควบคุมวงจรบริเลย์ สวิตช์ของรีเลย์จะเปลี่ยนแปลงแบบเปิดปิดซึ่งจะไปควบคุมการทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์จะควบคุมการจ่ายกำลังงานไปยังโหลด เช่น เต้าอบไฟฟ้าและพัดลม เป็นต้น การทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินของอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าจะอาศัยหลักการที่ว่าความร้อนจากโหลดที่ต้องการควบคุมทำให้ อุปกรณ์พีทีซีร้อน ความต้านทานของอุปกรณ์จะเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลทำให้กระแสไฟฟ้าลดลงส่งผลทำให้เกิดการป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินได้ การประยุกต์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศและอุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่และอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลาของอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าจะอาศัยหลักการของปรากฏการณ์พีทีซีซึ่งเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของความต้านทานตามอุณหภูมิ

คำสำคัญ : เทอร์มิสเตอร์แบบพีทีซี อุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน

อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่ อุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลา แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Applications of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. The resistances of $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$ and $\text{SnO}_2+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ increased as temperature increasing. The positive temperature coefficient of resistance (α) of both samples were $15.52\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $15.71\text{ }^{\circ}\text{C}$ and Curie

temperatures (T_c) were 70.25 °C and 60 °C, respectively. Both samples showed PTC effect. Applications of $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$ และ $\text{SnO}_2+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ samples for overtemperature protection device involved the temperature dependence of resistance which voltage drop across on the sample increased with temperature. Greater of virtual instrument was used for comparison between setting voltage and voltage drop across on the sample. The output result will control relay circuit. Relay switch will change on and off state which will control the operation of solid state relay. Solid state relay will control power supplying to load such as oven and fan, etc. The function of overcurrent protection device of PTC device involved the principle of PTC device heating due to load heat. The resistance of device increased which the current decreased and overcurrent protection can be done. Application for being air flow measuring device and constant temperature heating device and delayed-time device of commercial PTC device involved PTC effect which resistance increasing with temperature.

Keyword : overtemperature protection device , overcurrent protection device , air flow sensor, constant temperature device, delayed-time switch device LabVIEW

รองศาสตราจารย์ นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหาหน้า

Masalu Miyayama ได้เตรียม $(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)(\text{Nb}_{0.003}\text{Ti}_{0.997})\text{O}_3 + 1 \text{ mol}\% \text{TiO}_2 + 0.07 \text{ mol}\% \text{MnO}$ ($x=0, 0.2$) ทำซ้ำด้วยการเงิน วัดความต้านทานที่อุณหภูมิต่างๆ ประยุกต์เป็นตัวตรวจวัดรังสีอินฟราเรด P. Padmini (1994) ได้เตรียม $\text{BaTiO}_3 + 0.3 \text{ at}\% \text{Nb}_2\text{O}_5$; $\text{BaTiO}_3 + 0.3 \text{ at}\% \text{Nb}_2\text{O}_5 + 0.2 \text{ at}\% \text{Bi}_2\text{O}_3$ วัดความสัมพันธ์ระหว่างสภาพต้านทานไฟฟ้ากับปริมาณของตัวไดโพลและความสัมพันธ์ระหว่างสภาพต้านทานไฟฟ้าและค่าคงที่ไดอิเล็กตริกกับอุณหภูมิ Horng-Yi Chang (1997) ได้เตรียม $(\text{Sr}_{0.2}\text{Ba}_{0.8})\text{TiO}_3$ ทดสอบสารเพื่อแสดง PTC effect วัดอุณหภูมิคูรี (T_c) D. J. Wang (1997) ได้เตรียม $(\text{Sr,Pb})\text{TiO}_3$ วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ วัดอุณหภูมิคูรี แล้วคำนวณค่า PTCR หรือ α S. Shibagaki (1997) ได้เตรียม Ca-doped SrTiO_3 capacitor แล้ววัดค่า α มีผู้เตรียมสาร BCST วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิ สภาพต้านทานไฟฟ้าสูงสุดมีค่า $10^7 \Omega\text{cm}$ สภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำสุดมีค่า $5 \Omega\text{cm}$ อัตราส่วนของสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงสุดกับสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำสุดมีค่า 3.2×10^6 สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่ไม่เป็นเชิงเส้นมีค่า $+20.4 \text{ }^\circ\text{C}$ ทดสอบการป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน (Chih-Kuo Liang, 2005)

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่และอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลา

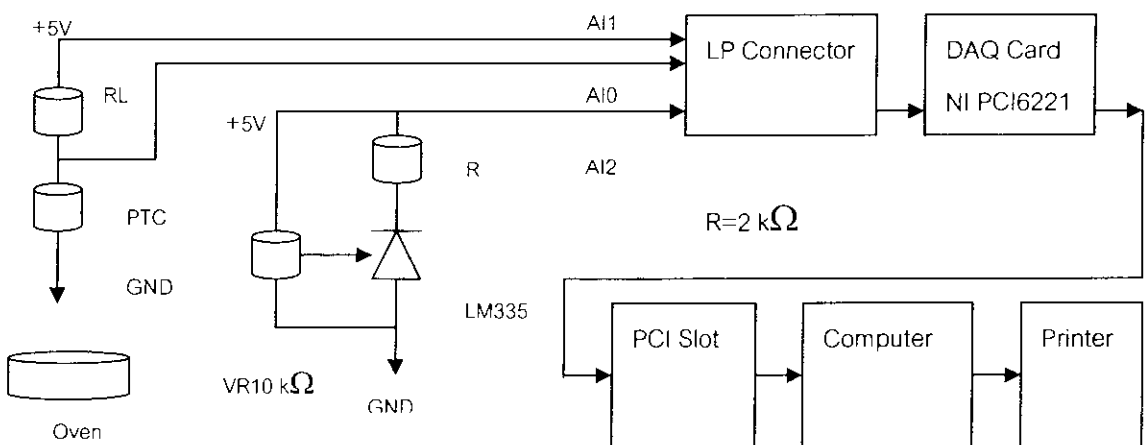
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

6.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน

1) ทำการตัดสารที่แสดงสมบัติพีทีซี คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มค่าความต้านทาน R เพิ่มเร็วหรือไม่

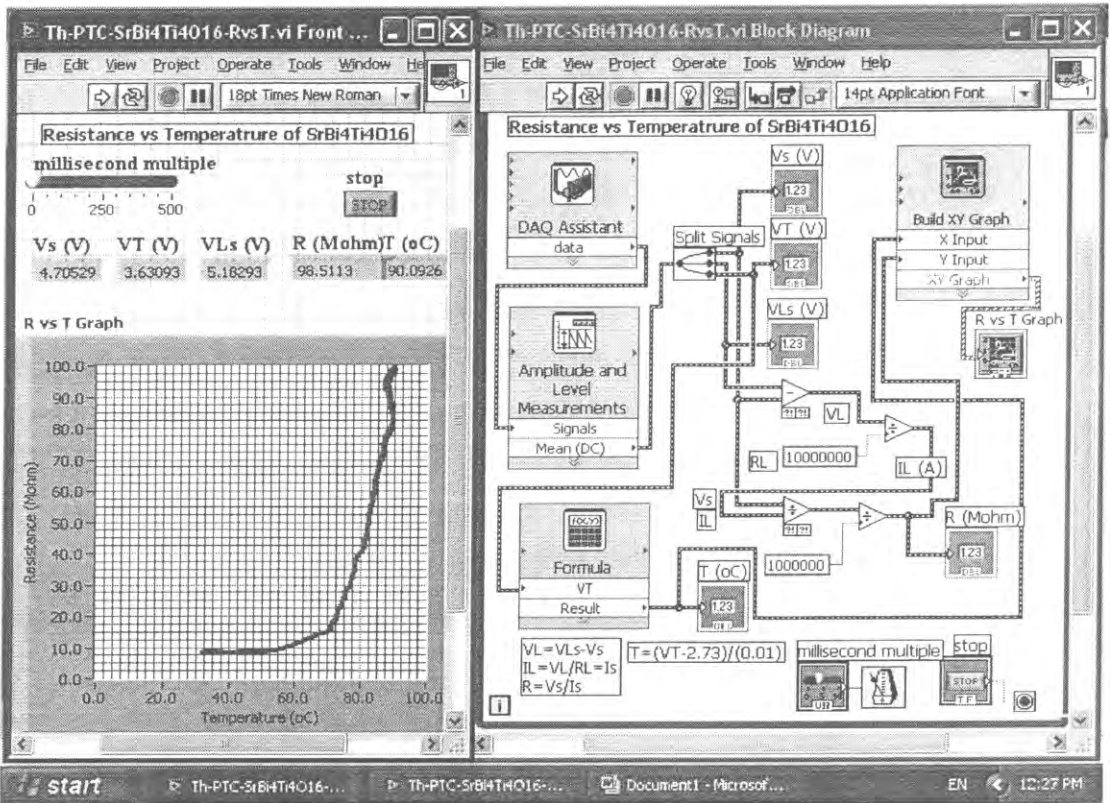
ดูช่วงอุณหภูมิที่สารแสดงปรากฏการณ์พีทีซีใด

2) จัดเครื่องมือสำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบพีทีซี $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$ และ $\text{SnO}_2+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 6.1.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบพีทีซี $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$ และ $\text{SnO}_2+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 6.1.2 กระแสไฟฟ้าไฟฟ้า 5 V (ขา 14 ของ LP Connector) ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $10\text{ M}\Omega$ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ R_s+R_L มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Mean (DC) Split signal จะแยก V_s และ V_{Ls} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L=V_{Ls}-V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L=V_L/R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s=I_L$ คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R=V_s/I_s$ เปลี่ยนหน่วยของความต้านทานจาก Ω มาเป็น $\text{M}\Omega$ ให้สารรับความร้อนจากเตาไฟฟ้า LM335 จะวัดอุณหภูมิของสารตัวอย่างโดยการแปลงความร้อนเป็นแรงดันเทอร์มิสติก V_T ใช้ Formula แปลงแรงดัน V_T ให้เป็นอุณหภูมิ T โดยใช้สูตร $T=(V_T-2.73)/(0.01)$ ส่งความต้านทาน R และอุณหภูมิ T ไปที่ Build XY Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของ While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม แล้วเพิ่มอุณหภูมิของสารเพื่อแสดงกราฟ resistance vs temperature ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer คำนวณสัมประสิทธิ์ความต้านทานที่เป็นบวกโดยอาศัยเส้นกราฟในรูปที่ 2.1.2 และใช้สูตร $\alpha=(1/R_1)(R_2-R_1)/(T_2-T_1)\times 100$

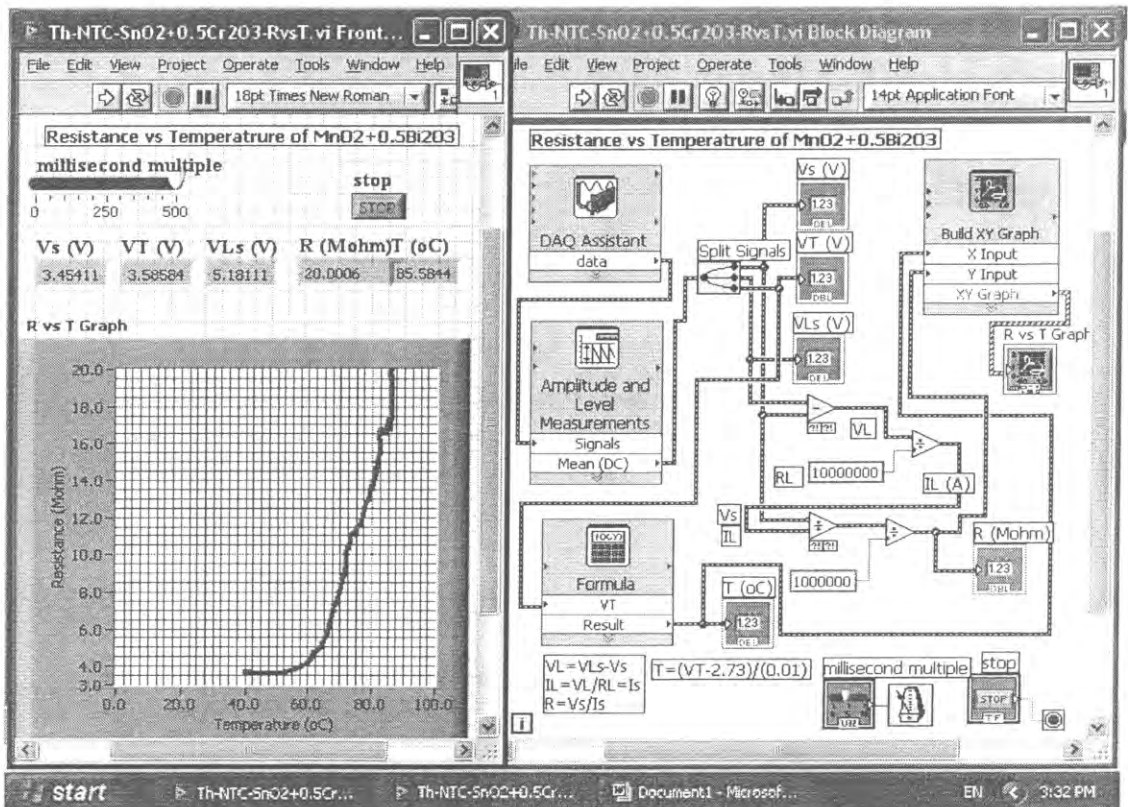


รูปที่ 6.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบพีทีซี

$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$ และ $\text{SnO}_2+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW



n) $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$

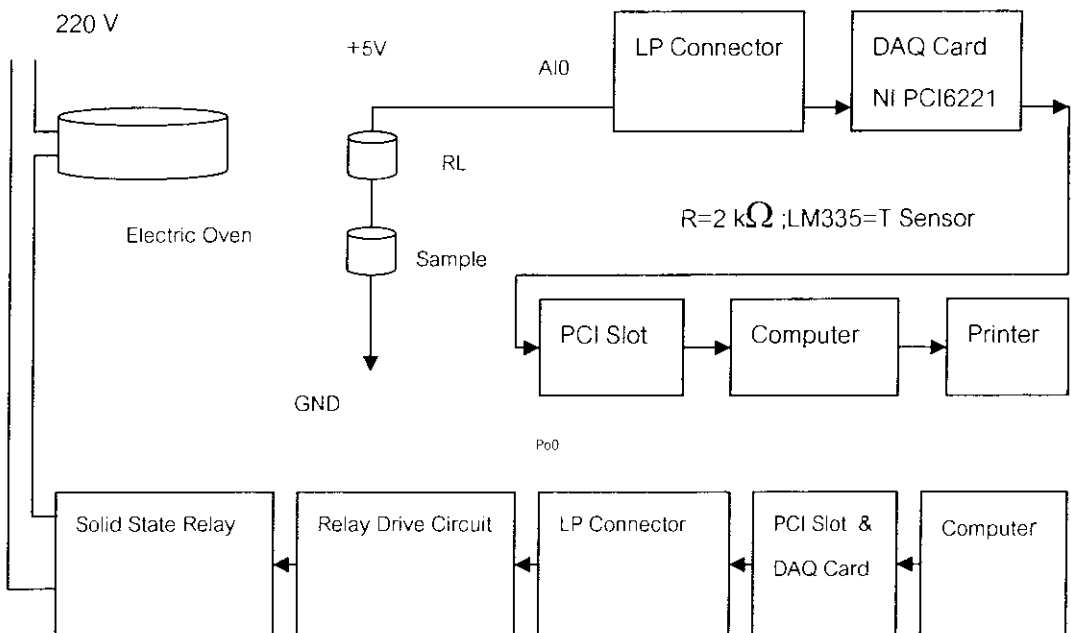


ข) $\text{SnO}_2 + 0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$

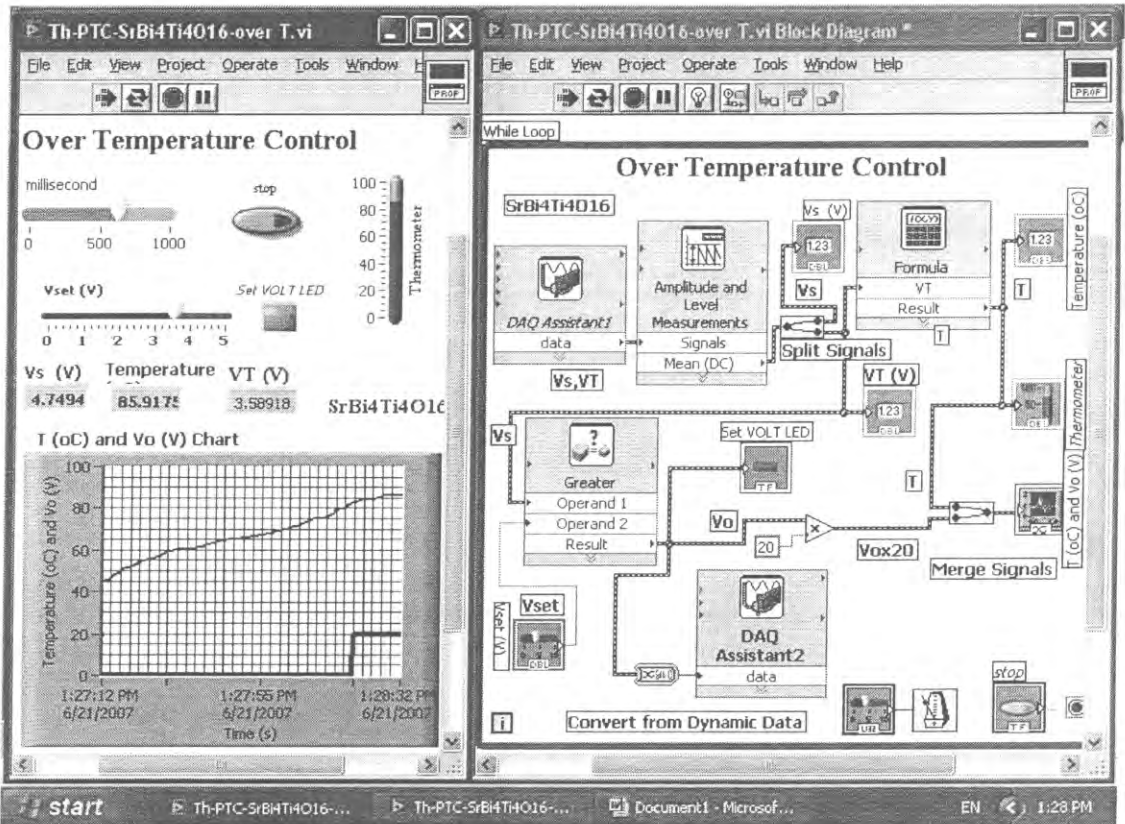
รูปที่ 6.12 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของ เซรามิกส์แบบพีทีซี $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$ และ $\text{SnO}_2 + 0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW

3) การประยุกต์ใช้งานของสารให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดป้องกันอุณหภูมิเกิน

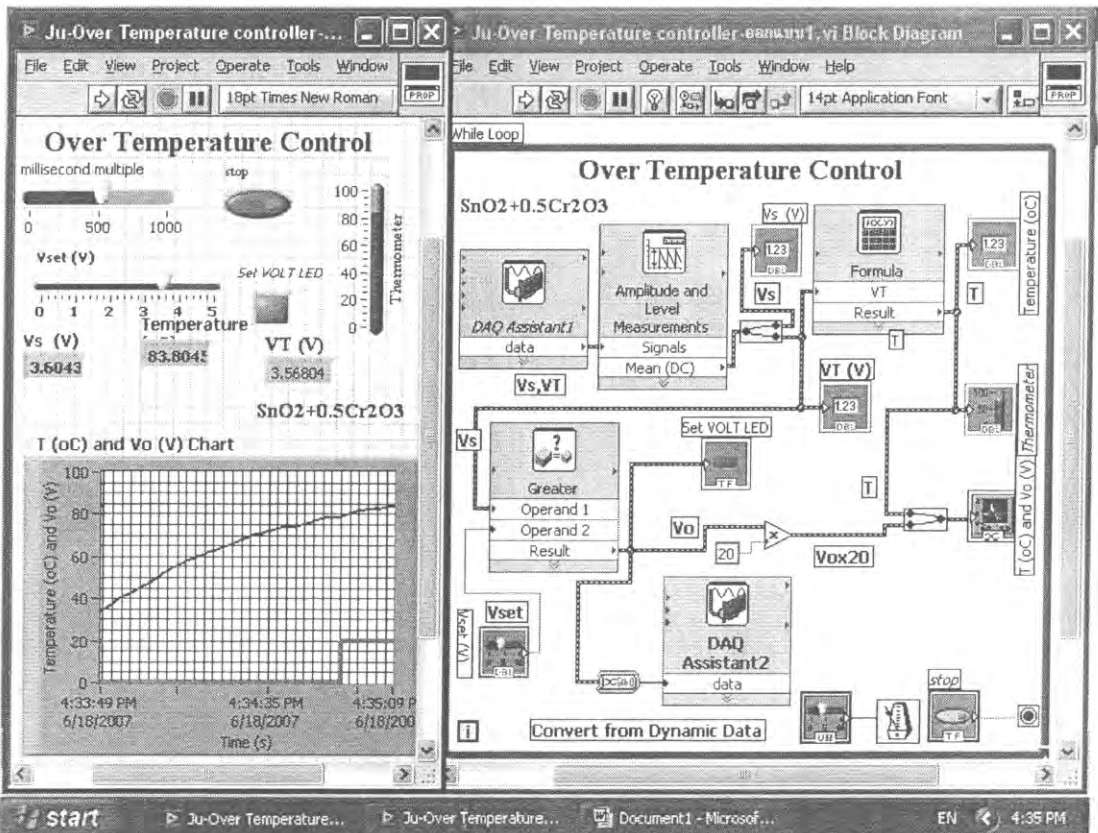
จัดเครื่องมือเพื่อทดสอบการประยุกต์เซรามิกส์พีทีซี $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$ และ $\text{SnO}_2+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดป้องกันอุณหภูมิเกินแสดงดังรูปที่ 6.1.3 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์เซรามิกส์พีทีซี $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$ และ $\text{SnO}_2+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดป้องกันอุณหภูมิเกินแสดงดังรูปที่ 6.1.4 ปล่องกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5V ผ่านตัวต้านทาน R_L ผ่าน R_S ลง GND และ I_L ผ่าน R_L , I_S ผ่าน R_S แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารหรือความต่างศักย์ไฟฟ้า V_S ส่งแรงดัน V_S เข้า ai0 แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านตัวต้านทาน (R) 2 k Ω ผ่านขั้วแคโทด (K) และแอโนด (A) ของ LM 335 ทำให้มีแรงดันตกคร่อมแคโทด (K) เทียบกับ GND เท่ากับ V_T ซึ่งแรงดัน V_T ตั้งโดยปรับที่ VR 10k Ω ที่อุณหภูมิห้องต้องตั้งให้ V_T ประมาณ 3 V ซึ่ง V_T มีค่าเท่าใดต้องใช้มีเตอร์วัดอุณหภูมิห้องว่าเท่าใด แรงดัน V_T เข้าทาง ai1 แรงดัน V_S และ V_T ส่งผ่าน LP Connector ผ่าน DAQ Card แล้วผ่าน Slot แบบ PCI เข้า RAM โปรแกรมที่ควบคุมการอ่านแรงดัน V_S และ V_T คือ เครื่องมือเหมือน DAQ Assistant 1 โปรแกรมนี้จะไปคำนวณค่า V_S และ V_T มาแสดงบนจอด้วยไอคอนที่อยู่บน Front Panel แรงดัน V_T ส่งมาที่ Operand 1 ของ Greater และ setting voltage หรือ Vset ป้อนเข้า Operand 2 ถ้า V_S น้อยกว่า Vset แรงดันที่ออกทางขั้ว Result ซึ่งเป็นเอาท์พุทจะแสดง logic 1 หรือ 5V แรงดัน 5 V ที่ออกจากขั้ว Result ส่งมาที่ Caption จะทำหน้าที่แปลงข้อมูลจาก Dynamic Data ให้เป็น Data อีกแบบหนึ่ง โปรแกรมหรือเครื่องมือเหมือน DAQ Assistant 2 จะส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ทางขั้ว Po ขา 52 ,GND ขา 18 ส่วนแรงดัน V_T จะถูกป้อนไปที่ Formula เพื่อแปลง V_T ให้เป็น T และใช้ Numeric แสดงคุณสมบัติเป็นตัวเลขและแสดงเป็นเทอร์โมมิเตอร์และเป็นกราฟ แรงดันที่ออกทาง PoO ของ Output 0 จะถูกส่งมาที่วงจรถับรีเลย์ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 6.1.4 ถ้า $PoO = 5V$ (logic 1) LED จะติด ไฟโตทรานซิสเตอร์ทำงานไฟ 5V จ่ายกระแส (I) ผ่าน R 10 K Ω มีแรงดันตกคร่อม 10 k Ω และขา B C458 ทำงาน กระแสจาก 5V ไหลผ่านขดลวดผ่านขา C , E ลง GND (สวิตช์ 3 ต่อ 4 ถ้า $PoO = 0V$ (logic 0) LED ดับ ไฟโตทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน C458 ไม่ทำงาน (สวิตช์ 3 ไม่ต่อ 4)



รูปที่ 6.1.3 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบการประยุกต์เซรามิกส์พีทีซีให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดป้องกันอุณหภูมิเกิน



n) $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$

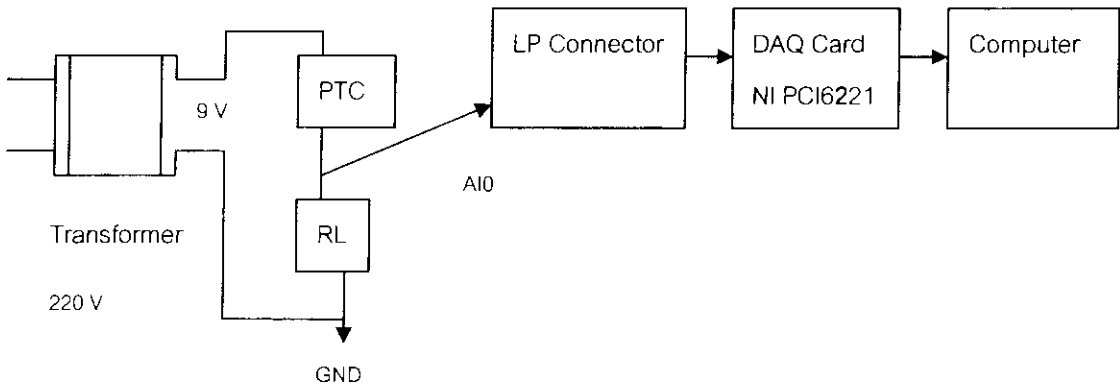


ข) $\text{SnO}_2+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$

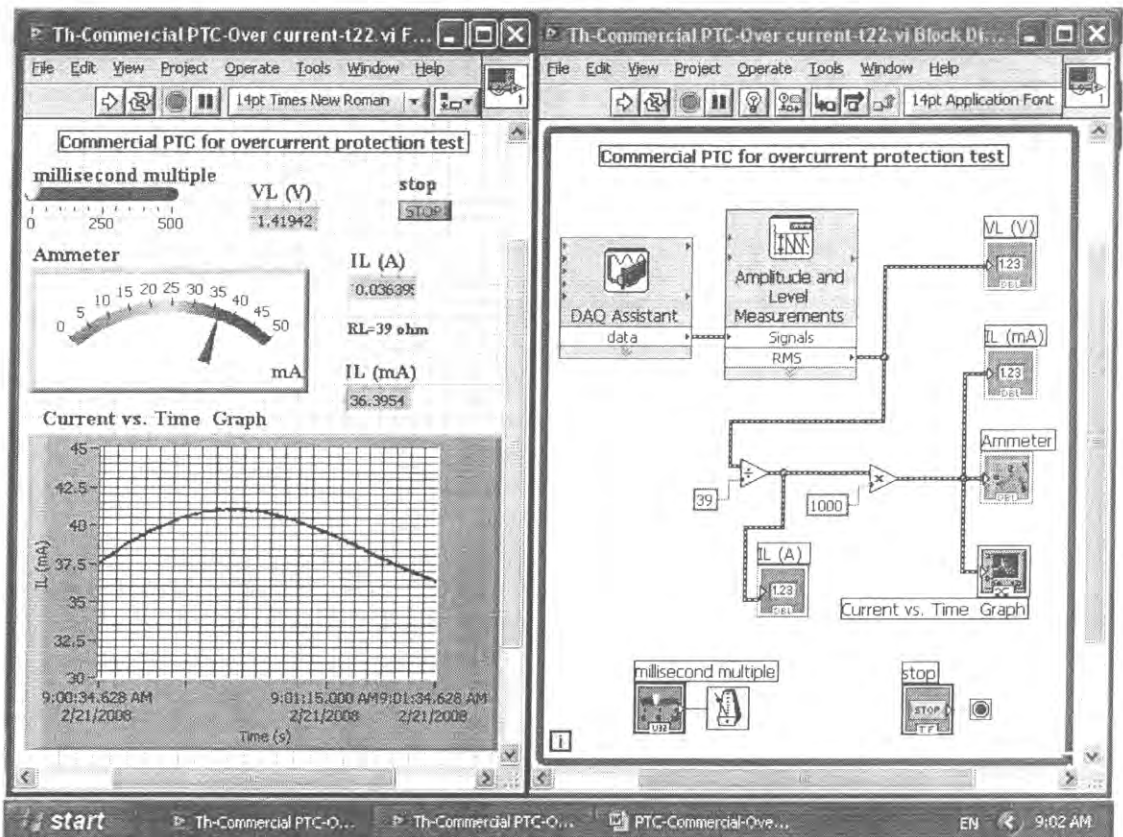
รูปที่ 6.1.4 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์เซรามิกส์พีซีที SrBi₄Ti₄O₁₆ และ SnO₂+0.5Cr₂O₃ ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดป้องกันอุณหภูมิเกิน

6.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน

จัดเครื่องมือเพื่อการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินด้วย LabVIEW ดังแสดงในรูปที่ 6.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 6.2.1 ปลั๊กไฟบ้าน 220 V เข้าทางขดปฐมภูมิ (ขด 1) ของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าจะแปลงแรงดันไฟฟ้าออกทางขดทุติยภูมิ (ขด 2) แรงดันไฟฟ้าที่ขด 2 นี้ มีค่า 12 V ปลั๊กไฟแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมไปยังอุปกรณ์และตัวต้านทานโหลด $R_L=39 \Omega$ อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ามีความต้านทาน 300Ω ส่งแรงดันตกคร่อมโหลด V_L หรือ V มาเข้าที่ AI0 ของ LP Connector ผ่าน DAQ Card เข้าคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดัน V_L จะไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสาร (Is) จากสูตร $I_s=I_L=V_L/R_L$ ด้วย Divider แปลงหน่วยของ I_L จาก A มาเป็น mA แสดงกระแสไฟฟ้า IL ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของโปรแกรม While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ current vs time รอสักสักครู่หนึ่งคอมพิวเตอร์แสดงกราฟกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารที่ขึ้นกับกับเวลา (I vs t) สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



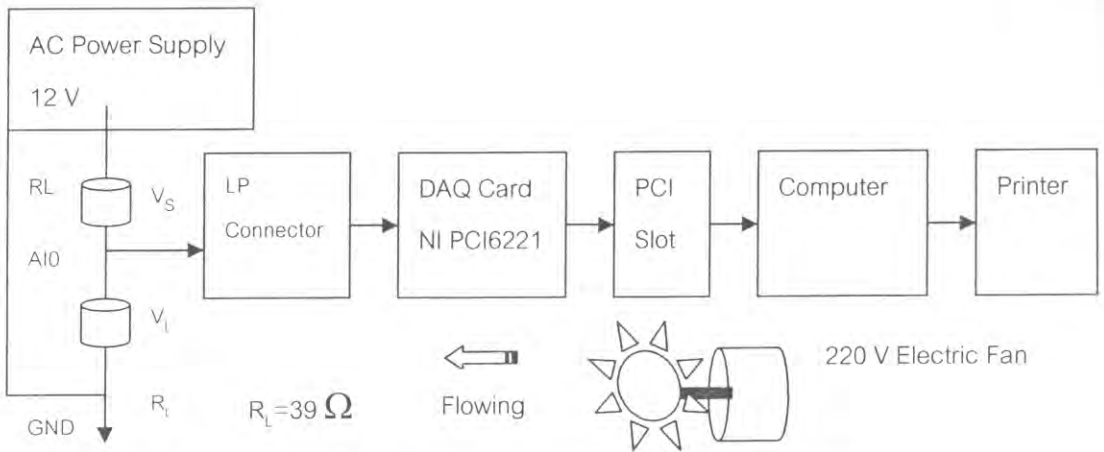
รูปที่ 6.2.1 การจัดเครื่องมือเพื่อประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน



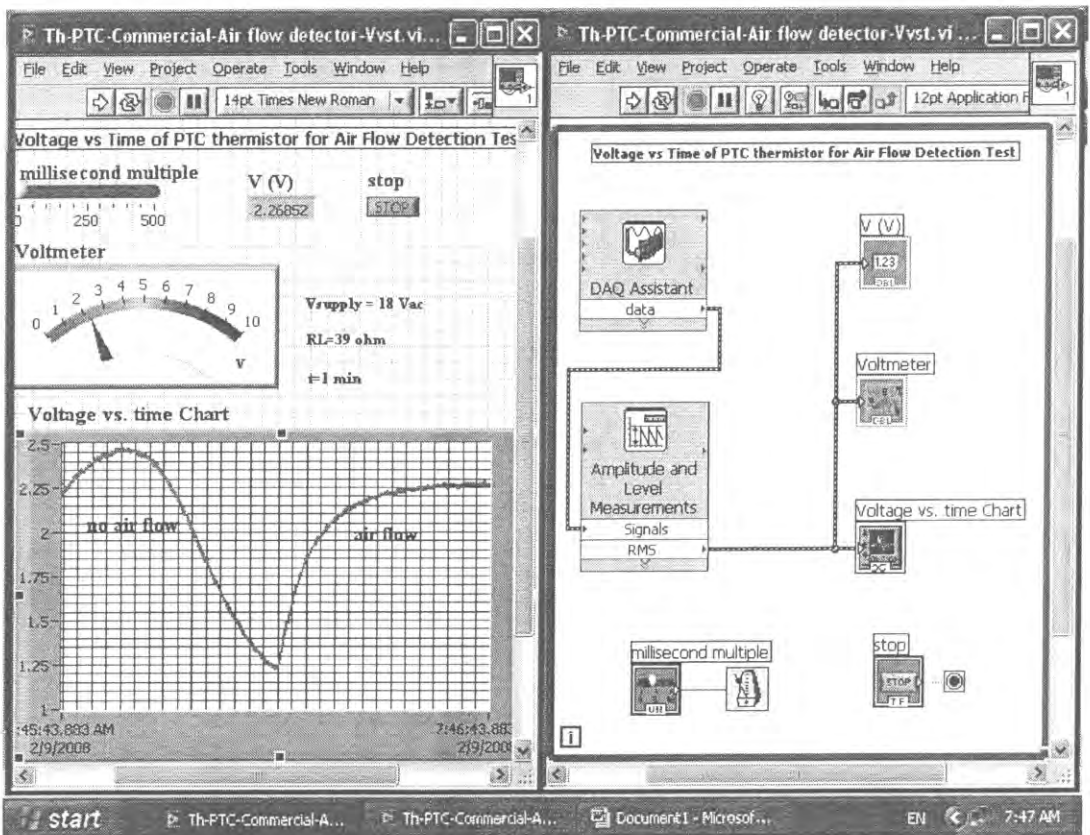
รูปที่ 6.2.2 Front Panel และ Block Diagram สำหรับประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน

6.3 การประยุกต์ใช้อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ

จัดเครื่องมือทดลองสำหรับการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศดังแสดงในรูปที่ 6.3.1 สร้าง Front Panel และ Block Diagram สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศดังแสดงรูปที่ 6.3.2 ปลดปล่อยบ้าน 220 V เข้าทางขดปฐมภูมิ (ขด 1) ของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าจะแปลงแรงดันไฟฟ้าออกจากขดทุติยภูมิ (ขด 2) ปลดปล่อยแรงดันไฟฟ้าที่ขด 2 นี้ 18 V ให้แก่อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำและตัวต้านทานโหลด $RL\ 39\ \Omega$ อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำจะแปลงไฟฟ้าเป็นความร้อน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L มีค่า V_L หรือ V จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และจะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดัน V จะไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ แสดงแรงดัน V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ resistance vs time ปลดปล่อยบ้าน 220 V เข้าพัดลมไฟฟ้าขนาด 220 V เปิดพัดลมเพื่อเป่าอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำ อากาศที่เคลื่อนที่มายังอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำ อุณหภูมิลดลงทำให้ความต้านทานลดลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมลดลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำจะมีความสัมพันธ์กับความเร็วการไหลของอากาศ (air flow velocity) สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer ถ้าทำการปรับเทียบเครื่องวัดการไหลของอากาศเชิงการค้ำก็จะทำให้ได้หน่วยวัดความเร็วการไหลของอากาศหรืออุปกรณ์วัดการไหลของอากาศที่ทำมาจากอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำ



รูปที่ 6.3.1 การจัดเครื่องมือเพื่อประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ

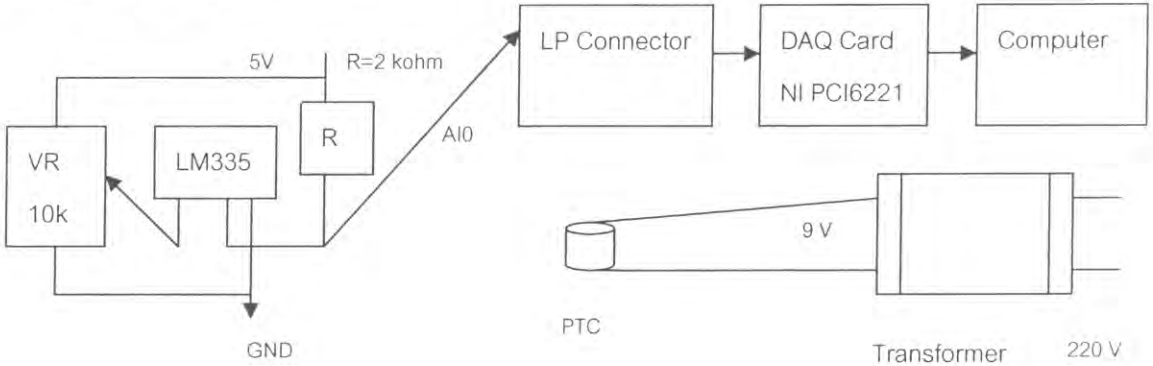


รูปที่ 6.3.2 Front Panel และ Block Diagram สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ

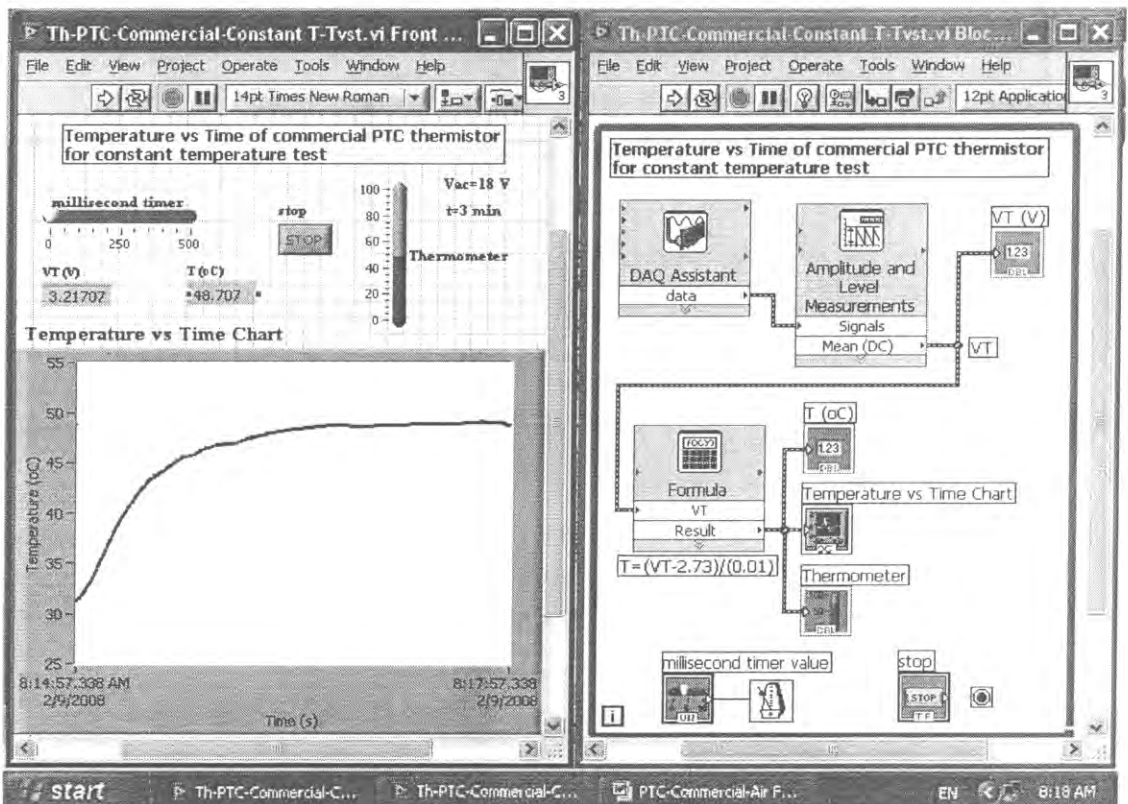
6.4 การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 6.4.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 6.4.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ เทอร์มิเตอร์แบบพีทีซีเชิงการค้ำ หม้อแปลงไฟฟ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้า 18 V แก่สารตัวอย่างที่เป็นอุปกรณ์

พีทีซี ใช้ LM335 วัดอุณหภูมิของอุปกรณ์นี้โดยการนำไปแตะในขณะวัด LM335 จะแปลงความร้อนเป็นแรงดันไฟฟ้า V_T แรงดัน V_T จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และจะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_T ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Mean (DC) ใช้ Formula แปลงแรงดันไฟฟ้า V_T ให้เป็นอุณหภูมิ T โดยใช้สูตร $T = (V_T - 2.73) / (0.01)$ หนึ่งเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรมเพื่อแสดงกราฟ temperature vs. time ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 6.4.1 การจัดเครื่องมือเพื่อประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่

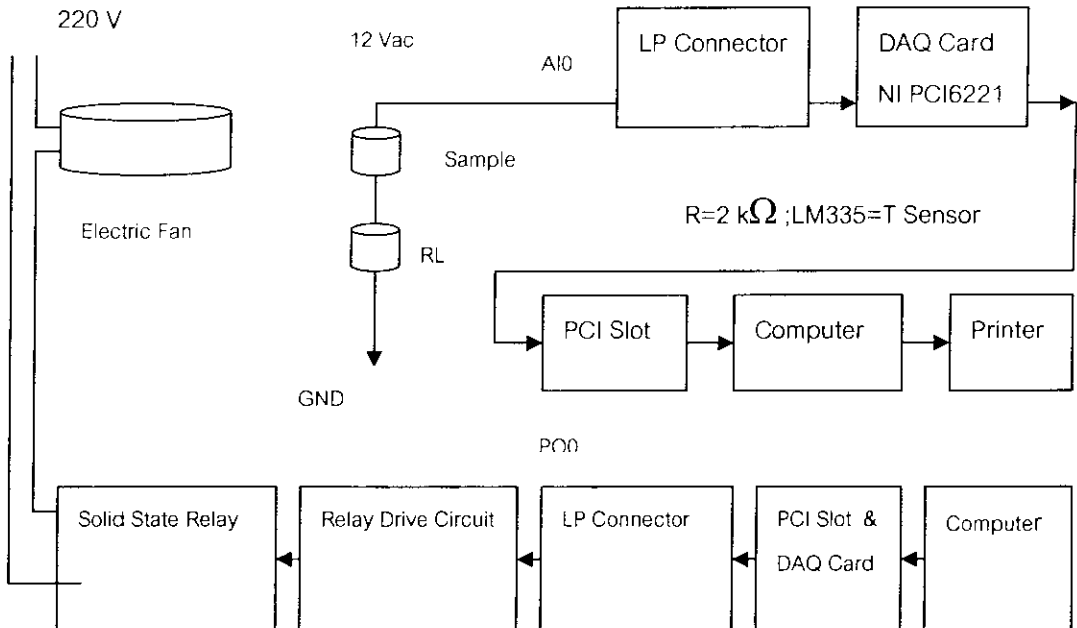


รูปที่ 6.4.2 Front Panel และ Block Diagram สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่

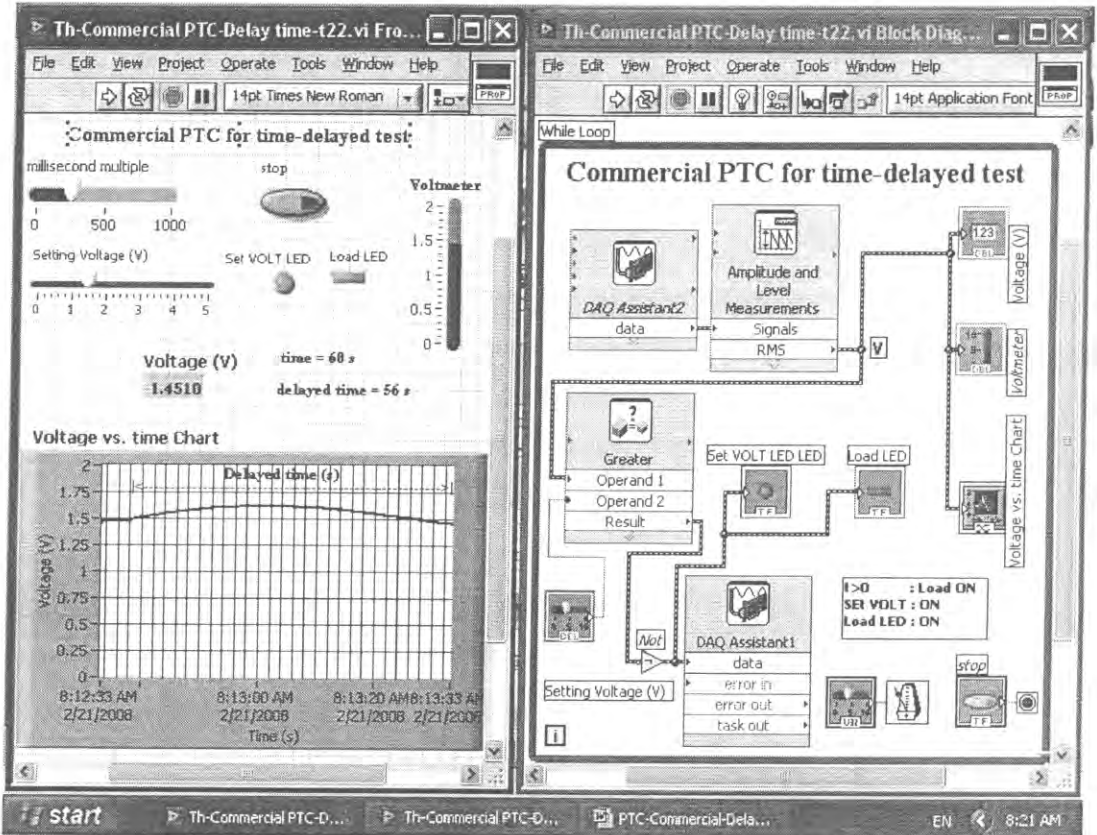
6.5 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลา

จัดเครื่องมือเพื่อทดสอบการประยุกต์อุปกรณ์พีซีซีให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลาแสดงดังรูปที่ 6.5.1

6.5.1 ทำการสร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์พีซีซีให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลาแสดงดังรูปที่ 6.5.2 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 12 V จากหม้อแปลงไฟฟ้า จะจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารตัวอย่างและตัวต้านทานโหลด $R_L=39\ \Omega$ ลง GND มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L เท่ากับ V แรงดันไฟฟ้า V จะมาเข้าที่ AI0 ของ LP Connector ผ่าน DAQ Card เข้าคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant2 แรงดันไฟฟ้า V จะมาที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้แสดงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฉลี่ย V(rms) แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart ส่งค่าแรงดันไฟฟ้า V มาเข้าที่ Greater ส่วน Setting voltage ก็จะถูกส่งมาเข้าที่ Greater เช่นกัน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่า ผลการเปรียบเทียบค่าจะถูกส่งออกทางเอาท์พุท ผ่าน Not Function แล้วออกทาง DAQ Assistant1 แรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากผลดังกล่าวจะออกจาก DAQ Card มาที่ LP Connector แรงดันจาก LP Connector จะมาเข้าที่วงจรรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดปิดสวิตช์ รีเลย์มีอำนาจแม่เหล็ก ดึงดูดให้สวิตช์ขั้ว 3 ต่อกับขั้ว 4 สวิตช์ขั้ว 3 และ 4 จะควบคุมการเปิดและปิดแรงดันไฟฟ้าที่มาจากอินพุทของโซลิดสเตทรีเลย์ เอาท์พุทของโซลิดสเตทรีเลย์จะควบคุมการทำงานของไฟฟ้า 220 V ที่จะมาเข้าที่อุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบ แต่เนื่องจากสารพีซีซีใช้เวลาในการเพิ่มความต้านทานแรงดันไฟฟ้า V ที่จะมาเข้าที่ Greater จะใช้เวลาในการลดค่า ผลการเปรียบเทียบจะไปควบคุมการหน่วงเวลาไฟฟ้าที่เข้าที่อุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบ



รูปที่ 6.5.1 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบการประยุกต์อุปกรณ์พีซีซีเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลา



รูปที่ 6.5.1 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตซ์หน่วงเวลา

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน

--- การวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบพีทีซี $SrBi_4Ti_4O_{16}$ และ $SnO_2+0.5Cr_2O_3$ ด้วย LabVIEW

ก) $SrBi_4Ti_4O_{16}$

สารที่แสดงสมบัติพีทีซีที่คิดได้ คือ $SrBi_4Ti_4O_{16}$ ผลการทดสอบปรากฏการณ์พีทีซี แสดงดังรูปที่ 5.6.1 ย่านอุณหภูมิที่ทดลองแล้วพบเห็นสารแสดงปรากฏการณ์พีทีซี คือ $60-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นบวกสามารถคำนวณได้จากสูตร $\alpha = (1/R_1)(R_2 - R_1)/(T_2 - T_1) \times 100 = (1/10)(100 - 10)/(90 - 32) \times 100$
 $\alpha = 15.52\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิช่วงแรกค่าความต้านทานเกือบจะคงที่หรือเพิ่มขึ้นที่ละนิดจนถึงอุณหภูมิค่าหนึ่งเรียกว่า อุณหภูมิคูรีมีค่าประมาณ $70.25\text{ }^{\circ}\text{C}$ คือ อุณหภูมิที่ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เมื่อผ่านอุณหภูมิคูรีค่าความต้านทานของสารจะเพิ่มอย่างรวดเร็ว

ข) $SnO_2+0.5Cr_2O_3$

ผลการจัดเครื่องมือสำหรับวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบพีทีซี $SnO_2+0.5Cr_2O_3$ ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 6.1.1 ผลการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบพีทีซี $SnO_2+0.5Cr_2O_3$ ด้วย LabVIEW ดังแสดงในรูปที่ 6.1.2 ย่านอุณหภูมิที่ทดลองแล้วพบเห็นสาร $SnO_2+0.5Cr_2O_3$ แสดงปรากฏการณ์พีทีซี คือ $40-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นบวกสามารถคำนวณได้จาก

สูตร $\alpha = (1/R_1)(R_2 - R_1)/(T_2 - T_1) \times 100$; $\alpha = (1/3.5)(20 - 3.5)/(85 - 55) \times 100 = 15.71 \% / ^\circ\text{C}$ ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่เป็นบวกของสารมีค่า $\alpha = 15.71 \% / ^\circ\text{C}$ อุณหภูมิคูรีมีค่าประมาณ 60°C

เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้รับรายงานโดย Moulson ซึ่งมีค่าในช่วง 10 ถึง $100 \% / ^\circ\text{C}$ ($25 - 100^\circ\text{C}$) พบว่าสารทั้งสองสูตรนี้อยู่ในกลุ่มเทอร์มิเตอร์พีทีซี (Moulson, 1990) จากผลการทดลองเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่สารจะพบว่าค่าความต้านทานของสารจะเพิ่มขึ้น สาเหตุที่ความต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้นเกิดจากผลของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่านเนื้อสารถูกจับโดยสารตรงบริเวณของเขตของเกรน ส่งผลทำให้กระแสไฟฟ้าลดลง ความต้านทานของสารจึงเพิ่มขึ้น --- การประยุกต์ใช้งานของสารให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดป้องกันอุณหภูมิเกิน

ก) $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$

ผลการประยุกต์ใช้งานของเซรามิกส์แบบพีทีซี $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$ ให้เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกินแสดงดังรูปที่ 6.1.4 จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อตั้ง V_{set} ที่ค่าหนึ่ง ในที่นี้ประมาณ 3.8 V เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่สารทำให้ V_s เพิ่มขึ้นด้วย เมื่อ $V_s < V_{set}$ LED ดับ Output $V_0 = 0\text{ V}$ (ลอจิก 0) ถ้า $V_s > V_{set}$ LED ติด Output $V_0 = 5\text{ V}$ (ลอจิก 1)

ข) $\text{SnO}_2 + 0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$

ผลการประยุกต์ใช้งานของเซรามิกส์พีทีซี $\text{SnO}_2 + 0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดป้องกันอุณหภูมิเกินแสดงดังรูปที่ 6.1.4 เซรามิกส์พีทีซีนีให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน $35 - 80^\circ\text{C}$ จากผลการทดลอง ตอนที่ $V_s = 2.15\text{ V}$ เป็นแรงดันไฟฟ้าขณะที่ R_s อยู่ที่อุณหภูมิห้อง อุปกรณ์ V_{set} สามารถปรับไปปรับมาได้ ถ้า $V_s < V_{set}$ LED ดับ Output $V_0 = 0\text{ V}$ ถ้า $V_s > V_{set}$ LED ติด $V_0 = 5\text{ V}$ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ R_s และ V_s จะเพิ่มตาม เราสามารถตั้ง V_{set} ตรงจุดไหนก็ได้แต่ต้องเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิที่จะควบคุมไม่ให้เกิดเกินซึ่งอาจเป็นอุณหภูมิของเตาอบหรือเตาหลอม เมื่อตั้ง V_{set} ที่จุดหนึ่ง V_s และ V_0 จะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ และสวิตช์ของรีเลย์จะเปลี่ยนแปลงแบบเปิดปิด การเปิดปิดของรีเลย์จะไปควบคุมการทำงานของเตาหลอมหรือเตาอบ

2) อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน

ผลการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินแสดงดังรูปที่ 6.2.2 อุปกรณ์พีทีซีจะร้อน ความต้านทานของอุปกรณ์จะเพิ่มขึ้น ทำให้กระแสไฟฟ้าลดลง ผลการทดลองนี้เป็นการแสดงถึงการทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินของอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำ

3) อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาสำหรับการประยุกต์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศแสดงดังรูปที่ 6.3.2 สารตัวอย่างที่ใช้ คือ อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำ ตัวต้านทานไหลที่ใช้ คือ $R = 39\ \Omega$ แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ $= 12\text{ V}$ เมื่อพิจารณาเส้นกราฟของความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำกับเวลาพบว่าเมื่อไม่มีอากาศไหลผ่านอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไหลลดมีค่าลดลง เนื่องจากไม่มีอากาศไหลผ่าน อุปกรณ์จะร้อนขึ้น ความต้านทานของอุปกรณ์มีค่าเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมอุปกรณ์เพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไหลลดลง แต่เมื่อมีอากาศไหลผ่านอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไหลมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีอากาศไหลผ่าน อุปกรณ์จะเย็นลง ความต้านทานของอุปกรณ์มีค่าลดลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมอุปกรณ์ลดลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไหลเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศได้

4) อุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่

ผลการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่แสดงดังรูปที่ 6.4.2 เมื่อพิจารณาเส้นกราฟพบว่าความสารจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในตอนแรก หลังจากนั้นอุณหภูมิจะคงที่ การทำงานของอุปกรณ์จะเป็นไปตามปรากฏการณ์พีทีซี นั่นก็คือ ความต้านทานของอุปกรณ์จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้านทานของอุปกรณ์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้านทานของอุปกรณ์เพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอุปกรณ์ลดลง อุปกรณ์จะเย็นลง เมื่ออุปกรณ์เย็นลง ความต้านทานของอุปกรณ์จะลดลง กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอุปกรณ์ลดลง การทำงานในลักษณะแบบนี้จะเป็นสาเหตุที่อุปกรณ์สามารถทำงานเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่

5) อุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลา

อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง คือ อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำ ความต้านทานของอุปกรณ์ที่อุณหภูมิห้อง = 300Ω ผลการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลาแสดงดังรูปที่ 6.5.1 เมื่อพิจารณาข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่าอุปกรณ์สามารถทำหน้าที่เป็นสวิตช์หน่วงเวลาได้โดยมีเวลาหน่วง 12 นาที

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{16}$ มีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่เป็นบวกเท่ากับ $15.52 \%/^{\circ}\text{C}$ ส่วนสาร $\text{SnO}_2+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ มีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่เป็นบวกเท่ากับ $15.71 \%/^{\circ}\text{C}$ สารทั้งสองเหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้ทำเป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน
- 2) อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินได้
- 3) อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศได้
- 4) อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำแสดงปรากฏการณ์พีทีซีและสามารถนำไปประยุกต์ทำเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่ได้
- 5) อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำสามารถประยุกต์ให้ทำหน้าที่เป็นสวิตช์หน่วงเวลา สวิตช์หน่วงเวลานี้จะนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นเครื่องตั้งเวลาของไฟ็ค (ckoke timer) ในคาร์บูเรเตอร์ (carburetor) ของรถยนต์ (automobile)

เอกสารอ้างอิง

- Buchanan Relva, C., 1991., Ceramic materials for electronics, second edition, Mercei Dekker Inc., New York.
- Chih-Kuo Liang, 2005, Evaluation of a novel PTC thermistor for telecom overcurrent protection, 121(2): 443-449.
- Hong-Yi Chang. 1995. Electrical characteristics of $(\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{TiO}_3$ positive temperature coefficient of resistivity materials prepared by microwave sintering. J. Appl. Phys., 78 (1), 423-427.
- Masaiu Miyayama., 1992. Infrared sensing properties of positive temperature coefficient thermistors with large temperature coefficient of resistivity. J. Mater. Sci., 27, 127-132.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Padmini, P. 1994. Influence of Bi^{3+} ions in enhancing the magnitude of positive temperature coefficients of resistance in n- BaTiO_3 ceramics. J. Mater. Sci. : Mater. In Elect., 5, 203-209.

- Shibagaki, S., 1997. Calcium-doping effect on temperature coefficients of dielectric constants in SrTiO_3 capacitors. *J. Mater. Sci.*, 32, 1449-1453.
- Wang, D. J. 1997. Preparation and electrical properties of semiconducting strontium-lead titanate PTCR ceramics. *J. Mater. Sci. : Mater. In Elect.*, 8, 271-276.

7. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าตรงและการวัดเสียง

Application of ferroelectric ceramics for capacitor in dc electric field and sound measurement

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ¹ เยาวนุช มะธูระ² จุฑารัตน์ บัวมีกลิ่น² ศิรินพร แก้วเมฆา²
Thongchai Panmatarith¹ Yoawanoot Mathura² Jutharat Buameeklin² Sirinporn² Keawmeka²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้หาการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP , การ์ด DAQ และแลปวิว สารที่ทดลอง คือ สาร PZT มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 13.15 m และหนา (L) 4 mm มีความต้านทาน (R) 162 MΩ มีความจุไฟฟ้า 1.35 nF มีความจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น มีสภาพต้านทานไฟฟ้าเท่ากับ 12.00 MΩ สภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.083 (MΩ)⁻¹ และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.0678 W เส้นกราฟกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของสาร PZT เป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้น สารแสดงการเก็บและคายประจุไฟฟ้า และสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในวงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้า ได้ศึกษาวิธีการวัดเสียง คำสำคัญ : เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริก ตัวเก็บประจุไฟฟ้า แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. The PZT sample was a diameter of 13.15 m and thickness of 4 mm. The resistance of this sample was 162 MΩ and capacitance was 1.35 nF. Capacitance increased when voltage increased. The electrical resistivity, electrical conductance and electric power were 12.00 MΩ, 0.083 (MΩ)⁻¹ and 0.0678 W, respectively. The voltage dependence of current of PZT sample was a non-linear. The sample showed charge and discharge and can be use as capacitor in voltage source. Sound measurement was studied.

Keyword : ferroelectric ceramics , capacitor , LabVIEW

¹รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

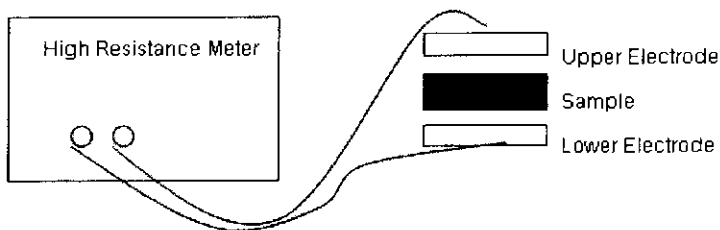
¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหาหน้า

J. L. Zhang (1992) ได้เตรียม $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ ทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้า Kazuhide Abe (1994) ได้เตรียมฟิล์มบาง $(Ba_{0.24}Sr_{0.76})TiO_3$ แล้ววัดความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ได้อิเล็กตริกกับสนามไฟฟ้า ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดทางไฟฟ้ากับสนามไฟฟ้าและค่าคงที่ได้อิเล็กตริกที่ความถี่ต่างๆ Ho-Gi Kim (1994) ได้เตรียมฟิล์มหนา $BaTiO_3$ โดยการเผาซินเตอร์แบบไมโครเวฟ (microwave sintering) แล้ววัดความพหุน บทความนี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการประยุกต์ใช้เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริกให้ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าใน สนามไฟฟ้าตรงและการวัดเสียง

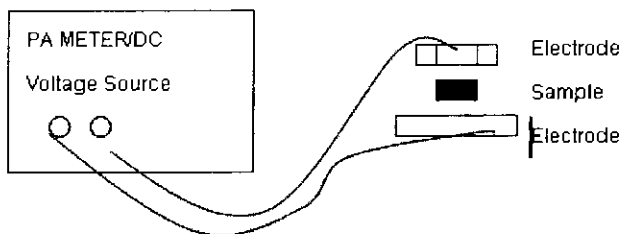
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

- 1) เลือกสาร PZT ที่มีสูตร $Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$ วัดเส้นผ่าศูนย์กลาง (d) และความหนา (L)
- 2) วัดความต้านทานของของสาร PZT ในสนามไฟฟ้าตรงเพื่อคุณสมบัติขั้นต้นด้วย FLUKE 45 DUAL Display Multimeter
- 3) วัดความจุไฟฟ้าของของสาร PZT ในสนามไฟฟ้าตรงด้วยเครื่อง FLUKE 87 TRUE RMS MULTIMETER
- 4) วัดความต้านทานด้วยเครื่อง High Resistance Meter



รูปที่ 7.1 การจัดเครื่องมือเพื่อวัดความต้านทานด้วยเครื่อง High Resistance Meter

- 5) การวัดความจุที่ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าด้วยเครื่อง PA METER/DC Voltage Source

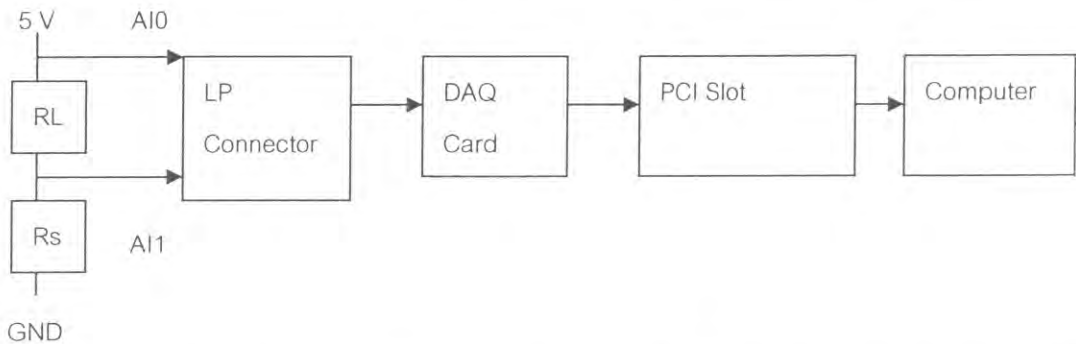


รูปที่ 7.2.1 การวัดความจุที่ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าด้วยเครื่อง PA METER/DC Voltage Source

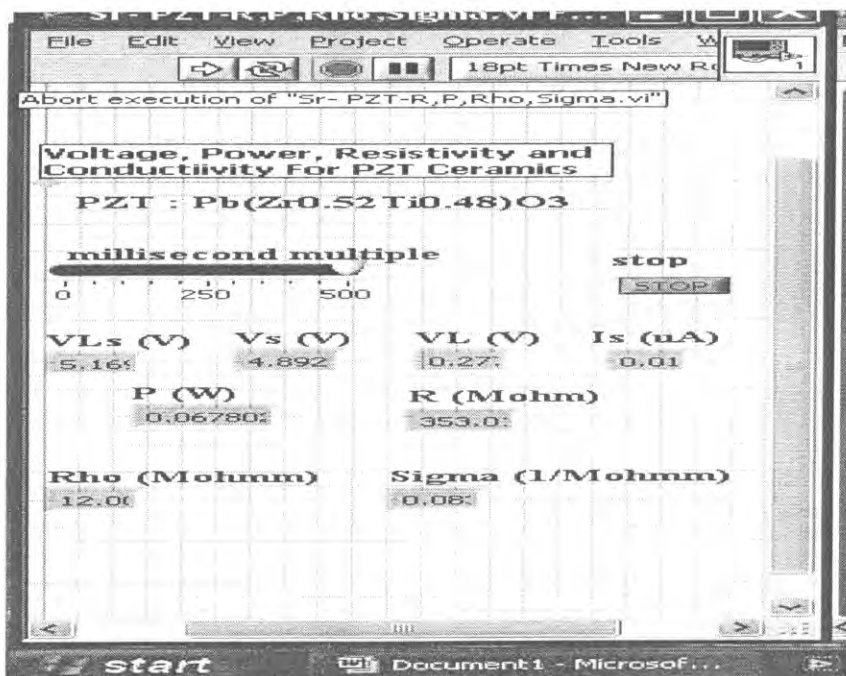
- 6) การวัดความต้านทานไฟฟ้า สภาพต้านทานไฟฟ้า สภาพการนำไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าด้วย Lab VIEW

จัดเครื่องมือสำหรับการวัดความต้านทานไฟฟ้า สภาพต้านทานไฟฟ้า สภาพการนำไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริก $Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$ ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 7.3 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดความต้านทานไฟฟ้า สภาพต้านทานไฟฟ้า สภาพการนำไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริก $Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$ ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 7.4 กระแสไฟฟ้าจากขั้ว +5 V (ขา 14 ของ

LP Connector) ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (RL) 20 M Ω และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน Rs แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม Rs และ Rs+RL มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant Split signal จะแยก V_s และ V_{Ls} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s = I_L$ คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ กำลังไฟฟ้า (p) คำนวณจาก $V_s I_s$ คำนวณสภาพต้านทานไฟฟ้า (ρ) จากสูตร $\rho = RA/L$ คำนวณสภาพการนำไฟฟ้า (σ) จากสูตร $\sigma = 1/\rho$ แปลงหน่วยของ I_s จาก A มาเป็น μA ด้วย Multiplier แปลงหน่วยของ R จาก Ω มาเป็น M Ω ด้วย Multiplier หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของ While Loop จะควบคุมการทำงานของซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V_{Ls} , V_L , V_s , I_s , p, ρ และ σ ด้วย Numeric Indicator สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer

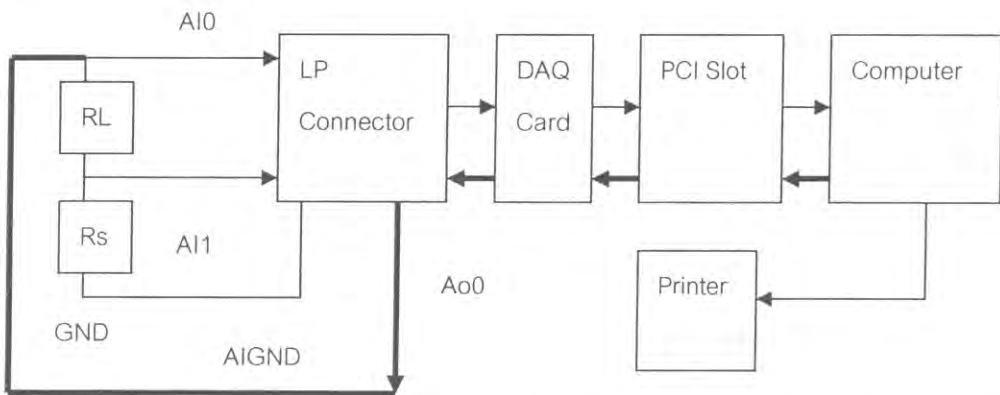


รูปที่ 7.3 การจัดเครื่องมือสำหรับการวัดความต้านทานไฟฟ้า สภาพต้านทานไฟฟ้า สภาพการนำไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริก $Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$ ด้วย LabVIEW

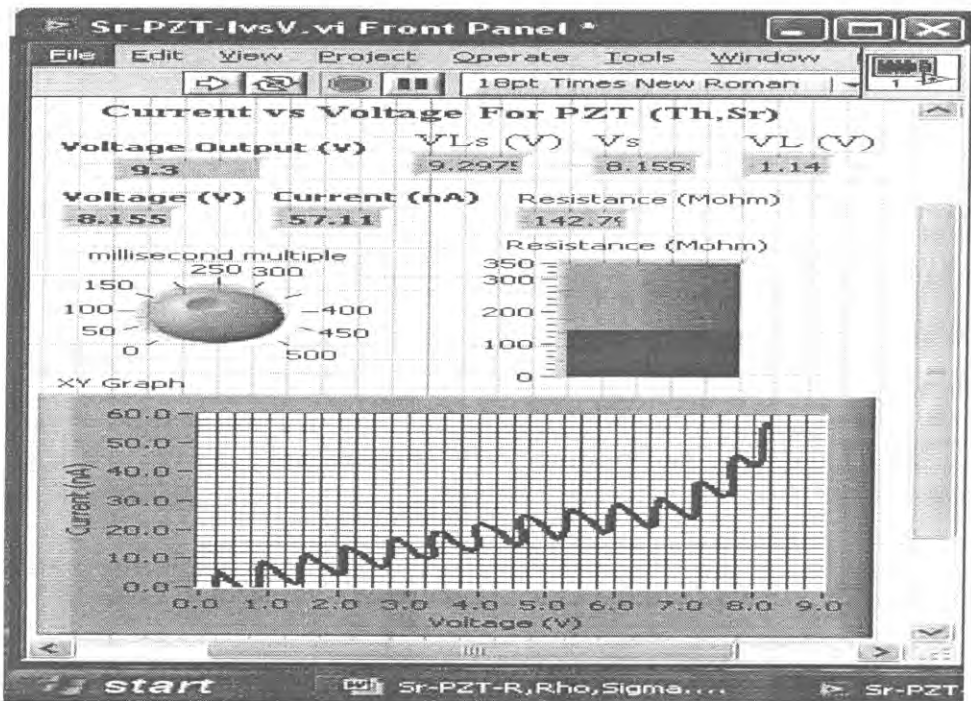


ก) Front Panel

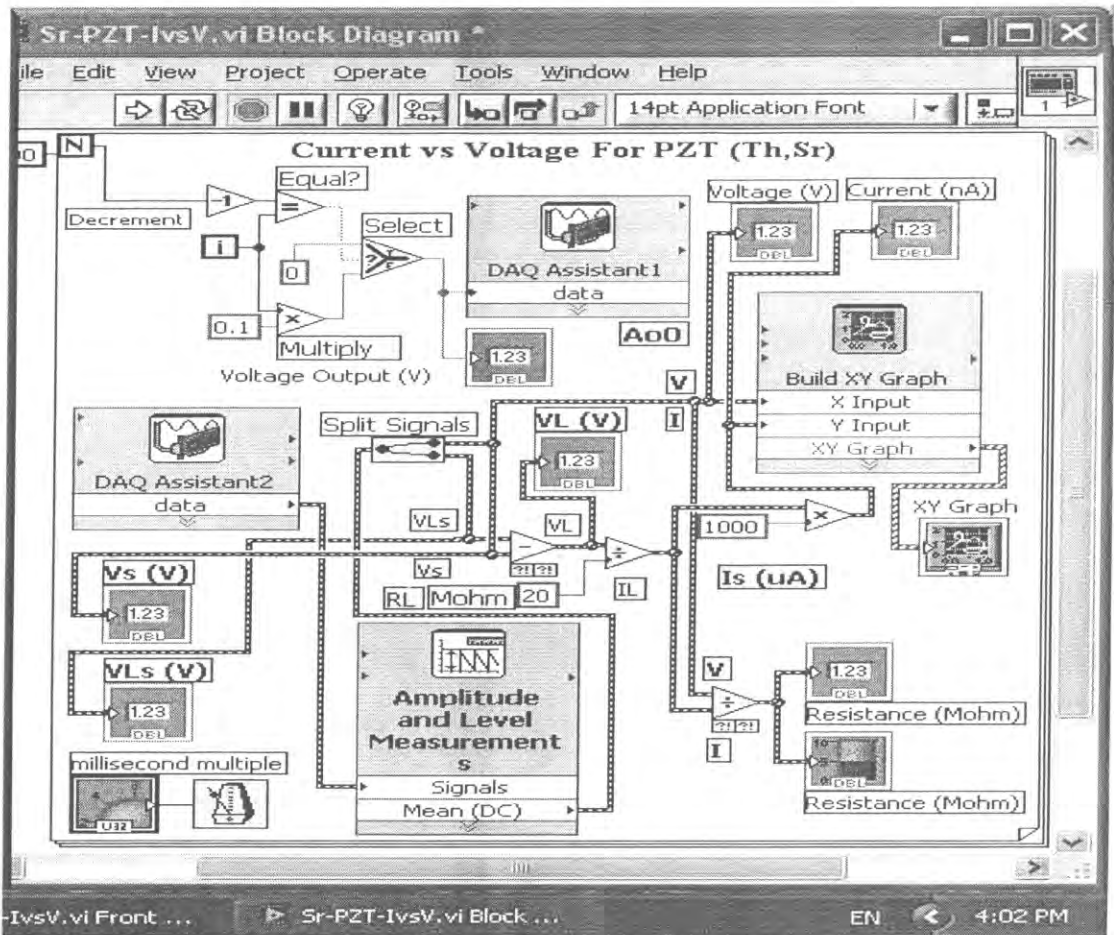
R_s มีค่า V_{Ls} แรงดันไฟฟ้า V_s และ V_{Ls} จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ และจะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant2 ส่งแรงดันไฟฟ้ามาที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อแสดงค่า Mean(DC) Split signal จะแยก V_s และ V_{Ls} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s = I_L$ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร V_s มีหน่วยเป็น V แปลงหน่วยของ I_s จาก A มาเป็น μA ด้วย Multiplier แสดง V_{Ls} , V_L , V_s , I_L , I_s ด้วย Numeric Indicator ให้ V_s และ I_s มาเข้าที่ Build XY Graph หนึ่งวงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของแสดง I_s versus V_s ด้วย Numeric Indicator และ XY graph สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 7.5 การจัดเครื่องมือสำหรับการวัดกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของสาร $Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$ ด้วย LabVIEW



n) Front Panel

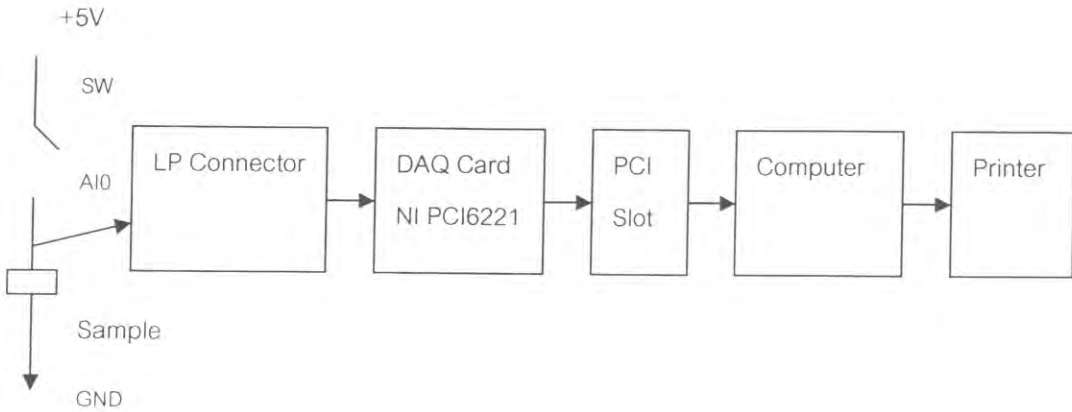


๗) Block diagram

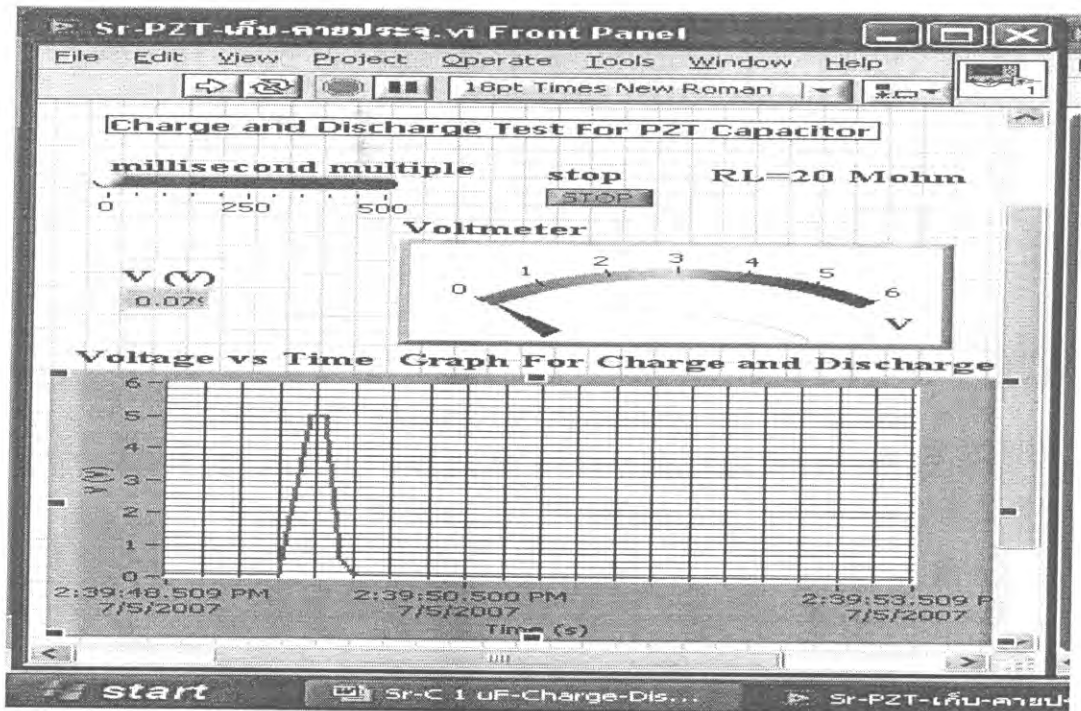
รูปที่ 7.6 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของสาร $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW

8) การทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้า

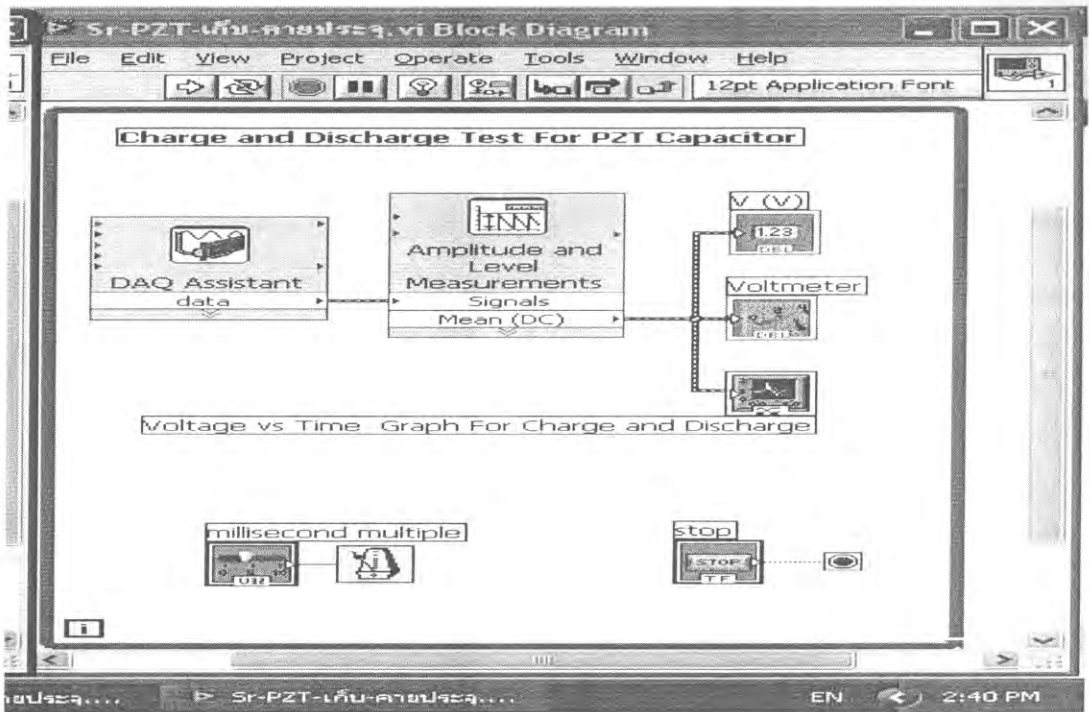
จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้าของสาร $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 7.7 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้าของสาร $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 7.8 กระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้า 5 V (ขา 14 ของ LP Connector) ไหลผ่านสวิตช์ SW และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s เกิดการเก็บประจุไฟฟ้า (สวิตช์เปิด) มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเท่ากับ V_s หรือ V และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) แรงดันไฟฟ้า V จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดัน V มาที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้แสดงค่า Mean(DC) หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม แล้วทำการกดและหยุดกดสวิตช์เพื่อแสดงกราฟ voltage vs. time ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Graph ขณะกดสวิตช์เป็นจังหวะการเก็บประจุไฟฟ้าและขณะหยุดกดหรือปล่อยสวิตช์จะเป็นกรณีการคายประจุไฟฟ้า สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 7.7 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้าของสาร $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW



n) Front Panel

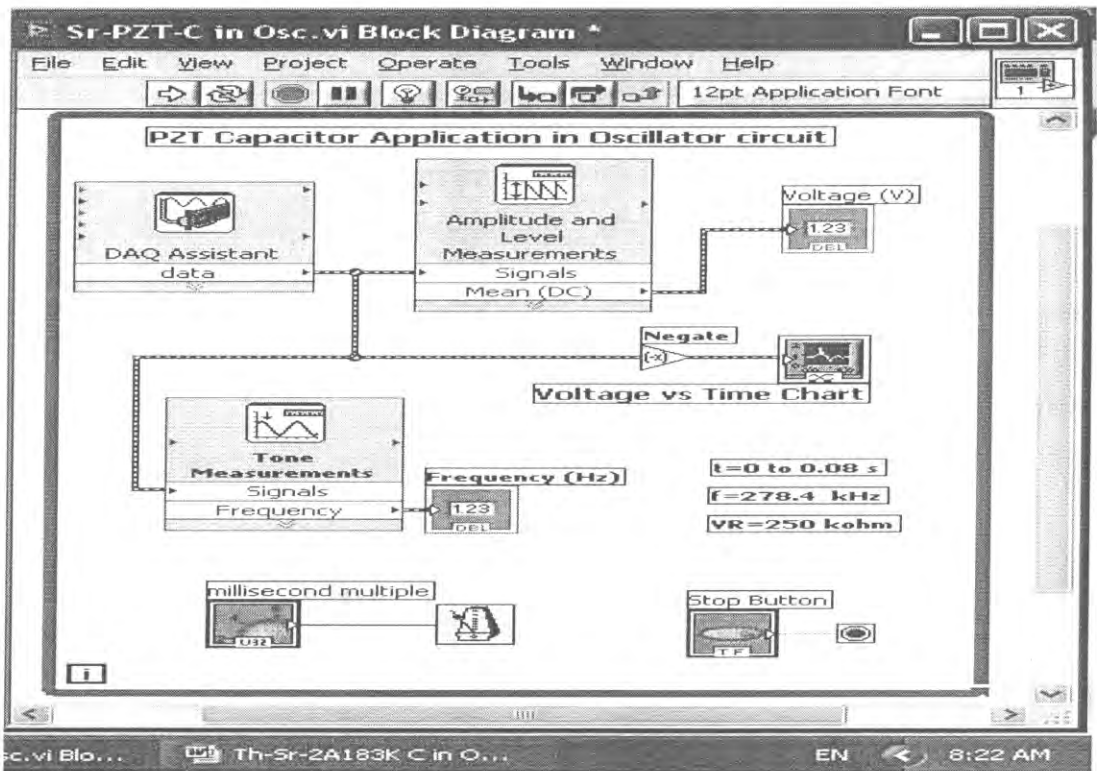


ข) Block diagram

รูปที่ 7.8 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้าของสาร $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ ด้วย LabVIEW

9) การประยุกต์สาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในวงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้า

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในวงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้าด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 7.9 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับประยุกต์สาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในวงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้าด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 7.10 เริ่มต้นโดยการประกอบวงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่ใช้ LM555 โดยให้ R_A เป็นตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ $250 \text{ k}\Omega$ แรงดันไฟฟ้าที่ออกจากขา 3 ของ LM555 จะมาเข้าที่ analog input 0 (AI0) แรงดันไฟฟ้า V จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดัน V มาที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้แสดงค่า Mean(DC) ใช้ Tone measurements วัดความถี่ (f) ของแรงดันไฟฟ้าและแสดงผลด้วย Numeric Indicator หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรมแล้วทำการปรับความต้านทาน R_A เพื่อให้เห็นภาพ voltage vs. time บนจอที่ชัดเจนด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer

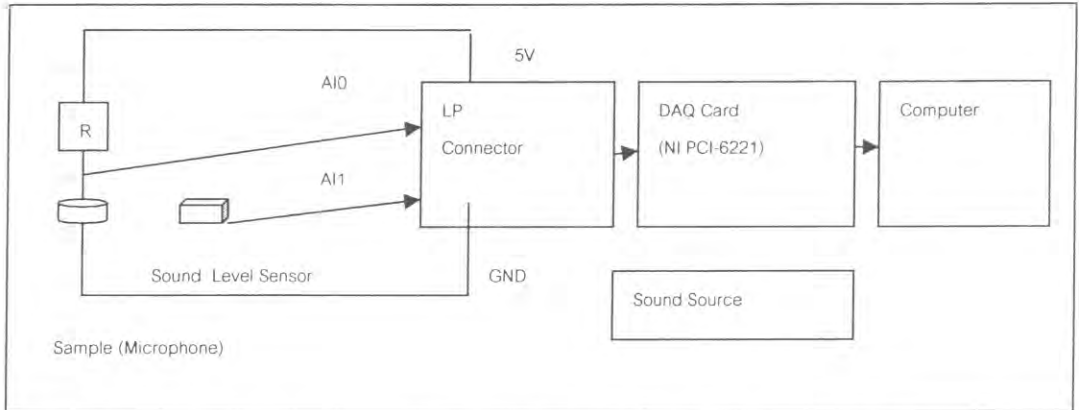


ข) Block diagram

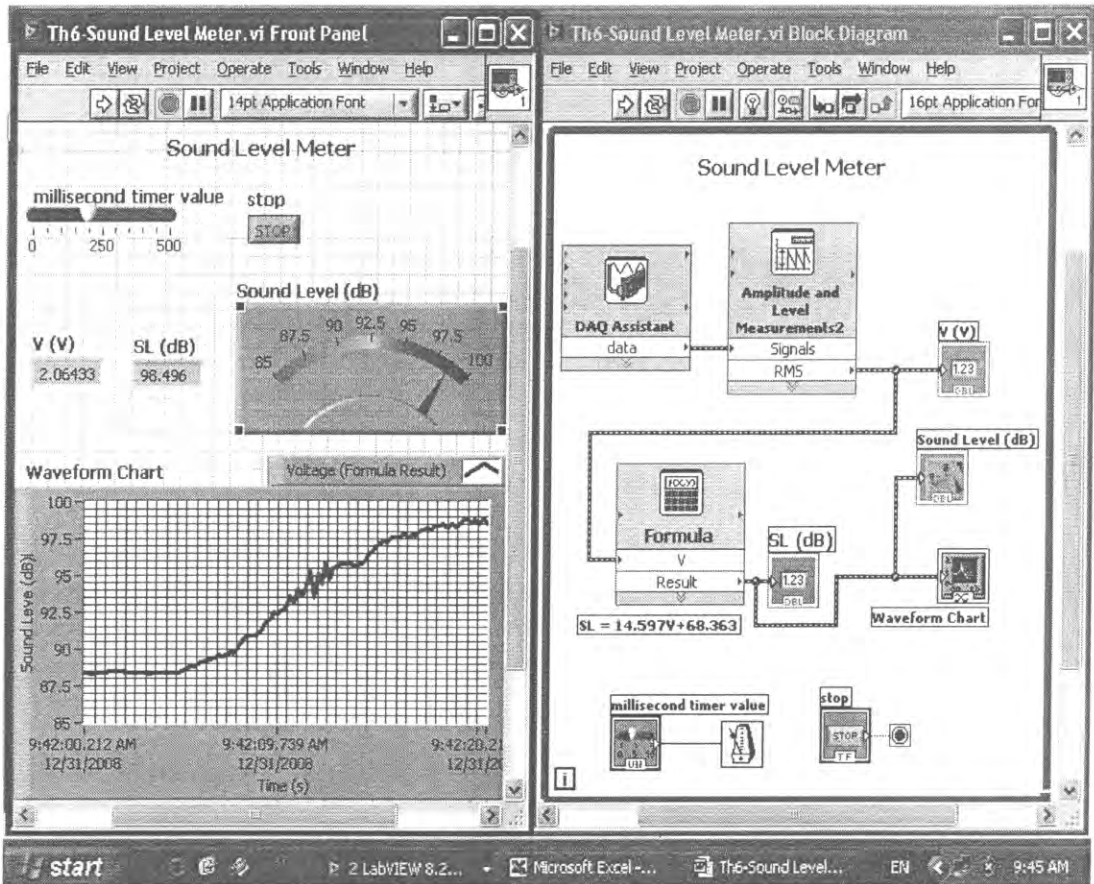
รูปที่ 7.10 Front Panel และ Block diagram สำหรับประยุกต์สาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในวงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้าด้วย LabVIEW

10) การให้แลปวิวทำหน้าที่วัดระดับเสียงของไมโครโฟน (microphone measurement using LabVIEW)

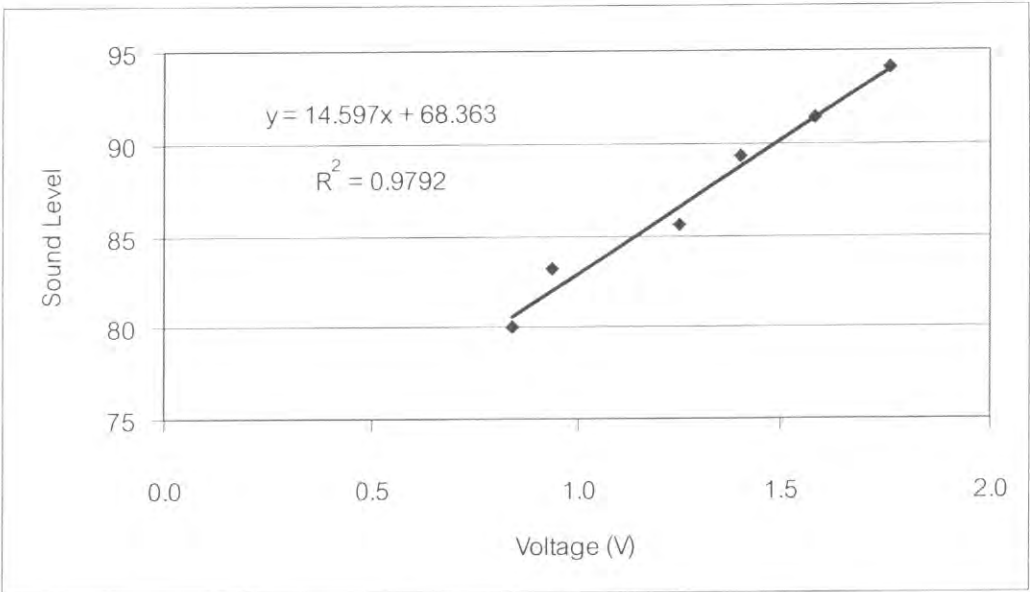
การจัดเครื่องมือสำหรับการให้แลปวิวทำหน้าที่วัดระดับเสียงของไมโครโฟนแสดงดังรูปที่ 7.11 Front Panel และ Block Diagram ที่แสดงการให้แลปวิวทำหน้าที่วัดระดับเสียงของไมโครโฟนแสดงดังรูปที่ 7.12 เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าส่งแรงดันไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ที่เซตที่เชิงการค้ำตัวที่หนึ่งซึ่งทำหน้าที่เป็นลำโพง เกิดเสียงโดยอาศัยปรากฏการณ์แบบอ้อม อุปกรณ์ที่เซตที่เชิงการค้ำตัวที่สองได้รับเสียงนี้ มีแรงดันไฟฟ้า V เกิดขึ้นที่อุปกรณ์นี้ซึ่งทำหน้าที่เป็นไมโครโฟน ส่งแรงดันไฟฟ้านี้เข้าที่ A10 ผ่าน DAQ Card เข้าคอมพิวเตอร์ DAQ Assistant จะควบคุมการรับแรงดันไฟฟ้านี้เข้าคอมพิวเตอร์ ให้ Amplitude and Level measurements แสดงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นค่าเฉลี่ย (V_{rms}) ให้ Numeric Indicators แสดงแรงดันไฟฟ้านี้บนจอ บนที่กแรงดันไฟฟ้า V และระดับความเข้มเสียง SL ที่อ่านได้จาก Sound Level Meter เขียนกราฟ SL vs. V ด้วย Excel พร้อมทั้งแสดงสมการ (รูปที่ 7.13) นำสมการนี้ใส่ใน Formula เพื่อคำนวณระดับความเข้มเสียง แสดงระดับความเข้มเสียงด้วย Numeric Indicator ใช้ Waveform Chart แสดงกราฟของระดับความเข้มเสียงที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาบนจอ ใช้ millisecond multiple หน่วงเวลาการส่งแรงดันไฟฟ้า Stop Button ทำหน้าที่ควบคุมการหยุดทำงานของโปรแกรม อ่านเปรียบเทียบระดับความเข้มเสียงจาก Sound Level Meter (Ltrue) และระดับความเข้มเสียงที่คอมพิวเตอร์อ่านได้โดยใช้อุปกรณ์ที่เซตที่เป็นไมโครโฟน (Lmeasure) ผลการเปรียบเทียบระหว่าง Ltrue กับ Lmeasure แสดงดังรูปที่ 7.14



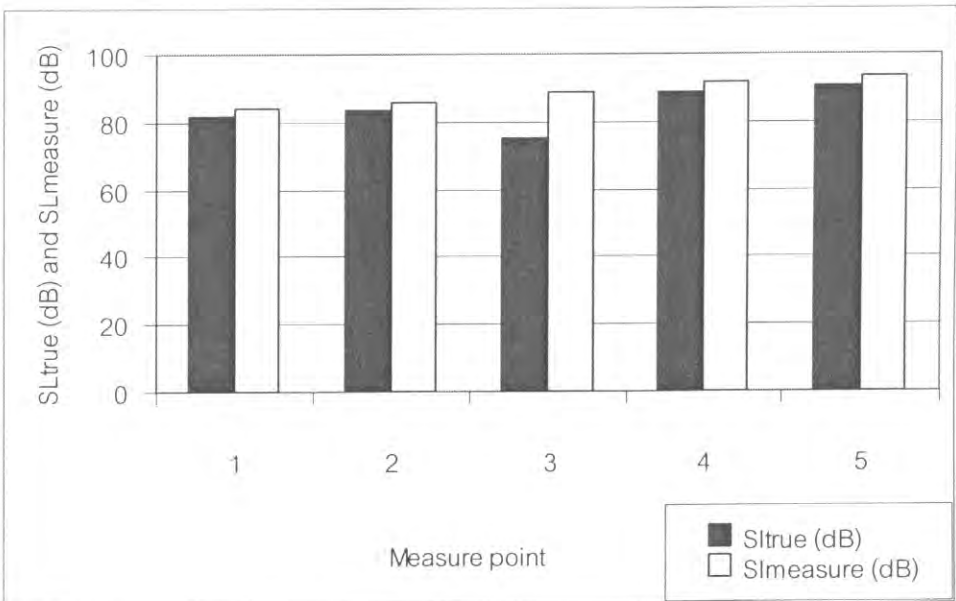
รูปที่ 7.11 การจัดเครื่องมือสำหรับการให้แลปวิจทำหน้าที่วัดระดับเสียงของไมโครโฟน



รูปที่ 7.12 Front Panel และ Block Diagram ที่แสดงการให้แลปวิจทำหน้าที่วัดระดับเสียงของไมโครโฟน



รูปที่ 7.13 ระดับความเข้มเสียง SL ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของไมโครโฟน V

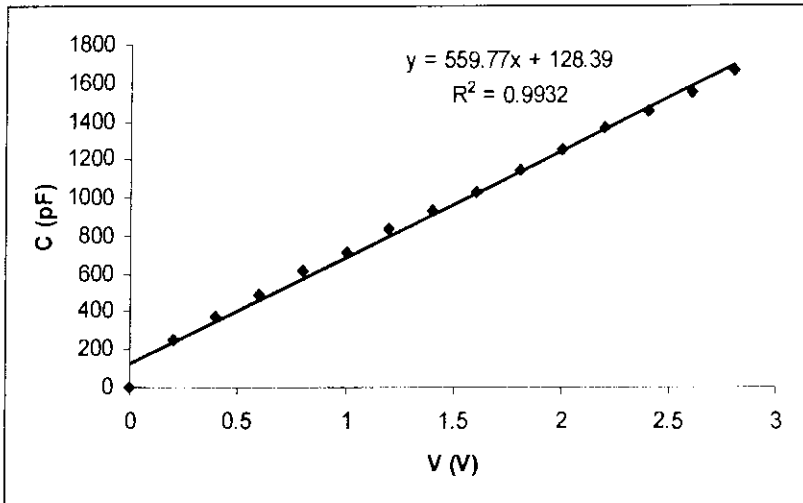


รูปที่ 7.14 การเปรียบเทียบระหว่าง Ltrue กับ Lmeasure

ผลและวิเคราะห์ผล

- 1) สูตรของสาร PZT ที่ใช้ทดลอง คือ $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ เส้นผ่าศูนย์กลาง (d) ที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 13.15 m และหนา (L) เท่ากับ 4.00 mm
- 2) ผลการวัดความต้านทานในสนามไฟฟ้าตรงด้วยเครื่อง FLUKE 45 DUAL Display Multimeter ได้ค่าความต้านทาน (R) ของสาร PZT เท่ากับ $162 \text{ M}\Omega$ ซึ่งอยู่ในย่านฉนวนไฟฟ้า สาร PZT มีลักษณะเป็นตัวเก็บประจุเนื่องจากความต้านทานไฟฟ้ามี่ค่าเพิ่มขึ้นตามเวลา

- 3) ผลการวัดความจุในสนามไฟฟ้าตรงด้วยเครื่อง FLUKE 87 TRUE RMS Multimeter ได้ค่าความจุ (C) ของสาร PZT เท่ากับ 1.35 nF
- 4) ผลการวัดความต้านทานด้วยเครื่อง High resistance meter ได้ค่า $R = 214.8 \text{ M}\Omega$
- 5) ผลการวัดความจุที่ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าด้วยเครื่อง pA METER/DC Voltmeter แสดงดังรูปที่ 7.2.2 จากรูปจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า V ขึ้นเรื่อยๆ ค่าความจุไฟฟ้า C จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย การที่สารมีความจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นแสดงว่าสารแสดงสมบัติไดอิเล็กตริกหรือเฟอร์โรอิเล็กตริก สมการที่แสดงความสัมพันธ์ของความจุที่ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้า คือ $C = 559.77V + 128.39$; $R^2 = 0.9932$



รูปที่ 7.2.2 ความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของสาร PZT

- 6) ผลการทดลองการวัดความต้านทานไฟฟ้า สภาพต้านทานไฟฟ้า สภาพการนำไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าด้วย Lab VIEW แสดงดังรูปที่ 7.4 จากรูปพบว่าความต้านทานไฟฟ้ามีค่า $353 \text{ M}\Omega$ สภาพต้านทานไฟฟ้ามีค่า $12 \text{ M}\Omega$ สภาพการนำไฟฟ้ามีค่า $0.083 (\text{M}\Omega)^{-1}$ และกำลังไฟฟ้ามีค่า 0.0678 W ผลการวัดปริมาณดังกล่าวด้วย Lab VIEW จะเป็นพื้นฐานสำคัญนำไปสู่การออกแบบการวัดเรื่องอื่นๆต่อไป
- 7) ผลการทดลองการวัดกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของสาร PZT แสดงดังรูปที่ 7.6 จากกราฟจะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารจะเพิ่มขึ้นตามแรงดันไฟฟ้า เส้นกราฟกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของสารในช่วงแรงดันไฟฟ้า 0-5 V เป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้นแสดงว่าสารแสดงพฤติกรรมที่ไม่เป็นโอห์มมิก (non-ohmmic behavior)
- 8) ผลการทดลองการทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 7.8 ถ้าปล่อยกระแสไฟฟ้าที่มีแรงดัน 5 V ให้ไหลผ่านสาร เมื่อเปิดสวิตช์กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสาร ประจุไฟฟ้าก็จะเก็บอยู่ในสาร แรงดันไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้นตามเวลา แต่พอปิดสวิตช์ไม่ไห้กระแสไหลผ่านสาร ประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสารก็จะคายออกมา แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลงตามเวลา สาร PZT จะเก็บและคายประจุได้เร็วเนื่องจากมีความจุไฟฟ้าต่ำ การที่สารแสดงการเก็บและคายประจุไฟฟ้าแสดงว่าสารมีลักษณะเป็นไดอิเล็กตริกหรือเฟอร์โรอิเล็กตริกซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้า
- 9) ผลการทดลองการประยุกต์สาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในวงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 7.10 แรงดันไฟฟ้าที่วงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้าสร้างได้โดยใช้สาร PZT เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ขา 6 ของ

LM335 มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากและความถี่ 233.368 Hz ดังนั้นสารมีลักษณะเป็นไดอิเล็กตริกหรือเฟอร์โรอิเล็กตริกซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้า

10) ได้แสดงการให้แลบวิวทำหน้าที่วัดระดับเสียงของไมโครโฟนโดยใช้ Sound Level Meter เป็นตัวปรับเทียบ

สรุปผลการทดลอง

สารที่ทดลอง คือ สาร PZT มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 13.15 m และหนา (L) 4 mm มีความต้านทาน (R) 162 M Ω มีความจุไฟฟ้า 1.35 nF มีความจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น มีสภาพต้านทานไฟฟ้าเท่ากับ 12.00 M Ω สภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.083 (M Ω)⁻¹ และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.0678 W เส้นกราฟกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าของสาร PZT เป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้น สารแสดงการเก็บและคายประจุไฟฟ้าและสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในวงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้า ได้แสดงการให้แลบวิวทำหน้าที่วัดระดับเสียงของไมโครโฟน ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย LabVIEW และ DAQ Card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Ho-Gi Kim. 1994. Microwave sintering of BaTiO₃ thick films. J. Mater. Sci. Lett., 13, 806-809.
- Kazuhide Abe. 1994. Epitaxial growth and dielectric properties of (Ba_{0.24}Sr_{0.76})TiO₃ thin film J. Appl. Phys., 33, 5297-5300.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Zhang J. L. 1992. Electrical conduction of Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ ceramics under d.c. voltage. J. Mater. Sci. Lett., 11, 294-295.

8. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าใน สนามไฟฟ้าสลับและอุปกรณ์เลื่อนเฟส

Applications of ferroelectric ceramics for the operation of capacitor in ac electric field and phase shifter

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์¹ เยาวนุช มะธุระ² จุฑารัตน์ บัวมีกลิ่น² ศิรินพร แก้วเมฆา²
Thongchai Panmatarith¹ Yoawanoot Mathura² Jutharat Buameeklin² Sirinporn² Keawmeka²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก่อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัสดุสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้หาการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP , การ์ด DAQ และแลปวิว เมื่อวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ในสนามไฟฟ้าสลับของสาร PZT พบว่าเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ความจุไฟฟ้ามีค่าลดลง ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกมีค่าลดลง ตัวประกอบการสูญเสียมีค่าลดลงและประจุไฟฟ้าภายในสาร PZT มีค่าลดลง แต่ตัวประกอบคุณภาพมีค่ามากขึ้น ดังนั้นสารสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าและ อุปกรณ์เลื่อนเฟสได้

คำสำคัญ : ตัวเก็บประจุไฟฟ้า อุปกรณ์เลื่อนเฟส แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. When physical properties in ac electric field of PZT sample was measured by increasing frequency, capacitance decreased, dielectric constant decreased, dissipation factor decreased and electric charge decreased, but quality factor increased. So, the sample can be used as capacitor and phase shifter.

Keyword : capacitor, phase shifter , LabVIEW

¹รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

Liqin Zhou (1992) ได้เตรียมตัวเก็บประจุแบบหลายชั้น $Sr_{0.7}Ba_{0.3}TiO_3$ แล้ววัดสภาพต้านทานไฟฟ้า ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและตัวประกอบการสูญเสียที่สัมพันธ์กับความถี่ มีผู้เตรียมสาร $ZnNb_2O_6$ จากส่วนผสมของ $ZnO+Nb_2O_5$ แล้ววัดสมบัติเชิงไฟฟ้าย่านไมโครเวฟ เช่น ϵ_r และ Q และประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ไมโครเวฟ

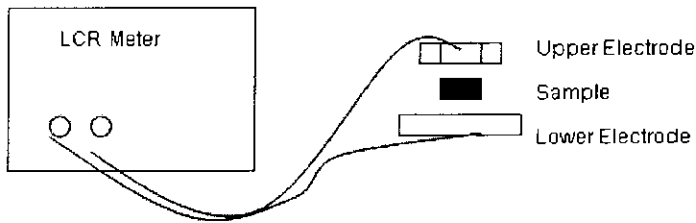
(microwave device) มีผู้เตรียมสาร $Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO_3-MgO$ ที่ได้เติม La_2O_3 แล้ววัดสมบัติไดอิเล็กตริก เช่น ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ϵ_r) และตัวประกอบการสูญเสีย (D) และทดสอบเพื่อประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟส (Wenzhong Lu, 2005) $BaTiO_3$ เป็นวัสดุเฟอร์โรอิเล็กตริกที่มีโครงสร้างแบบเพอรอฟสไกต์แสดงสมบัติเชิงไฟฟ้าเฟอร์โรไฟฟ้าเพียโซและสัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่เป็นบวก การเติมสิ่งเจือปนเป็นปริมาณน้อยสามารถปรับปรุงสมบัติไดอิเล็กตริกของของสารนี้ สมบัติไดอิเล็กตริกของสารจะเป็นฟังก์ชันของความถี่ (Benlahrache, M. T., 2006) บทความนี้เกี่ยวข้องกับ การประยุกต์ใช้เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริกให้ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าสนามไฟฟ้าสลับและอุปกรณ์เลื่อนเฟส

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

8.1 การประยุกต์ใช้เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าสลับ

1) การใช้ LCR Meter วัดความจุไฟฟ้า (C) ตัวประกอบการสูญเสีย (D) ตัวประกอบคุณภาพ (Q) และค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ϵ_r)

จัดเครื่องมือตามรูปที่ 8.1.1 เปิดเครื่อง LCR Meter แล้ว set เครื่อง หลังจากนั้นวัดค่า C, D, Q แล้วคำนวณค่า ϵ_r ของสาร PZT ที่ความถี่ต่างๆด้วยสูตร $C = \epsilon A/L$; $\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0$; $\epsilon_r = CL/\epsilon_0 A$; $A = \pi d^2/4$; $L = 0.004$ m ; $d = 0.01315$ m ; $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ C²/Nm²

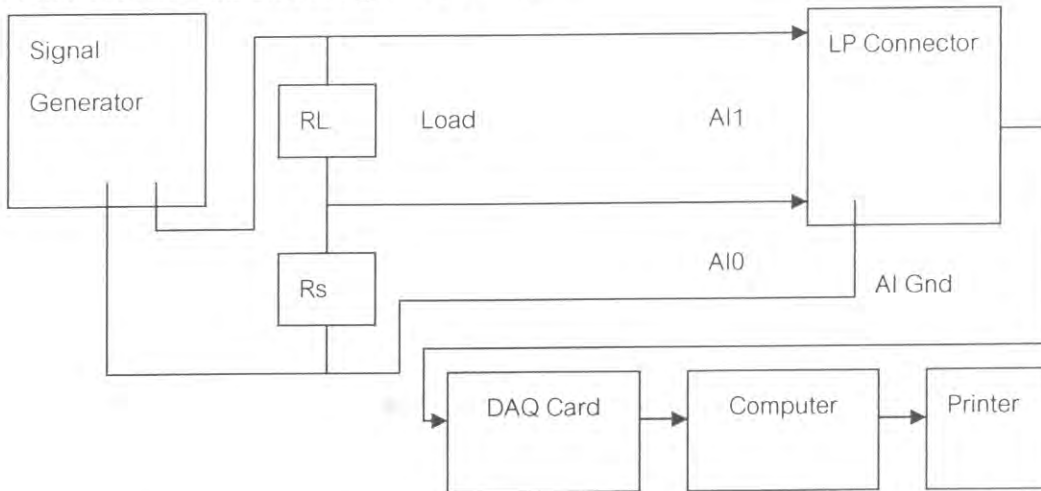


รูปที่ 8.1.1 การใช้ LCR Meter วัดความจุไฟฟ้า (C) ตัวประกอบการสูญเสีย (D) ตัวประกอบคุณภาพ (Q) และค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ϵ_r)

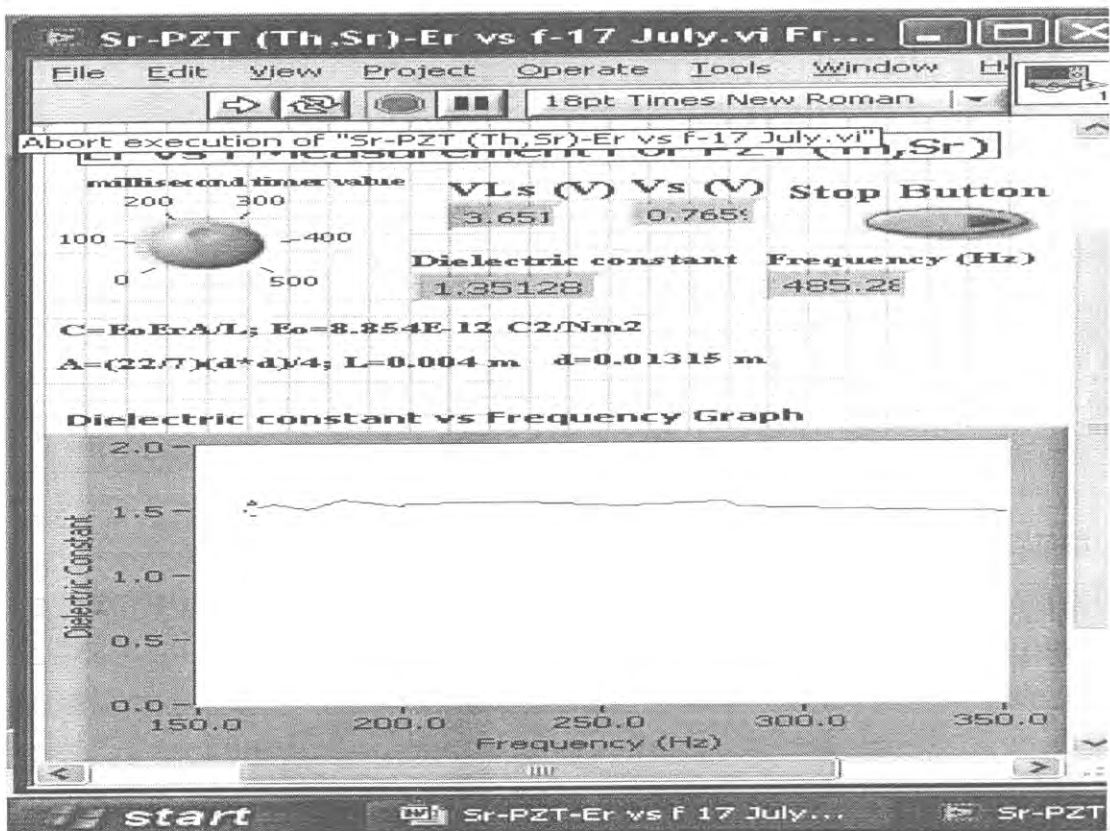
2) การวัดความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (C vs f) ของสาร PZT ด้วย LabVIEW

จัดเครื่องมือสำหรับการวัดความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (C vs f) ของสาร PZT ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8.1.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (C vs f) ของสาร PZT ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8.1.2.2 กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 20 M Ω และสารตัวอย่างที่เป็นสาร PZT ซึ่งความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า V(rms) Split signal จะแยก V_s และ V_{Ls} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L/R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s = I_L$ คำนวณอิมพีแดนซ์ของสารตัวอย่าง (Z) ด้วย Divide และใช้สูตร $Z = V_s/I_s$ แสดงอิมพีแดนซ์ (Z) ด้วย Numeric Indicator พิจารณาสูตรสำหรับคำนวณค่าความจุไฟฟ้า (C) ของสาร : $V_s = V$; $V = IZ$; $V = I\sqrt{R^2 + X_C^2}$; ไม่พิจารณา R ; $V = IX_C$; $V = I(1/2\pi fC)$;

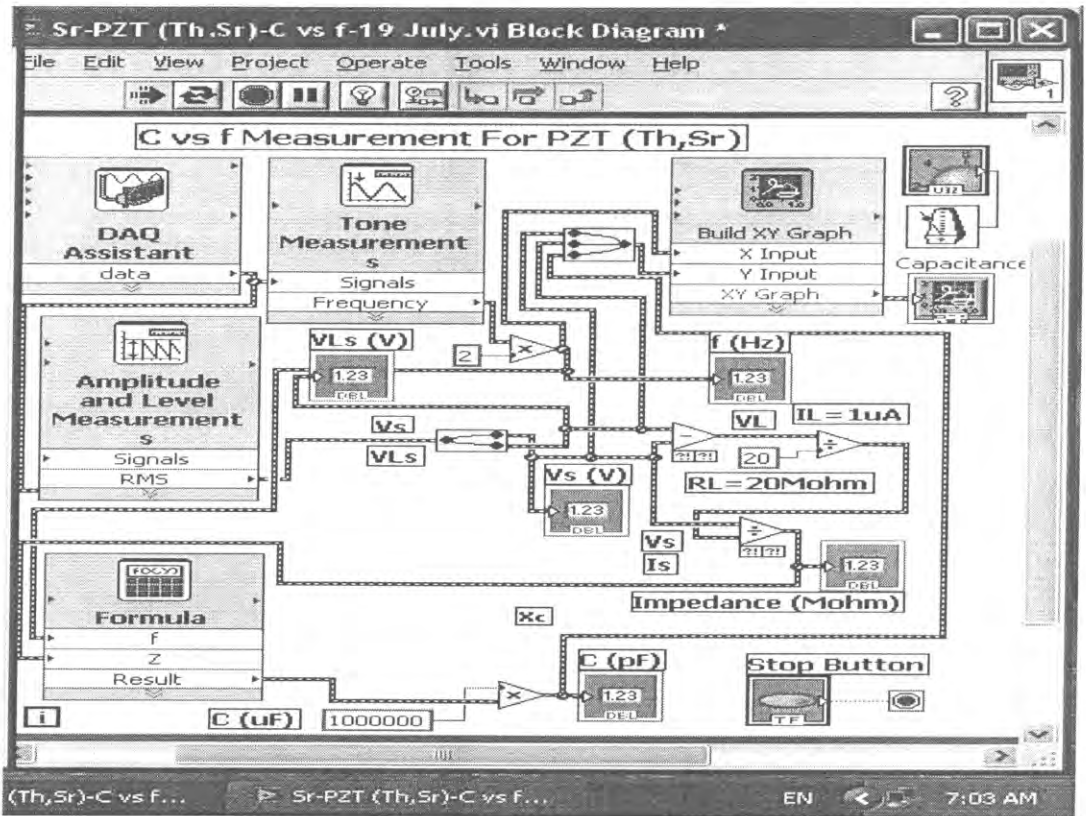
$V/I = 1/2\pi fC$; $Z = 1/2\pi fC$; $C = 1/2\pi fZ$ ใช้ Formula คำนวณความจุไฟฟ้า (C) และใช้สูตร $C = 1/2\pi fZ$ วัดความถี่ f ด้วย Tone Measurements แสดงกราฟของค่าความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (C vs f) ด้วย Build XY Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม ปรับความถี่ f ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเพื่อแสดงกราฟ C vs f ด้วย Numeric Indicator และ XY Graph สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 8.1.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการวัดความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (C vs f) ของสาร PZT ด้วย LabVIEW



n) Front Panel



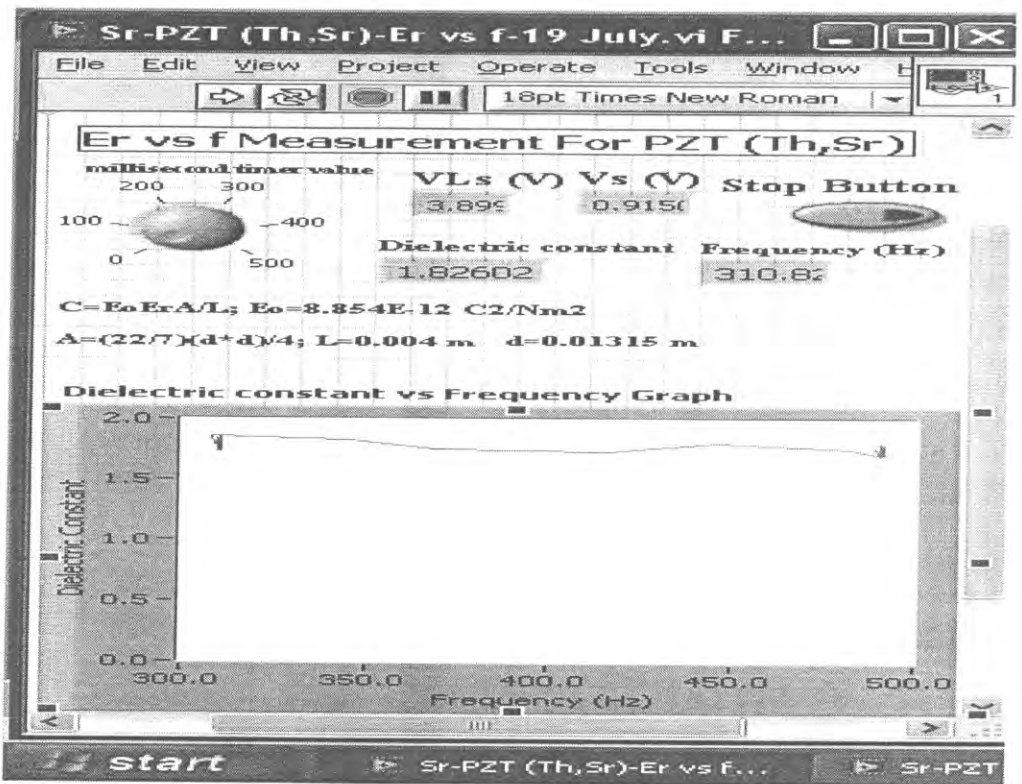
ข) Block Diagram

รูปที่ 8.1.2.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (C vs f) ของสาร PZT ด้วย LabVIEW

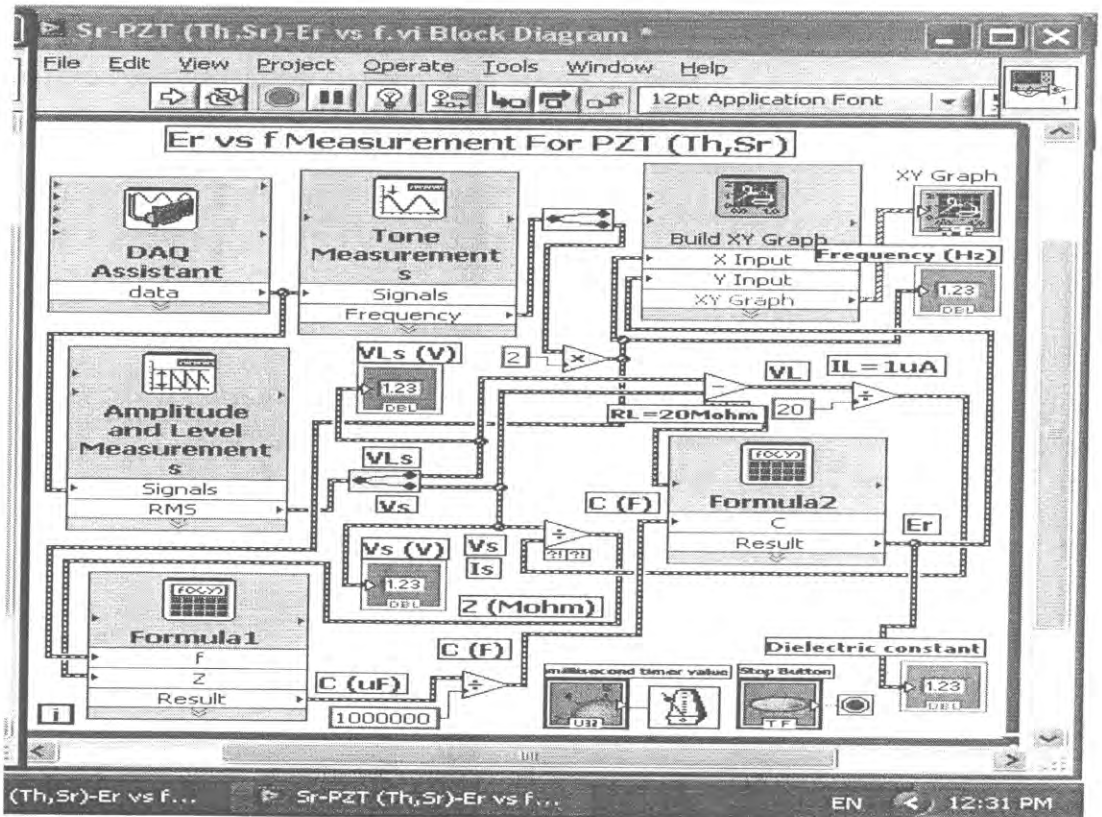
3) การวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ขึ้นกับความถี่ (ϵ_r vs f) ของแรงดันไฟฟ้าของสาร PZT ด้วย LabVIEW

การวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ขึ้นกับความถี่ (ϵ_r vs f) ของแรงดันไฟฟ้าจะมีการจัดเครื่องมือเหมือนรูปที่

8.1.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ขึ้นกับความถี่ (ϵ_r vs f) ของแรงดันไฟฟ้าของสาร PZT ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8.1.3 วิธีการทดลองจะเหมือนกับการวัดความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (C vs f) ของสาร PZT ของหัวข้อ 2 แต่มีการแปลงความจุไฟฟ้า C ด้วย Formula2 และใช้สูตร $C = \epsilon A/L$; $\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0$; $\epsilon_r = CL/\epsilon_0 A$; $A = \pi d^2/4$; $L = 0.004$ m; $d = 0.01315$ m; $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ C²/Nm² สั่ง Run โปรแกรม เพื่อให้แสดงค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ขึ้นกับความถี่ (ϵ_r vs f) ของแรงดันไฟฟ้า



n) Front Panel

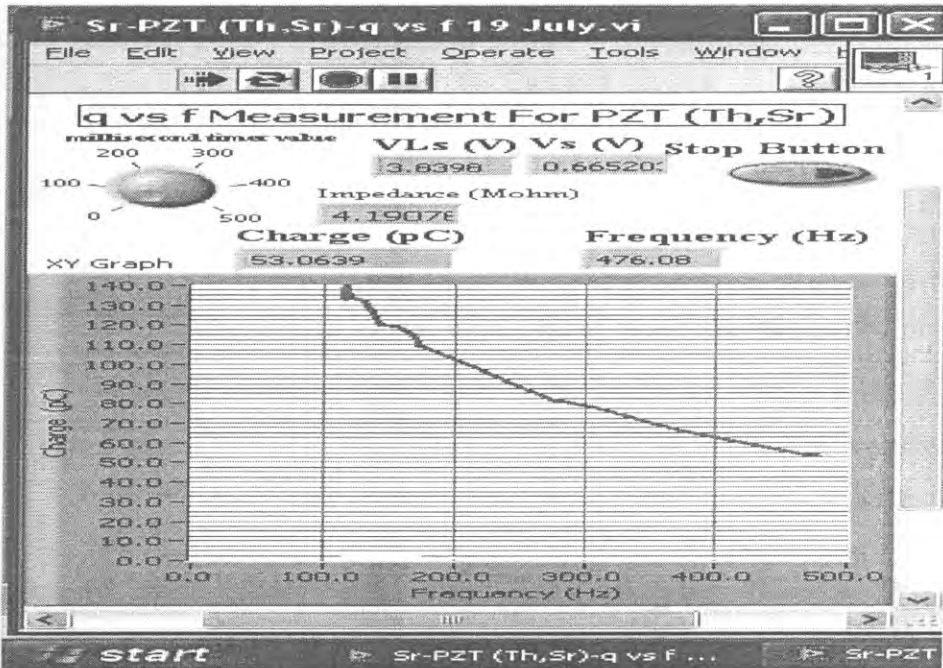


ข) Block Diagram

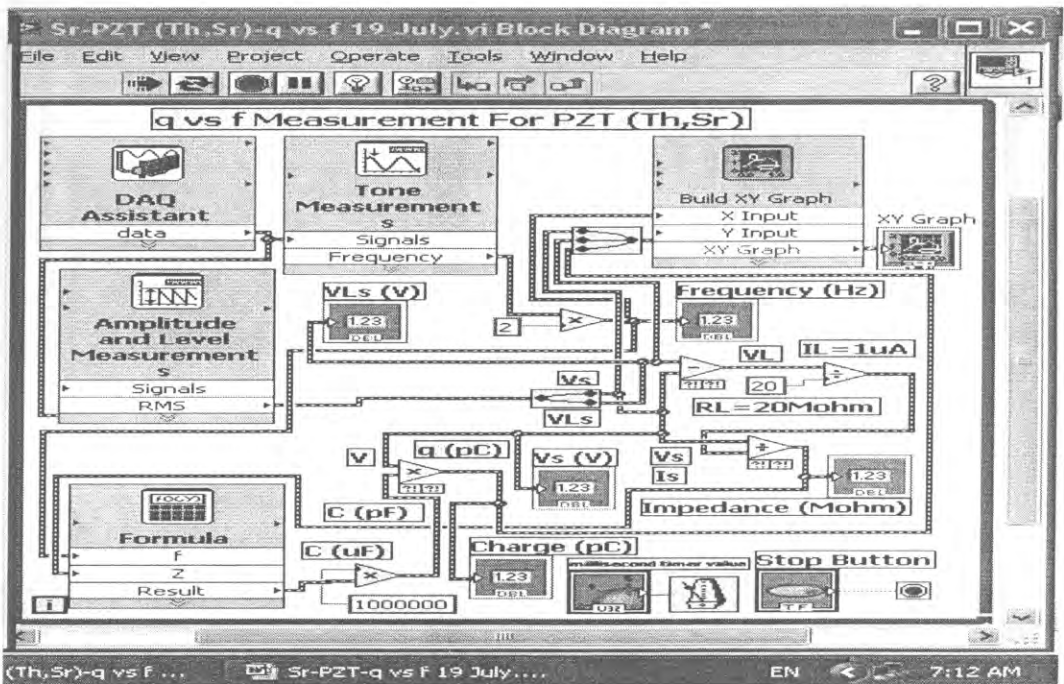
รูปที่ 8.1.3 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดค่าคงที่ได้ไอเล็กตริกที่ขึ้นกับความถี่ (ϵ_r vs f) ของแรงดันไฟฟ้าของสาร PZT ด้วย LabVIEW

4) การวัดประจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (q vs f)

การวัดประจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (q vs f) จะมีการจัดเครื่องมือสำหรับการวัดความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (C vs f) ของสาร PZT ด้วย LabVIEW (รูปที่ 8.1.2.1) สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดประจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (q vs f) ของสาร PZT ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8.1.4 แต่มีการคำนวณประจุไฟฟ้า (q) ด้วยสูตร $q = CV$ สิ่งที่จะแสดงผล คือ เส้นกราฟประจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (q vs f)



n) Front Panel

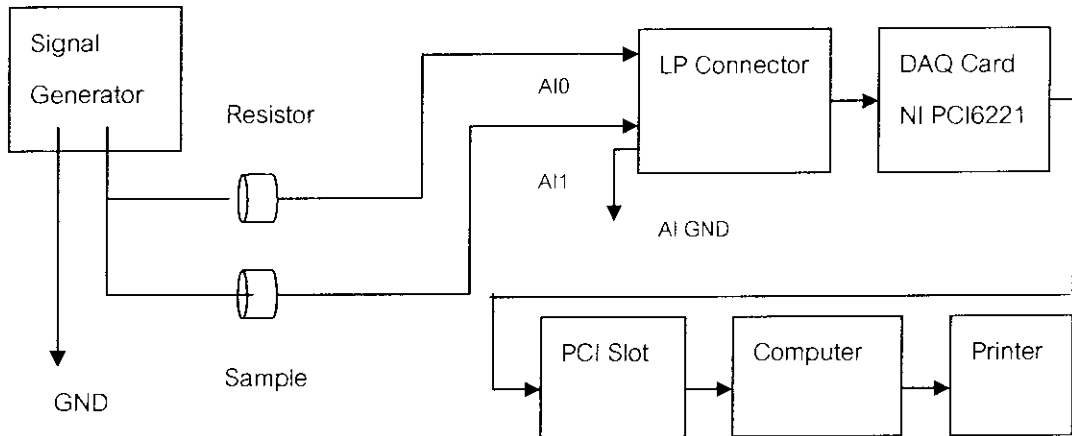


ข) Block Diagram

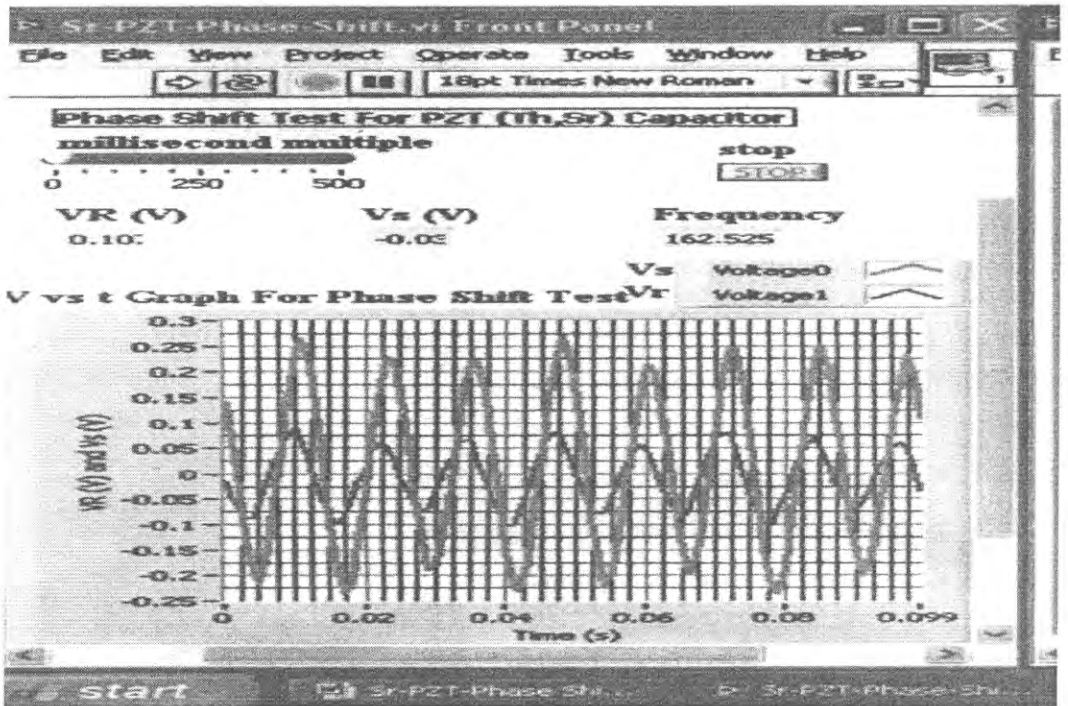
รูปที่ 8.1.4 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดประจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (q vs f) ของสาร PZT ด้วย LabVIEW

8.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟส

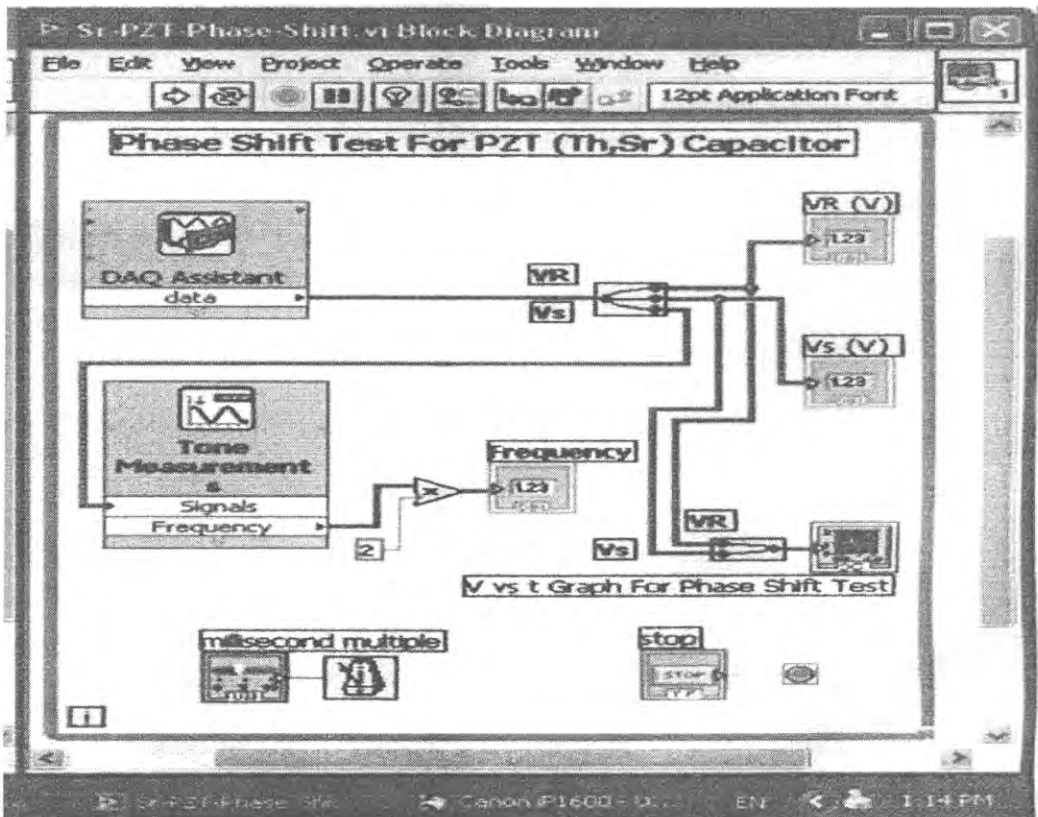
การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์เลื่อนเฟสของสาร PZT ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8.2.1 Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบอุปกรณ์เลื่อนเฟสของสาร PZT ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8.2.2 สารตัวอย่างที่ใช้ คือ สาร PZT กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 1 M Ω และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ที่ต่อขนานกัน แรงดันไฟฟ้าที่ผ่านมีค่า V_s และ V_{L_s} และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_{L_s} จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant Split signal จะแยก V_s และ V_{L_s} ออกจากกัน แสดง V_s และ V_{L_s} ด้วย Numeric Indicator และ Waveform graph วัดความถี่ (f) ของแรงดันไฟฟ้าด้วย Tone Measurements หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของโปรแกรม While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time ปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าให้เป็น 162.525 Hz สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 8.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์เลื่อนเฟสของสาร PZT ด้วย LabVIEW



n) Front Panel



ข) Block Diagram

รูปที่ 8.2.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบอุปกรณ์เลื่อนเฟสของสาร PZT ด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

8.1 ผลการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เพอริโรอิเล็คทริกเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าสลับ

1) ผลการวัดค่าความจุไฟฟ้า (C) ตัวประกอบการสูญเสีย (D) และตัวประกอบคุณภาพ (Q) ของสาร PZT โดยใช้เครื่อง LCR Meter และผลการคำนวณค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ϵ_r) ที่ความถี่ (f) ต่างๆ แสดงดังรูปที่ 8.1.2 เมื่อความถี่ (f) เพิ่มขึ้น ความจุไฟฟ้า (C) ลดลง ตัวประกอบการสูญเสีย (D) ลดลง ตัวประกอบคุณภาพ (Q) มากขึ้น สมการที่แสดงความสัมพันธ์ของความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่คือ

$$C = 16.594f^{0.0465}; R^2 = 0.9292$$

สมการที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวประกอบการสูญเสียที่ขึ้นกับความถี่ คือ

$$D = 0.1728f^{0.4646}; R^2 = 0.9885$$

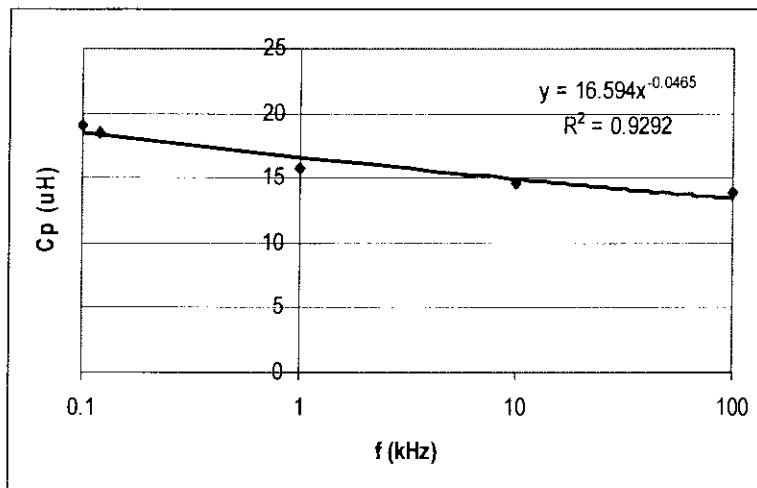
สมการที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวประกอบคุณภาพที่ขึ้นกับความถี่ คือ

$$Q = 5.7362f^{0.4648}; R^2 = 0.9874$$

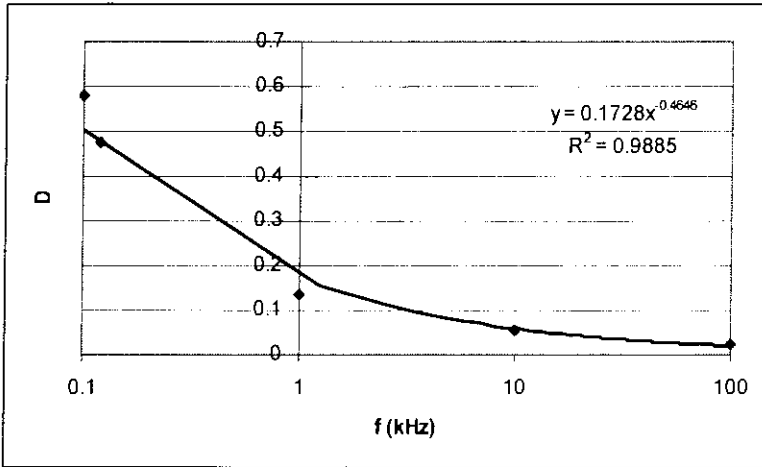
สมการที่แสดงความสัมพันธ์ของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ขึ้นกับความถี่ คือ

$$\epsilon_r = 108.47f^{0.4023}; R^2 = 0.7266$$

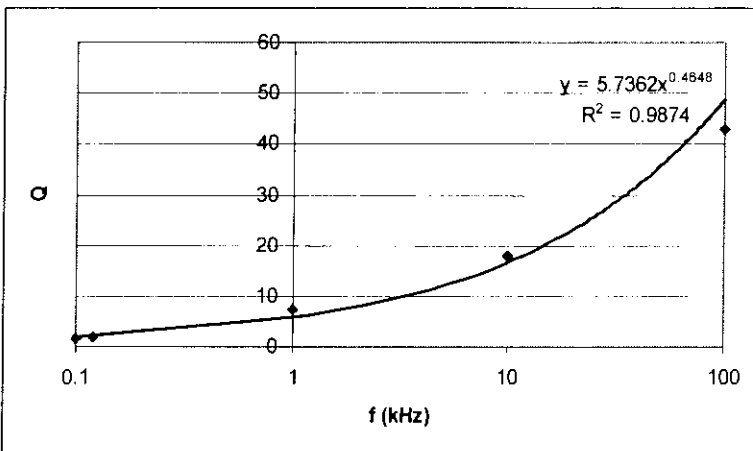
เมื่อวัดสมบัติเชิงไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าสลับของสาร PZT ด้วย LCR Meter พบว่าการที่ความจุไฟฟ้ามีค่าลดลงในขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้นแสดงว่าจะเก็บประจุไฟฟ้าได้น้อยลง การที่ตัวประกอบการสูญเสียมีค่าลดลงในขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้นแสดงว่าการสูญเสียทางพลังงานไฟฟ้าในสารลดลง การที่ตัวประกอบคุณภาพมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้นแสดงว่าสารมีคุณภาพดีที่ความถี่สูง



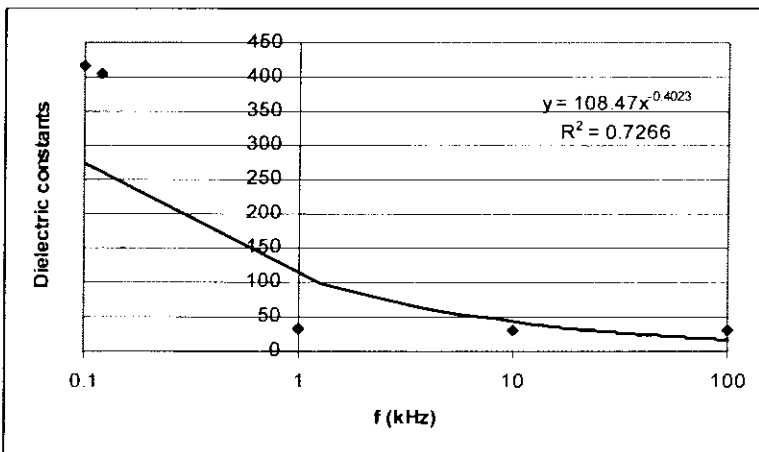
(ก) ค่าความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่



(ข) ตัวประกอบการสูญเสียที่ขึ้นกับความถี่



(ค) ตัวประกอบคุณภาพที่ขึ้นกับความถี่



(ง) ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ขึ้นกับความถี่

รูปที่ 8.1.2 ความจุไฟฟ้า (C) ตัวประกอบการสูญเสีย (D) ตัวประกอบคุณภาพ (Q)

และค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ϵ) ที่ขึ้นกับความถี่ (f) ของสาร PZT ที่วัดด้วย LCR Meter

- 2) ผลการทดลองการวัดความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (C vs f) ของสาร PZT ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8.1.2.2 เมื่อความถี่ (f) เพิ่มขึ้น ความจุไฟฟ้า (C) มีค่าลดลง
- 3) ผลการทดลองวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ขึ้นกับความถี่ (ϵ_r vs f) ของสาร PZT ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8.1.3 เมื่อความถี่ (f) เพิ่มขึ้น ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ϵ_r) มีค่าลดลง
- 4) ผลการทดลองวัดประจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (q vs f) ของสาร PZT ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8.1.4 จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มความถี่ทำให้ประจุไฟฟ้าภายในสาร PZT มีค่าลดลง การที่ประจุไฟฟ้าภายในสาร PZT มีค่าลดลงในขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้นแสดงว่าสารเก็บประจุไฟฟ้าได้น้อยลง สมบัติดังกล่าวทั้งหมดนี้จัดเป็นสมบัติไดอิเล็กตริกซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆได้

8.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟส

ผลการประยุกต์เซรามิกส์เพอร์โรอิเล็กตริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสของสาร PZT แสดงดังรูปที่ 8.2.2 จากรูปจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสาร PZT จะผ่านช้ากว่าแรงดันไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่านตัวต้านทาน แสดงว่าสารทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟส การที่แรงดันไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสาร PZT จะผ่านช้ากว่าแรงดันไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านตัวต้านทานก็เพราะว่าก่อนสารภายในประกอบด้วยเกรนและขอบเขตของเกรน บริเวณภายในเกรนแสดงสมบัติของความต้านทานไฟฟ้า (R) บริเวณขอบเขตของเกรนแสดงสมบัติความจุไฟฟ้า (C) ดังนั้นจึงเกิดความต้านทานความจุ (X_C) อิมพีแดนซ์ของสารมีค่า $z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ ความต้านทานความจุ (X_C) เป็นค่าที่ขึ้นกับความถี่ของแรงดันไฟฟ้า ($X_C = 1/2\pi fC$) ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารจึงตามหลังแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในลักษณะเดียวกันกับวงจร RC ไฟฟ้ากระแสลับ V_C ตามหลัง V_R ดังนั้นสารจึงทำหน้าที่อุปกรณ์เลื่อนเฟส

สรุปผลการทดลอง

- 1) เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ความจุไฟฟ้ามีค่าลดลง ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกมีค่าลดลง ตัวประกอบการสูญเสียมีค่าลดลง ประจุไฟฟ้าภายในสาร PZT มีค่าลดลง แต่ตัวประกอบคุณภาพมีค่ามากขึ้น
- 2) สาร PZT สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Benlahrache, M. T., 2006, influence of polarization electric field on the dielectric properties of BaTiO₃-based ceramics, Materials Science in Semiconductor Processing, 9(6): 1115-1118.
- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Liqin Zhou. 1992. Sr_{0.7}Ba_{0.3}TiO₃-based multilayer boundary-layer capacitors. J. Mater. Sci. Lett., 11, 1134-1136.
- Wenzhong Lu, 2005, Effects of La₂O₃ additions on properties of Ba_{0.8}Sr_{0.4}TiO₃-MgO ceramics for phase shifter applications, Journal of European Ceramic Society.

9. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้า ความถี่สูง อุปกรณ์คอปปลิ่งและอุปกรณ์วัดความถี่ การวัดการตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเปลือกอหอยแครงและยาง

Applications of ferroelectric ceramics for the operation of high pass filter, coupling device and frequency sensor

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ¹ เยาวนุช มะธูระ² จุฑารัตน์ บัวมีกลิ่น² ศิรินพร แก้วเมฆา²
Thongchai Panmatarith¹ Yoawanoot Mathura² Jutharat Buameeklin² Sirinporn² Keawmeka²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยหัวต่อ LP , การ์ด DAQ และแลปวิว เมื่อเพิ่มความถี่ของแรงดันไฟฟ้าแก่สาร PZT อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าลดลง แต่ความนำไฟฟ้าของสารมีค่าเพิ่มขึ้น สารทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่สูงผ่านและอุปกรณ์ความถี่สูง สาร PZT สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์คอปปลิ่งและอุปกรณ์วัดความถี่ได้

คำสำคัญ: อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้า อุปกรณ์คอปปลิ่ง อุปกรณ์วัดความถี่ แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. When voltage frequency of PZT increased, impedance decreased, but conductance increased. The sample can be used as high pass filter and high frequency device. PZT sample can be used as coupling device and frequency sensor.

Keyword : voltage filter, coupling device ,frequency sensor, LabVIEW

¹รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

Liqin Zhou (1992) ได้เตรียมตัวเก็บประจุแบบหลายชั้น $\text{Sr}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{TiO}_3$ แล้ววัดสภาพต้านทานไฟฟ้า ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและตัวประกอบการสูญเสียที่สัมพันธ์กับความถี่ Shail Upadhyay (1997) ได้เตรียม BaSnO_3 วัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ความถี่และอุณหภูมิต่างๆสำหรับนำไปใช้ทำอุปกรณ์ไดอิเล็กทริก (dielectric device)

มีผู้เตรียมสาร $ZnNb_2O_6$ จากส่วนผสมของ $ZnO+Nb_2O_5$ แล้ววัดสมบัติเชิงไฟฟ้าย่านไมโครเวฟ เช่น ϵ_r และ Q และประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ไมโครเวฟ (microwave device) (Ying Chun Zhang, 2003) มีผู้เตรียมสาร $Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO_3-MgO$ ที่ได้เติม La_2O_3 แล้ววัดสมบัติไดอิเล็กตริก เช่น ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ϵ_r) และตัวประกอบการสูญเสีย (D) และทดสอบเพื่อประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟส (Wenzhong Lu, 2005) มีผู้เตรียมสาร $(Ba_{1-x}Sr_x)TiO_3$ (BST75) เมื่อ $x=0.75$ วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกได้ $\epsilon_r=3.43$ และตัวประกอบการสูญเสียได้ $\tan\delta=0.08\%$ (1 kHz) และ 0.18% (1 GHz) แล้วนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ไมโครเวฟ (microwave device) (Alexandru, H. V., 2004) $BaTiO_3$ เป็นวัสดุเฟอร์โรอิเล็กตริกที่มีโครงสร้างแบบเพอรอฟสไกต์แสดงไฟฟ้าเฟอร์โร และสมบัติไดอิเล็กตริกจะเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ (Benlahrache, M. T., 2006)

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้า อุปกรณ์คอปปลิ่งและอุปกรณ์วัดความถี่

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

9.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้า

1) วัดอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่ (Z vs f) และความนำไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (G vs f) ของสาร PZT ด้วย LCR Meter โดยการจัดเครื่องมือสำหรับการวัดอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่ (Z vs f) และความนำไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (G vs f) ของสาร PZT LCR Meter ดังแสดงในรูปที่ 9.1.1.1

- เซ็ตมิเตอร์แอลซีอาร์ (HP 4263B LCR Meter) ให้พร้อมที่จะทำงาน

Blue reset → Enter

Blue cable : 1 m → Enter

Meas prmr : Cs → Enter ; D → Enter

Freq : 120Hz → Enter

Blue open : OpenMeas → Enter

Blue short : ShortMeas → Enter

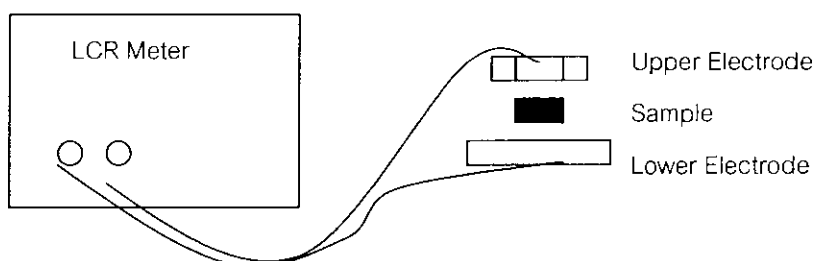
- ติดตั้งสารที่วัดที่ขั้ว วัดค่า Z และ G ที่ความถี่ $f = 100\text{ Hz}, 120\text{ Hz}, 1\text{ kHz}, 10\text{ kHz}$ และ 100 kHz

Connect DUT

Choose measurement value : Z or G

Measure Z or G and Record Z or G

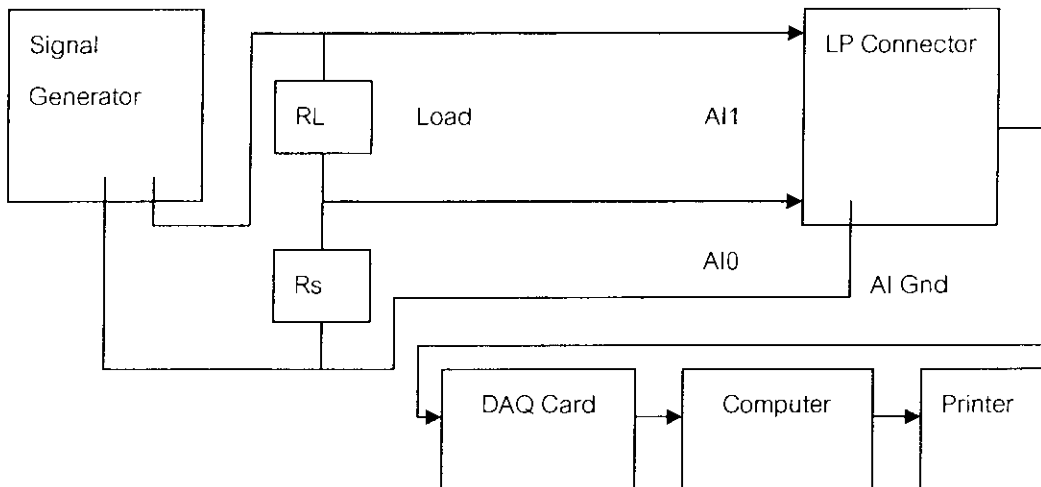
- เขียนกราฟ Z vs f และ G vs f ของสาร PZT



รูปที่ 9.1.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการวัดอิมพีแดนซ์และความนำไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ของสาร PZT

2) การวัดอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่ (Z vs f) ของสาร PZT ด้วย Lab VIEW

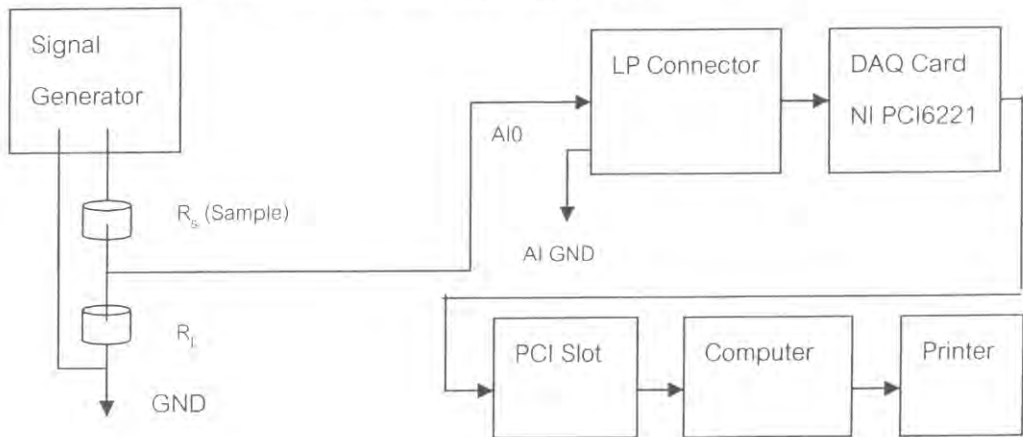
จัดเครื่องมือสำหรับการวัดอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่ (Z vs f) ของสาร PZT ด้วย Lab VIEW แสดงดังรูปที่ 9.1.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่ (Z vs f) ของสาร PZT ด้วย Lab VIEW แสดงดังรูปที่ 9.1.2.2 กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $20\text{ M}\Omega$ และสารตัวอย่างที่เป็นสาร PZT ซึ่งความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ Split signal จะแยก V_s และ V_{Ls} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s = I_L$ คำนวณอิมพีแดนซ์ของสารตัวอย่าง (Z) ด้วย Divide และใช้สูตร $Z = V_s / I_s$ แสดงอิมพีแดนซ์ (Z) ด้วย Numeric Indicator วัดความถี่ f ด้วย Tone Measurements แสดงกราฟของค่าอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่ (Z vs f) ด้วย Build XY Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม ปรับความถี่ f ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเพื่อแสดงกราฟ Z vs f ด้วย Numeric Indicator และ XY Graph สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



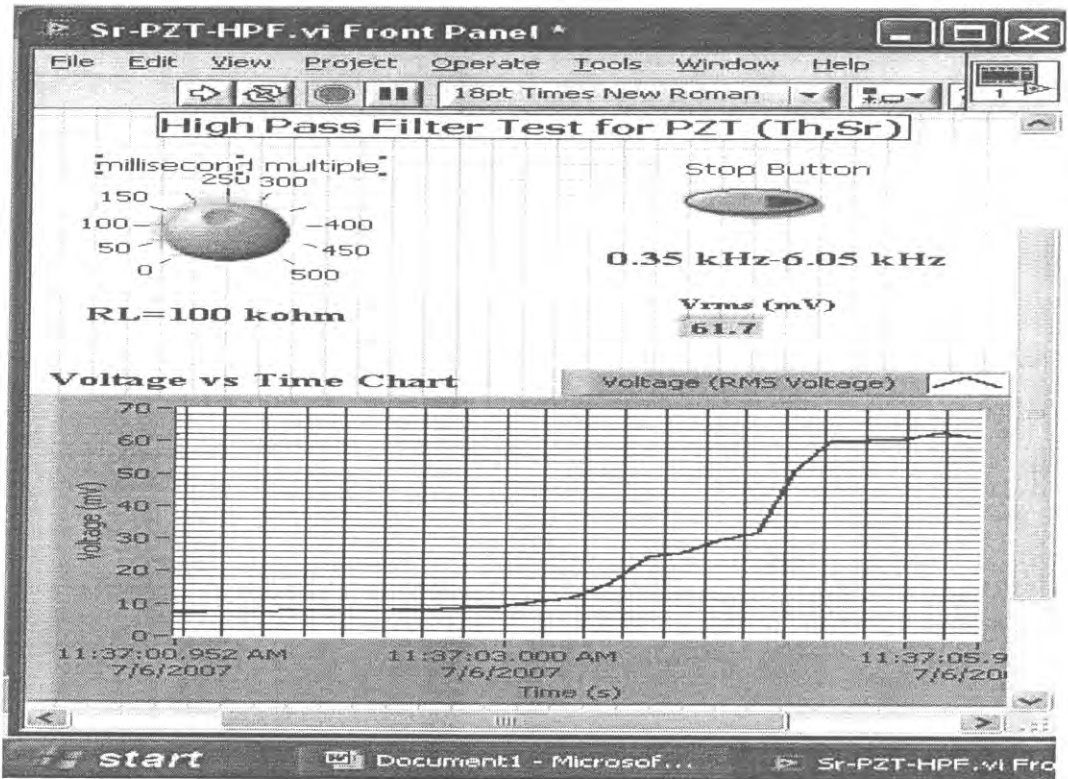
รูปที่ 9.1.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการวัดอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่ (Z vs f) ของสาร PZT ด้วย Lab VIEW

3) ทดสอบประยุกต์สาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน LabVIEW

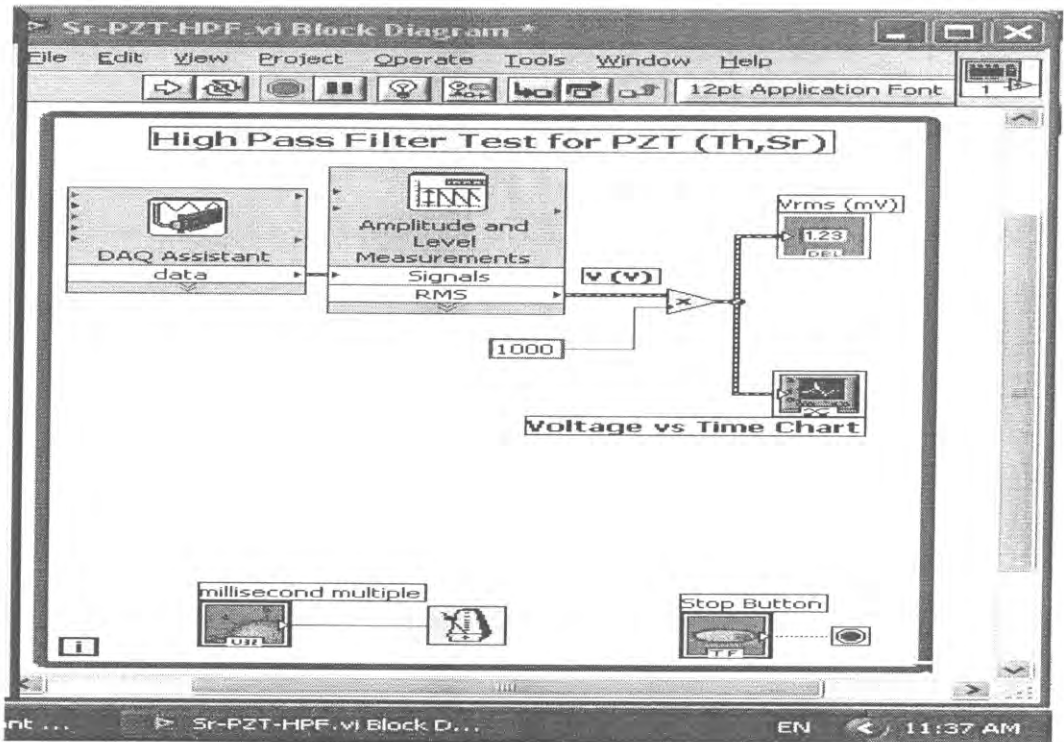
จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 9.1.3.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบสาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 9.1.3.1 กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 1 M Ω และสารตัวอย่าง (PZT) ที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s มีค่า V_s และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_s หรือ V ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า V(rms) ใช้ Multiply เปลี่ยนหน่วยของแรงดันไฟฟ้าจาก V มาเป็น mV แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform chart หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs. time เพิ่มความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า ในช่วง 120 Hz-500 Hz สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 9.1.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย LabVIEW



n) Front Panel

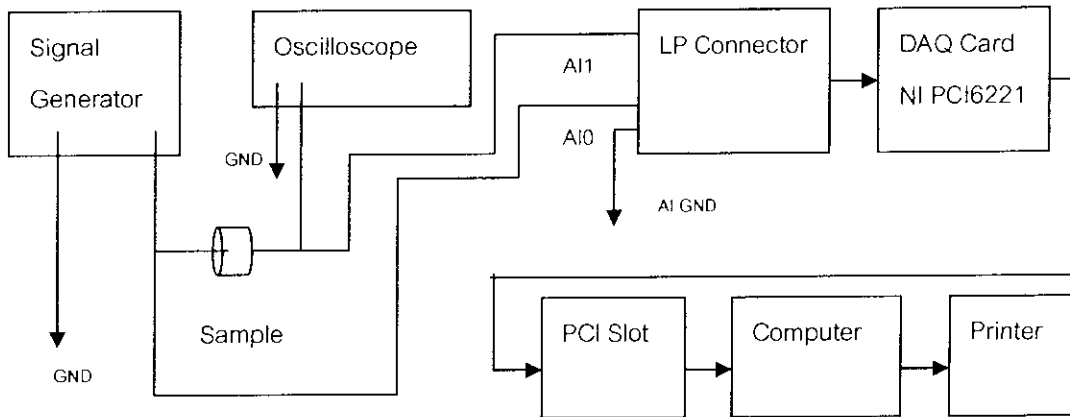


ข) Block Diagram

รูปที่ 9.1.3.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบสาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย LabVIEW

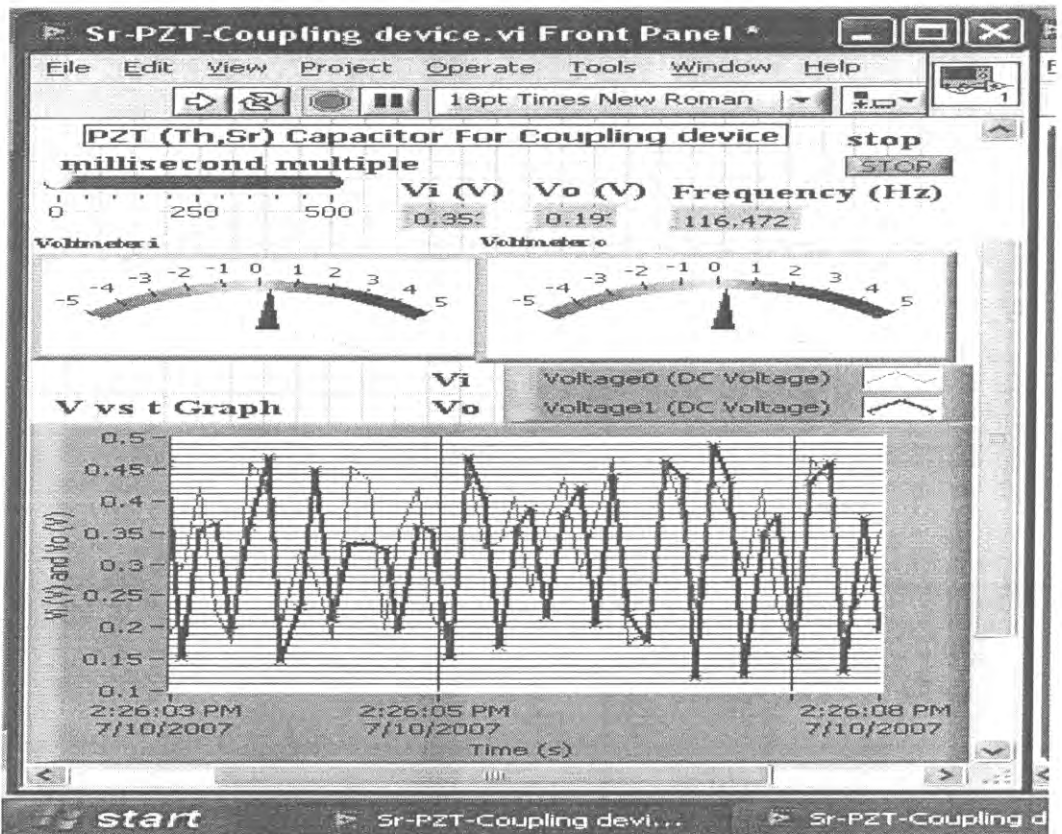
9.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์คอปปลิ่ง

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์คอปปลิ่งด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 9.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบอุปกรณ์คอปปลิ่งด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 9.2.2 สารตัวอย่างที่ใช้คือ สาร PZT กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าก่อนผ่าน V_i และแรงดันไฟฟ้าหลังผ่าน V_o จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_i และ V_o จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดัน V_i และ V_o จะมาที่ amplitude and Level Measurements เพื่อให้แสดงค่า Mean(DC) Split signal จะแยก V_i และ V_o ออกจากกัน แสดง V_i และ V_o ด้วย Numeric Indicator วัดความถี่ (f) ของแรงดันไฟฟ้าด้วย Tone Measurements หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของ While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time (V_i vs. t และ V_o vs. t) ด้วย Numeric Indicator และ Waveform graph ปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าให้เป็น 162.525 Hz สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer

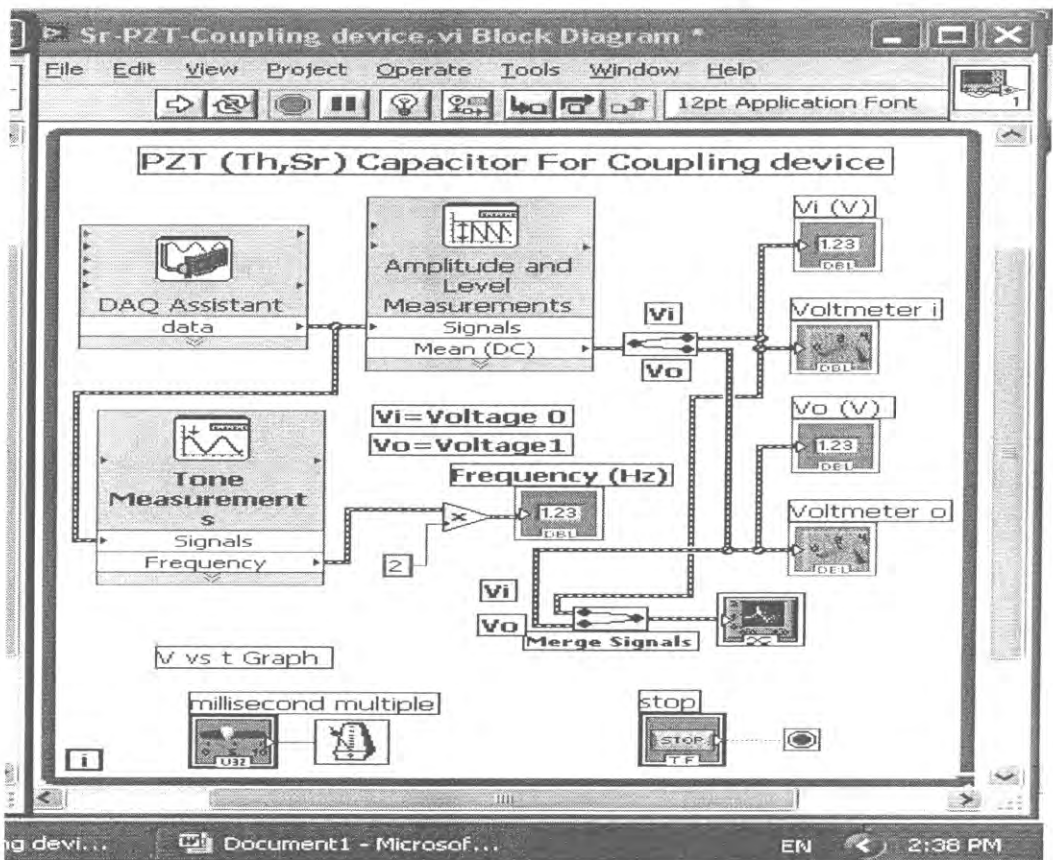


รูปที่ 9.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์คอปปลิ่งด้วย LabVIEW

อุปกรณ์คู่ควบคุมทำหน้าที่เชื่อมต่อวงจร 2 วงจร อุปกรณ์นี้จะยอมให้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากวงจรจ่ายผ่านตัวมันและผ่านไปยังวงจรขวา แต่ไม่ยอมให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงผ่านจากซ้ายไปขวา ในการทดลองจะทดสอบการเคลื่อนที่ผ่านสารของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันจาก Signal Generator เคลื่อนที่ผ่านสาร แรงดันที่มาที่สารคือ แรงดันอินพุท V_i และแรงดันเอาท์พุท V_o ให้แรงดัน V_i เข้า AI₀ และแรงดัน V_o เข้า AI₁ เขียนโปรแกรม



(n) Front Panel

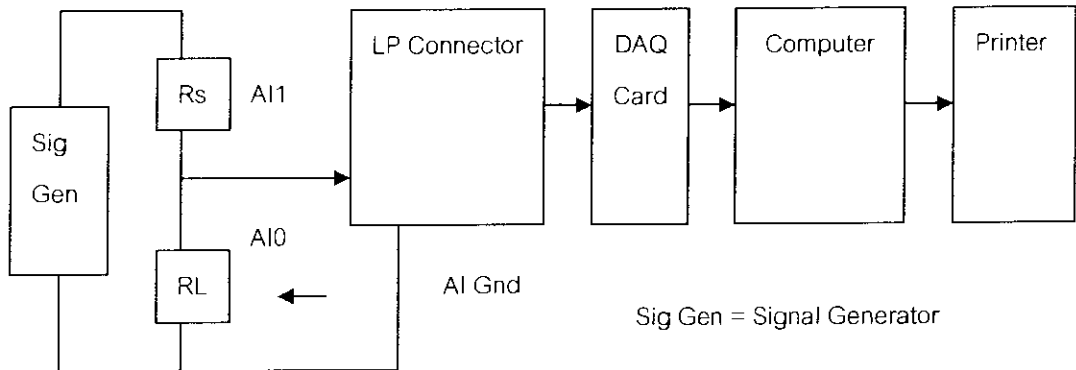


(ข) Block diagram

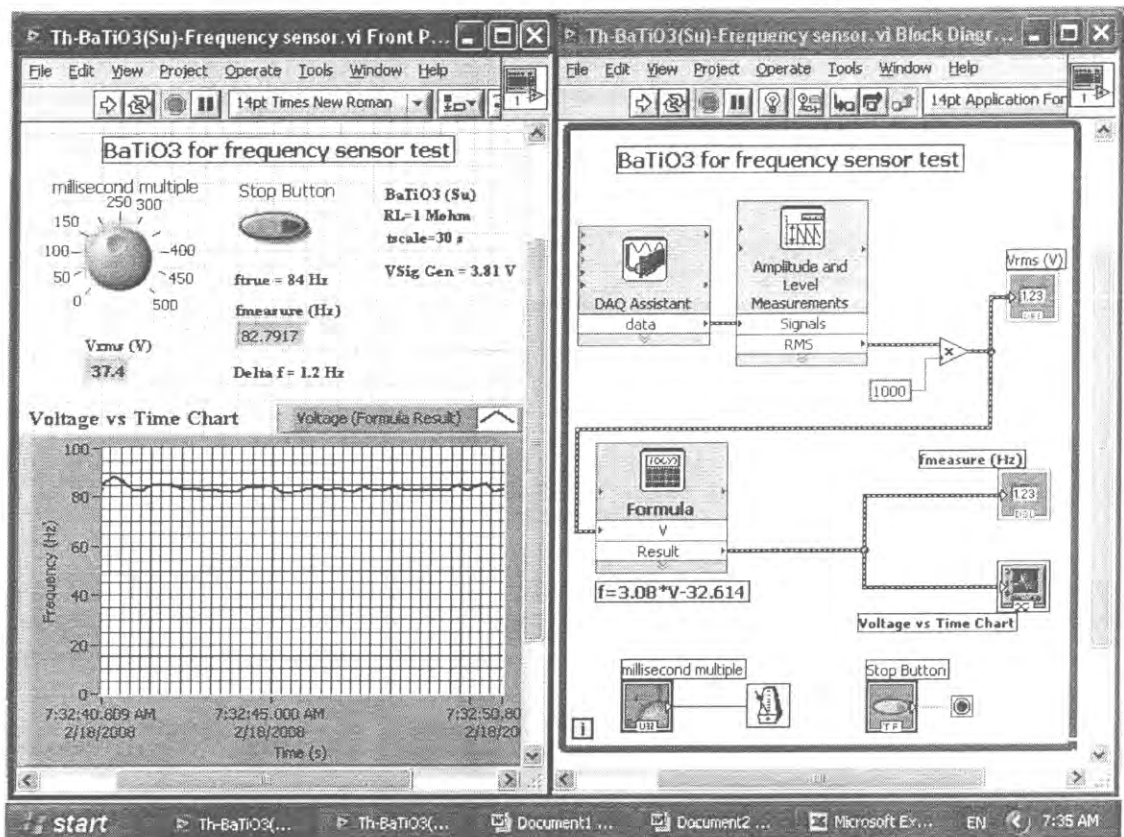
รูปที่ 9.2.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบอุปกรณ์คอปปลิ่งด้วย LabVIEW

9.3 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดความถี่

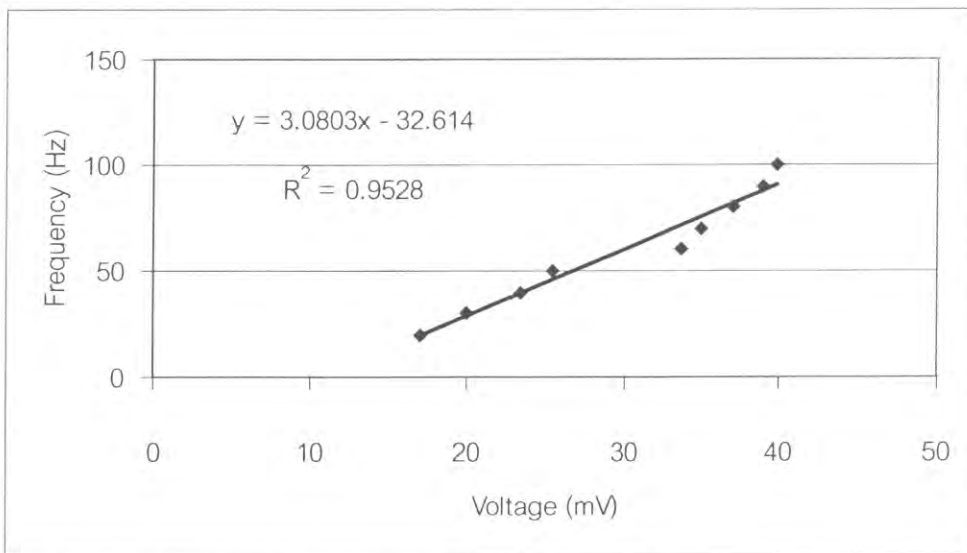
จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์วัดความถี่ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 9.3.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบอุปกรณ์วัดความถี่ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 9.3.2 เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารตัวอย่าง BaTiO_3 ที่มีความต้านทาน R_s และตัวต้านทานโหลด (R_L) $1\text{ M}\Omega$ มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L เท่ากับ V_L หรือ V ซึ่งจะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ของ LP connector และจะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดัน V จะมาที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ ใช้ Multiply เปลี่ยนแรงดัน V จากหน่วย V มาเป็น mV แล้วแสดงผลด้วย Numeric Indicator หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆ กันของโปรแกรม สั่งรัน Program เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time ปรับเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าแล้วบันทึกค่าความถี่และแรงดันไฟฟ้า (f, V) เขียนกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับแรงดันไฟฟ้า (f vs V) ด้วย EXCEL ผลที่ได้ คือ $f = 3.08V - 32.614$ (รูปที่ 9.3.3) นำสมการนี้ใส่ใน Formula แล้วสั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ frequency vs time ด้วย Waveform Chart ค่าความถี่ f แสดงผลด้วย Numeric Indicator สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 9.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์วัดความถี่ด้วย LabVIEW



รูปที่ 9.3.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบอุปกรณ์วัดความถี่ด้วย LabVIEW



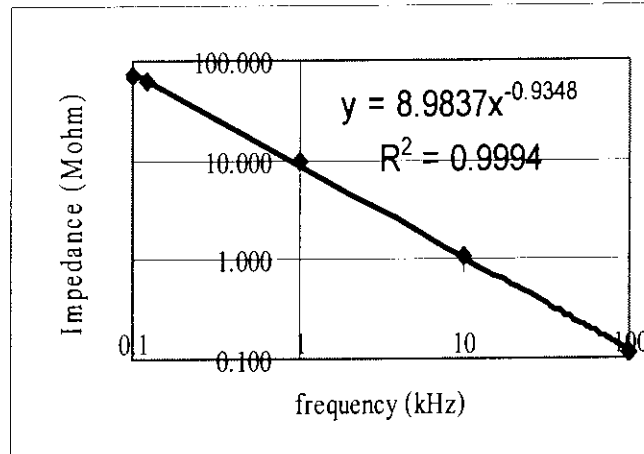
รูปที่ 9.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความดันไฟฟ้า (f vs V)

ผลและวิเคราะห์ผล

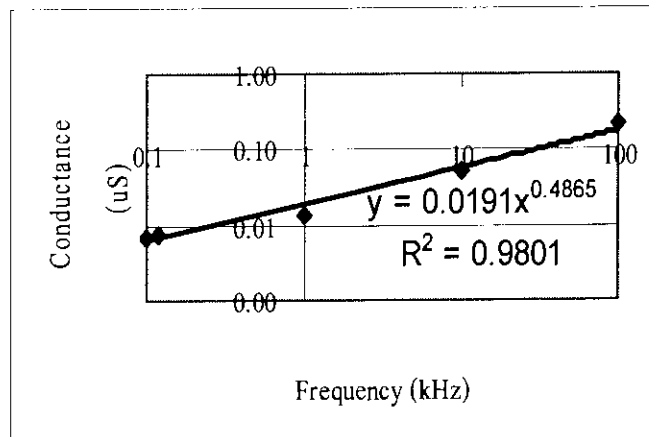
ก. อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูง

1) ผลการวัดค่าอิมพีแดนซ์ (Z) ความนำไฟฟ้า (G) และความถี่ (f) ของสาร PZT ด้วย LCR Meter แสดงดังรูปที่ 9.1.1.2 อัตราส่วนของอิมพีแดนซ์ของสาร PZT ที่ความถี่ 100 Hz กับอิมพีแดนซ์ของสาร PZT ที่ความถี่ 100 kHz แสดงดังสมการ $Z_{100\text{ Hz}} / Z_{100\text{ kHz}} = 73100\text{ k}\Omega / 414\text{ k}\Omega = 176.6$ เมื่อเพิ่มความถี่จาก 100 Hz ไปเป็น 100

KHz ทำให้ Z ลดลงมาประมาณ 176.6 เท่า จากรูปจะเห็นว่าถ้านำสารไปอยู่ในวงจรไฟฟ้า เมื่อเพิ่มความถี่ของแรงดันไฟฟ้า อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าลดลง ความนำไฟฟ้าของสารมีค่าเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ของอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่ที่มีความสอดคล้องตามสมการ $Z = 8.9837f^{-0.9348}$; $R^2 = 0.9994$ และความสัมพันธ์ของความนำไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ที่มีความสอดคล้องตามสมการ $G = 0.0191f^{0.4865}$; $R^2 = 0.9801$ การที่ความนำไฟฟ้าของสารมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้นแสดงว่าสารนำไฟฟ้าได้ดีที่ความถี่สูง จึงเหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นอุปกรณ์ความถี่สูง (high-frequency device)



(ก) ค่าอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่



(ข) ค่าความนำไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่

รูปที่ 9.1.1.2 ค่าอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่และแสดงค่าความนำไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ของสาร PZT

- 2) ผลการทดลองการวัดอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่ของสาร PZT ด้วยโปรแกรม Lab VIEW (Z vs f) แสดงดังรูปที่ 9.1.2.2 จากรูปจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มความถี่ (ก) ค่าอิมพีแดนซ์ (Z) จะมีค่าลดลง
- 3) ผลการทดลองการทดสอบประยุกต์สาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 9.1.3.2 ถ้านำสารไปอยู่ในวงจรไฟฟ้าเมื่อปรับความถี่ของแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น อิมพีแดนซ์ของสารลดลง กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานเพิ่มขึ้น สารยอมให้แรงดันไฟฟ้าในย่านความถี่สูงผ่านไปได้ดี สารทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่สูงผ่านได้ การที่อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าลดลงในขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้นแสดงว่าสารแสดงสมบัติที่ขึ้นกับความถี่ จึงสามารถนำไป

ประยุกต์เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน (HPF) อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน เป็นอุปกรณ์ที่ยอมให้แรงดันไฟฟ้าย่านความถี่ต่ำผ่านได้ไม่ดี แต่จะยอมให้แรงดันไฟฟ้าย่านความถี่สูงผ่านได้ดี อุปกรณ์ชนิดนี้สามารถนำไปแยกสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ต่างกัน 2 ย่านออกจากกัน เช่น การแยกสัญญาณเสียงกับภาพออกจากกันในโทรทัศน์ คือสัญญาณเสียงไปที่ลำโพงและสัญญาณภาพไปที่จอโทรทัศน์

ข. อุปกรณ์คอปปลิ่ง

ผลการประยุกต์สาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์คอปปลิ่งด้วย Lab VIEW แสดงดังรูปที่ 9.2.2 จากรูปจะเห็นว่าแรงดันอินพุต (V_i) กับแรงดันเอาต์พุต (V_o) มีค่าแรงดันคล้ายคลึงกัน แสดงว่าสารยอมให้แรงดันไฟฟ้าที่มีความถี่ 116-472 Hz ผ่านจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่งผ่านได้ดี อุปกรณ์คอปปลิ่งทำหน้าที่เชื่อมต่อวงจร 2 วงจร อุปกรณ์นี้จะยอมให้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากวงจรเข้าผ่านตัวมันและผ่านไปยังวงจรขวา แต่ไม่ยอมให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงผ่านจากซ้ายไปขวา ในการทดลองจะทดสอบการเคลื่อนที่ผ่านสารของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ V_i จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า (วงจรซ้าย) แรงดันไฟฟ้าที่ผ่านออกจากสาร คือ แรงดันเอาต์พุต V_o ซึ่งแรงดันนี้จะถูกส่งผ่าน LP connector และ DAQ Card (วงจรขวา) แล้วเข้าคอมพิวเตอร์ การที่แรงดันอินพุต (V_i) กับแรงดันเอาต์พุต (V_o) มีลักษณะคล้ายคลึงกันก็แสดงว่าสารยอมให้แรงดันไฟฟ้าผ่านจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่งผ่านได้ ดังนั้นสาร PZT จึงทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์คอปปลิ่ง อุปกรณ์คอปปลิ่งนี้จะอยู่ระหว่างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2 วงจร อุปกรณ์นี้จะกันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แต่จะยอมให้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับผ่านได้

ค. อุปกรณ์วัดความถี่

ผลการทดสอบอุปกรณ์วัดความถี่ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 9.3.2 สาร PZT แสดงการแปลงความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้าและการแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ ดังนั้นจึงนำมาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดความถี่ได้

สรุปผลการทดลอง

- 1) เมื่อเพิ่มความถี่ของแรงดันไฟฟ้าแก่สาร PZT พบว่าอิมพีแดนซ์ของสารมีค่าลดลง ความนำไฟฟ้าของสารมีค่าเพิ่มขึ้น สารทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่สูงผ่านและอุปกรณ์ความถี่สูง
- 2) สาร PZT ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์คอปปลิ่ง
- 3) สาร PZT ทำหน้าที่ได้อุปกรณ์วัดความถี่
- 4) ได้ควบคุมการทดลองโดยใช้โปรแกรม LabVIEW และ DAQ card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Benlhrache, M. T., 2006, Influence of polarization electric field on the dielectric properties of BaTiO₃-based ceramics, Materials Science in Semiconductor Processing, 9(6): 1115-1118.
- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Liqin Zhou. 1992. Sr_{0.7}Ba_{0.3}TiO₃-based multilayer boundary-layer capacitors. J. Mater. Sci. Lett., 11, 1134-1136.

Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.

Shail Upadhyay. 1997. Preparation and characterization of barium stannate BaSnO₃.

J. Mater. Sci. Lett., 16, 1330-1332.

Wenzhong Lu, 2005, Effects of La₂O₃ additions on properties of Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO₃-MgO ceramics for phase shifter applications, Journal of European Ceramic Society.

Ying Chun Zhang, Effects of additives on microstructures and microwave electrical properties of ZnNb₂O₆ ceramics, Materials Science and Engineering B, 99(1-3): 282-285.

9.4 การให้แลปวิทำหน้าที่ทดสอบการกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่านของเปลือกอหอยแครง

ไดอิเล็กตริก (dielectrics) เป็นวัสดุที่มีความต้านทานสูง (high resistance material) แสดงสมบัติของความจุไฟฟ้า (capacitance) และใช้ทำตัวเก็บประจุ (capacitor) ตัวอย่างของไดอิเล็กตริก เช่น กระจก พลาสติก (plastic) ยาง (rubber) และไมกา (mica) ไดอิเล็กตริก (dielectrics) เป็นวัสดุที่มีสภาพต้านทานไฟฟ้าสูง (high resistance material) ปริมาณที่น่าสนใจในไดอิเล็กตริกได้แก่ สภาพการนำไฟฟ้าของไดอิเล็กตริก (dielectric conductivity) สภาพยอมผ่านได้ (permittivity) และตัวประกอบการสูญเสีย (dissipation factor) การสูญเสียกำลังไฟฟ้าในไดอิเล็กตริกที่เป็นสัดส่วนกับความถี่ เปลือกอหอยแครงจากทะเลประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมฟอสเฟต แมกนีเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมฟอสเฟตและแมกนีเซียมซิลิเกต (Ark shell, 2552)

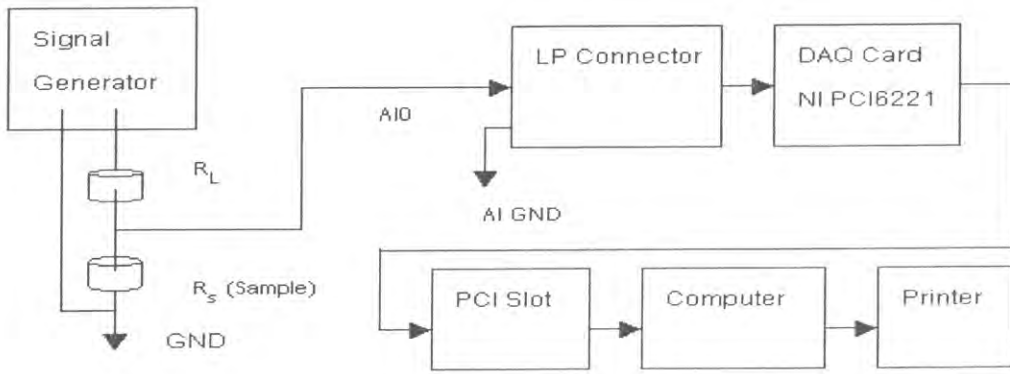
ยังไม่มีผู้ใดศึกษาเรื่อง“การสาธิตสำหรับการประยุกต์ใช้ของเปลือกอหอยแครงให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์พีซีโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลปวิวเป็นฐาน”

วัสดุอุปกรณ์

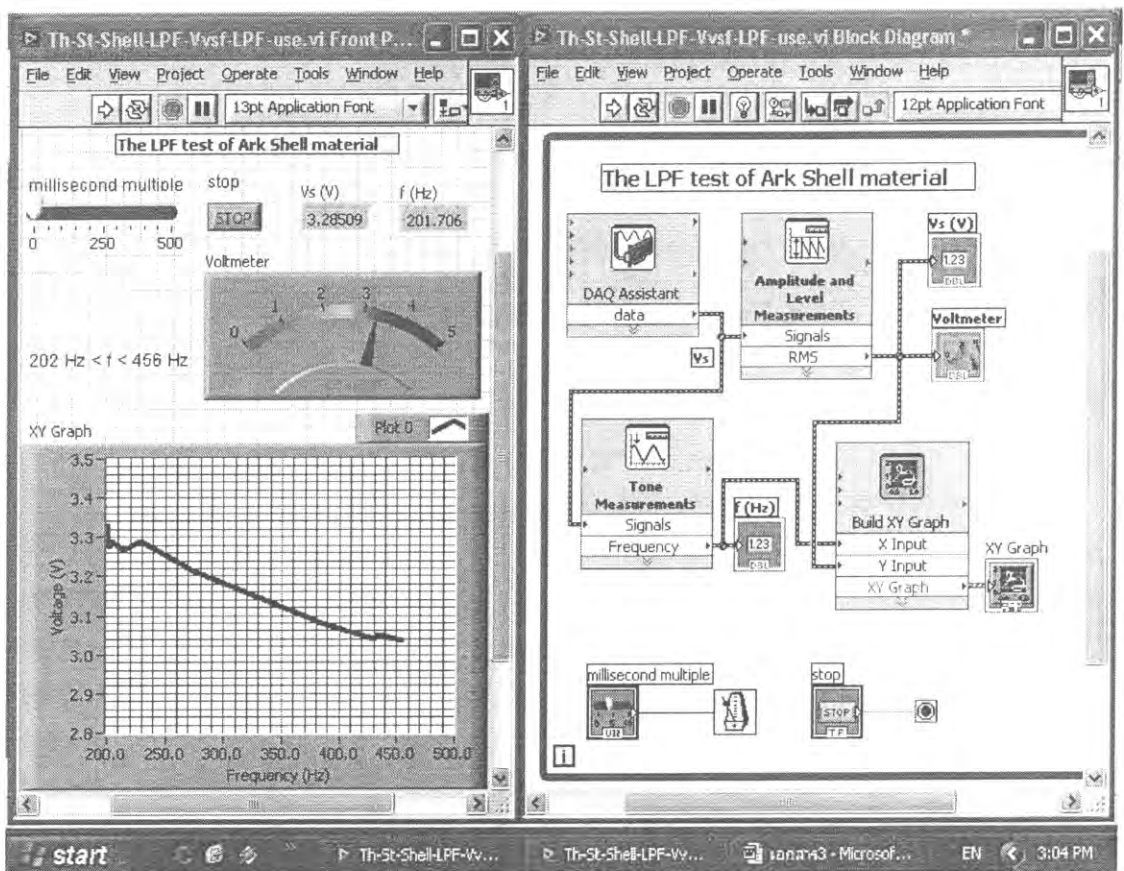
ชุด NI SCC-68 DAQ card (NI-6221) คอมพิวเตอร์ LabVIEW เปลือกอหอยแครง เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า มัลติมิเตอร์

วิธีการ

จัดเครื่องมือสำหรับการวัดการวัดการตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเปลือกอหอยแครงโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลปวิวเป็นฐานดังแสดงในรูปที่ 9.4.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดการวัดการตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเปลือกอหอยแครงโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลปวิวเป็นฐานดังแสดงในรูปที่ 9.4.2 ตรวจสอบแรงดันที่ออกมาจาก Signal Generator โดยตั้งแรงดันที่ออกมาจาก Signal Generator เป็น 4 V หลังจากนั้นทำการทดสอบการตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเปลือกอหอยแครง Signal Generator จ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโหลดที่มีความต้านทาน R_L และผ่านตัวอย่าง (เปลือกอหอยแครง) ที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าจาก Signal Generator ถูกป้อนเข้าไปยัง Input A10 หลังจากนั้นแรงดันตกคร่อมเปลือกอหอยแครงถูกไปเข้า AI 1 ผ่าน DAQ card เข้าคอมพิวเตอร์ ทำการสร้าง front Panel และ Block Diagram สำหรับวัดการตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเปลือกอหอยแครง วัดความถี่ด้วย Tone Measurement ตั้งความถี่ในช่วง 200 Hz -456 Hz ใช้ Numeric Indicators แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (V) และความถี่ (f) ใช้ While Loop ให้ทำงานซ้ำกันเป็นวงรอบ ใช้ Stop Button เพื่อหยุดการทำงานเมื่อเรากดปุ่มนี้ หนึ่งเวลาด้วยอุปกรณ์ หนึ่งเวลา สั่ง RUN แล้วเพิ่มความถี่เพื่อให้แสดงแรงดันที่ขึ้นกับความถี่ด้วย Build XY Graph บนจอ



รูปที่ 9.4.1 แสดงจัดเครื่องมือสำหรับการวัดการตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเปลือกรอยแครงโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลบวิวเป็นฐาน



รูปที่ 9.4.2 แสดง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดการตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเปลือกรอยแครง โดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลบวิวเป็นฐาน

ผลการวัดการตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเปลือกรอยแครงโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลบวิวเป็นฐานแสดงดังรูป 1.4.5.2 ผลการทดลองพบว่าเมื่อเปลือกรอยแครงได้รับแรงดันจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า (signal generator) และตั้งค่าความถี่ในช่วง 202 Hz -456 Hz พบว่าแรงดันที่วัดได้ก็จะลดลงเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น แสดงว่าเปลือกรอยแครงสามารถประยุกต์ใช้เป็นตัววัดการตอบสนองต่อความถี่ได้

รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

บทนำ

ยางธรรมชาติ คือวัสดุพอลิเมอร์ที่มีต้นกำเนิดจากของเหลวของพืชบางชนิด ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว คล้ายน้ำมัน มีสมบัติเป็นคอลลอยด์ อนุภาคเล็ก มีตัวกลางเป็นน้ำ ยางธรรมชาติเป็นน้ำยางจากต้นไม้น้ำตาล มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งคือยางพาราหรือต้นยางพารา ยางพารามีต้นกำเนิดบริเวณลุ่มน้ำอเมซอน ประเทศบราซิล และเปรู ทวีปอเมริกาใต้ ซึ่งชาวอินเดียนแดงเผ่ามายัน ในอเมริกากลางได้รู้จักการนำยางพารามาใช้ก่อนปี พ.ศ. 2000 โดยการจุ่มเท้าลงในน้ำยางดิบเพื่อทำเป็นรองเท้า ส่วนเผ่าอื่นๆ ก็นำยางไปใช้ประโยชน์ในการทำผ้ากันฝน ทำขวดใส่ น้ำ แปะทำลูกบอลยางเล่นเกมต่างๆ เป็นต้น จนกระทั่งคริสโตเฟอร์ โคลัมบัสได้เดินทางมาสำรวจทวีปอเมริกาใต้ ในระหว่างปี พ.ศ. 2036-2039 และได้พบกับชาวพื้นเมืองเกาะไฮติที่กำลังเล่นลูกบอลยางซึ่งสามารถกระดอนได้ ทำให้คณะผู้เดินทางสำรวจประหลาดใจจึงเรียกว่า "ลูกบอลผีสิง" การนำยางธรรมชาติไปใช้งานมีอยู่ 2 รูปแบบคือ รูปแบบน้ำยาง และรูปแบบยางแห้ง (<http://th.wikipedia.org/>)

ลักษณะเด่นอีกอย่างของธรรมชาติคือ ความยืดหยุ่น (elasticity) ยางธรรมชาติมีความยืดหยุ่นสูง เมื่อแรงภายนอกที่มากระทำกับมันหมดไป ยางก็จะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิม (หรือใกล้เคียง) อย่างรวดเร็ว ยางธรรมชาติยังมีสมบัติดีเยี่ยมด้านการเหนียวติดกัน (tack) ซึ่งเป็นสมบัติสำคัญของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยการประกอบ (assemble) ชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น ยางรถยนต์ เป็นต้น

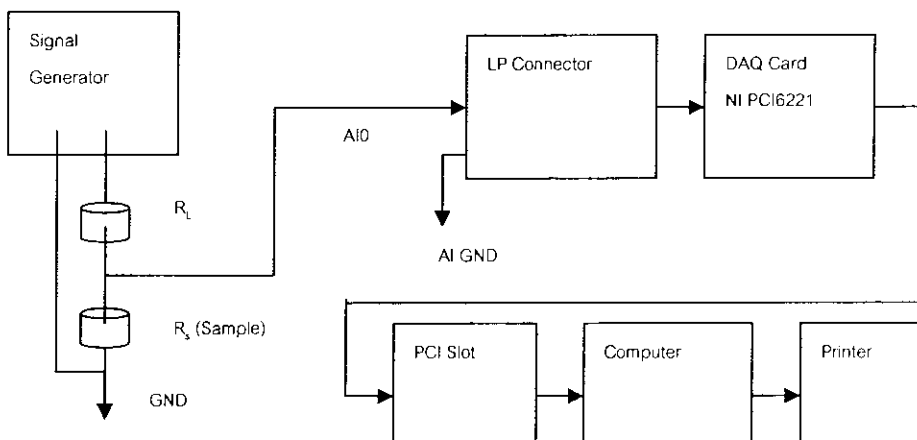
ยางธรรมชาติถูกนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย เนื่องจากยางธรรมชาติมีสมบัติดีเยี่ยมในด้านการทนต่อแรงดึง (tensile strength) แม้ไม่ได้เติมสารเสริมแรงและมีความยืดหยุ่นสูงมากจึงเหมาะที่จะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ยางรัดของ เป็นต้น ยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงพลวัต (dynamic properties) ที่ดี มีความยืดหยุ่น (elasticity) สูง ในขณะที่มีความร้อนภายใน (heat build-up) ที่เกิดขึ้นขณะใช้งานต่ำ และมีสมบัติการเหนียวติดกัน (tack) ที่ดี จึงเหมาะสำหรับการผลิตยางรถบรรทุก ยางล้อเครื่องบิน หรือใช้ผสมกับยางสังเคราะห์ในการผลิตยางรถยนต์ เป็นต้น ยางธรรมชาติมีความต้านทานต่อการฉีกขาด (tear resistance) สูง ทั้งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง จึงเหมาะสำหรับการผลิตยางกระเปาะน้ำร้อน เพราะในการแกะชิ้นงานออกจากเบ้าในระหว่างกระบวนการผลิตจะต้องดึงชิ้นงานออกจากเบ้าพิมพ์ในขณะที่ร้อน ยางที่ใช้จึงต้องมีค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดขณะร้อนสูง แม้ว่ายางธรรมชาติจะมีสมบัติที่ดีเหมาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย แต่ยางธรรมชาติก็มีข้อเสียหลักคือ การเสื่อมสภาพเร็วภายใต้แสงแดด ออกซิเจน โอโซน และความชื้น เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีพันธะคู่ (double bond) อยู่มาก ทำให้ยางว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและโอโซนโดยมีแสงแดดและความชื้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นในระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์จึงต้องมีการเติมสารเคมีบางชนิด (สารในกลุ่มของ antidegradants) เพื่อยืดอายุการใช้งาน (http://www.electron.rmutphysics.com/science-news/index.php?Itemid=1&id=141&option=com_content&task=view)

ได้ใช้ระบบการวัดและเก็บข้อมูลสำหรับสมรรถนะและการควบคุมระบบการวัดและแสดงผลของการทำงานของระบบ ลักษณะสมบัติของระบบแบบนี้เป็นการใช้ดาต้าล็อกเกอร์ (data logger) หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) สำหรับการวัดและการได้มาของสัญญาณและการส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ท RS-232 (Forero, N., 2006 and Barney, George C. 1988)

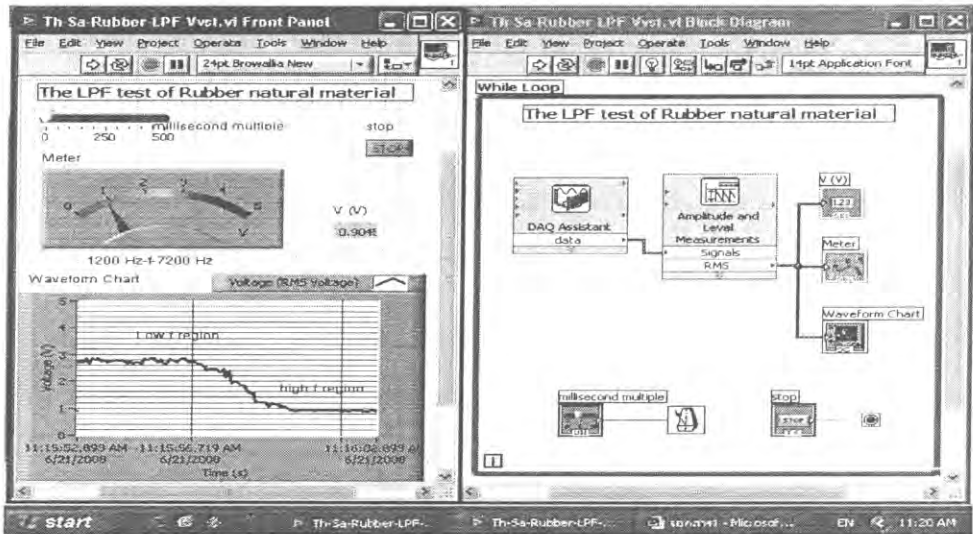
บทความนี้เกี่ยวข้องกับการจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP, การ์ด DAQ และแล็ปทิว การประยุกต์ใช้ยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่าน อุปกรณ์เลื่อนเฟสและอุปกรณ์สวิตซ์ความถี่

อุปกรณ์และวิธีการ

1) การประยุกต์ยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่านด้วย LabVIEW จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่านด้วย LabVIEW แสดงดังรูป 9.5.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่านด้วย LabVIEW แสดงดังรูป 9.5.2 กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $1\text{ M}\Omega$ และสารตัวอย่าง (ยางธรรมชาติ) ที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s มีค่า V_s และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_s หรือ V ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ ใช้ Multiply เปลี่ยนหน่วยของแรงดันไฟฟ้าจาก V มาเป็น mV แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform chart หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของโปรแกรม While Loop จะควบคุมการทำงานของซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs. time เพิ่มความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าในช่วง 1200 Hz ถึง 7200 Hz สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



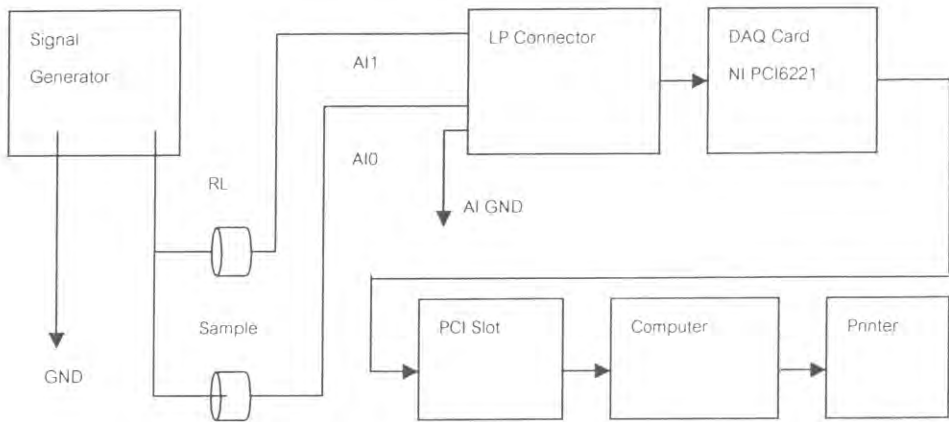
รูป 9.5.1 การจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับการทดสอบยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่านด้วย LabVIEW



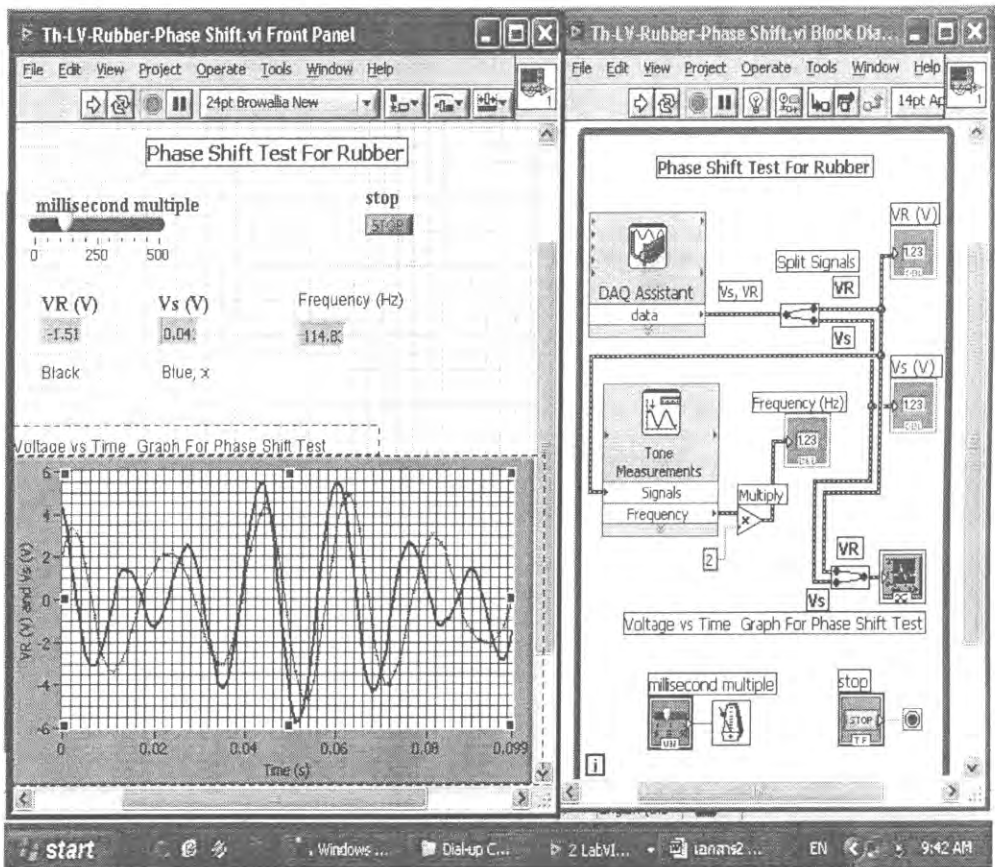
รูป 9.5.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่านด้วย LabVIEW

2) การประยุกต์ยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้ยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW แสดงดังรูป 9.5.3 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับประยุกต์ใช้ยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW แสดงดังรูป 9.5.4 สารตัวอย่างที่ใช้ คือ ยางธรรมชาติ กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลดที่มีความต้านทาน R_L และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_S แรงดันไฟฟ้าก่อนผ่าน V_R และแรงดันไฟฟ้าหลังผ่าน V_S จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_R และ V_S จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดัน V_R และ V_S จะมาที่ amplitude and Level Measurements เพื่อให้เห็นค่า Mean(DC) Split signal จะแยก V_R และ V_S ออกจากกัน แสดง V_R และ V_S ด้วย Numeric Indicator วัดความถี่ (f) ของแรงดันไฟฟ้าด้วย Tone Measurements หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของ While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆ กันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time (V_R vs. t และ V_S vs. t) ด้วย Numeric Indicator และ Waveform graph ปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าให้เป็น 114.8 Hz สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูป 9.5.3 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้ยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW

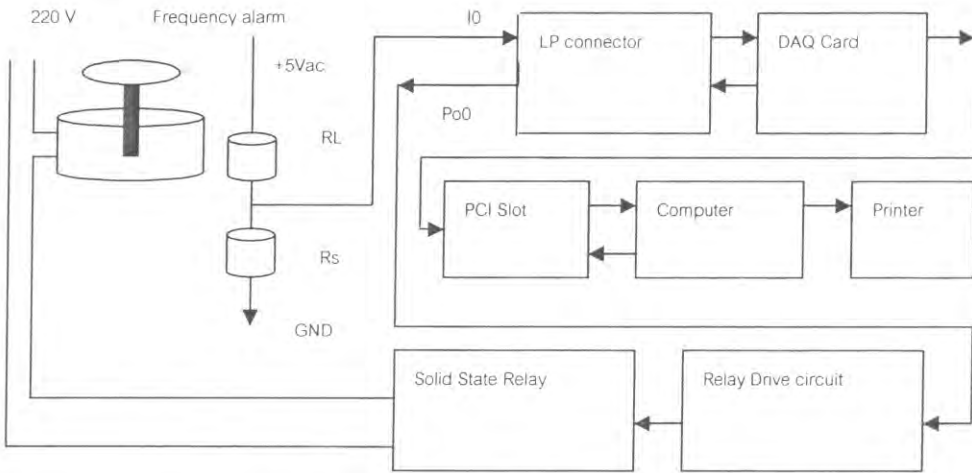


รูป 9.5.4 Front Panel และ Block diagram สำหรับประยุกต์ใช้ยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW

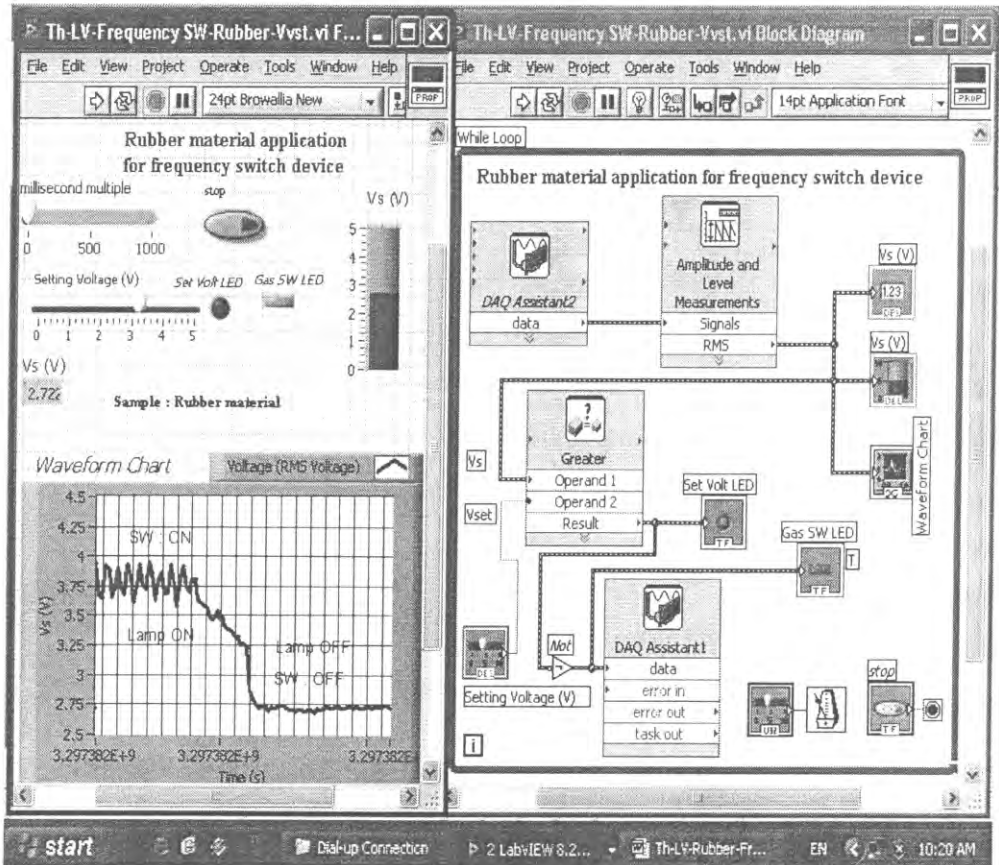
3) การประยุกต์ยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ความถี่ด้วย LabVIEW

การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ความถี่ด้วย LabVIEW แสดงดังรูป 9.5.5 Front Panel and Block diagram สำหรับการประยุกต์ยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ความถี่ด้วย LabVIEW แสดงดังรูป 9.5.6 สารตัวอย่างที่ใช้ คือ ยางธรรมชาติ ตัวต้านทานไหลดมีความ

ด้านทาน $RL = 1\text{ M}\Omega$ เครื่องมือได้รับการพัฒนาโดยใช้ LP connector, a DAQ data acquisition card, computer และ LabVIEW ที่ซื้อมาจาก National Instruments Corporation (<http://www.ni.com>) เมื่อโปรแกรมเริ่มต้น main menu ของ LabVIEW มาที่จอ ผู้ใช้จะสร้าง Front Panel and Block Diagram และทำการเซต properties ของ virtual devices และ virtual instruments หลักการทำงานเป็นโพลดิเล็กทรอนิกส์ต่ออนุกรมกับสารตัวอย่างในลักษณะเป็นตัวแบ่งแรงดัน (voltage divider) ตัวแบ่งแรงดันนี้ใช้ในการส่งแรงดันไปยังอินพุทของ LP connector และ DAQ card การคั่นทำหน้าที่ตรวจจับแรงดัน V_s กระแสไฟฟ้าจาก 5 V dc power supply จะไหลผ่าน load resistor (R_L) $2\text{ M}\Omega$ และสารตัวอย่าง (R_s) แรงดันตกคร่อม R_s มีค่า V_s ส่งแรงดัน V_s ไปเข้าที่ AI0 ของ LP connector, DAQ Card, PCI slot และ computer ตามลำดับ DAQ Assistant2 จะทำงานโดยการรับแรงดัน V_s จาก LP connector และส่งผ่าน DAQ Card เข้าไปใน computer ส่ง V_s ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้ได้ Mean (DC) สำหรับการทดสอบเป็นสวิตช์ความถี่ เริ่มที่ความถี่ต่ำ ส่งแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่าง (V_s) ไปเข้าที่ Operand 1 ของ Greater และส่ง setting voltage (Vset) ไปเข้าที่ Operand 2 ของ Greater แรงดัน (V_s) มีค่ามากกว่า setting voltage (Vset) ผลที่ได้ (0 V) จาก Greater ถูกส่งไปเข้าที่ Not gate Set Volt LED จะสว่าง Frequency alarm LED จะดับ แรงดันจาก Not gate ถูกส่งไปที่ DAQ Assistant1 DAQ Assistant1 จะควบคุมการส่ง 5 V ไปยัง relay drive circuit switch 3-5 จะปิด Solid state relay ไม่นำไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจากสายส่ง 220 V line ไม่สามารถไหลผ่าน Frequency alarm ในที่สุดก็มาถึงย่านความถี่สูง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่าง (V_s) ถูกส่งไปที่ Operand 1 ของ Greater และ setting voltage (Vset) ถูกส่งไปที่ Operand 2 ของ Greater แรงดัน (V_s) มีค่าน้อยกว่า setting voltage (Vset) ผลที่ได้ (5 V) จาก Greater ถูกส่งไปที่ Not gate Set Volt LED จะดับ Frequency alarm LED จะสว่าง แรงดันไฟฟ้าจาก Not gate ถูกส่งไปที่ DAQ Assistant1 DAQ Assistant1 จะควบคุมสำหรับการส่ง 0 V ไปยัง relay drive circuit switch 3-5 จะเปิด Solid state relay นำไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจากสายส่ง 220 V สามารถไหลผ่าน Frequency alarm การทำงานมีการซ้ำๆกัน สามารถควบคุม Frequency alarm เป็นผลสำเร็จ ยางธรรมชาติทำหน้าที่เป็น Frequency switch device แสดงค่าแรงดัน V_s ด้วย Numeric Indicator แสดงเส้นโค้ง voltage versus time (V_s vs. t) curve โดยใช้ Waveform Chart สั่ง run โปรแกรมเพื่อแสดงผล ใช้ Print Screen สำหรับการย้ายภาพของเส้นโค้ง V_s vs. t curve ลงบน working area ของ Microsoft word และบันทึกในรูปแบบของ text file บันทึก Front Panel and Block Diagram ใน computer และสั่งพิมพ์ด้วย Printer คอมพิวเตอร์จำควบคุมกระบวนการวัดทั้งหมด สิ่งนี้ถูกทำเพื่อควบคุมการทำหน้าที่เป็นสวิตช์ความถี่ของอุปกรณ์เตือนความถี่



รูป 9.5.5 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ยางธรรมชาติให้ทำหน้าที่
เป็นอุปกรณ์สวิตช์ความถี่ด้วย LabVIEW



รูป 9.5.6 Front Panel and Block diagram สำหรับการประยุกต์ยางธรรมชาติให้
ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ความถี่ด้วย LabVIEW

ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

1) อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความต่ำสูง

ผลการทดลองการทดสอบประยุกต์อย่างธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่านด้วย LabVIEW แสดงดังรูป 9.5.2 ถ้านำสารไปอยู่ในวงจรไฟฟ้าเมื่อปรับความถี่ของแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นในช่วง 1200 Hz ถึง 7200 Hz อิมพีแดนซ์ของยางลดลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมยางลดลง ดังนั้นยางจึงยอมให้แรงดันไฟฟ้าในย่านความถี่ต่ำผ่านไปได้ดี ยางจึงสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่ต่ำผ่านได้ การที่อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าลดลงในขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้นแสดงว่ายางแสดงสมบัติที่ขึ้นกับความถี่ อุปกรณ์ชนิดนี้มีความเกี่ยวข้องกับการแยกสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ต่างกัน 2 ย่านออกจากกัน เช่น การแยกสัญญาณเสียงกับภาพออกจากกันในโทรทัศน์ คือสัญญาณเสียงไปที่ลำโพงและสัญญาณภาพไปที่จอโทรทัศน์

2) อุปกรณ์เลื่อนเฟส

ผลการประยุกต์อย่างธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย Lab VIEW แสดงดังรูป 9.5.4 จากรูปเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าสลับที่มีความถี่ 114.8 Hz จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าผ่านตัวต้านทานโหลด RL และสารตัวอย่างที่เป็นยาง R_s แรงดันไฟฟ้าผ่านยางช้ากว่าผ่านตัวต้านทานโหลด ดังนั้นยางจึงสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟส อุปกรณ์นี้จะควบคุมให้แรงดันไฟฟ้าของเส้นทางหนึ่งผ่านไปช้ากว่าอีกเส้นทางหนึ่ง

3) อุปกรณ์สวิตช์ความถี่

ผลการทดลองให้ดูจาก Front Panel and Block diagram สำหรับการประยุกต์อย่างธรรมชาติให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ความถี่ด้วย LabVIEW ของรูป 9.5.6 จากรูปพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมยางมีค่าสูงเมื่อแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าอยู่ในย่านความถี่ต่ำ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมยางมีค่าต่ำเมื่อแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าอยู่ในย่านความถี่สูง ได้ตั้ง V_{set} (Setting voltage) เป็น 3.2 V ถ้าแรงดันตกคร่อมยาง (V_s) มีค่าน้อยกว่า V_{set} ที่ความถี่ต่ำ DAQ Assistant1 จะควบคุมการส่งแรงดันไฟฟ้า 5 V ไปยังวงจรขั้วรีเลย์ สวิตช์ 3-5 ของรีเลย์จะปิด โซลิดสเตทรีเลย์ไม่ทำงาน อุปกรณ์เลื่อนความถี่จะไม่ทำงาน แต่ถ้าแรงดันตกคร่อมยาง (V_s) มีค่าน้อยกว่า V_{set} ที่ความถี่สูง DAQ Assistant1 จะควบคุมการส่งแรงดันไฟฟ้า 0 V ไปยังวงจรขั้วรีเลย์ สวิตช์ 3-5 ของรีเลย์จะเปิด โซลิดสเตทรีเลย์จะทำงาน อุปกรณ์เลื่อนความถี่จะทำงาน ดังนั้นยางธรรมชาติจึงสามารถใช้งานเป็นอุปกรณ์สวิตช์ความถี่ (frequency switch device) ที่อุณหภูมิห้อง อุปกรณ์เลื่อนความถี่จะทำงานเมื่อยางธรรมชาติได้รับแรงดันไฟฟ้าในย่านความถี่สูง ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ปรับจะอยู่ในช่วง 1200 Hz ถึง 7200 Hz

สรุปผลการทดลอง

- 1) เมื่อเพิ่มความถี่ของแรงดันไฟฟ้าแก่ยางธรรมชาติสารพบว่าอิมพีแดนซ์ของสารมีค่าลดลง ความนำไฟฟ้าของยางมีค่าเพิ่มขึ้น ยางทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่ต่ำผ่าน
- 2) ยางธรรมชาติทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟส
- 3) ยางธรรมชาติทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ความถี่
- 4) ได้ควบคุมการทดลองโดยใช้โปรแกรม LabVIEW และ DAQ card ระบบการวัดนี้เป็นเครื่องมือเสมือน
- 5) การทดสอบที่ได้ทำตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2551 นี้ชี้บอกว่าเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนามีความเหมาะสมสำหรับการศึกษายางธรรมชาติที่อุณหภูมิห้อง ได้ทำการทดลองนี้ที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเทศไทย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Barney, George C. (1988). Intelligence Instrumentation : Microprocessor Applications in Measurement and Control. 2nd Edition, Prentice Hall, New York, 1-467 p.
- Forero, N. 2006. Development of a monitoring system for a PV solar plant, Energy Conversion and Management. Vol.47, No15-16, 2329-2336 p.
- <http://th.wikipedia.org/>
- http://www.electron.rmutphysics.com/science-news/index.php?Itemid=1&id=141&option=com_content&task=view
- Http:// www.ni.com. (1993-2001). LabVIEW[™] Basic I. Introduction Course Manual. National Instruments Corporation.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M. 1990. Electroceramics. Chapman & Hall, London, 1-464 p.

10. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์สาธิตวงจรลำ
ไฟฟ้า อุปกรณ์เลือกความถี่ อุปกรณ์สาธิตอิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์พริก
ซิมีตีความจุ

การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์สาธิตวงจรลำไฟฟ้า
อุปกรณ์เลือกความถี่และอุปกรณ์สาธิตอิเล็กทรอนิกส์

Applications of ferroelectric ceramics for the operation of electric hysteresis loop
demonstrative device for electrical hysteresis loop, frequency selection device
and electroelastic demonstrative device and capacitive proximity device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์¹ เยาวนุช มะธูระ² จุฑารัตน์ บัวมีกลิ่น² ศิรินพร แก้วเมฆา²
Thongchai Panmatarith¹ Yoawanoot Mathura² Jutharat Buameeklin² Sirinporn² Keawmeka²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากรสจัดตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการ
ประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP , การ์ด DAQ และ
แลปวิว ประยุกต์สารให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตวงจรลำไฟฟ้า อุปกรณ์เลือกความถี่และอุปกรณ์สาธิตอิเล็กทรอนิกส์

คำสำคัญ : วงจรลำไฟฟ้า อุปกรณ์เลือกความถี่ ปรากฏการณ์อิเล็กทรอนิกส์แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical
properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments
for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. These
samples can be used as electrical hysteresis loop demonstrative device, frequency selection device
and electroelastic demonstrative device.

Keyword : P-E hysteresis loop, frequency selection device, electroelastic effect , LabVIEW

รองศาสตราจารย์ ¹นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of
Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

Liqin Zhou (1992) ได้เตรียมตัวเก็บประจุแบบหลายชั้น $Sr_{0.7}Ba_{0.3}TiO_3$ แล้ววัดสภาพต้านทานไฟฟ้า
ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและตัวประกอบการสูญเสียที่สัมพันธ์กับความถี่ Shail Upadhyay (1997) ได้เตรียม $BaSnO_3$

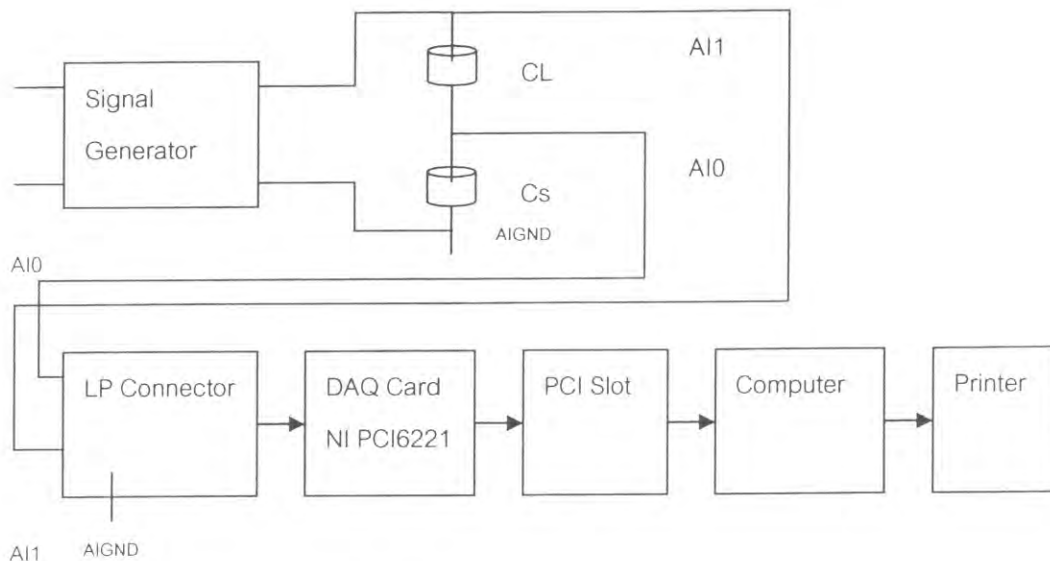
วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ความถี่และอุณหภูมิต่างๆสำหรับนำไปใช้ทำอุปกรณ์ไดอิเล็กตริก (dielectric device) มีผู้เตรียมสาร $(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{TiO}_3$ (BST75) เมื่อ $x=0.75$ วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกได้ $\epsilon_r=3.43$ และตัวประกอบการสูญเสียได้ $\tan\delta=0.08\%$ (1 kHz) และ 0.18% (1 GHz) แล้วประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ไมโครเวฟ (microwave device) (Alexandru, H. V., 2004) BaTiO_3 เป็นวัสดุเฟอร์โรอิเล็กตริกที่มีโครงสร้างแบบเพอโรฟสไกต์แสดงสมบัติไดอิเล็กตริกจะเป็นฟังก์ชันกับความถี่ (Benlahrache, M. T., 2006) มีผู้เตรียมฟิล์มบิสมาท์เหล็กออกไซด์โดยกระบวนการโซลเจล ตรวจสอบพลโดยการลีดเบนของรังสีเอกซ์ วัดวงรอบการล้าไฟฟ้า (electric hysteresis loop) สำหรับฟิล์มที่สนามไฟฟ้าที่ป้อน 108 kV/cm และได้ศึกษาค้นคว้าสมบัติไดอิเล็กตริก (dielectric property) และตัวประกอบการสูญเสีย (loss factor) เป็นฟังก์ชันของความถี่ (Hongri Liu, 2006) มีผู้สังเคราะห์เซรามิกส์มัลติเฟอร์โรอิคบิสมาท์แมงกานีสออกไซด์แบบเฟสเดียว ซึ่งบ่งลักษณะเชิงแม่เหล็กซึ่งบอกการเปลี่ยนแปลงเฟสเฟอร์โรอิเล็กตริกที่ 103 K แล้วศึกษาวงรอบการล้าที่แสดงโพลาริเซชันของเฟอร์โรอิเล็กตริกที่อุณหภูมิห้อง (Chi, Z. H., 2006)

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตวงรอบการล้าไฟฟ้า อุปกรณ์เลือกความถี่และอุปกรณ์สาธิตอิเล็กทรอนิกส์

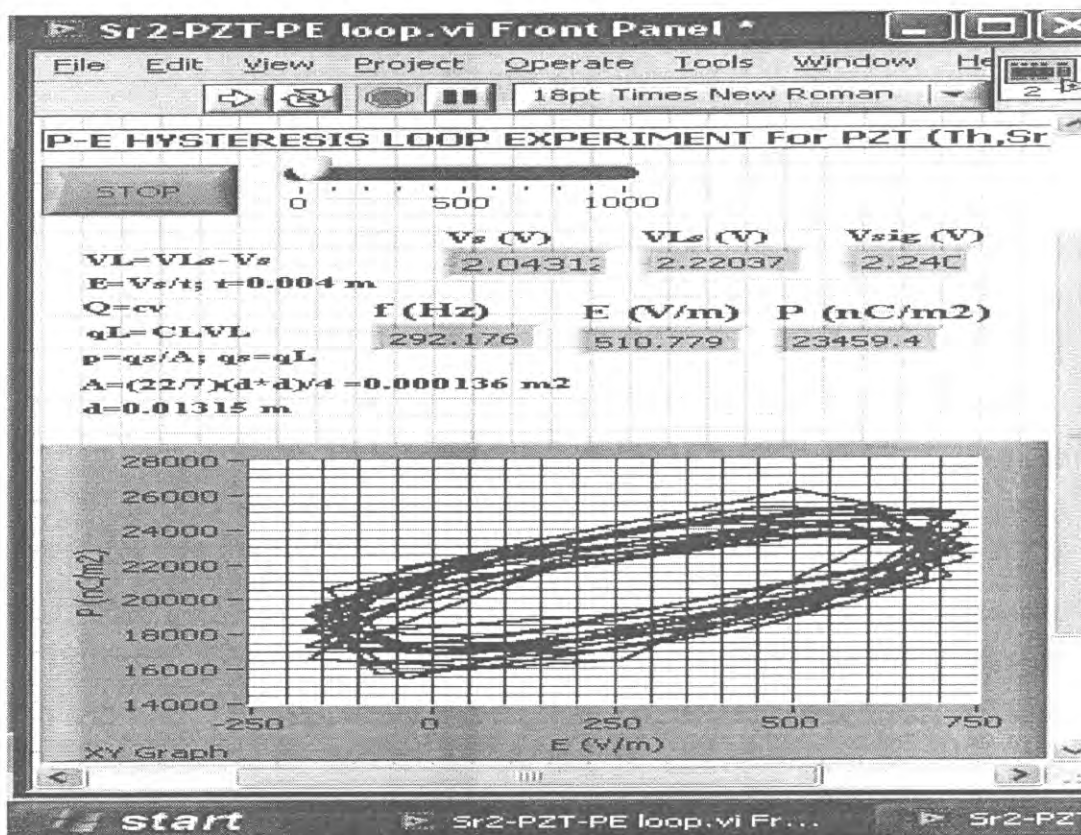
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

10.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตวงรอบการล้าไฟฟ้า

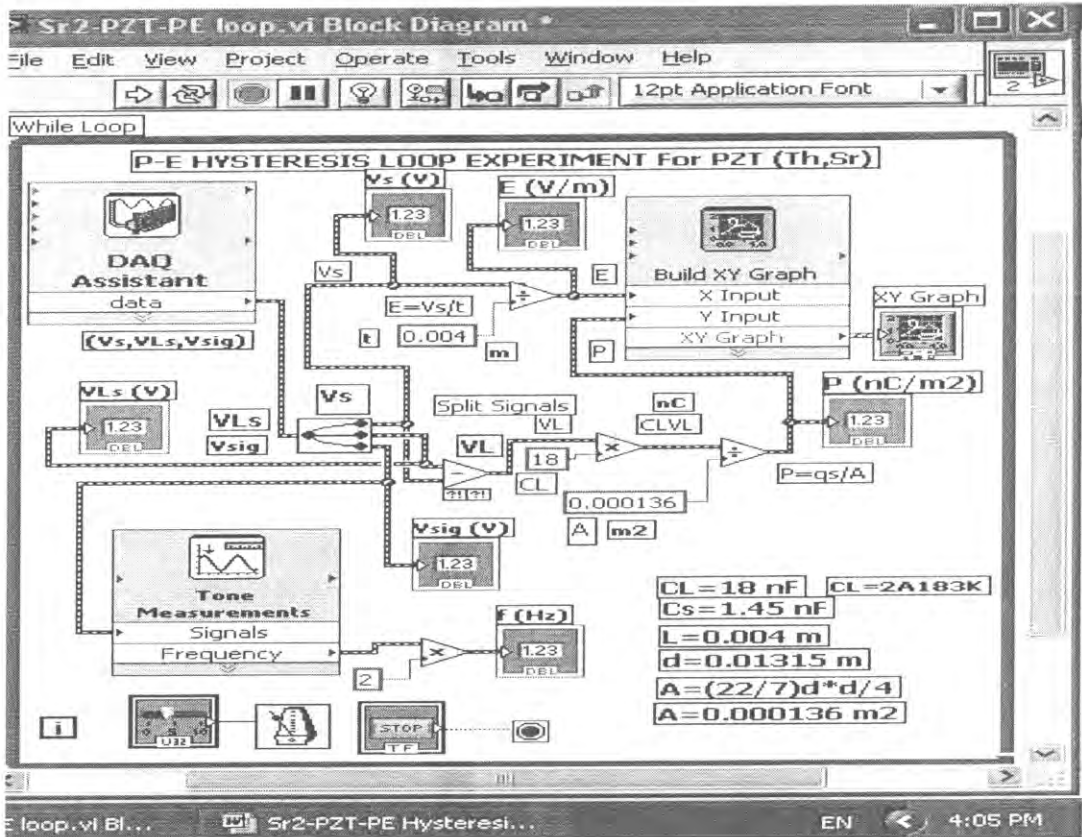
จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตวงรอบการล้าไฟฟ้า (P-E) ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 10.1.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบสาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตวงรอบการล้าไฟฟ้า (P-E) ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 10.1.2 แรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ามายังเข้าที่ตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ทราบค่า C_L และสารตัวอย่าง (PZT) ที่มีความจุ C_s มีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นเท่ากับ V_L และ V_s ตามลำดับ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม C_L และ C_s มีค่า V_{L_s} แรงดันไฟฟ้า V_s และ V_{L_s} จะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ และจะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant Split signal จะแยก V_s และ V_{L_s} ออกจากกัน คำนวณ $V_L = V_{L_s} - V_s$ สนามไฟฟ้าในสาร (E) มีค่า $E = V_s/t$ เมื่อ $E =$ สนามไฟฟ้าที่ไปปรากฏในสาร $t =$ ความหนาของสาร $V_L =$ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ C_L ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุที่ใช้มีค่า 18 nF ความจุไฟฟ้าของสารตัวอย่างที่วัดโดยตรงด้วยมัลติมิเตอร์มีค่า $C_s = 1.45\text{ nF}$ สารจะปล่อยประจุไฟฟ้า q_s ตัวเก็บประจุ C_L จะเก็บประจุไฟฟ้าไว้ ซึ่ง q_L คือประจุไฟฟ้าที่ถูกเก็บไว้ในตัวเก็บประจุ $q_L = C_L V_L$ โพลาริเซชัน (P) มีค่า $P = q_s/A = q_L/A = C_o V_L/A$ ปริมาณที่โปรแกรมจะวัด คือ โพลาริเซชัน (P) กับสนามไฟฟ้าภายในสาร (E) เขียนโปรแกรมให้คำนวณสนามไฟฟ้าภายในสาร (E) และ โพลาริเซชัน (P) แสดง E และ P ด้วย Numeric Indicator แสดงความสัมพันธ์ของ P vs E ด้วย Build XY Graph ใช้ Tone Measurements วัดความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ทดลอง หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของโปรแกรม While Loop จะควบคุมการทำงานของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ polarization vs electric field ปรึความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจนกระทั่งเห็นวงรอบการล้า สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 10.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาคอิตวงการล้าไฟฟ้า (P-E) ด้วย LabVIEW



(n) Front Panel

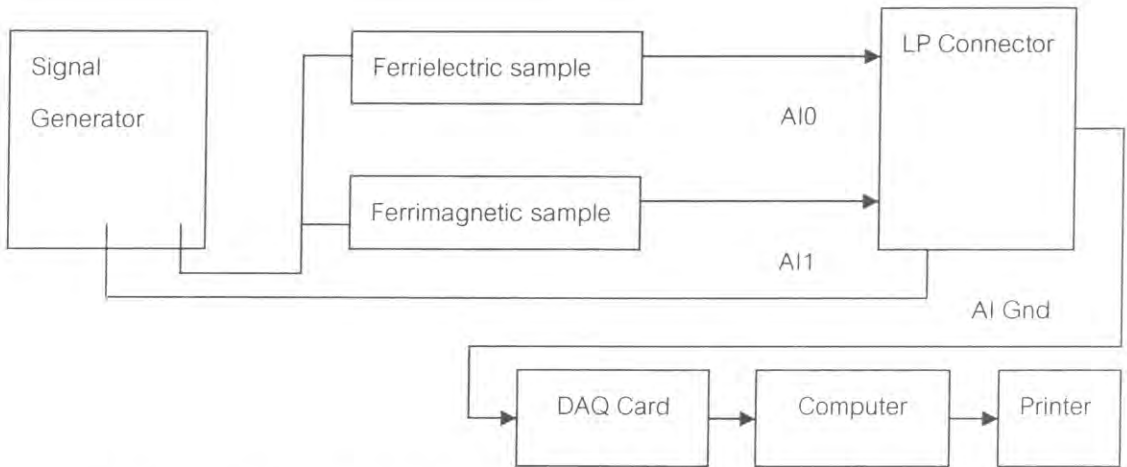


(ข) Block diagram

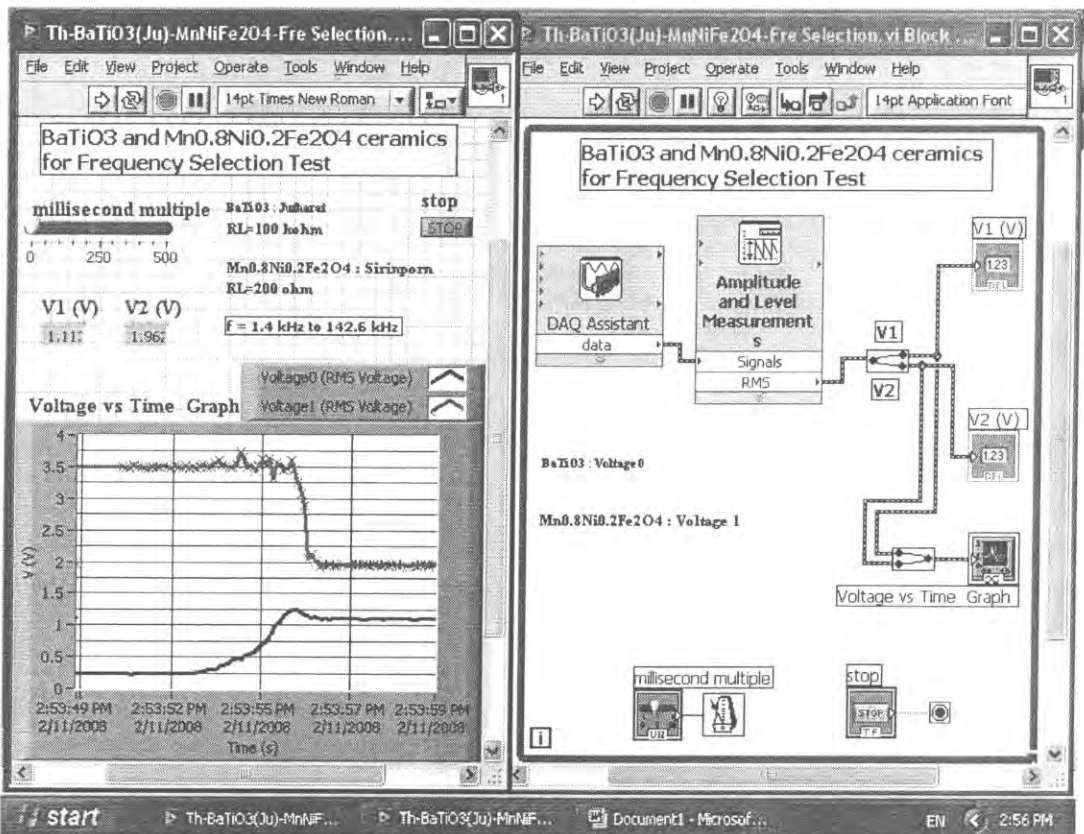
รูปที่ 10.1.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบสาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์สาริตวงการล้าไฟฟ้า (P-E) ด้วย LabVIEW

10.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร BaTiO_3 และ $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 10.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบสาร BaTiO_3 และ $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 10.2.2 จ่ายกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าให้ไหลผ่านสาร BaTiO_3 และขดลวดที่มี $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกน แล้วไปเข้า A10 และ A11 ของ LP Connector แรงดันไฟฟ้าที่เข้าที่ A10 และ A11 มีค่า V_1 และ V_2 ตามลำดับ V_1 และ V_2 จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant V_1 และ V_2 จะมาที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ Split signal จะแยก V_1 และ V_2 ออกจากกัน แสดงแรงดัน V_1 และ V_2 ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของ While Loop จะควบคุมการทำงานของซ้ำๆ กันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time ปรับความถี่ของเครื่องกำเนิด สัญญาณไฟฟ้าไปทางด้านความถี่สูงและไปทางด้านความถี่ต่ำเพื่อศึกษาการเลือกความถี่ของแรงดันไฟฟ้า ช่วงความถี่ที่ใช้ในการทดลองอยู่ในย่าน 1.4 kHz – 142.2 kHz สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 10.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร BaTiO_3 และ $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ด้วย LabVIEW

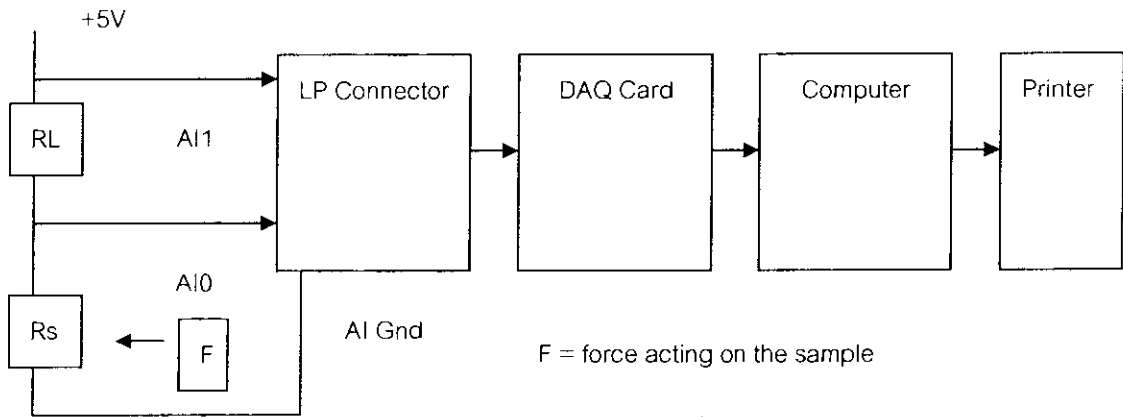


รูปที่ 10.2.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบสาร BaTiO_3 และ $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ด้วย LabVIEW

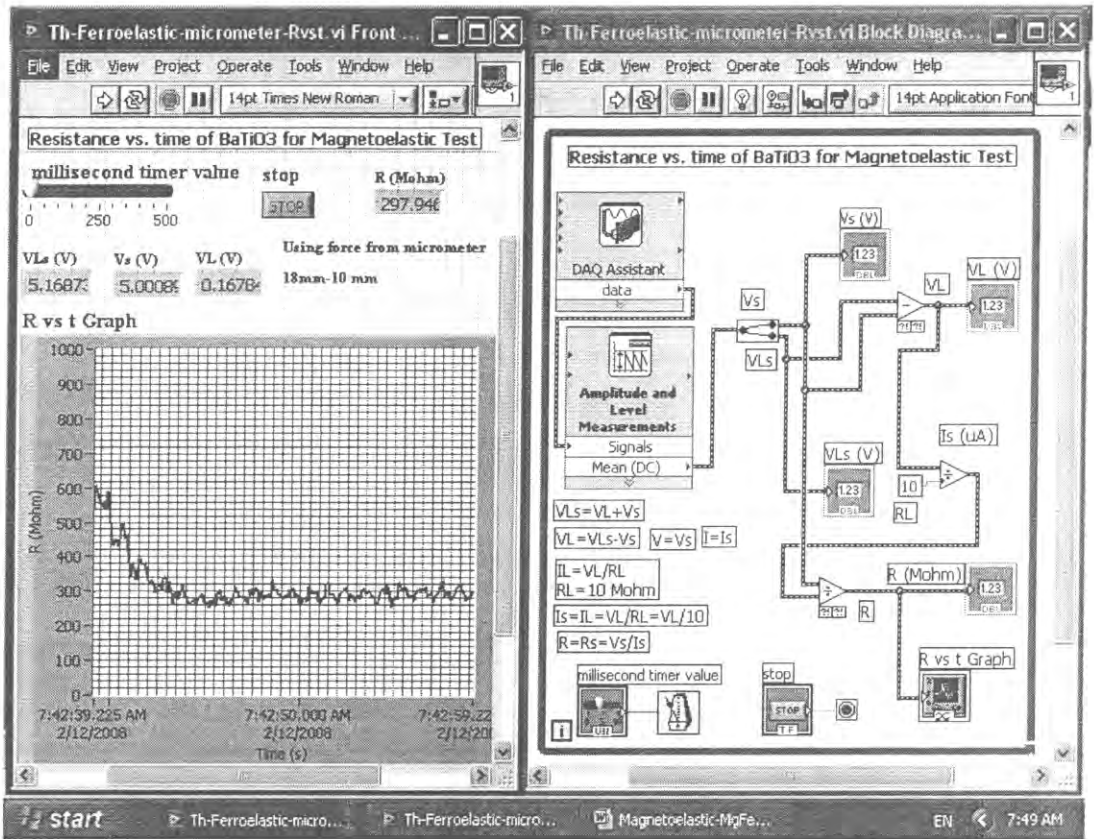
10.3 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตติเล็กโตรอิลาสติก

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร BaTiO_3 ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตติเล็กโตรอิลาสติกด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 10.3.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบสาร BaTiO_3 ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตติเล็กโตรอิลาสติกด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 10.3.2 สารที่ใช้ทดลอง คือ BaTiO_3

กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $10\text{ M}\Omega$ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ R_s+R_L มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Mean (DC) Split signal จะแยก V_s และ V_{Ls} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L=V_{Ls}-V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L=V_L/R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s=I_L$ คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R=V_s/I_s$ แสดงความต้านทาน (R) ด้วย Numeric Indicator หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของ While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ resistance vs time หมุนไมโครมิเตอร์ให้ขิดเลื่อนจาก 18 mm ถึง 10 mm เพื่อให้เกิดแรงกดอัดสาร สังเกตการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานไฟฟ้า (R) ในขณะที่สารได้รับแรงกดอัด สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 12.1 การเตรียมการทดสอบสาร BaTiO_3 ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตีเล็กโตรอิลาสติก ด้วย LabVIEW



รูปที่ 12.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบสาร BaTiO₃ ให้ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์สาธิตอิเล็กทรอนิกส์ด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์สาธิตวงจรลำไฟฟ้า

สาร PZT แสดงวงรอบการลำโพงลาไรเซชัน-สนามไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 10.1.2 จากรูปพบว่าเมื่อเพิ่มสนามไฟฟ้าที่ป้อนให้สาร โพลาริเซชันจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อลดสนามไฟฟ้าที่ป้อนให้สาร โพลาริเซชันจะมีค่าลดลง การที่เส้นโค้งโพลาริเซชัน-สนามไฟฟ้าของสาร PZT ในช่วงสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้นและช่วงสนามไฟฟ้าลดลง ไม่ทับกันเป็นการแสดงว่ามีโพลาริเซชันส่วนหนึ่งค้างในสาร เส้นกราฟที่ได้ คือ วงรอบการลำโพงลาไรเซชัน-สนามไฟฟ้า วงรอบการลำนี้ เป็นสิ่งยืนยันให้เห็นว่าสารมีลักษณะเป็นเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริก

2) อุปกรณ์เลือกความถี่

ผลการทดสอบสาร BaTiO₃ และ Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe₂O₄ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 10.2.2 สารเฟอร์โรอิเล็กตริกทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์การกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน (high pass filter) ขดลวดที่มีสารเฟอร์ริแมกเนติกเป็นแกนทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์การกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่าน (low pass filter) เมื่อพิจารณารูปของ V vs. t ทางด้านความถี่สูงและทางด้านความถี่ต่ำสำหรับการประยุกต์ เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริกและเซรามิกส์เฟอร์ริแมกเนติกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แยกความถี่ของแรงดันไฟฟ้า สำหรับลำโพงเสียงแหลมและลำโพงเสียงทุ้มพบว่าสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ของแรงดันไฟฟ้าได้

3) อุปกรณ์สาธิตอิเล็กทรอนิกส์

ผลการทดสอบสาร BaTiO₃ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตอิเล็กทรอนิกส์ด้วย LabVIEW แสดง

ดังรูปที่ 12.2 เมื่อหมุนไมโครมิเตอร์ให้ขีดเลื่อนจาก 18 mm ถึง 10 mm เพื่อให้เกิดแรงกดอัดสาร พบว่าความต้านทานไฟฟ้า (R) เกิดการเปลี่ยนแปลงจาก 600 M Ω ไปเป็น 280 M Ω ซึ่งเป็นผลของการเกิดปรากฏการณ์เพอร์โรอิเล็กทริกของเพอร์โรอิเล็กทริกของเซรามิกส์ ถ้าแรงกดอัดสารมากขึ้น ความต้านทานไฟฟ้าจะลดลง การศึกษาเรื่อง "ปรากฏการณ์เพอร์โรอิเล็กทริก" จะเป็นพื้นฐานนำไปใช้ศึกษาเรื่อง "วัสดุฉลาด"

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร PZT แสดงวงรอบการล้าโพลาริเซชัน-สนามไฟฟ้าซึ่งแสดงสมบัติเพอร์โรอิเล็กทริก
- 2) สาร BaTiO₃ และ Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe₂O₄ แสดงสมบัติที่ขึ้นกับความถี่และสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ของแรงดันไฟฟ้า
- 3) สาร BaTiO₃ สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตอิเล็กทรอนิกส์
- 4) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วยโปรแกรม LabVIEW และ DAQ card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Alexandru, H. V., 2004, Oxides ferroelectrics (Ba,Sr)TiO₃ for microwave devices, Materials Science and Engineering B, 109(1-3): 152-159.
- Benlahrache, M. T., 2006, Influence of polarization electric field on the dielectric properties of BaTiO₃-based ceramics, Materials Science in Semiconductor Processing, 9(6): 1115-1118.
- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Chi, Z. H., 2006, Room-temperature ferroelectric polarization in multiferroic BiMnO₃, Journal of Magnetism and Magnetic Materials.
- Hongri Liu, 2006, Ferroelectric properties of BiFeO₃ films grown by sol-gel process, Thin Solid Films, 500(1-2) 105-109.
- Liqin Zhou. 1992. Sr_{0.7}Ba_{0.3}TiO₃-based multilayer boundary-layer capacitors. J. Mater. Sci. Lett., 11, 1134-1136.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Shail Upadhyay. 1997. Preparation and characterization of barium stannate BaSnO₃. J. Mater. Sci. Lett., 16, 1330-1332.

10.4 การให้แลปวิวทำหน้าที่ทดสอบสวิตช์พอร์ออกซิมีตีความจุ
บทความ การทดสอบห้วงวัดความลึกด้วยโปรแกรมแลปวิว
ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

M.Sc. (Solid State Physics), Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory,

Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.

Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

ได้ทดสอบห้วงวัดความลึกด้วยโปรแกรมแลปวิว

Abstract

Depth sensor was tested with LabVIEW Program

Key words : depth sensor

คำนำ

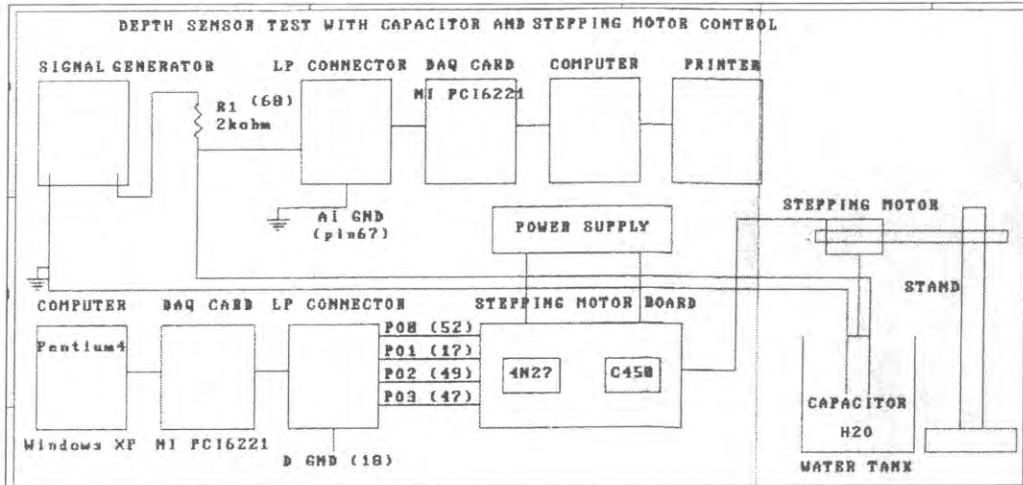
เมื่อนำแผ่นโลหะสองแผ่นวางขนานกันโดยมีวัสดุฉนวนวางคั่นกลาง เมื่อต่อขั้วไฟฟ้าออกจากแผ่นโลหะ ก็จะได้ตัวเก็บประจุไฟฟ้า ค่าของความจุไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากสูตร $C=KA/L$ เมื่อ K เป็นค่าคงตัวสำหรับสารที่มามีวางคั่นกลาง A เป็นพื้นที่ผิวของแผ่นโลหะ L เป็นระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะ การให้ค่าความจุแปรค่าสามารถทำได้หลายวิธี เช่น เมื่อสารไดอิเล็กตริกเปลี่ยน พื้นที่ของแผ่นเปลี่ยนหรือระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะเปลี่ยน ความจุ C ก็จะเปลี่ยน เมื่อใช้แรงดันไฟฟ้าความถี่สูง อิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่แสดงดังสมการ $Z=1/2\pi fC$ วงจรที่ใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่าความจุที่ความถี่สูงทำได้โดยอาศัยการให้ตัวเก็บประจุเป็นตัวควบคุมความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ความถี่วิทยุ เมื่อค่าความจุเปลี่ยน ความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์จะเปลี่ยน การดีเทคจะใช้วงจรดีเทคเตอร์การเปลี่ยนแปลงความถี่เหมือนกับวงจรดีเทคเตอร์ในเครื่องรับวิทยุ FM วิธีการนี้สามารถนำไปใช้ในการวัดระดับของของเหลวและวัดความชื้นของเมล็ดพืช

วิธีการทดลอง

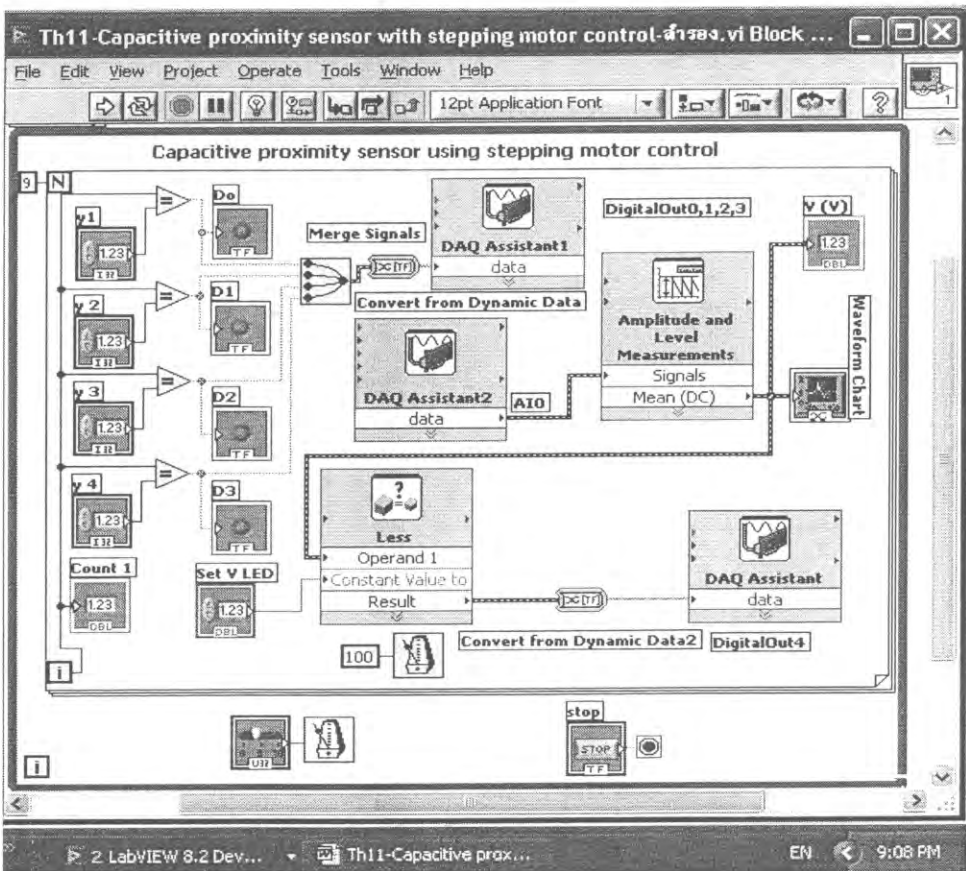
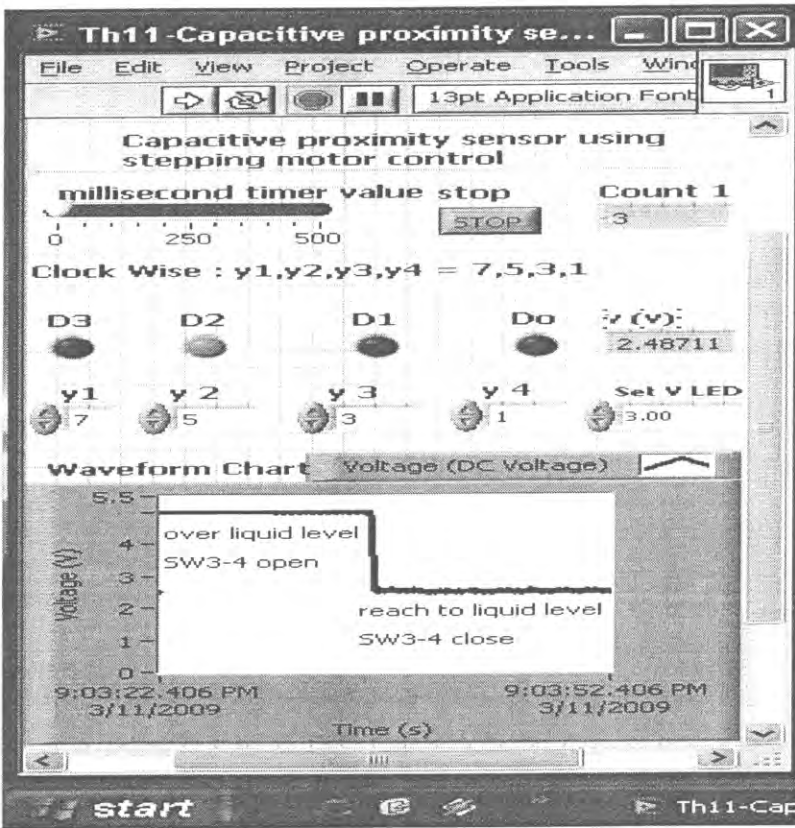
จัดวงจรดังรูปที่ 10.4.1 คอมพิวเตอร์ส่งแรงดันไฟฟ้าผ่าน DAQ card และ LP connector โดยออกทาง PO0, PO1, PO2 และ PO3 แล้วมายังบอร์ดขับมอเตอร์สเตปป์ (stepping motor board) เพื่อให้มอเตอร์นี้เลื่อนตำแหน่งของตัวเก็บประจุไฟฟ้า เครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านความต้านทาน $2\text{ k}\Omega$ และตัวเก็บประจุไฟฟ้าทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุไฟฟ้าเท่ากับ V ให้แรงดันไฟฟ้า V เข้า AIO ของ LP connector ผ่าน DAQ Card (PCI 6221) เข้าไปในคอมพิวเตอร์ ให้คอมพิวเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับเวลา (V vs. t) Front Panel และ Block Diagram แสดงดังรูปที่ 10.4.2 DAQ Assistant2 จัดการเกี่ยวกับการส่งแรงดันไฟฟ้าผ่าน DAQ card และ LP connector โดยออกทาง PO0, PO1, PO2 และ PO3 แล้วมายังบอร์ดขับมอเตอร์สเตปป์ (stepping motor board) เพื่อให้มอเตอร์นี้เลื่อนตำแหน่งของตัวเก็บประจุไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านความต้านทาน $2\text{ k}\Omega$ และตัวเก็บประจุไฟฟ้าทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุไฟฟ้าเท่ากับ V DAQ Assistant1 จัดการเกี่ยวกับการให้แรงดันไฟฟ้า V เข้า AIO ของ LP connector ผ่าน DAQ Card (PCI 6221) เข้าไปในคอมพิวเตอร์ ส่งค่า V ไปที่ Amplitude and Level

Measurements ทำหน้าที่จัดปริมาณการวัดเป็นแบบ Rms แล้วแสดงค่า V นี้ด้วย Numeric Indicator ให้คอมพิวเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับเวลา (V vs. t) ด้วย Waveform Graph Millisecond Multiple เป็นเวลาหน่วย For Loop ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานที่ซ้ำๆกัน ใช้ While Loop อยู่ข้างนอกอีกชั้น Stop Button เป็น numeric control ทำหน้าที่เปิดปิดสวิตช์ สั่ง RUN เพื่อแสดงผลทั้งหมด สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ออกทาง Printer



รูปที่ 10.4.1 การทดสอบหัววัดความลึก



รูปที่ 10.4.2 Front Panel และ Block Diagram สำหรับการทดสอบหัววัดความลึก

ผลการทดลอง

ผลการทดสอบห้วงวัดความลึกแสดงดังรูปที่ 10.4.2

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบห้วงวัดความลึกจะนำไปใช้วัดตำแหน่งของห้วงวัดในการทดลองเรื่องอื่นๆ

สรุปผลการทดลอง

ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย LabVIEW สามารถแสดงผลการทดสอบห้วงวัดความลึก

เอกสารอ้างอิง

เย็น ภู่วรรณ, 2534, อิเลคทรอนิกส์อุตสาหกรรม บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

[Http:// www.ni.com](http://www.ni.com), LabVIEW™ Basic I. Introduction Course Manual,

National Instruments Corporation, 1993-2001.

11. การประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์สาริตการวัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) หัววัดการสั่น หัววัดความดัน อุปกรณ์สาริตการส่งและการรับคลื่นน้ำ อุปกรณ์สาริตไพโรอิเล็กทริกและการทดสอบอุปกรณ์อุลตราโซนิคส์

การประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) หัววัดการสั่น หัววัดความดัน อุปกรณ์สาริตการส่งและการรับคลื่นน้ำและอุปกรณ์สาริตไพโรอิเล็กทริก

Applications of commercial piezoelectric device for the operation of charge coefficient (d_{33}) demonstrative device, vibration sensor, pressure sensor, transmitting and receiving water wave demonstrative device and pyroelectric demonstrative device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์¹

ศิรินพร แก้วเมฆา²

Thongchai Panmatarith¹

Sirinpom Keawmeka²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการหาการประยุกต์ใช้งานของอุปกรณ์ PZT เชิงการค้า ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยหัวต่อ LP , การ์ด DAQ และแลปวิว ค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) ที่วัดได้มีค่า 0.53382 nC/N อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าที่สามารถประยุกต์ใช้เป็นโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบตรง ได้แก่ หัววัดการสั่น และ หัววัดความดัน อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าสามารถประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตการส่งและการรับคลื่นน้ำ การส่งคลื่นทำงานโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบอ้อมและการรับคลื่นทำงานโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบตรง (direct effect) ของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก ได้นำไปใช้ในการประยุกต์ อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตไพโรอิเล็กทริก

คำสำคัญ : อุปกรณ์สาริตการวัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) อุปกรณ์กรองคลื่น หัววัดความดันเป็นพัลส์ อุปกรณ์สาริตการส่งและการรับคลื่นน้ำ อุปกรณ์สาริตไพโรอิเล็กทริก แลปวิว

Abstract

This project involved the determination of application of the PZT sample. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. The measured charge coefficient (d_{33}) was 0.53382 nC/N. Commercial piezoelectric device which can be applied by direct effect were vibration sensor and pressure sensor. Commercial piezoelectric device can be use as transmitting and receiving water wave demonstrative device. Wave transmission involved indirect effect and wave receiving involved direct effect of piezoelectric ceramics. Commercial piezoelectric device can be use as pyroelectric demonstrative device.

Keyword : charge coefficient (d_{33}) demonstrative device, pyroelectric demonstrative device, vibration sensor, transmitting and receiving water wave demonstrative device , pressure sensor , LabVIEW

รองศาสตราจารย์ วัณการศึกษาพิสิทธ์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of
Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

ก) เซรามิกส์เพียโซอิเล็กตริก

R.P. Tandon (1992) ได้เตรียมวัสดุผสมระหว่าง $PbTiO_3 + 0.01Nb_2O_5$ กับ Araldite ทำขั้วไฟฟ้าด้วย
กาวเงิน ทำการโพลิง ($BE=50$ kV/cm) วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก วัดค่า d_{33} ใช้ high potential breakdown
tester วัดความแข็งแรงการเบรคดาวนไดอิเล็กตริก ทดสอบเป็นไฮโดรโฟน R.P. Tandon (1993) ได้เตรียม
 $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$ ที่ผสมกับ commercial chloroprene rubber ทำขั้ว ทำการโพลิง วัด acoustic sensitivity ที่
สัมพันธ์กับ frequency N. Iwasawa (1993) ได้เตรียมซีเพียโซอิเล็กตริก (PZT powder+30 wt % epoxy
solution) ทำโพลิง (200 kV/cm) วัด charge vs frequency ทดสอบเป็นหัววัดการสั่น มีผู้เตรียมอุปกรณ์ที่
แคดที่ (PZT device) ทดสอบให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดความดัน (pressure sensor) โดยการวัดแรงดันไฟฟ้าเป็น
ฟังก์ชันของความดัน (Juhyun Yoo, 2005) มีผู้ทดลองจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้อุปกรณ์ PZT ตัวส่ง เกิดคลื่นอุลตราโซ
นิกส์ (UV wave) คลื่น UV นี้เข้าชานอุปกรณ์ PZT ตัวรับมีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้น แสดงแรงดันไฟฟ้าทั้งสองด้วย
ออสซิลโลสโคป (Naboru Ichinose, 2004)

ข) เซรามิกส์ไพโรอิเล็กตริก

H.D. Sharma (1995) ได้ศึกษา gadolinium-doped PZT โดยการวัดสัมประสิทธิ์ไพโรอิเล็กตริก พบว่า
สัมประสิทธิ์นี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ยุณหภูมิเพิ่มขึ้น Kanchan Guar (1996) ได้เตรียมสาร $HoCrO_3$, $DyCrO_3$,
 $ErCrO_3$ แล้ววัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก โพลาริเซชันที่เกิดขึ้นเองและสัมประสิทธิ์ไพโรอิเล็กตริกที่อุณหภูมิต่างๆ

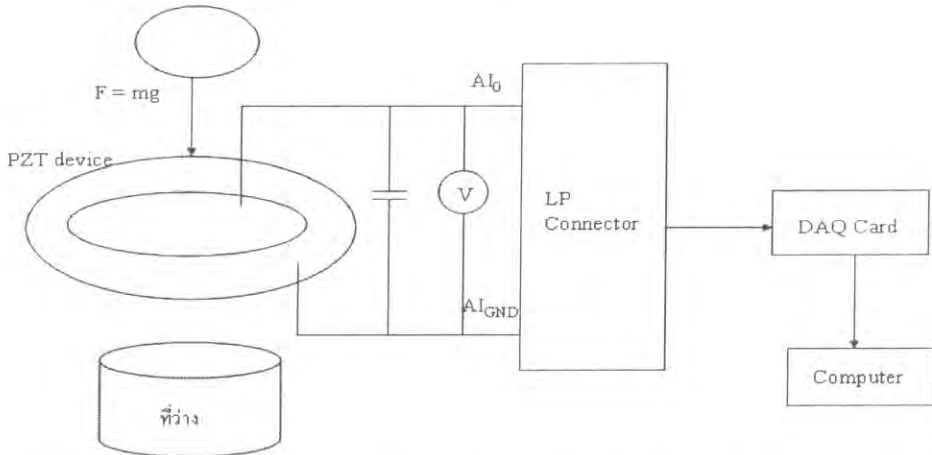
บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เซรามิกส์เพียโซอิเล็กตริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่า
สัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) หัววัดการสั่น หัววัดความดัน อุปกรณ์สาริตการส่งและการรับคลื่นน้ำและอุปกรณ์สาริต
ไพโรอิเล็กตริก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

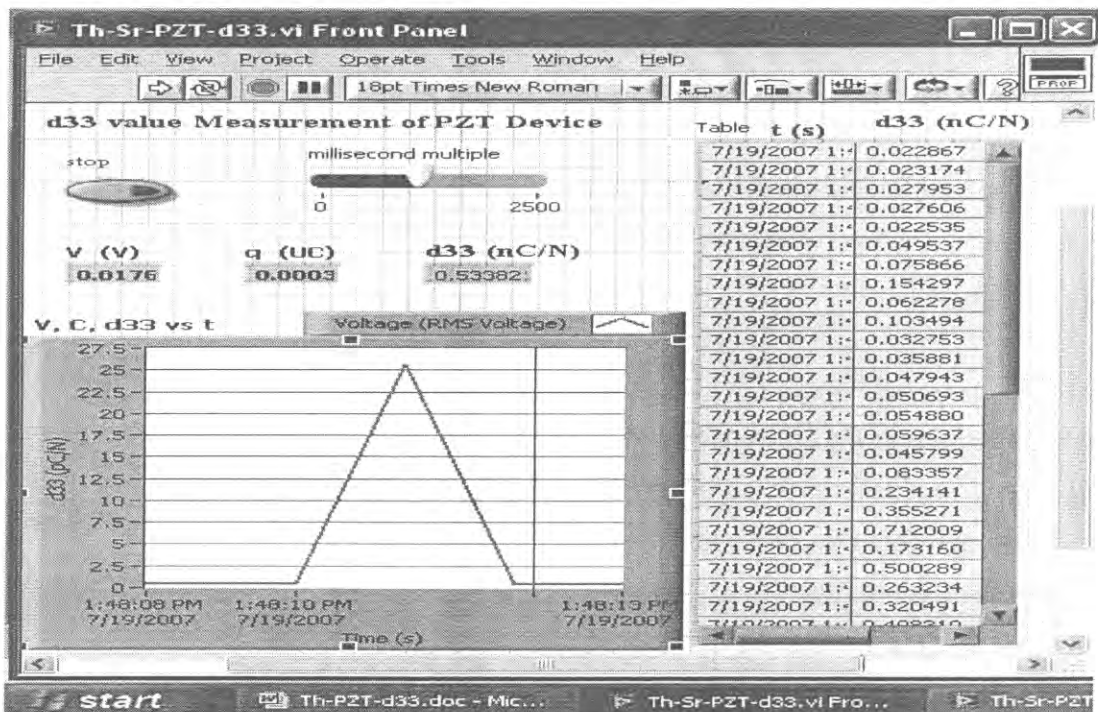
11.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33})

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์เพียโซอิเล็กตริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัด
ค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.1.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการ
การทดสอบอุปกรณ์เพียโซอิเล็กตริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) ด้วย
LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.1.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ อุปกรณ์เพียโซอิเล็กตริกเชิงการค้า ปลอยลูกเหล็กที่
มีมวล m น้ำหนัก mg ให้เคลื่อนที่ไปชนอุปกรณ์ PZT อุปกรณ์ซึ่งเป็นสารเพียโซอิเล็กตริกจะปลอยประจุไฟฟ้า q
ออกมา ตัวเก็บประจุ C จะเก็บประจุนี้ไว้จะมีความต่างศักย์เกิดขึ้นที่ขาทั้งสองเท่ากับ V การเคลื่อนที่ของประจุ
จะเคลื่อนที่ตรงข้ามไปมา (แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ) คำนวณประจุไฟฟ้า q จาก $q = CV$ และน้ำหนัก mg ทำให้
เกิดแรงชน F เมื่อ $F = mg$ ค่าสัมประสิทธิ์ประจุหรือสัมประสิทธิ์เพียโซอิเล็กตริก (d_{33}) สามารถคำนวณได้จาก
สูตร $d_{33} = q/F$ เมื่อแทนค่าก็จะได้ $d_{33} = q/F = CV/mg$ ตัวเก็บประจุมีความจุ 18nF แรงดัน V จะมาเข้าที่ A10
ของ LP Connector ผ่าน DAQ Card เข้า Computer โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V ไปที่

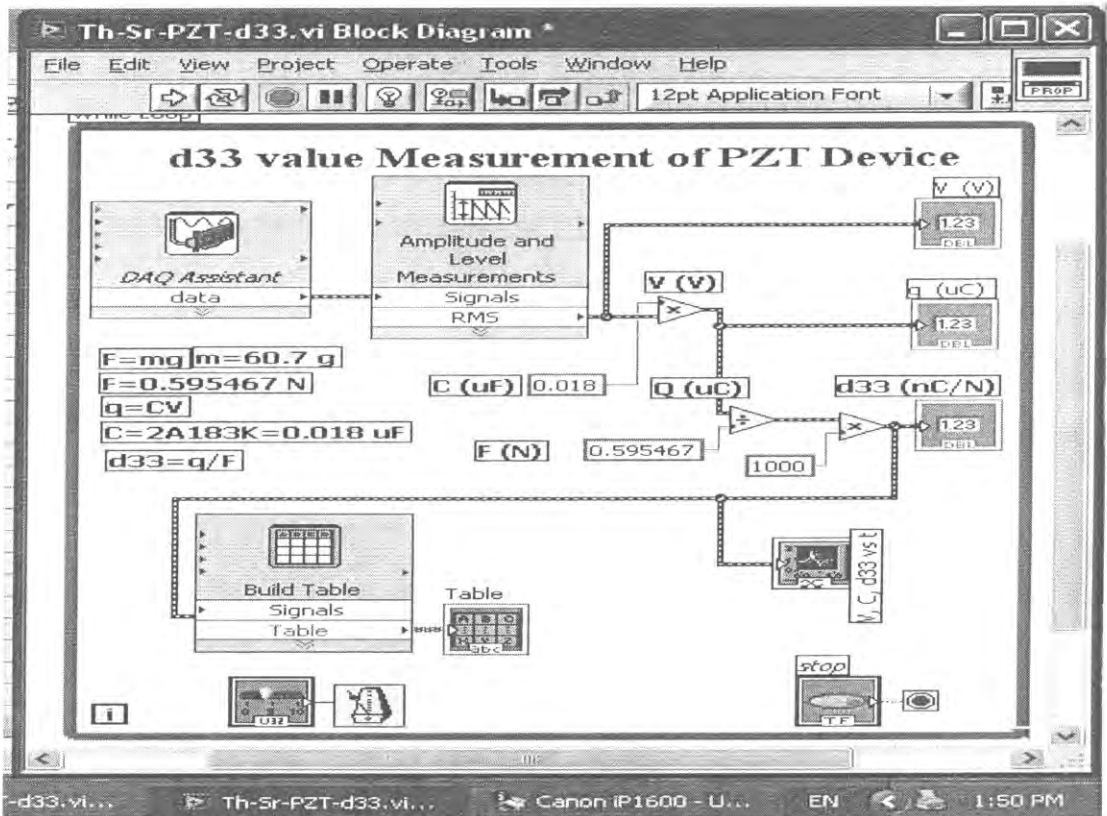
Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ เขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์คำนวณค่า d_{33} ใช้ Build Table และ Waveform Graph แสดงค่า d_{33} หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆ กันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม แล้วใช้แรงกระทำต่อสารเพื่อแสดงค่า d_{33} ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 11.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการดัดให้ทำหน้าที่เป็นให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) ด้วย LabVIEW



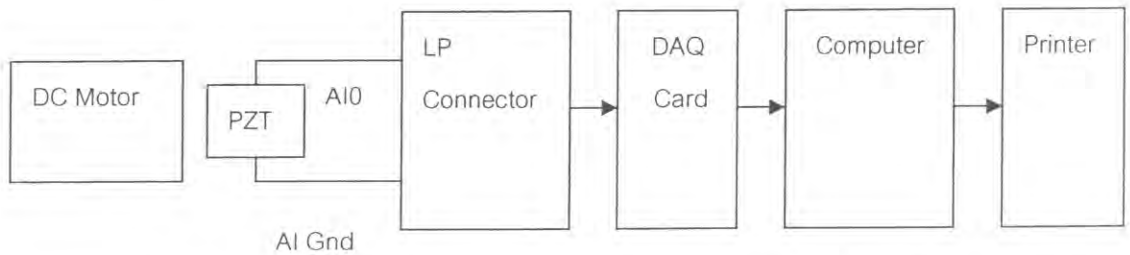
n) Front Panel



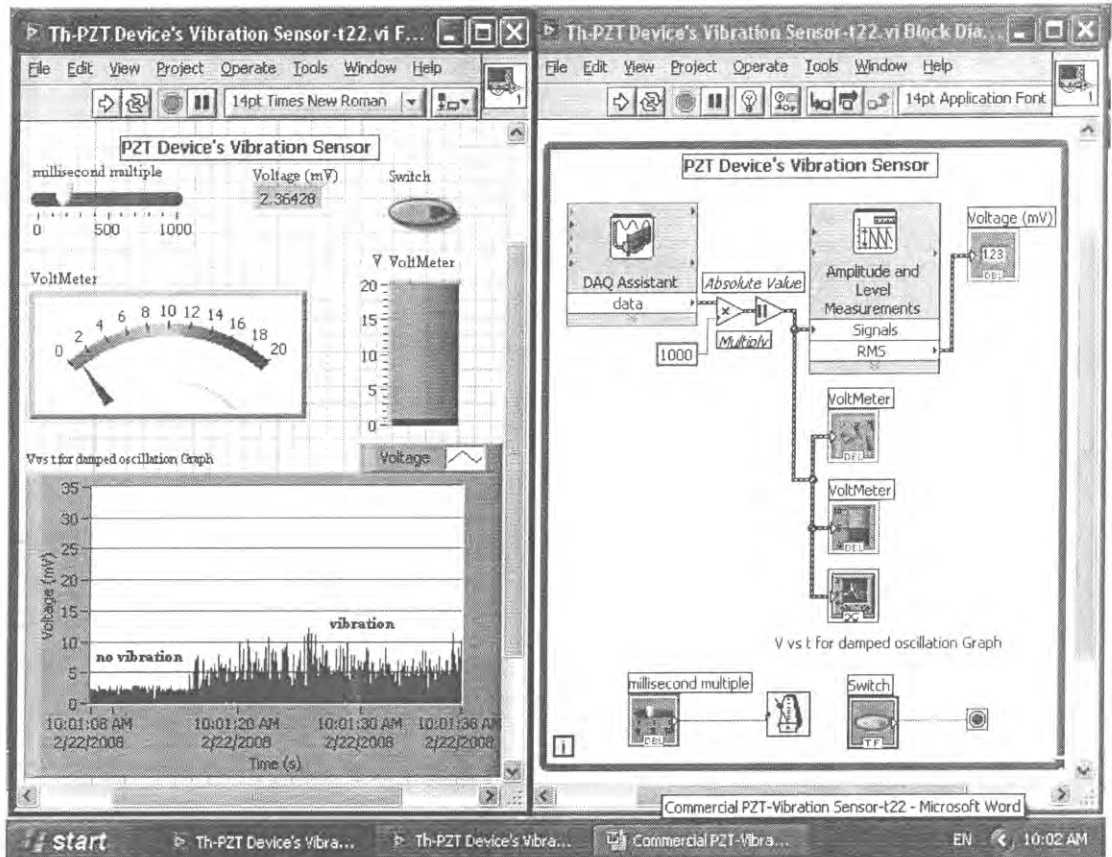
ข) Block diagram

รูปที่ 11.1.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้า ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) ด้วย LabVIEW

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดการสั่นด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดการสั่นด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.2.2 จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมาเข้าที่มอเตอร์ไฟฟ้า นำอุปกรณ์ PZT วางบนมอเตอร์ที่กำลังสั่นอยู่ เกิดการแปลงแรงสั่นเชิงกลเป็นแรงดันไฟฟ้า (V) แรงดันไฟฟ้า V จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ของ LP connector ผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ใช้ Multiplier x1000 เพื่อเปลี่ยนแรงดันจากหน่วย V มาเป็น mV ใช้ Absolute Value เพื่อเลือกใช้แรงดันไฟฟ้าเฉพาะค่าบวก แรงดัน V มาเข้าที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า V(rms) แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่งรัน Program เพื่อแสดงกราฟ voltage vs. time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 11.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการคำนวณให้ทำหน้าที่เป็น
หัววัดการสั่นด้วย LabVIEW

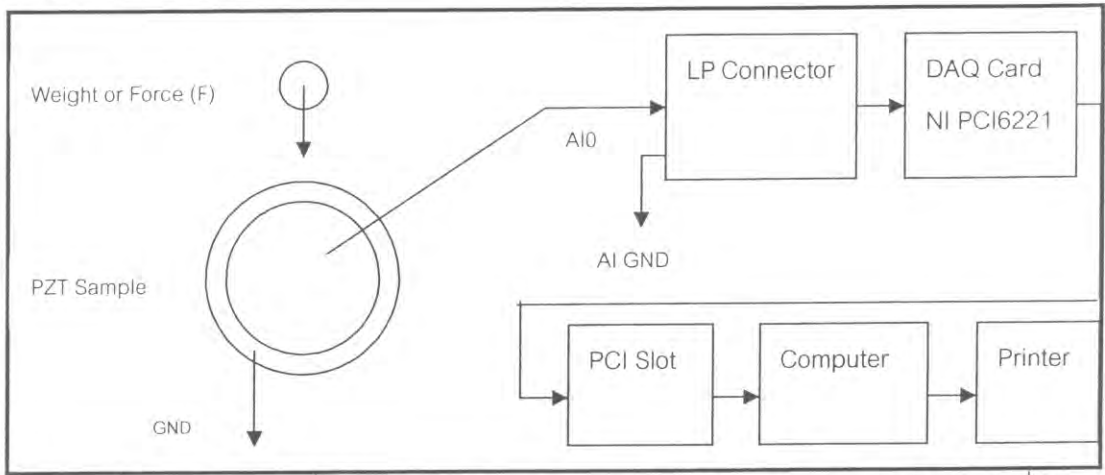


รูปที่ 11.2.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการคำนวณ
ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดการสั่นด้วย LabVIEW

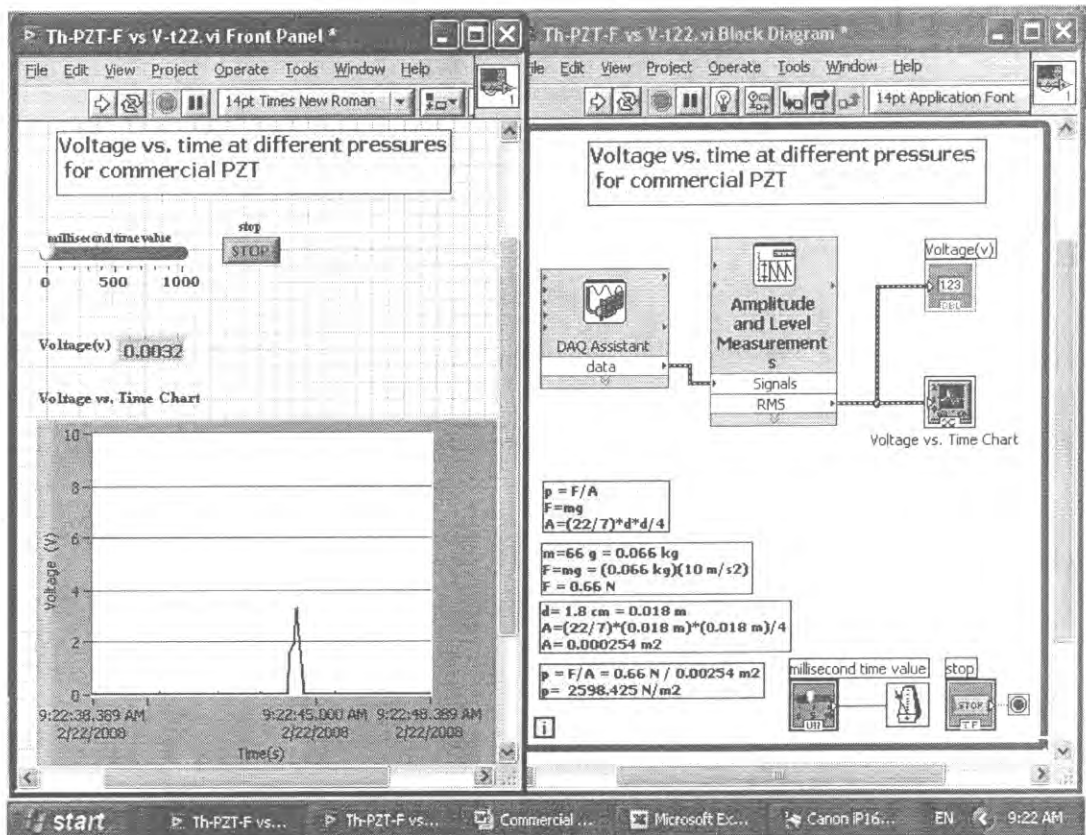
11.3 การประยุกต์ใช้เป็นหัววัดความดัน

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการคำนวณให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดความดันด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.3.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่มาชนอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการคำนวณกับแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.3.2 ปลอยมวล m นกั mg ชนอุปกรณ์ PZT มีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นโดยอาศัยปรากฏการณ์แบบตรง (direct effect) แรงดันไฟฟ้า V จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ของ LP connector ผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ใช้ Multiplier $\times 1000$ เพื่อเปลี่ยนแรงดันจากหน่วย V มาเป็น mV ใช้ Absolute Value เพื่อเลือกใช้แรงดันไฟฟ้าเฉพาะค่าบวก แรงดัน V มาเข้าที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(rms)$ แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform

Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่งรัน Program เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer นำค่า F และ V ไปเขียนกราฟและแสดงสมการด้วย EXCEL

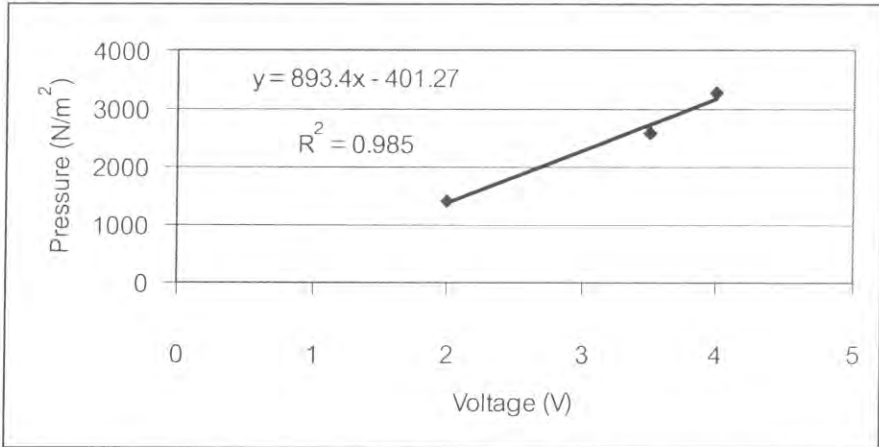


รูปที่ 11.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดความดันด้วย LabVIEW



รูปที่ 11.3.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่มาขึ้นอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้ากับแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น (F vs V) ด้วย LabVIEW

2) แรงที่ขึ้นมีค่า $F=mg$ ความดันที่เกิดขึ้นมีค่า $p=F/A$ เมื่อ $A = \pi d^2/4$ เป็นพื้นที่ภาคตัดขวางของอุปกรณ์ PZT และ d เป็นเส้นผ่าศูนย์กลาง $g=10 \text{ m/s}^2$ การทดลองมีการแปรค่า m หรือ F แล้ววัดแรงดันไฟฟ้า V ด้วย คอมพิวเตอร์ (รูปที่ 8.3.3) นำสมการความสัมพันธ์ระหว่าง F และ V ซึ่งก็คือ $p=893.4V-401.27$ ไปใส่ใน Formula ใน Block Diagram Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์สารเพียโซอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็น หัววัดความดันด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8.3.4 สั่ง RUN โปรแกรม คอมพิวเตอร์ก็สามารถทำหน้าที่วัด ความดันโดยใช้อุปกรณ์ PZT เป็นหัววัด

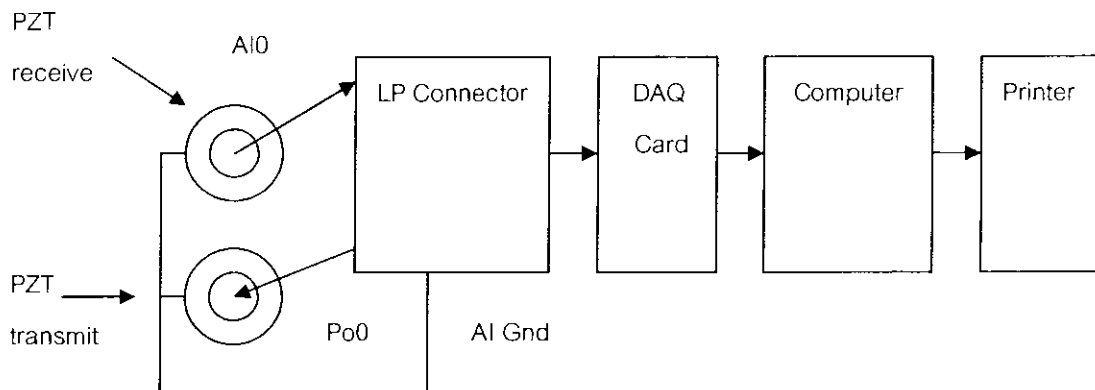


รูปที่ 11.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่ขึ้นอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้า กับแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

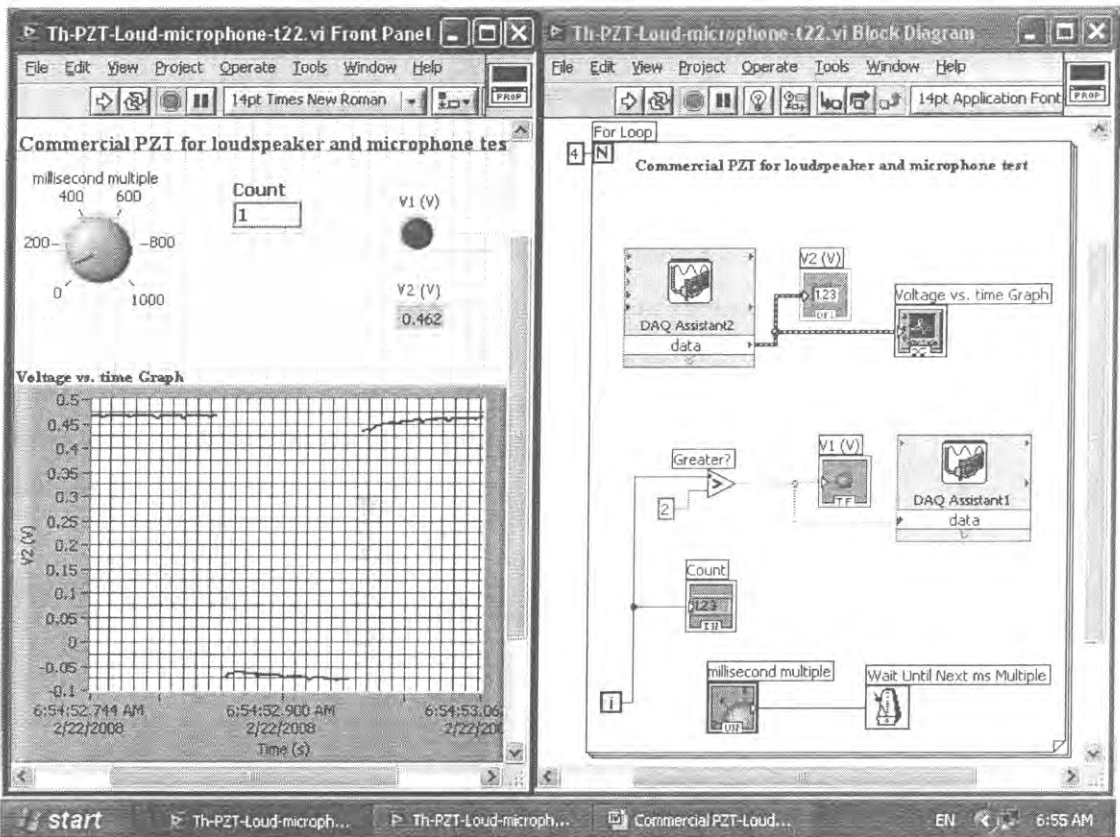
รูปที่ 11.3.4 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้า ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดความดันด้วย LabVIEW

11.4 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตการส่งและการรับคลื่นน้ำ

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการส่งและการรับคลื่นน้ำด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.4.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการส่งและการรับคลื่นน้ำด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.4.2 ใช้ For Loop และ Greater สร้างแรงดันไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยม 0 V และ 5 V สลับกัน ออกมาจาก DAQ Card และออกทาง Po0 ของ LP connector โดยการควบคุมของ DAQ Assistant1 มาที่ PZT Transmitter มีคลื่นเกิดขึ้นโดยอาศัยปรากฏการณ์แบบอ้อม (indirect effect) คลื่นเดินทางมาตกระทบ PZT Receiver มีแรงดันไฟฟ้า (V) เกิดขึ้นโดยอาศัยปรากฏการณ์แบบตรง (direct effect) แรงดันไฟฟ้า V จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ของ LP connector ผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ โดยการควบคุมของ DAQ Assistant2 แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน For Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่งรัน Program เพื่อแสดงกราฟ voltage vs. time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 11.4.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการส่งและการรับคลื่นน้ำด้วย LabVIEW

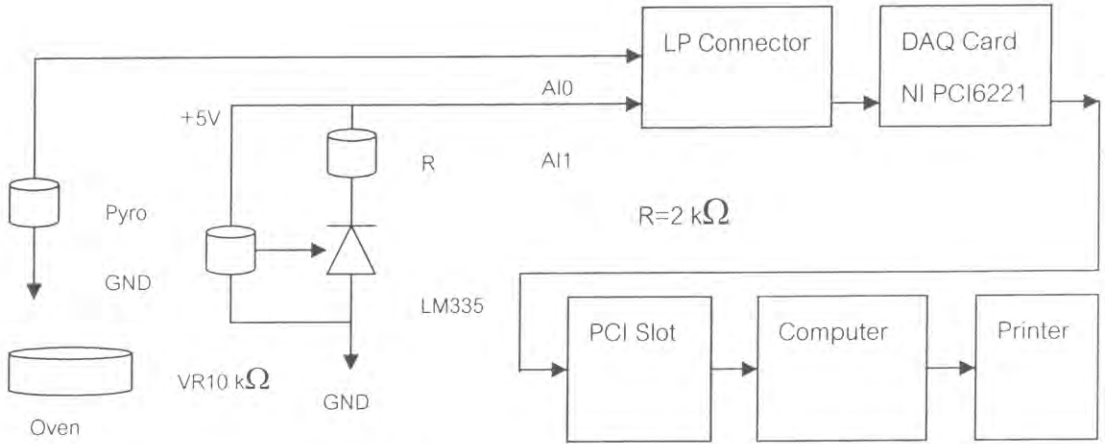


รูปที่ 11.4.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการส่งและการรับคลื่นน้ำด้วย LabVIEW

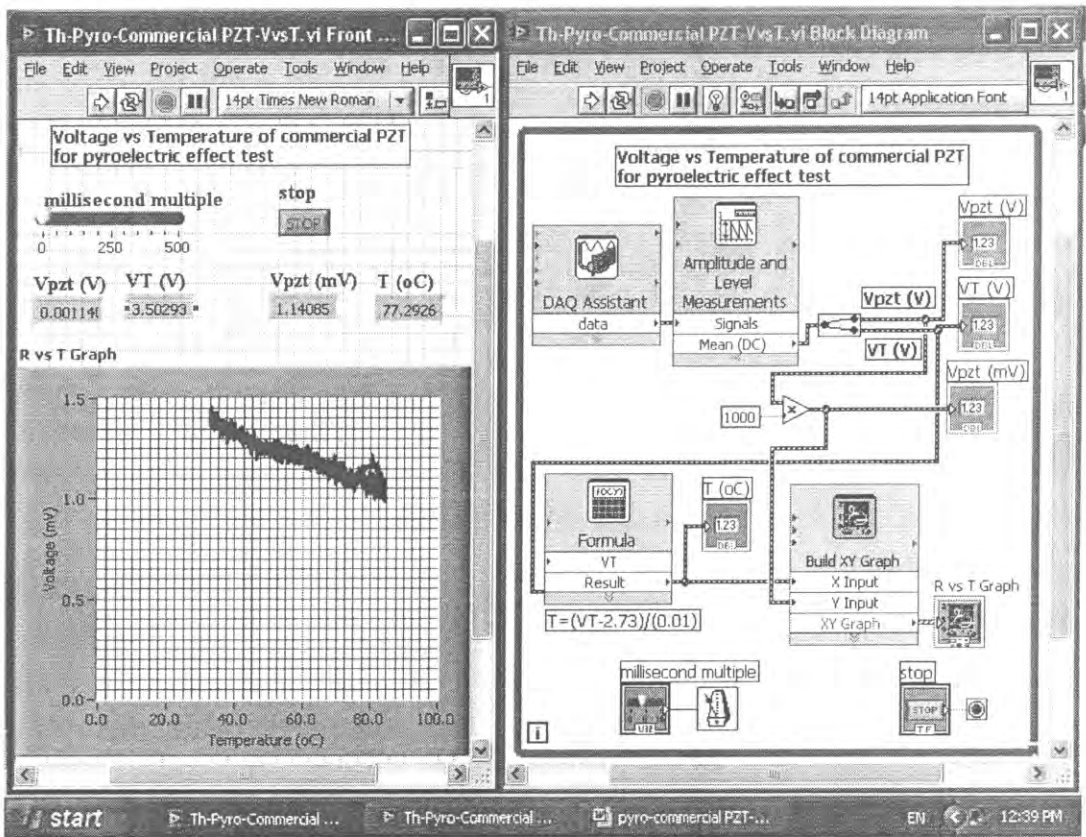
11.5 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตไพโรอิเล็กทริก

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตไพโรอิเล็กทริกด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.5.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตไพโรอิเล็กทริกด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.5.2

จ่ายกระแสผ่านขดลวดของเตาไฟฟ้า นำสารไปรับความร้อนโดยให้หัวของสารที่ต่อกับสารสีดำของโวลต์มิเตอร์อยู่ทางด้านเตาไฟฟ้าแล้ววัดแรงดันไพโรอิเล็กทริก (V_{pzt}) ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (t) ส่งแรงดันไฟฟ้า V เข้า AI0 (Analog Input 0) และ แรงดันไฟฟ้า V_T จาก LM335 เข้า AI1 ของ LP connector GND ของวงจรต่อกับหัว AIGND แรงดันไฟฟ้า V_{pzt} และ V_T จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_{pzt} และ V_T ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Mean (DC) Split signal จะแยก V_{pzt} และ V_T ออกจากกัน ใช้ Multiply เปลี่ยนแรงดัน V_{pzt} จากหน่วย V มาเป็น mV ใช้ Formula แปลงแรงดัน V_T ให้เป็นอุณหภูมิ T ด้วยโปรแกรมโดยใช้สูตร $T = (V_T - 2.73) / (0.01)$ แสดง V_{pzt} , V_T และ T ด้วย Numeric Indicator แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{pzt} กับ T ด้วย Build XY Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของโปรแกรม While Loop จะควบคุมการทำงานของโปรแกรมซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs. time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 11.5.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดไฟโรอิเล็กทริกด้วย LabVIEW



รูปที่ 11.5.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดไฟโรอิเล็กทริกด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์วัดการวัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33})

ผลการประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุไฟฟ้า (d_{33}) แสดงดังรูปที่ 8.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์ประจุไฟฟ้า (d_{33}) สามารถคำนวณได้ 0.53382 nC/N การท

อุปกรณ์จะปล่อยประจุไฟฟ้าออกมามากหรือน้อย จะขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่เคลื่อนที่ไปจนอุปกรณ์แล้วอุปกรณ์ก็จะปล่อยประจุไฟฟ้าออกมา ผลการทดลองเรื่องนี้สามารถประยุกต์อุปกรณ์นี้ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุไฟฟ้า (d_{33}) ได้

2) หัววัดการสั่น

ผลการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดการสั่นด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8.2.2 แรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาเกิดขึ้นเนื่องจากผลของปรากฏการณ์แบบตรง (direct effect) ของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก

3) หัววัดความดัน

ผลการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดความดันด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8.3.3 การเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าตามเวลาในขณะที่อุปกรณ์ได้รับแรงชนเกิดขึ้นเนื่องจากผลของปรากฏการณ์แบบตรง (direct effect) ของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก

4) อุปกรณ์วัดการส่งและการรับคลื่นน้ำ

ผลการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการส่งและการรับคลื่นน้ำด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8.4.2 อุปกรณ์การส่งคลื่นทำงานโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบอ้อม (indirect effect) ของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก อุปกรณ์การรับคลื่นทำงานโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบตรง (direct effect) ของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก

5) อุปกรณ์วัดไฟโรอิเล็กทริก

การประยุกต์ใช้อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดไฟโรอิเล็กทริกด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.5.2 แรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิของอุปกรณ์เกิดจากการที่โพลาไรเซชันเปลี่ยนแปลงในขณะที่อุณหภูมิเปลี่ยนไปซึ่งก็คือปรากฏการณ์ไฟโรอิเล็กทริก เซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริกและเซรามิกส์ไฟโรอิเล็กทริกต่างก็แสดงสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกซึ่งเป็นสารที่มีโพลาไรเซชันเกิดขึ้นในหน่วยเซลล์ แรงดันไฟโรอิเล็กทริกที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์ไฟโรอิเล็กทริกจะนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดรังสีอินฟราเรดต่อไป

สรุปผลการทดลอง

- 1) LabVIEW สามารถแสดงการวัดการประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุไฟฟ้า (d_{33}) ได้ ค่า d_{33} ที่วัดได้มีค่า 0.53382 nC/N
- 2) อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าสามารถประยุกต์ใช้เป็นหัววัดการสั่น
- 3) อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าสามารถประยุกต์ใช้เป็นหัววัดความดัน
- 4) อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าสามารถประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดการส่งและการรับคลื่นน้ำ
- 5) อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าสามารถประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดปรากฏการณ์ไฟโรอิเล็กทริก
- 6) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วยโปรแกรม LabVIEW และ DAQ card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

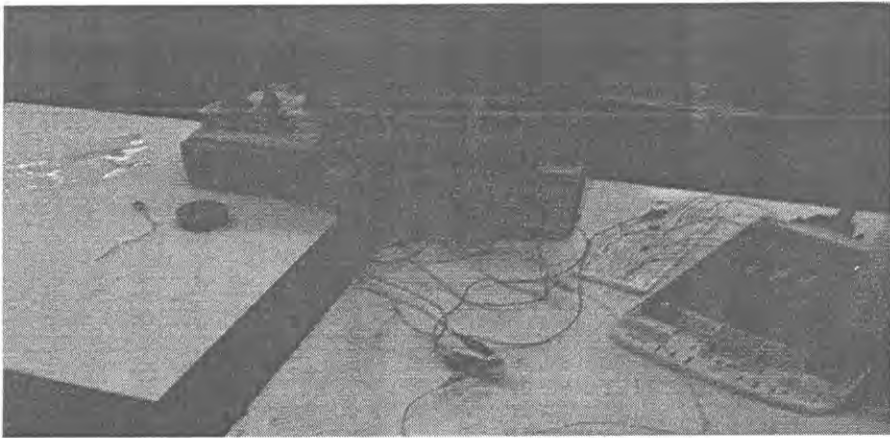
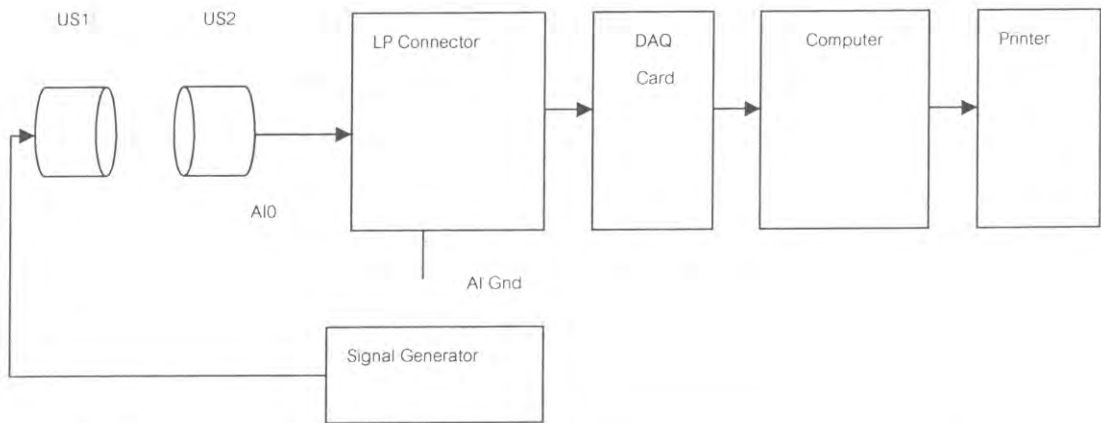
เอกสารอ้างอิง

- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, MerceI Dekker Inc., New York.
- Juhyun Yoo, 2005, Piezoelectric and dielectric properties of $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Bi}(\text{Na,K})\text{TiO}_3\text{-SrTiO}_3$ ceramics for pressure sensor application, Sensors and Actuators A: Physical.
- Kanchan Guar. 1996, Pyroelectric and dielectric properties of some heavy rare-earth orthochromites, J. Mater. Sci. :Mater. In Elect. 7 : 35-38.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Naboru Ichinose, 2004, Ultrasonic transducers with piezoelectric ceramics, Journal of European Ceramic Society, 24(6): 1681-1685.
- Sharma, H.D., 1995, Pyroelectricity and change in polarization gadolinium-doped PZT, J. Mater. Sci. Lett. 14 : 788-789.
- Tandon, R.P., 1992, Ferroelectric properties of lead titanate/polymer composite and its application in hydrophone, J. Mater. Sci. Lett. 11 : 883-885.
- Tandon, R.P., 1993, Dielectric, piezoelectric and acoustic properties of high performance piezorubber composite hydrophone, J. Mater. Sci. Lett. 12 : 1182-1184.

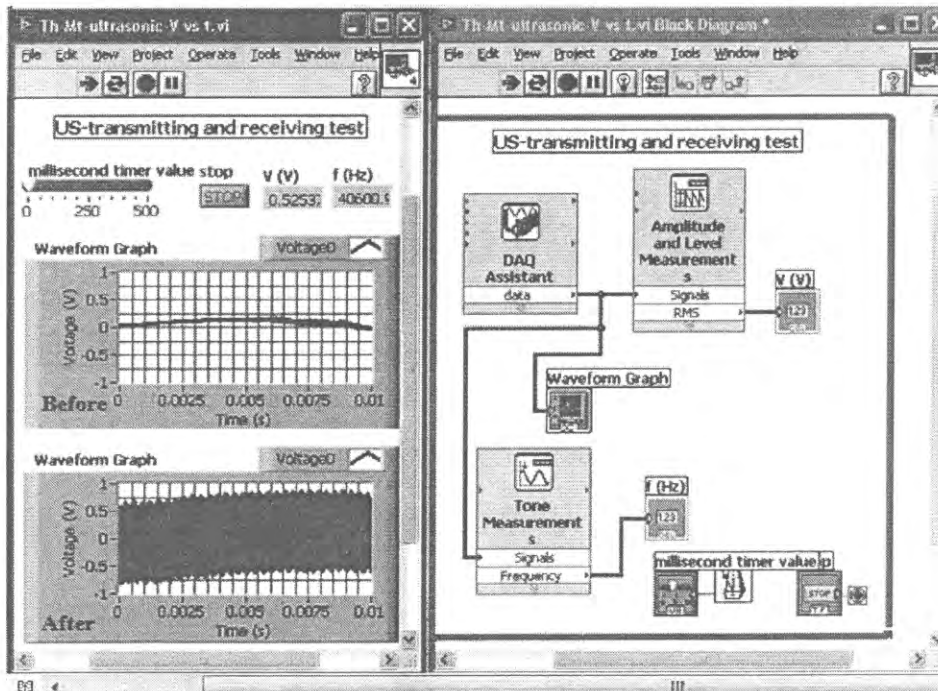
11.6 การให้แลปวิวิททำหน้าที่ทดสอบการส่งและการรับคลื่นอุลตราโซนิคส์

จัดเครื่องมือเพื่อศึกษาการให้แลปวิวิททำหน้าที่ทดสอบการส่งและการรับคลื่นอุลตราโซนิคส์แสดงดังรูปที่

- 11.6.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการให้แลปวิวิททำหน้าที่ทดสอบการส่งและการรับคลื่นอุลตราโซนิคส์แสดงดังรูปที่ 11.6.2 เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้ามาที่ตัวส่งคลื่นอุลตราโซนิคส์ (US_1) ตัวส่งคลื่นอุลตราโซนิคส์ (US_2) แปลงคลื่นเป็นแรงดันไฟฟ้า ส่งแรงดันไฟฟ้ามาเข้าที่ analog input 0 (AI0) ของ LP connector ผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน For Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run Program เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 11.6.1 จัดเครื่องมือเพื่อศึกษาการให้แลบวิทำหน้าที่ทดสอบการส่งและการรับคลื่นอุลตราโซนิกส์



รูปที่ 11.6.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการให้แลบวิทำหน้าที่ทดสอบการส่งและการรับคลื่นอุลตราโซนิกส์

12. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิต การวัดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์สาธิตการวัดแรงแม่เหล็ก อุปกรณ์วัดความถี่และความเร็ว อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์วัดแผ่นดินไหวและการผลิตไฟฟ้าจากลม

การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์สาธิตการวัดแรงแม่เหล็ก อุปกรณ์วัดความถี่และความเร็วและอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ

Applications of ferromagnetic ceramics for the operation of magnetic field measuring demonstrative device, magnetic force measuring demonstrative device, frequency and velocity sensor and air flow measuring device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ¹ ศิรินพร แก้วเมฆา²

Thongchai Panmatarith¹ Sirinporn Keawmekha²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก่อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP, การ์ด DAQ และแลปวิว ได้สร้างแท่งแม่เหล็กถาวรจากเซรามิกส์ CoFe_2O_4 เมื่อความถี่การหมุนของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 16 Hz ไปเป็น 45 Hz พบว่าสนามแม่เหล็กที่วัดได้มีค่า 0.06 mWb/m² ถึง 0.1 mWb/m² แรงแม่เหล็กที่เกิดจากเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ดึงดูดกับแท่งเหล็กมีค่า (F) 0.021 N ซึ่งเทียบเท่ากับ 2.1 g เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าค่าหนึ่งให้แก่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แท่งแม่เหล็กเฟอร์ไรท์ (CoFe_2O_4) จะเคลื่อนที่ขดลวดของรีเลย์ที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้น ความถี่การหมุนของมอเตอร์ที่วัดได้โดยวิธีการนี้มีค่า 31.44 Hz และความเร็วของการหมุนของมอเตอร์มีค่า 1.97 m/s ดังนั้นเซรามิกส์ CoFe_2O_4 สามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดความถี่และหัววัดความเร็ว เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์ CoFe_2O_4 สามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดการไหลของอากาศโดยอาศัยหลักการของกฎของฟาราเดย์

คำสำคัญ: อุปกรณ์สาธิตการวัดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์สาธิตการวัดแรงแม่เหล็ก

อุปกรณ์วัดความถี่และความเร็ว อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. Permanent magnet was made from CoFe_2O_4 ceramics. When rotational frequency of CoFe_2O_4 ceramic magnet increased from 16 Hz to 45 Hz. The measured magnetic field was in the interval of 0.06 mWb/m² - 0.1 mWb/m². Magnetic force of CoFe_2O_4 magnetic ceramic attraction with iron bar (F) was 0.021 N or 2.1 g. When the one value of voltage was supplied to dc motor. CoFe_2O_4 ferromagnet on

fan moved and relay coil that received this magnetic field will occur the induced electromotive force. The measured rotational frequency that measured by this method was 31.44 Hz and rotational velocity was 1.97 m/s. So, CoFe_2O_4 ceramics can be used as frequency sensor and velocity sensor. The CoFe_2O_4 ferromagnet can be used as air flow sensor via Faraday law's principle.

Keyword : magnetic field measuring demonstrative device, frequency and velocity sensor

magnetic force measuring demonstrative device, air flow measuring device, LabVIEW

รองศาสตราจารย์ ศึกษาศาสตราจารย์ นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

T. Tsuchiya (1992) ได้เตรียม CoFe_2O_4 thin film ซึ่งเป็นวัสดุเฟอร์ไรต์แบบอ่อน (soft ferrite material) ได้วัดวงการล้าแม่เหล็ก (magnetic hysteresis loop) ใช้เครื่อง Vibrating sample type magnetization meter วัดสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็กที่อุณหภูมิต่างๆ (magnetic susceptibility vs temperature) M.K. Fayek (1992) ได้เตรียม $\text{CoMn}_x\text{Fe}_{2-x}\text{O}_4$ วัดสภาพการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆและวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลการเลี้ยวเบนของนิวตรอนด้วยเครื่อง Neutron diffraction spectrometer Akimitsu Morisako (1996) ได้เตรียม Ba-ferrite films สำหรับทำอุปกรณ์บันทึกแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นสูง (high-density magnetic recording media) และได้วัด M-H loop S. Yamamoto (1996) ได้เตรียม $\text{Co-}\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ film สำหรับทำอุปกรณ์บันทึกแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นสูงพิเศษ R.C. Pullar (1997) ได้เตรียม $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ fibres และ $\text{Ba}_2\text{Co}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ fibres สำหรับทำแท่งแม่เหล็กและขั้วป่งลักษณะของสารด้วยเครื่อง XRD และ SEM G. Elwin (1997) ได้เตรียม $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ สำหรับทำแท่งแม่เหล็กถาวร และได้วัด M vs H loop J. G. Na (1997) ได้เตรียม CoFe_2O_4 thin film สำหรับทำอุปกรณ์บันทึกข้อมูลด้วยแม่เหล็ก (magnetic recording media) และได้วัดสภาพการนำไฟฟ้า (electrical resistivity) กับสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck coefficient) มีผู้จัดเตรียมหัววัดฮอลล์ ทำสารตัวอย่างให้มีอำนาจแม่เหล็ก ใช้หัววัดฮอลล์นี้วัดสนามแม่เหล็กตามตำแหน่งต่างๆก็จะพบรอยแตกของสาร (Kosmas, K. 2005) มีผู้เตรียม $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ที่ได้เติมและไม่เติม La_2O_3 วัดวงการล้า B-H พบว่า $B_s=0.95$ T, $B_r=0.537$ T และ $H_c=348.94$ kAm^{-1} ทดสอบประยุกต์ใช้เป็นหัววัดการไหล (Babu, V., 2002) มีผู้ออกแบบและสร้างแรงยกและระบบการวัดการแจกแจงสนามแม่เหล็กในสามมิติซึ่งสามารถใช้สำหรับการวัดแรงยกระหว่างตัวนำยิ่งยวดและแท่งแม่เหล็กและสำหรับการวัดสนามแม่เหล็กที่มีการแจกแจงในสามมิติ (Yang, W. M., 2006) มีผู้ปลูกฟิล์มบางแบบเรียบเฟอร์ไรต์บนฐานรองแสดงโครงสร้างที่มีโดเมนแม่เหล็ก ได้ศึกษาการเกิดแมกนีไทเซชัน (Lisfi, A., 2002) มีผู้ใช้การทดสอบกระแสไหลวนเพื่อตรวจวัดและหาปริมาณของสิ่งบกพร่องในวัสดุนำไฟฟ้า (Helifa, B., 2006) มีผู้ศึกษาหัววัดมุมเชิงแม่เหล็กแบบอนุภาคที่มีเอาท์พุทเป็นแบบเชิงเส้นทำงานโดยอาศัยอุปกรณ์ฮอลล์ (Schott, C., 2006) มีผู้เตรียมอนุภาคนาโน $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ รูปทรงกลม วัดแล้วพบว่าแมกนีไทเซชันคงค้างมีค่า 0.09515 emug^{-1} และโคเออร์ซิวิตีซึ่งมีค่า 817.5 Oe ที่อุณหภูมิห้อง (Jing, Z. H., 2005)

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เซรามิกแม่เหล็กเฟอร์ไรท์ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์สาริตการวัดแรงแม่เหล็ก อุปกรณ์วัดความถี่และความเร็วและอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ

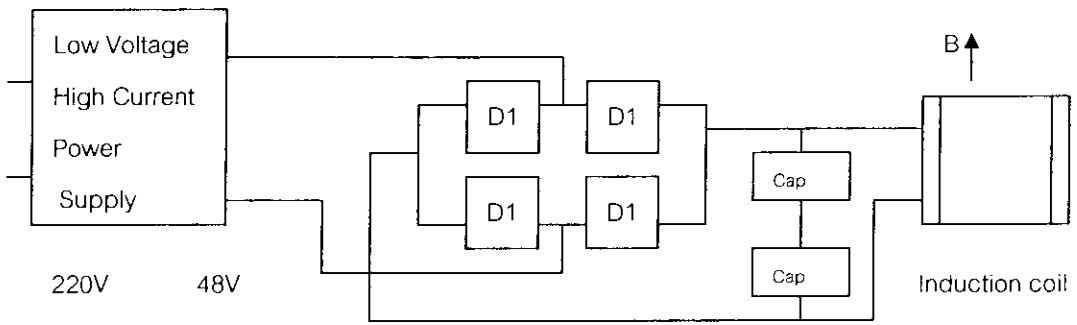
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

12.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดสนามแม่เหล็ก

12.1.1 การสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง

จัดเครื่องมือเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง (high strength magnetic field) ดังแสดงในรูปที่

12.1.1 ปลั๊กไฟบ้าน 220 V มายังหม้อแปลงไฟฟ้า 220 V-48 V หม้อแปลงไฟฟ้านี้จะแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 V นี้ให้เป็น 48 V ส่งไปยังไดโอดที่ต่อแบบบริดจ์เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ส่งมายังวงจรกรองกระแสไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุไฟฟ้า 2 ตัว เพื่อกรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบหรือมีค่าคงที่แรงดันที่ได้มีค่าประมาณ 54 V จะถูกส่งไปยังขดลวดเหนี่ยวนำ มีสนามแม่เหล็ก (B) เกิดขึ้นตามกฎของแอมแปร์ $B = \mu NI/L$ สนามแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมีขนาด $1.314 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ (ภายในแกนเหล็ก) สนามแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมีขนาด 0.26 Wb/m^2 (ที่ผ่านสารตัวอย่าง)



รูปที่ 12.1.1 การจัดเครื่องมือเพื่อเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง

12.1.2 การวัดสนามแม่เหล็กของเซรามิกแม่เหล็กด้วย LabVIEW

ใช้เครื่องสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง (รูปที่ 12.1.1) ทำการเหนี่ยวนำเซรามิกแม่เหล็ก CoFe_2O_4 ให้กลายเป็นแท่งแม่เหล็กถาวร จัดเครื่องมือสำหรับการวัดสนามแม่เหล็กของเซรามิกแม่เหล็ก CoFe_2O_4 ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 12.1.2 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดสนามแม่เหล็กของเซรามิกแม่เหล็ก CoFe_2O_4 ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 12.1.3 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ เซรามิกแม่เหล็ก CoFe_2O_4 ที่มีความหนา 2.48 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.73 mm

การหาสูตรคำนวณสนามแม่เหล็ก

กระแสไฟฟ้า I จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่มีจำนวนรอบ N รอบ และมีความยาวแกน L จะมีสนามแม่เหล็ก (B) เกิดขึ้น

$$B = \mu NI/L = \mu_0 \mu_r (N/L_{\text{core}})I \tag{1}$$

เมื่อ μ เป็นค่าสภาพขั้วซึมทางแม่เหล็กของแกนของขดลวด สภาพขั้วซึมทางแม่เหล็กของสุญญากาศและค่าสภาพขั้วซึมได้สัมพันธ์มีค่า

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/Am} \quad \mu_r = 397 \tag{2}$$

คำนวณความยาวของขดลวด (L_{wire}) จากสูตร

$$R = \rho L/A ; L = L_{\text{wire}} = RA/\rho ; R = R_{\text{wire}} = 373.9 \Omega ; \rho = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \text{m} ; A = \pi d^2/4 ; d = 0.47 \times 10^{-3} \text{ m} ;$$

$A = 0.174 \times 10^{-6} \text{ m}^2$; เมื่อ R เป็นความต้านทานของขดลวด ρ เป็นสภาพต้านทานไฟฟ้าของขดลวด A เป็นพื้นที่หน้าตัดของขดลวด และ d เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของขดลวด

$$L_{\text{wire}} = 3826.9 \text{ m}$$

เมื่อ L_{wire} เป็นความยาวทั้งหมดของลวดและ $L_{1\text{turn}}$ เป็นความยาวของขดลวด 1 รอบ

$$L_{1\text{turn}} = \pi d = (22/7)(5.15 \times 10^{-3} \text{ m}) = 0.016171 \text{ m}$$

จำนวนรอบของขดลวด (N) มีค่า

$$N = L_{\text{wire}} / L_{1\text{turn}} = 236436.9 \text{ turns} \quad (3)$$

$$L_{\text{core}} = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m} \quad (4)$$

จำนวนรอบของขดลวด (N) ต่อหนึ่งหน่วยความยาวของแกน (N/L') มีค่า

$$N/L_{\text{core}} = 2364.369 \text{ turns/m} \quad (5)$$

คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดได้จากอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลด RL และความต้านทานของโหลด RL ดังสมการ

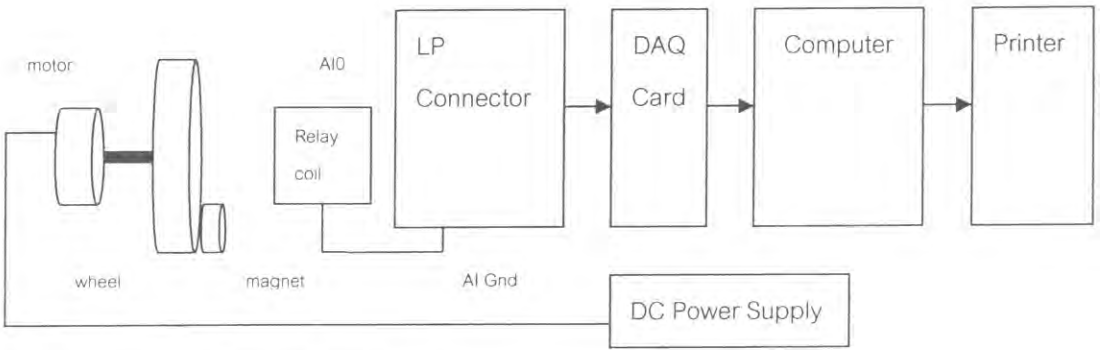
$$I = VL/RL = V/RL = V/3000 \quad (6)$$

เมื่อ $R=RL=3 \text{ k}\Omega$

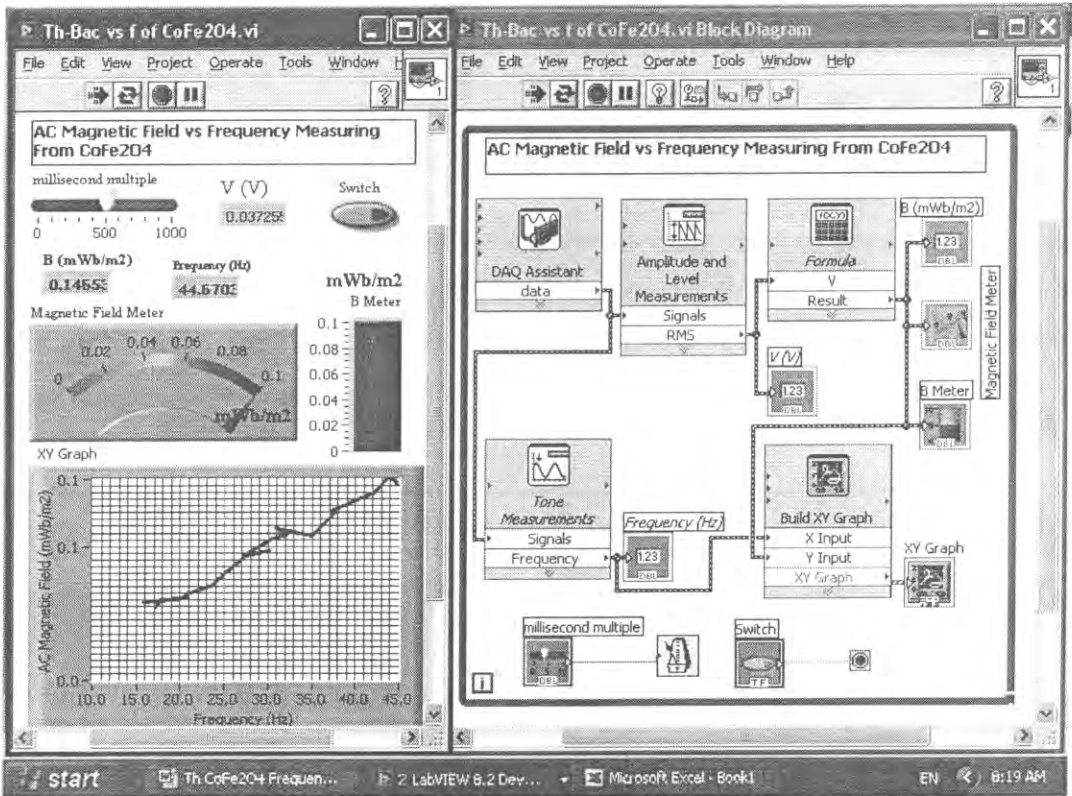
$$B = 1.18 \times 10^4 (V/3000) \quad (7)$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลด (V) จะถูกป้อนเข้าคอมพิวเตอร์และจะนำไปคำนวณหาค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่ขดลวด

กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (dc motor) พัดลมจะหมุนและแท่งแม่เหล็กจะเคลื่อนที่ ขดลวดของรีเลย์ได้รับสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (V) เกิดขึ้น ส่งแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม V เข้าที่ analog input 0 (AI0) ของ LP connector แรงดัน V จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่งแรงดัน V ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็น $V(\text{rms})$ แสดงแรงดัน (V) ด้วย Numeric Indicator แปลงแรงดัน (V) ให้เป็นสนามแม่เหล็ก (B) ด้วย Formula และใช้สมการ $B=f(V)$ ซึ่งก็คือ $B = 1.18 \times 10^4 (V/3000)$ ความถี่ของสนามแม่เหล็ก (ความถี่ของมอเตอร์, f) อยู่ในช่วง 15-45 Hz วัดความถี่ f ด้วย Tone Measurements และแสดงผลด้วย Numeric Indicator แสดงความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็กที่ขึ้นกับความถี่ (B vs f) ด้วย Waveform Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานของโปรแกรมซ้ำๆกันของโปรแกรม ทำให้มอเตอร์หมุน ส่ง Run โปรแกรมเพื่อแสดงกราฟ magnetic field vs time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 12.1.2 การจัดเครื่องมือสำหรับการวัดสนามแม่เหล็กของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ด้วย LabVIEW

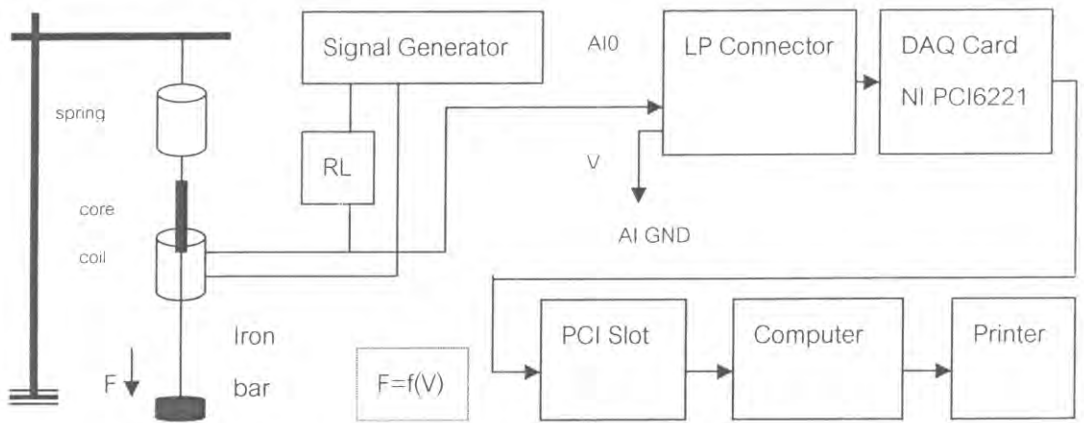


รูปที่ 12.1.3 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดสนามแม่เหล็กของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ด้วย LabVIEW

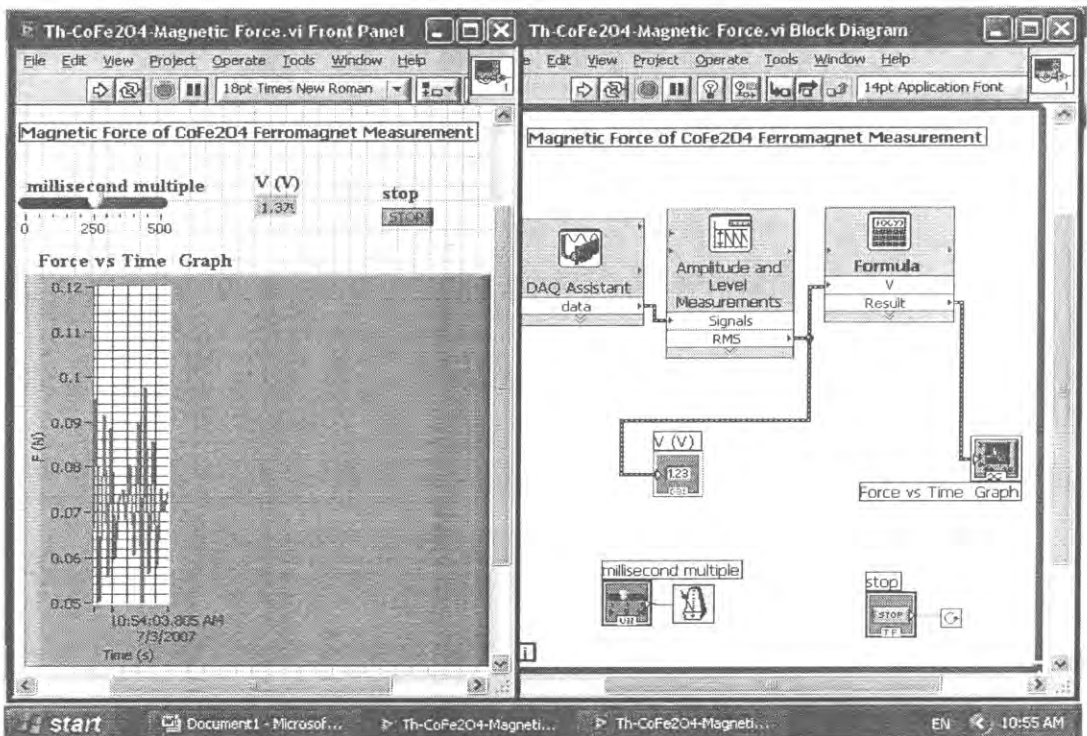
12.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดแรงแม่เหล็ก

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้เซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดแรงแม่เหล็กด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 12.2.1 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ เซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ที่มีความหนา 2.48 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.73 mm สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้เซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดแรงแม่เหล็กด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 12.2.2 กระแสไฟฟ้า (I) ไหลออกจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดที่มีแกน (core) (V) เกิดขึ้น ให้แท่งแม่เหล็กเซรามิกส์ตั้งคู่ตรงเหล็ก (iron bar) ที่ผูกติดกับสปริง สปริงจะยืดออก แกนของขดลวด (core) เคลื่อนที่ลง วัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวด (V) ที่เปลี่ยนไป ส่งแรงดัน (V_{AC} หรือ V) นี้ไปเข้าที่ AI0 ของ LP connector และผ่าน DAQ card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่งแรงดัน V

นี้ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้ได้ $V(\text{rms})$ แสดงแรงดัน V ด้วย Numeric Indicator ทำการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักหรือแรง (F) ที่แขวนที่สปริงกับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดที่มีแกนเป็นเหล็ก (V) แล้วเขียนกราฟ F vs V และแสดงสมการด้วย EXCEL เขียนสมการ $F = f(V)$ ลงใน Formula ที่อยู่ใน Block Diagram สั่ง Run โปรแกรมแล้วอ่านแรงแม่เหล็กบนจอ แสดงกราฟของ force vs time ด้วย Waveform Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของโปรแกรม While Loop จะควบคุมการทำงานของซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม แล้วนำแท่งแม่เหล็กเซรามิกส์ CoFe_2O_4 ดึงดูดกับแท่งเหล็ก (iron bar) ที่ผูกติดกับสปริงเพื่อแสดงกราฟ force vs. time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 12.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้เซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดแรงแม่เหล็กด้วย LabVIEW

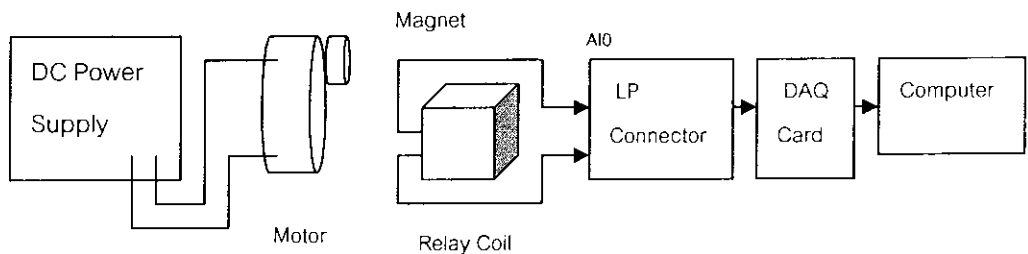


รูปที่ 12.2.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้เซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดแรงแม่เหล็กด้วย LabVIEW

12.3 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดความถี่และความเร็ว

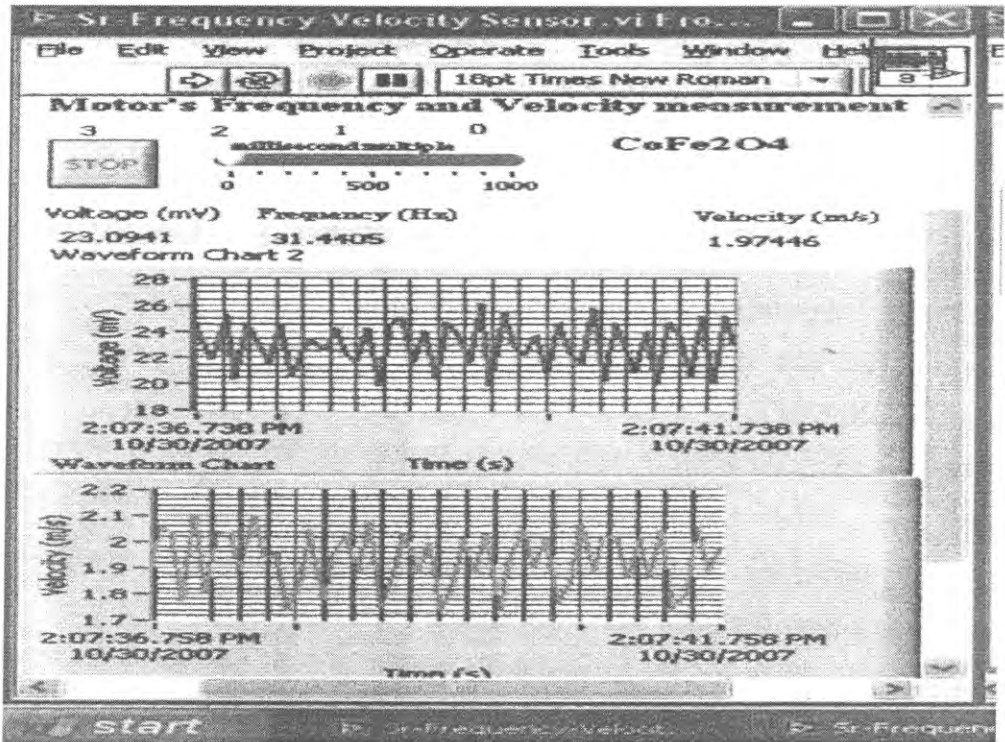
จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรต์ CoFe_2O_4 ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดความถี่และความเร็วด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 12.3.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรต์ CoFe_2O_4 ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดความถี่และความเร็วด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 12.3.2

สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ เซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ที่มีความหนา 2.48 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.73 mm แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดมอเตอร์ มอเตอร์จะหมุน ก้อนสารที่เป็นแท่งแม่เหล็กจะเคลื่อนที่โดยการหมุนตัดขดลวดของรีเลย์ ขดลวดได้รับสนามแม่เหล็กที่ไม่คงที่จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ V ส่งแรงดันไฟฟ้า V เข้า AI_0 ผ่าน DAQ Card เข้า Computer โดยการควบคุมของ DAQ Assistant เปลี่ยนหน่วยของแรงดันไฟฟ้าจาก V มาเป็น mV แล้วส่งไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้แสดงค่า $V(\text{rms})$ คอมพิวเตอร์จะวัดความถี่การหมุน f ด้วย Tone Measurement คำนวณความเร็วการหมุน v ด้วยสูตร $v = \omega r = 2\pi f r$ เมื่อ $r =$ รัศมีการหมุน $f =$ ความถี่เชิงเส้น $\omega =$ ความถี่เชิงมุม และ $v =$ ความเร็วเชิงเส้น คอมพิวเตอร์จะแสดงค่าความถี่ f และความเร็ว v ด้วย Numeric Indicator หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม แล้วให้มอเตอร์หมุนเพื่อแสดงกราฟ velocity vs. time (v vs t) ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer

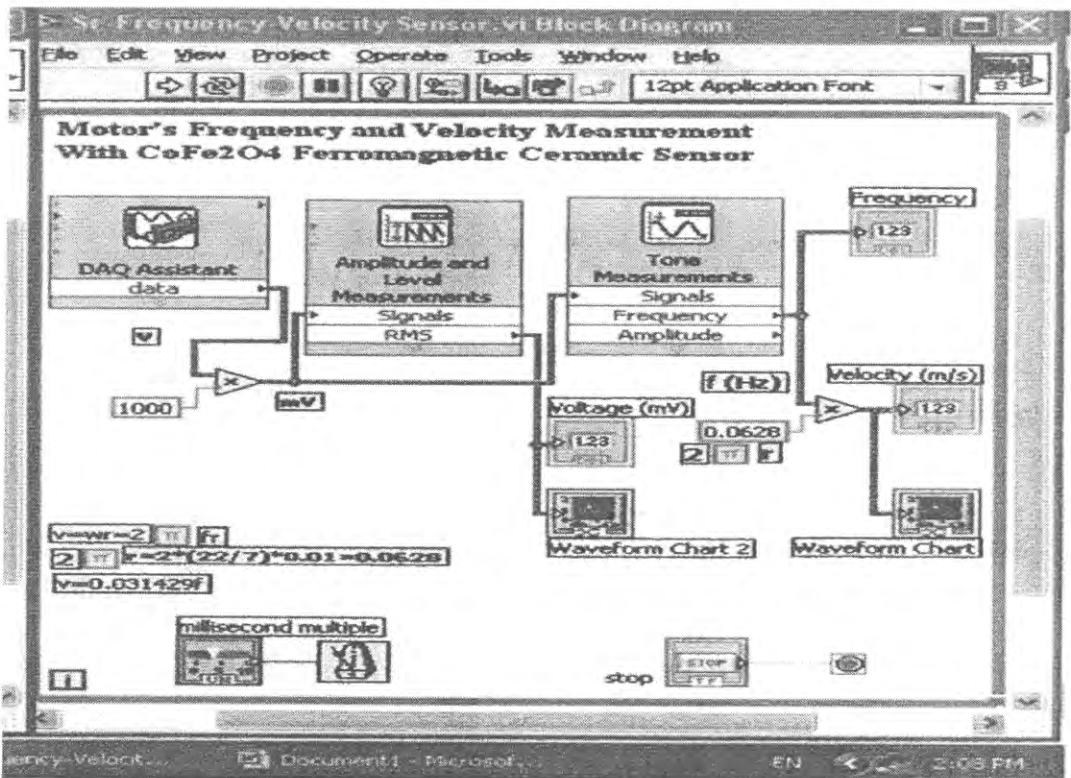


$$\text{Sample : } \text{CoFe}_2\text{O}_4; V_e = vBL; B = (1/2\pi rL)(V_e/f); L = 168.6 \text{ m}; r = 0.016 \text{ m}$$

รูปที่ 12.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรต์ CoFe_2O_4 ใช้เป็นอุปกรณ์วัดความถี่และความเร็วด้วย LabVIEW



n) Front Panel

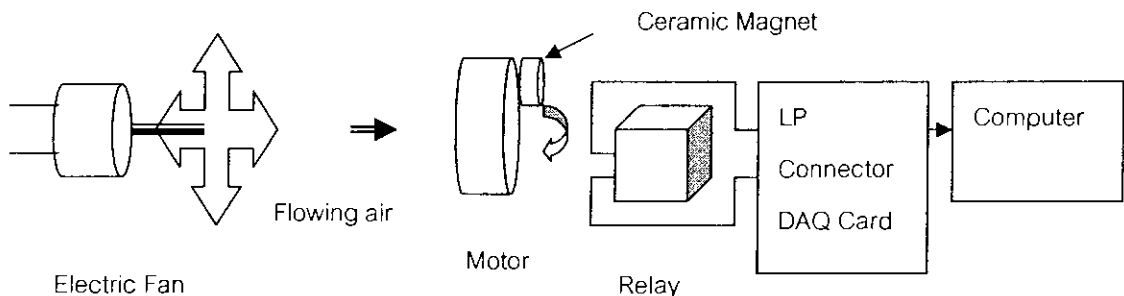


๗) Block Diagram

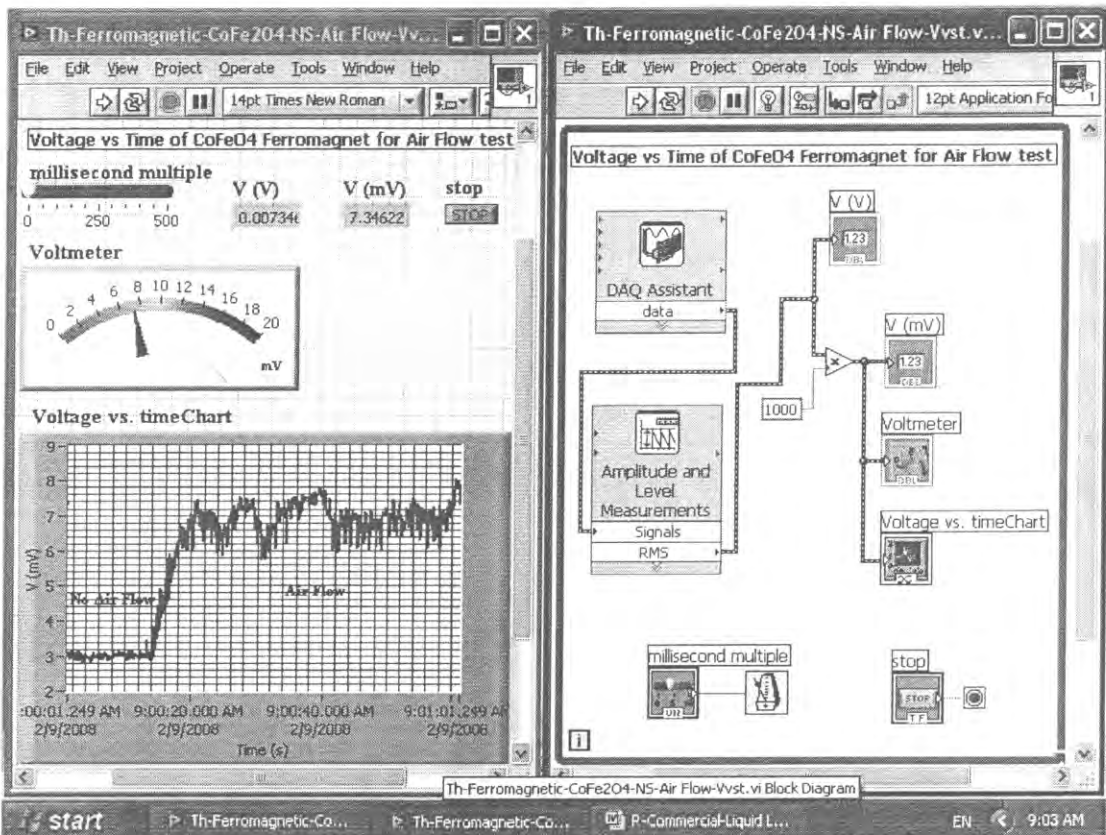
รูปที่ 12.3.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โร CoFe_2O_4 ใช้เป็นอุปกรณ์วัดความถี่และความเร็วด้วย LabVIEW

12.4 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ

จัดเครื่องมือเพื่อทดสอบอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศที่ทำมาจากด้วยเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โร CoFe_2O_4 ด้วย LabVIEW ดังแสดงในรูปที่ 12.4.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศที่ทำมาจากเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โร CoFe_2O_4 ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 12.4.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ เซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ที่มีความหนา 2.48 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.73 mm ปลอ่ยไฟฟ้า 220 V มายังพัดลมไฟฟ้า (electric Fan) ลมจากพัดลมนี้จะทำให้ใบพัดของมอเตอร์ (motor) ซึ่งมีแท่งแม่เหล็กเซรามิกส์ (ceramic magnet) ยึดติดอยู่เกิดการหมุน ขดลวดของรีเลย์ (relay) ได้รับสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาก็จะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (V) เกิดขึ้น ใช้มัลติมิเตอร์ สเกล Vdc วัดแรงดันไฟฟ้า (V) นี้ แรงดันไฟฟ้า V_s จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ของ LP connector ผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดัน V จะไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า V(rms) แสดงแรงดัน V ด้วย Numeric Indicator หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 12.4.1 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศที่ทำมาจากเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โร CoFe_2O_4 ด้วย LabVIEW



รูปที่ 12.4.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ ที่ทำมาจากเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรต์ CoFe_2O_4 ด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์สาธิตการวัดสนามแม่เหล็ก

ได้สร้างแท่งแม่เหล็กถาวรจากเซรามิกส์ CoFe_2O_4 ผลการวัดสนามแม่เหล็กของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 12.1.3 สนามแม่เหล็กของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 จะมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้น เมื่อความถี่การหมุนของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 16 Hz ไปเป็น 45 Hz พบว่าสนามแม่เหล็กที่วัดได้มีค่า 0.06 mWb/m^2 ถึง 0.1 mWb/m^2

2) อุปกรณ์สาธิตการวัดแรงแม่เหล็ก

ผลการประยุกต์ใช้เซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดแรงแม่เหล็กด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 12.2.2 แรงแม่เหล็กที่เกิดจากเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ดึงดูดกับแท่งเหล็กมีค่า (F) $F = 0.095 - 0.074 = 0.021 \text{ N}$ ซึ่งเทียบเท่ากับมวล 0.0021 kg หรือมวล 2.1 g

3) อุปกรณ์วัดความถี่และความเร็ว

การประยุกต์เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรต์ CoFe_2O_4 ใช้เป็นอุปกรณ์วัดความถี่และความเร็วด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 12.3.2 จากการทดลองจะเห็นว่าเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดมอเตอร์ มอเตอร์ก็จะหมุน ก้อนสารที่เป็นแท่งแม่เหล็กจะเคลื่อนที่ ขดลวดรีเลย์ได้รับสนามแม่เหล็กจากก้อนสาร มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวด คอมพิวเตอร์จะอ่านความถี่ของแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้ซึ่งเป็นความถี่การหมุนของมอเตอร์และคำนวณความเร็วของการหมุนของมอเตอร์ได้ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าค่าหนึ่งให้แก่มอเตอร์พบว่าความถี่การหมุน

ของมอเตอร์มีค่า 31.44 Hz และความเร็วของการหมุนของมอเตอร์มีค่า 1.97 m/s แท่งแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ (CoFe_2O_4) ที่เคลื่อนที่ตัดขดลวดของรีเลย์สามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดความถี่และหัววัดความเร็ว หัววัดความถี่และหัววัดความเร็วนี้จะนำไปใช้ช่วยในการทดลองเรื่องอื่นๆ ในวิชาฟิสิกส์ต่อไปได้อีก

4) อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ

ผลการทดสอบอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศที่ทำมาจากเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรต์ CoFe_2O_4 ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 12.4.2 อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศมีการทำงานที่อาศัยหลักการของกฎของฟาราเดย์ การเคลื่อนที่ของอากาศทำให้ใบพัดของมอเตอร์เกิดการหมุน สนามแม่เหล็กจะตัดขดลวดของรีเลย์มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้น แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้มีความสัมพันธ์กับความเร็วของอากาศโดยอาศัยระบบการทดสอบที่ถูกควบคุมโดยโปรแกรม LabVIEW และการ์ด DAQ

สรุปผลการทดลอง

- 1) เซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 สามารถใช้ในการสาธิตการวัดสนามแม่เหล็กได้
- 2) สามารถให้เซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดแรงแม่เหล็ก
- 3) สาร CoFe_2O_4 ที่แสดงอำนาจแม่เหล็กเฟอร์ไรต์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นหัววัดความถี่และหัววัดความเร็วได้
- 4) เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรต์ CoFe_2O_4 สามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดการไหลของอากาศ
- 5) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย LabVIEW และการ์ด DAQ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Akimitsu, 1996, Sputtered hexagonal Ba-ferrite films for high-density magnetic recording media, J. Appl. Phys. 79 (8), 15 April.
- Babu, V., 2002, Structure and hard magnetic properties of barium hexaferrite with and without La_2O_3 prepared by ball milling, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 241(1): 85-88.
- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Elwin, G., 1997, Self propagating high-temperature synthesis of $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ from reactions of strontium superoxide, iron metal and iron oxide powders, J.Mater. Sci. Lett. 16 :1237-1239.
- Fayek. M.K., 1992. J. Mater. Sci. 27 : 4813-4817.
- Helifa, B., 2006, Detection and measurement of surface cracks in ferromagnetic materials using eddy current testing, NDT & E International, 39(5): 384-390.
- Jing, Z. H., 2005, Preparation and magnetic properties of spherical $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ nanoparticles via a non-aqueous medium, Materials Chemistry and Physics, 92(2-3): 600-603.
- Kosmas, K., 2005, Non-destructive evaluation of magnetic metallic materials using Hall sensors,

Journal of Materials Processing Technology, 161(1-2): 359-362.

Lisfi, A., 2002, relation between the microstructure and magnetic properties of $BaFe_{12}O_{19}$ thin films grown on various substances, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 242-245: 391-394.

Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.

Pullar, R.C., 1997, Novel aqueous sol-gel preparation and characterization of barium M ferrite, $BaFe_{12}O_{19}$ fibres, J. Mater. Sci 32 : 349-352.

Pullar, R.C., 1997, Magnetic Co_2Y ferrite, $Ba_2Co_2Fe_{12}O_{22}$ fibres produced by a blow spun process, J. Mater. Sci 32 : 365-368.

Schott, C., 2006, Novel analog magnetic angle sensor with linear output, Sensors and Actuators A: Physical, 132(1): 165-170.

Tsuchiya, T., 1992, Preparation of spinel-type ferrite thin films by dip-coating process and measured magnetic properties, J. Mater. Sci. 27 : 3645-3650.

Yamamoto, S., 1996, Recording characteristics of Co-(Fe₂O₃ perpendicular magnetic recording media, J. Appl. Phys. 79 (8), 15 April.

Yang, W. M., 2006, A levitation force and magnetic field distribution measurement system in three dimensions, Physica C: Superconductivity, 445-448 347-352.

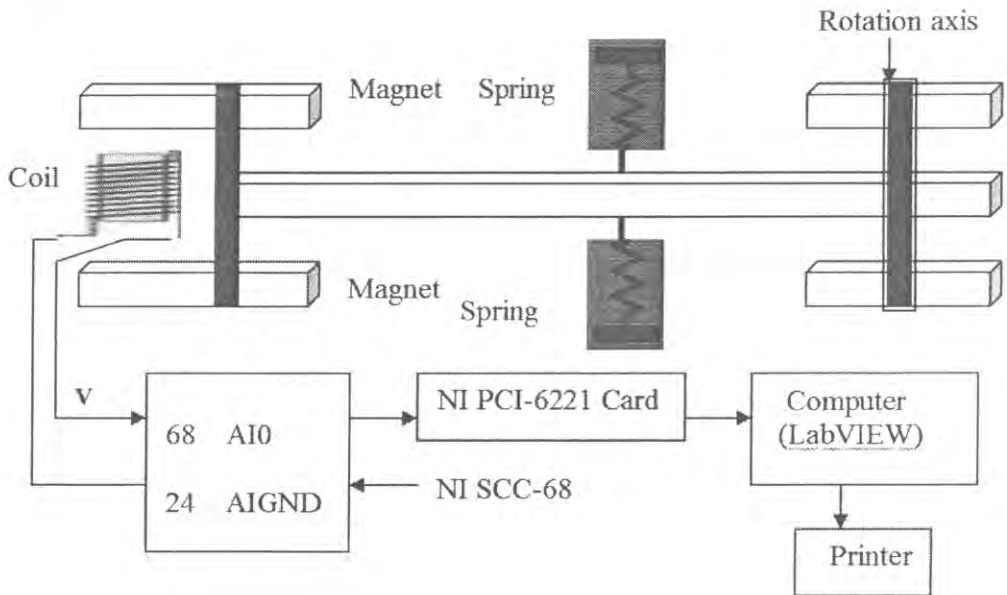
12.5 การให้แลปวิวทำหน้าที่ตรวจวัดการสั่นของแผ่นดินไหว

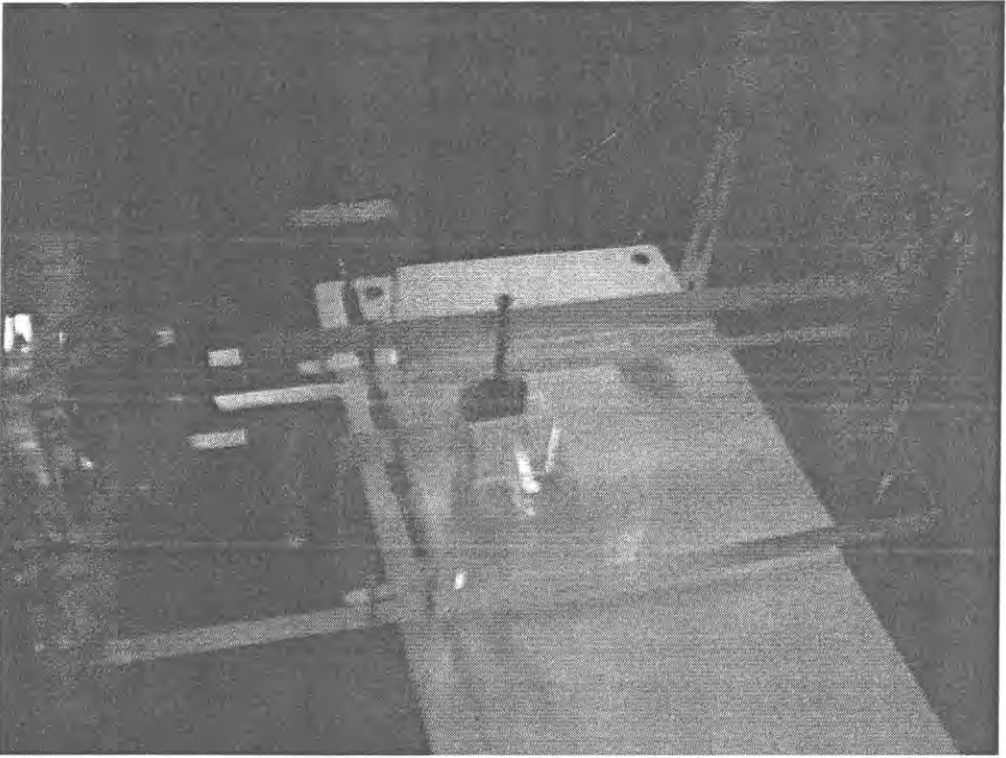
บทนำ

ความร้ายแรงอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหวสามารถบอกได้ในรูปของความรุนแรง (Intensity) และขนาด (Magnitude) ของแผ่นดินไหว ค่าขนาดแผ่นดินไหวนี้ขึ้นอยู่กับความสูงของคลื่นแผ่นดินไหว (Amplitude) ที่บันทึกได้ด้วยเครื่องวัดแผ่นดินไหว (Seismograph) ดังนั้นขนาดแผ่นดินไหวแต่ละครั้งจึงมีได้เฉพาะค่าเดียวซึ่งได้จากการตรวจจับด้วยเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวเท่านั้น ขนาดของแผ่นดินไหวตามมาตราริคเตอร์ (Richter) คลื่นแผ่นดินไหว (Seismic wave) หรือคลื่นที่ทำให้เกิดอาการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่ส่งผ่านมายังผิวโลกและสามารถบันทึกไว้ได้ด้วยเครื่องวัดแผ่นดินไหว (Seismograph) ในรูปของกราฟแผ่นดินไหว (Seismogram) กราฟแผ่นดินไหวเป็นเส้นขึ้นลงสลับกันแสดงถึงอาการสั่นสะเทือนของพื้นดินใต้เครื่องวัดแผ่นดินไหวนั้น เครื่องมือวัดแผ่นดินไหวที่มีความไวสูง สามารถรับคลื่นที่เกิดจากแผ่นดินไหวที่รุนแรงได้ทุกแห่งในโลก เครื่องวัดแผ่นดินไหวสามารถคำนวณหาเวลา ตำแหน่ง และขนาดของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้น ณ สถานีวัดแผ่นดินไหวแห่งใดแห่งหนึ่งได้ มาตราวัดขนาดแผ่นดินไหวของริคเตอร์ (The Richter Magnitude Scale) ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเมื่อปี ค.ศ. 1935 (พ.ศ. 2478) โดย Charles F. Richter แห่งสถาบันเทคโนโลยีแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา เราจึงนิยมใช้หน่วยของขนาดแผ่นดินไหวว่า "ริคเตอร์" (Richter) เป็นตัวเลขที่ทำให้สามารถเปรียบเทียบขนาดของแผ่นดินไหวต่าง ๆ กันได้ เป็นมาตราที่วัดขนาดของแผ่นดินไหว ซึ่งบันทึกได้จากเครื่องวัดแผ่นดินไหว (Seismograph) มีได้เป็นหน่วยวัดเพื่อแสดงผลของความเสียหายที่เกิดขึ้น วัดได้จากความสูงของคลื่น (amplitude) แผ่นดินไหวที่ปรากฏในเครื่องวัดแผ่นดินไหว และคำนวณได้จากสูตรทางคณิตศาสตร์เป็น logarithm ของความสูงของคลื่นแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ (The Severity of an Earthquake, 2552)

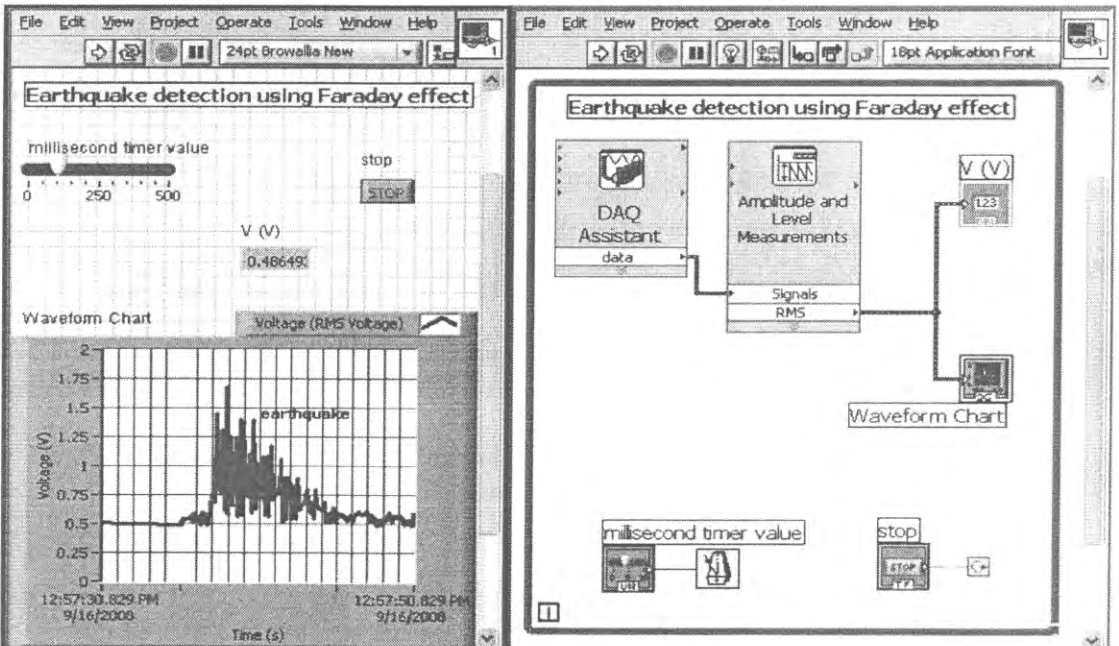
สารที่ใช้ทดลองคือ แท่งแม่เหล็กถาวร จัดเครื่องมือดังรูปที่ 12.5.1 เมื่อเกิดแผ่นดินไหว แท่งแม่เหล็กถาวรจะเคลื่อนที่กลับไป-มา โดยอาศัยแรงดึงกลับของสปริง ขดลวดได้รับสนามแม่เหล็กตามเวลา มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นตามกฎของฟาราเดย์ ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นแปรตรงตามหน่วยวัดความเร่งแผ่นดินไหว คือ หน่วยริกเตอร์ ป้อนแรงดันหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้าเข้า Input AI0 แล้วผ่าน DAQ Card เข้าคอมพิวเตอร์

เขียนโปรแกรมด้วย LabVIEW ใช้ While Loop ให้ทำงานซ้ำกันเป็นวงรอบ ใช้ Stop Button เพื่อหยุดการทำงานเมื่อเราดปุ่มนี้ หน่วงเวลาด้วยอุปกรณ์หน่วงเวลา ใช้ DAQ Assistance รับแรงดันหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้าเข้ามาในเครื่อง โดยเลือกใช้ Input AI0 แล้วแสดงค่าแรงดันด้วย Numeric Indicator และ Graph Indicator และกราฟที่แสดงเป็นกราฟของแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาและสั่ง RUN ซึ่งคอมพิวเตอร์จะแสดงผลออกมา ดังแสดงในรูปที่ 12.5.2





รูปที่ 12.5.1 แสดงการใช้งานของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โรสำหรับการทดสอบ
อุปกรณ์วัดแผ่นดินไหวโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลบVIEWเป็นฐาน



รูปที่ 12.5.2 แสดง Front Panel และ Block diagram สำหรับการใช้งานของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โร
สำหรับการทดสอบอุปกรณ์วัดแผ่นดินไหวโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลบVIEWเป็นฐาน

ผลการใช้งานของเซรามิกแม่เหล็กเฟอร์ไรต์สำหรับการทดสอบอุปกรณ์วัดแผ่นดินไหวโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลปวิวเป็นฐานแสดงดังรูปที่ 12.5.2 ระบบการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ใช้ DAQ Card และโปรแกรม LabVIEW ที่ได้จัดเตรียมขึ้นสามารถนำไปใช้ในการใช้งานของเซรามิกแม่เหล็กเฟอร์ไรต์สำหรับการทดสอบอุปกรณ์วัดแผ่นดินไหวได้ ผลการทดลองนี้สามารถใช้เซรามิกแม่เหล็กเฟอร์ไรต์สำหรับการทดสอบอุปกรณ์วัดแผ่นดินไหวได้

12.6 การให้แลปวิวทำหน้าที่วัดการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมทะเล

วัสดุแม่เหล็กเฟอร์ไรต์จัดเป็นเฟอร์ไรต์แข็ง มีผู้ศึกษาแม่เหล็กเซรามิก (magnetic ceramics) มานานแล้ว ในปี 1948 นีล (Neel) ได้พัฒนาแบบจำลอง (model) ซึ่งเป็นรากฐานสำหรับความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติเชิงการหมุนรอบตัวเองของอิเล็กตรอนทำให้เกิดโมเมนต์แม่เหล็ก (magnetic moment, m) มีแมกนีโตเซชัน (magnetization) เกิดขึ้น สมการสำคัญ คือ $B = \mu H = \mu_0 \mu_r H = \mu_0 (H + M)$; $M = \chi_m H$; $H = ni$ (Mouilson และ Herbert, 1990) เมื่อ B เป็นความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (magnetic flux density) H เป็นความเข้มสนามแม่เหล็ก (magnetic field intensity) μ เป็นสภาพซาบซึมผ่านได้ทางแม่เหล็กของสารแม่เหล็ก (magnetic permeability of the magnetic material) μ_0 เป็นสภาพซาบซึมผ่านได้ทางแม่เหล็กของสุญญากาศ (magnetic permeability of the vacuum) μ_r เป็นสภาพซาบซึมผ่านได้สัมพัทธ์ (relative permeability) M เป็นแมกนีโตเซชัน χ_m เป็นสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็ก (magnetic susceptibility) n เป็นจำนวนรอบของขดลวดต่อหนึ่งหน่วยความยาว และ I เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด

อำนาจแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ของแข็งเกิดจากการคู่ควบทางแม่เหล็กอย่างแรง (strong magnetic coupling) หรือการดึงดูดร่วมของโมเมนต์แม่เหล็กบนอะตอมในของแข็ง การดึงดูดร่วมของโมเมนต์แม่เหล็กจะทำให้เกิดการเรียงตัวร่วมใหม่ที่ขนานกัน (parallel mutual reorientation) ของโมเมนต์แม่เหล็กไปในทิศทางหนึ่งจนกระทั่งเกิดเป็นแมกนีโตเซชันที่เกิดขึ้นเอง (spontaneous magnetization) บริเวณที่โมเมนต์แม่เหล็กเรียงตัว เรียกว่า โดเมน (domain) บริเวณรอยต่อระหว่างโดเมน เรียกว่า ผนังโดเมน (domain wall)

เซรามิกแม่เหล็กที่จัดเป็นวัสดุแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ ได้แก่ $BaO \cdot 6Fe_2O_3$ และ $SrO \cdot 6Fe_2O_3$ สารทั้งสองมีโครงสร้างผลึกเป็นแบบเฮกซะโกนอลแมกนีโตพลัมไบต์ (hexagonal magnetoplumbite structure) การประยุกต์ใช้งานของสารแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ ได้แก่ แท่งแม่เหล็กถาวร (permanent magnet) ของหูฟัง (earphone) และลำโพง (loud speaker) ชิ้นส่วนเฟอร์ไรต์แข็ง (hard ferrite component)

R.C. Pullar ได้เตรียม $BaFe_{12}O_{19}$ fibres และ $Ba_2Co_2Fe_{12}O_{22}$ fibres สำหรับทำแท่งแม่เหล็กและขั้วบ่งลักษณะของสารด้วยเครื่อง XRD และ SEM (R.C. Pullar, 1997)

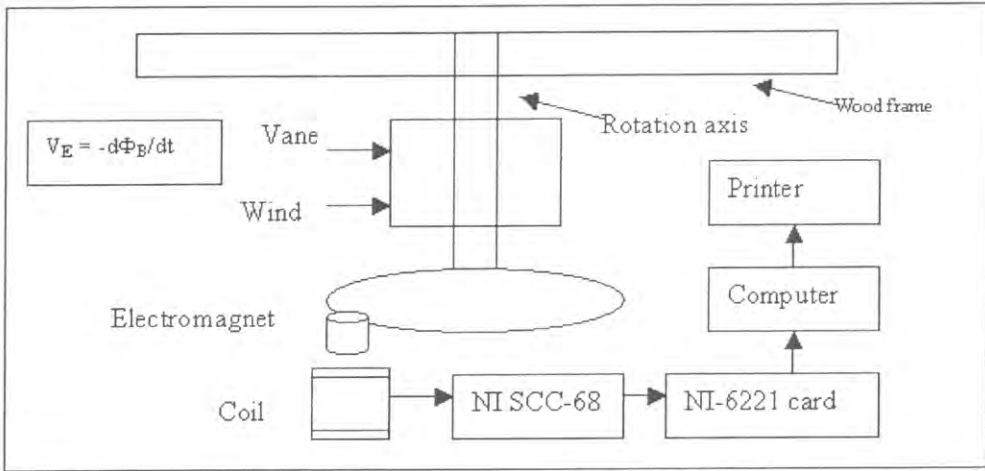
วัสดุอุปกรณ์

ขั้ว NI SCC-68 DAQ card (NI-6221) คอมพิวเตอร์ LabVIEW สารที่ใช้ทดลอง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องวัดความเร็วลม

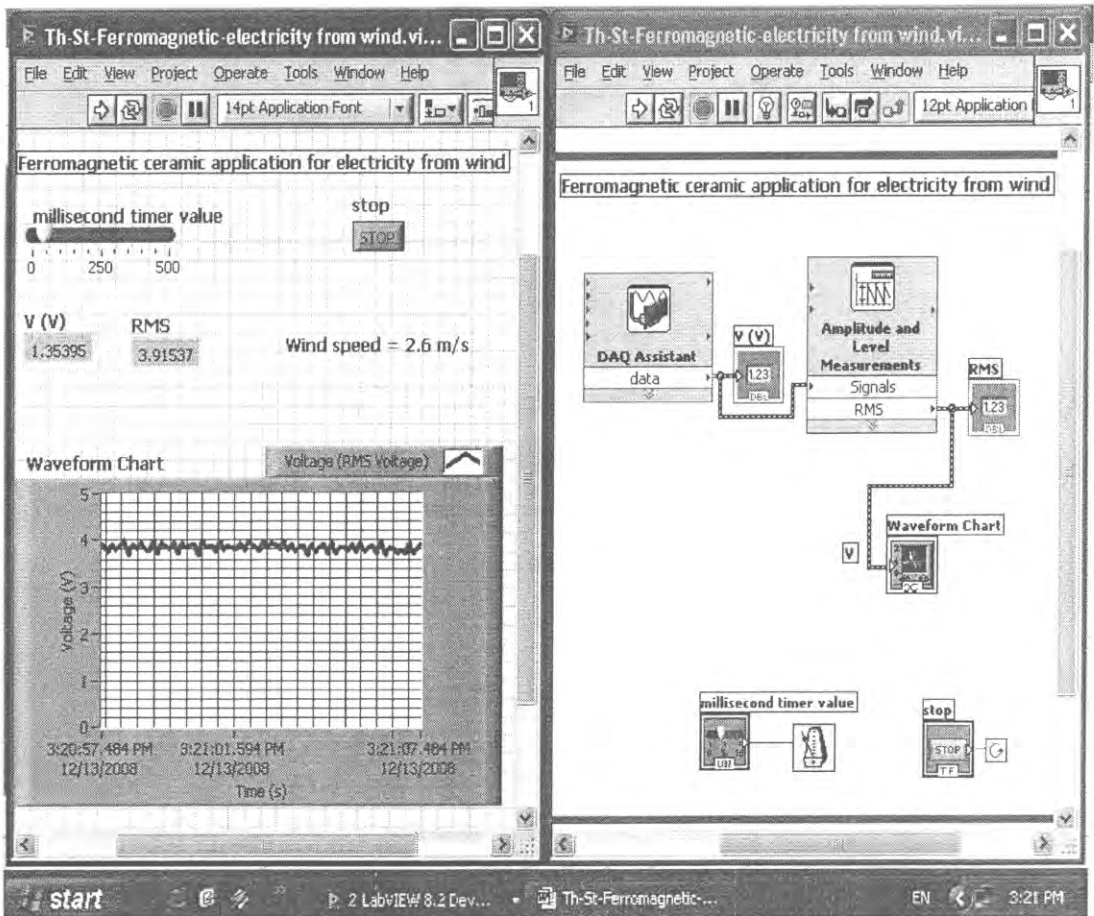
วิธีการ

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกแม่เหล็กเฟอร์ไรต์สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากลมโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลปวิวเป็นฐานดังแสดงในรูปที่ 16.5.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกแม่เหล็กเฟอร์ไรต์สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากลมโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลปวิวเป็นฐานดังแสดงในรูปที่ 16.5.2 สารตัวอย่างเป็นแท่งแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ 4 อัน และขดลวด 4 อัน ลมมาปะทะที่ใบพัด ทำให้

ใบพัดหมุน แท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดขดลวด ขดลวดได้รับสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ V_E เกิดขึ้นซึ่งเป็นไปตามกฎของฟาราเดย์ คือ $V_E = -d\Phi_B/dt$ เมื่อ Φ_B คือฟลักซ์แม่เหล็ก, t เป็นเวลา ให้ $V_E = V$ ป้อนแรงดันไฟฟ้า V เข้าไปยัง Input A10 ผ่าน DAQ Card เข้า Computer



รูปที่ 16.5.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โรเพื่อการผลิตไฟฟ้าจากลมโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลปวิวเป็นฐาน



รูปที่ 16.5.2 แสดง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โรเพื่อการผลิตไฟฟ้าจากลมโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลปวิวเป็นฐาน

ผลการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรต์สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากลมโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลป
วิวเป็นฐานแสดงดังรูปที่ 16.5.2 ผลการทดลองพบว่าเมื่อลมมาปะทะที่ใบพัดด้วยความเร็ว 2.5 m/s จะทำให้
ใบพัดหมุน แท่งแม่เหล็กจะเคลื่อนที่ตัดขดลวด ขดลวดได้รับสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาทำให้เกิด
แรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นเป็นปริมาณ 3.8 V ซึ่งเป็นไปตามกฎของฟาราเดย์นั้นแสดงว่าเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรต์สามารถ
ประยุกต์เป็นเครื่องผลิตไฟฟ้าจากลมได้

ผลการทดลองเรื่อง การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรต์สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากลมนั้นมีความ
เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานลม พลังงานจากลมทะเลน่าจะมีความเป็นไปได้

¹รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหาหน้า

G. Gusmano (1993) ได้เตรียม $MgFe_2O_4$ วัดความพรุน (porosity) วัดพื้นผิวจำเพาะ (specific surface area) วัดขนาดของอนุภาค (particle size) ด้วยเครื่อง(SEM) และวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า (resistivity) ในขณะที่สารได้รับความชื้น (humidity) D. Ravinder (1994) ได้เตรียม Mn-Zn ferrite วัดสภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ A.A. Sattar (1996) ได้เตรียมผลึกเดี่ยว Mn-Zn ferrite วัดการขึ้นกับอุณหภูมิของสภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็ก K.H. Rao (1996) ได้เตรียม Ni-Zn ferrite วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (dielectric constant) แทนเจนต์การสูญเสียเชิงไดอิเล็กตริก (dielectric loss tangent) ตัวประกอบการสูญเสียเชิงแม่เหล็ก (magnetic loss factor) ที่ขึ้นกับความถี่

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง อุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านและอุปกรณ์เลื่อนเฟส

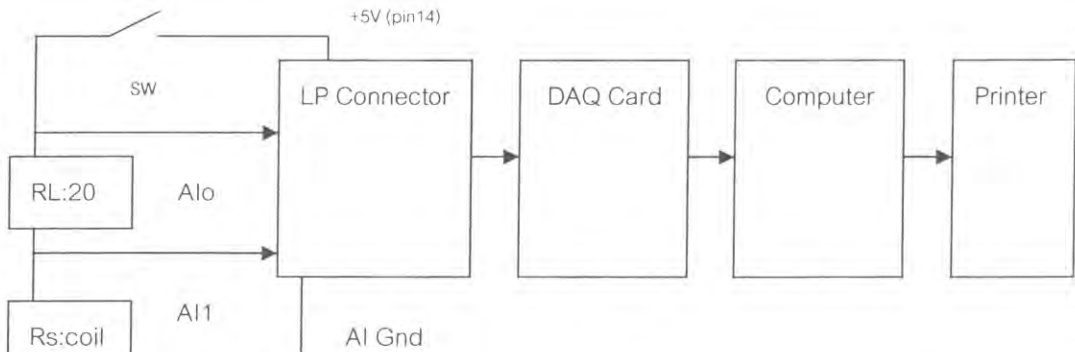
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

13.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

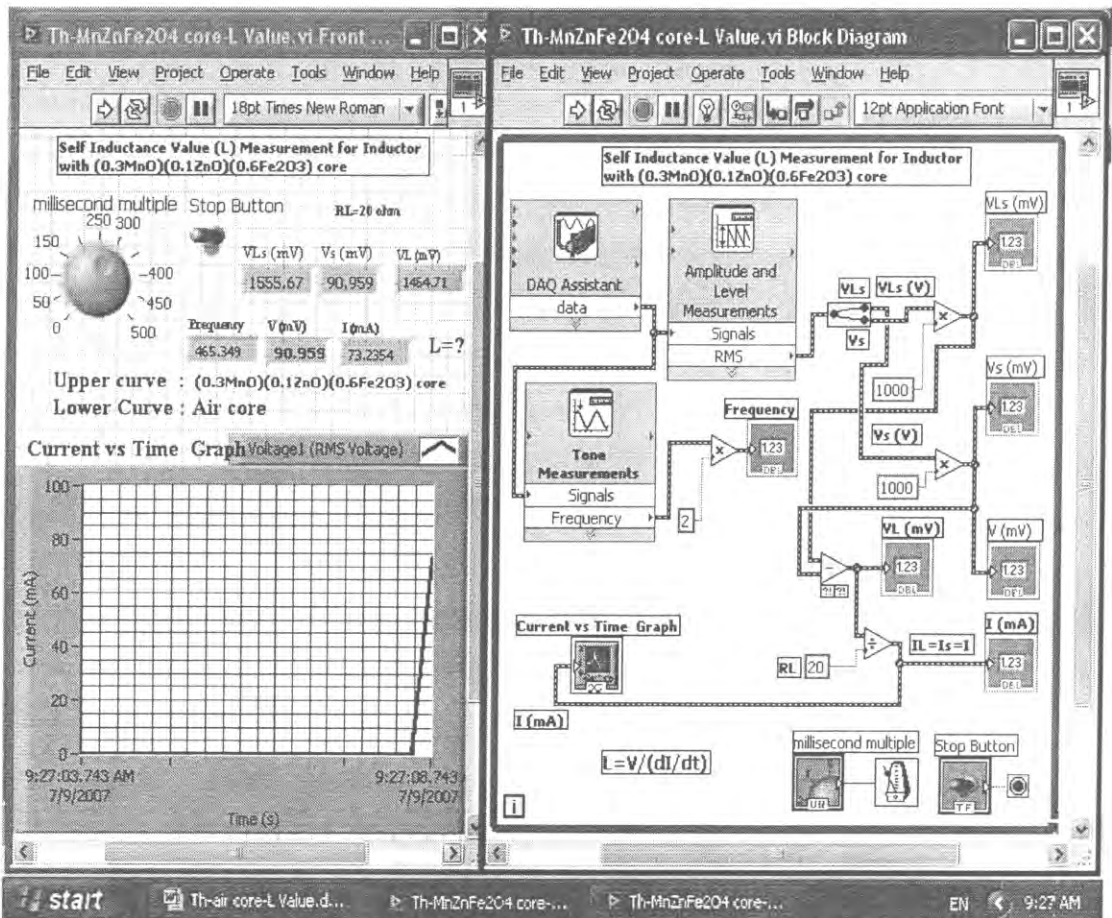
จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.1.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.1.2

กระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้า 5 V (ขา 14 ของ LP connector) ไหลผ่านสวิตช์ SW ตัวต้านทานโหลด (RL) 20Ω และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s สารตัวอย่างเป็นขดลวดเหนี่ยวนำ (induction coil) ที่มีสารแม่เหล็กเฟอร์ริ $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกน (ferrimagnetic core) ขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดเหนี่ยวนำของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_s และ V_{L_s} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_{L_s} จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_s และ V_{L_s} ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า V(rms) Split signal จะแยก V_s และ V_{L_s} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{L_s} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L = V_{L_s} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s = I_L = I$ แสดงกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (I vs t) ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Graph หนึ่งเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ current vs time เปิดสวิตช์ SW สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer คำนวณค่าความเหนี่ยวนำตัวเอง (L) ด้วยสูตร $V = L di/dt$ เมื่อ

di/dt เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าซึ่งสามารถหาได้จากความชันของเส้นกราฟ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำตัวเองหรือ แรงดันไฟฟ้า (V หรือ V_s) บนคอยล์อ่านที่ Numeric Indicator ก็สามารควัดค่า L นี้ได้



รูปที่ 13.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองในวงจรไฟฟ้า กระแสตรงด้วย LabVIEW

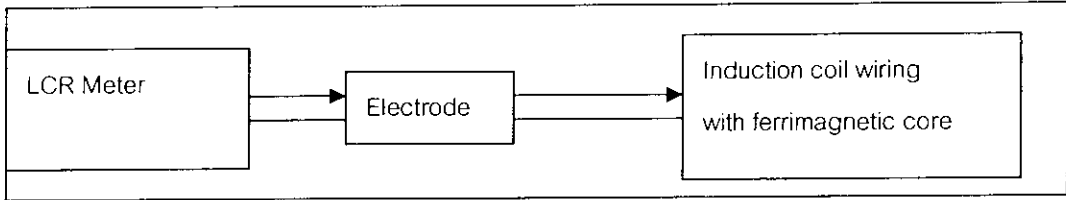


รูปที่ 13.1.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วย LabVIEW

13.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

วิธีที่ 1 ใช้เครื่อง LCR meter

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับดังแสดงในรูปที่ 11.2.1



รูปที่ 13.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

- เช็ตเครื่อง RLC Meter ตามคู่มือ ซึ่งทำได้ดังนี้

blue reset → Yes → Enter

blue cable → 1 m → Enter

Meas Parameter → L2 → Q → Enter

Freq → 100 kHz → Enter

open correction (Blue open) → open measure → Enter

short corection → หนีบที่ไขควง (ช็อตไขควงทั้งสองข้าง)

- ทำการวัดค่า L และ f ที่ความถี่ 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz และ 100 kHz ซึ่งทำโดย Connect DUT นำขั้วติดตั้งที่เครื่อง LCR meter สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน แกนของขดลวดเป็นขดลวดทึบของหม้อแปลงไฟฟ้ามีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω (ใช้ขดทุติยภูมิเท่านั้น)

Setting measured quantity → Lp

Continue to measure the L value at 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz and 100 kHz

Record the results in Table 1

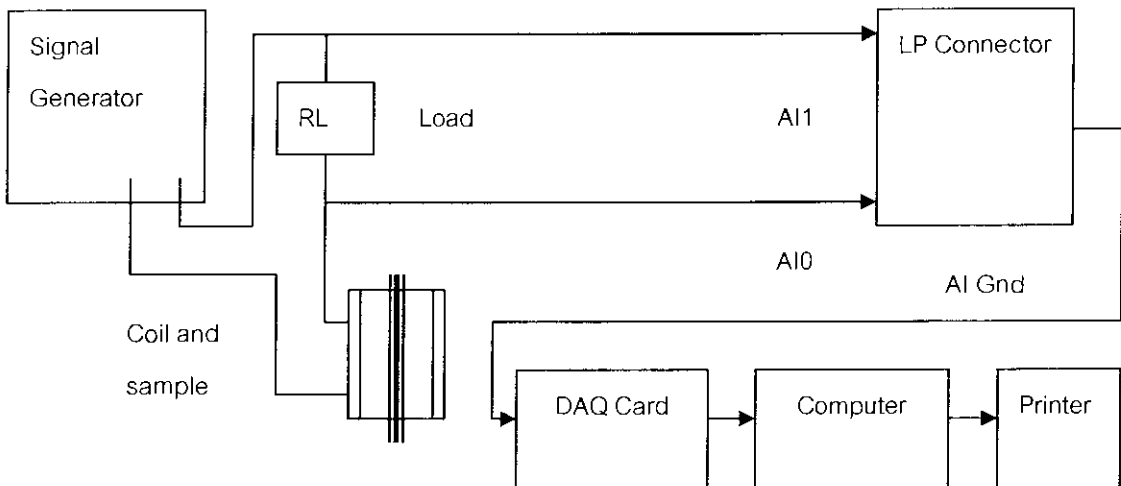
- เขียนกราฟของ L vs f ด้วย EXCEL พร้อมทั้งแสดงสมการ (รูปที่ 13.2.2)

*** แกน x เป็นสเกล log แกน y เป็นสเกล log

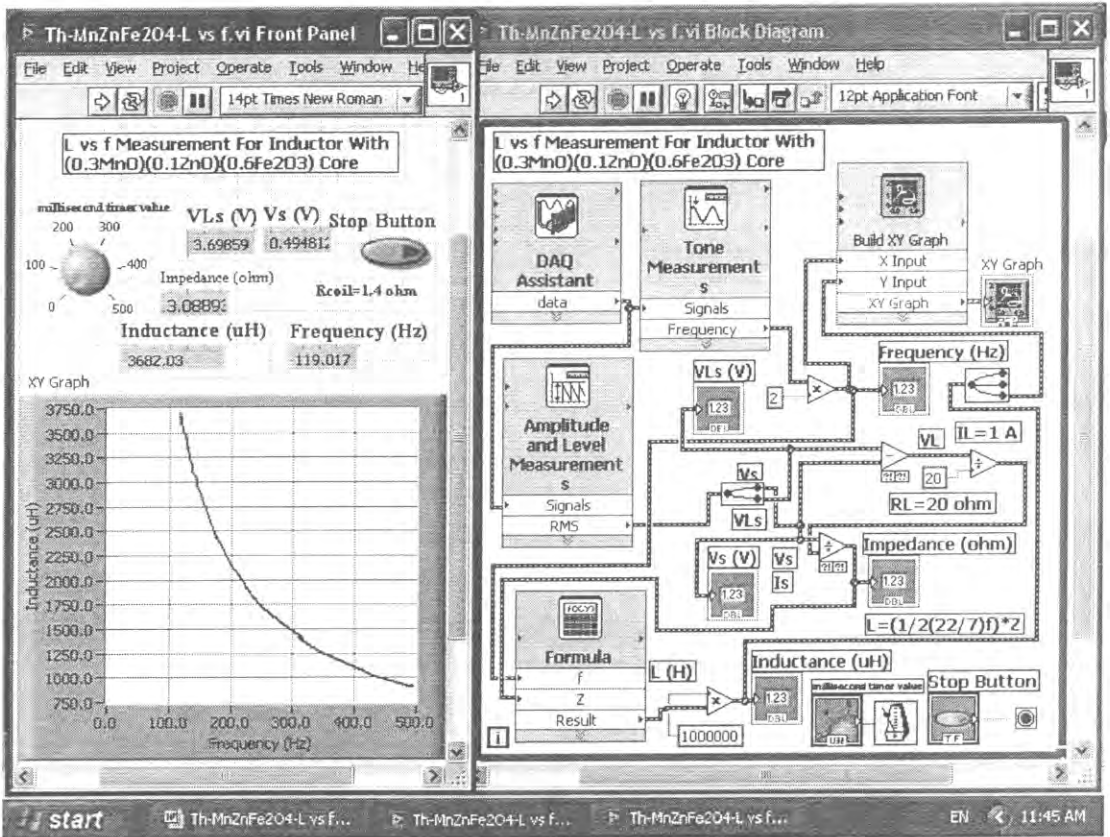
วิธีที่ 2 ใช้ LabVIEW และ DAQ Card

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารแม่เหล็กเฟอร์ริให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.2.3 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบสารแม่เหล็กเฟอร์ริให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.2.4 สารตัวอย่างที่ใช้ คือ ขดลวด

ที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกน กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $20\ \Omega$ และสารตัวอย่าง (ขดลวดที่มีสารเป็นแกน) ที่มีความต้านทาน R_s ขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ $1.65\ \Omega$ และความต้านทานขดทุติยภูมิ $1.6\ \Omega$ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ R_s+R_L มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ Split signal จะแยก V_s และ V_{Ls} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L=V_{Ls}-V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L=V_L/R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s=I_L$ คำนวณอิมพีแดนซ์ของสารตัวอย่าง (Z) ด้วยสูตร $Z=V_s/I_s$ แสดงอิมพีแดนซ์ (Z) ด้วย Numeric Indicator พิจารณาสูตรสำหรับคำนวณค่าความเหนี่ยวนำตัวเอง (L) ของขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกน $V_s=V$; $V=IZ$;
 $V=I\sqrt{R^2+X_L^2}$ $V=I\sqrt{R^2+(2\pi fL)^2}$; $\sqrt{R^2+(2\pi fL)^2}=V/I=Z$; $R^2+(2\pi fL)^2=Z^2$; $(2\pi fL)^2=Z^2-R^2$;
 $L=\sqrt{[1/(2\pi f)^2](Z^2-R^2)}$; $R=1.4\ \Omega$; ดังนั้น $L=1/(2\pi fZ)$ แปลงหน่วยของ L เป็น μH ด้วย Multiplier วัดความถี่ f ด้วย Tone Measurements แสดงกราฟของค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ (L vs f) ด้วย Build XY Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรมปรับความถี่ f ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเพื่อแสดงกราฟ L vs f ด้วย Numeric Indicator และ XY Graph สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 12.2.3 การจัดเครื่องมือสำหรับทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วย LabVIEW



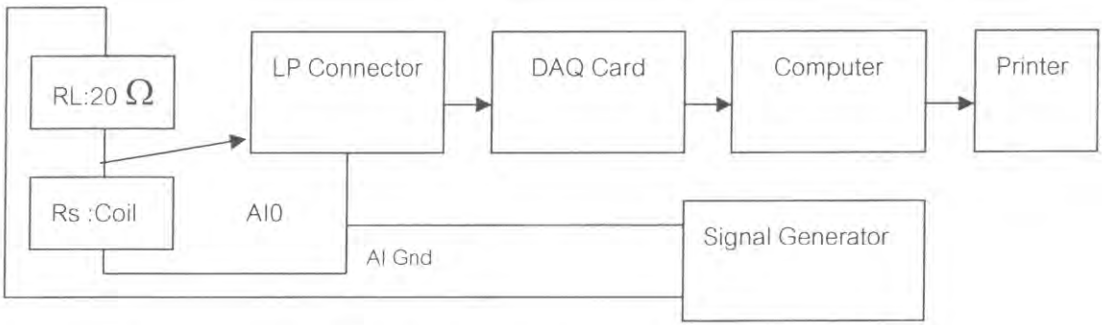
รูปที่ 13.2.4 Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบขดลวดที่มีสาร

$(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ
ค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
ด้วย LabVIEW

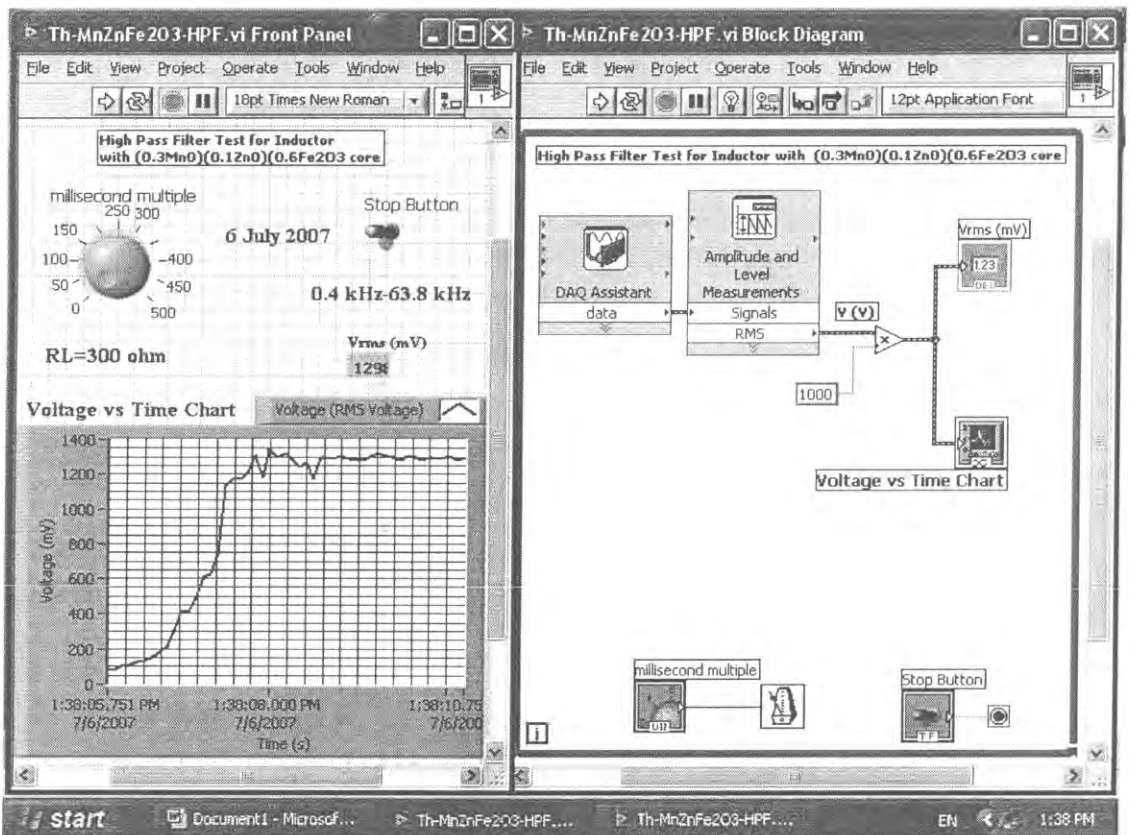
13.3 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็น
อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.3.1 สร้าง Front Panel และ Block
diagram สำหรับทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรอง
แรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.3.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ขดลวดที่มีสาร
 $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกน กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
ตัวต้านทานโหลด (R_L) 300Ω และสารตัวอย่าง (ขดลวดที่มีสารเป็นแกน) ที่มีความต้านทาน R_s หม้อแปลงไฟฟ้า
มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω ขดลวดที่ใช้จะเป็นขดทุติยภูมิของ
หม้อแปลงไฟฟ้านี้ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s มีค่า V_s และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ผ่าน DAQ Card เข้า
ไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_s หรือ V ไปที่ Amplitude and Level
Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(rms)$ ใช้ Multiply เปลี่ยนหน่วยของแรงดันไฟฟ้าจาก V มาเป็น mV
แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform chart หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย
Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุม

การทำงานของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs. time เพิ่มความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าในช่วง 0.4 kHz-63.8 kHz สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 13.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกน ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย LabVIEW

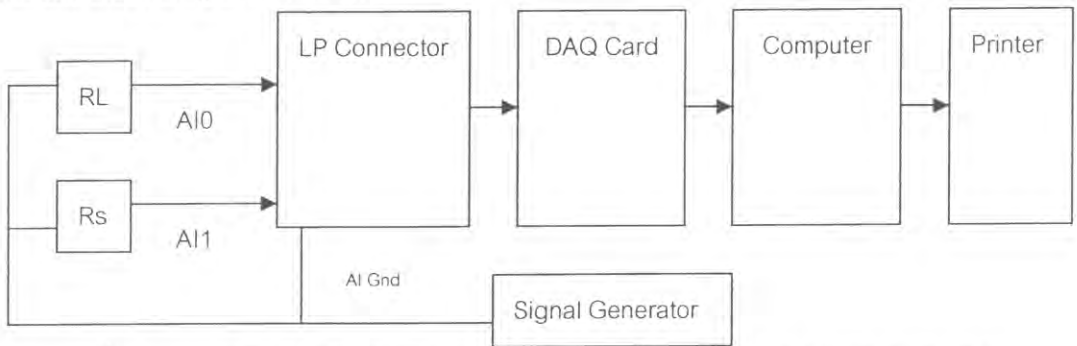


รูปที่ 13.3.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย LabVIEW

13.4 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟส

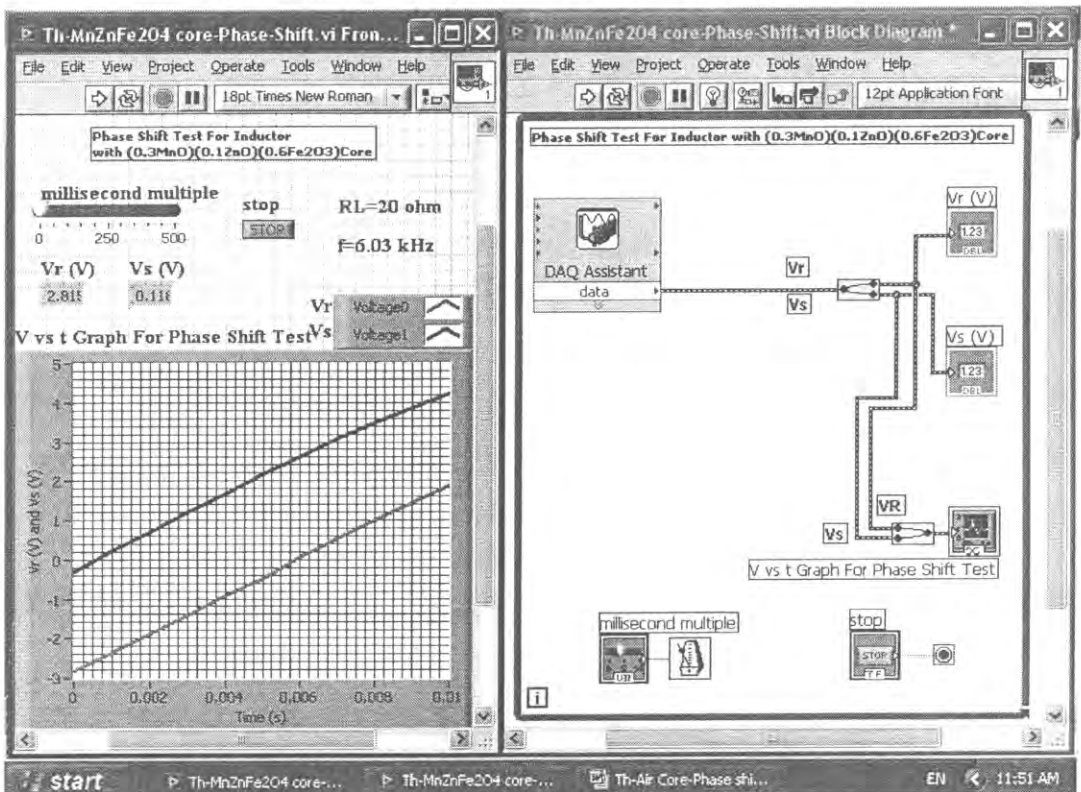
จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.4.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.4.2 สารตัวอย่างที่ใช้ คือ ขดลวดที่มีสาร

$(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกน ขดลวดที่ใช้เป็นขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 20Ω และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ที่ต่อขนานกัน แรงดันไฟฟ้าที่ผ่านมีค่า V_r และ V_s และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_r และ V_s จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant Split signal จะแยก V_r และ V_s ออกจากกัน แสดง V_r และ V_s ด้วย Numeric Indicator และ Waveform graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของ While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time ปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าให้เป็น 6.03 kHz สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 13.4.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$

เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW



รูปที่ 13.4.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบขดลวดที่มีสาร

$(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW

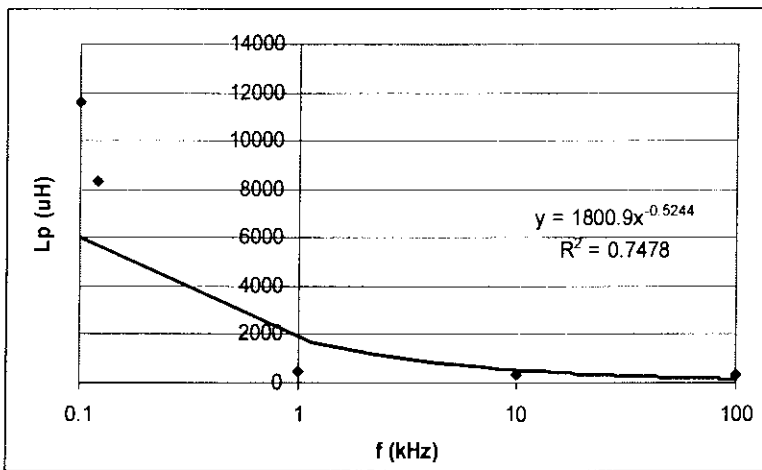
ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

ผลการทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.1.2 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนมีค่า $V = 90.959 \text{ mV} = 90.959 \times 10^{-3} \text{ V}$ อัตราการเพิ่มขึ้นของกระแสไฟฟ้าในขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนมีค่า $dI/dt = 75 \text{ mA} / 0.25 \text{ s}$
 $dI/dt = 75 \times 10^{-3} \text{ A} / 0.25 \text{ s} = 0.3 \text{ A/s}$ ค่าความเหนี่ยวนำตัวเอง (L) ที่คำนวณจากสูตร $L = V/(dI/dt)$
 $L = 90.959 \times 10^{-3} \text{ V} / 0.3 \text{ A/s} = 0.3 \text{ H} = 30 \text{ mH}$

2) อุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเอง

เมื่อวัดด้วย LCR Meter (วิธี 1) ผลการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ของขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนสารแสดงดังรูปที่ 13.2.2 ค่าความเหนี่ยวนำตัวเองจะมีค่าลดลงเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ค่าความเหนี่ยวนำตัวเองจะขึ้นกับขนาดของสาร คือ ถ้าสารมีขนาดใหญ่จะมีค่าความเหนี่ยวนำตัวเองมาก แต่ถ้ามีขนาดเล็กก็จะมีค่าความเหนี่ยวนำตัวเองน้อย การที่ค่าความเหนี่ยวนำตัวเองมีค่าลดลงในขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้นจะเป็นข้อมูลที่น่าไปใช้สำหรับการประยุกต์สารเพื่อใช้งานที่ความถี่ต่างๆได้



รูปที่ 13.2.2 ค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ของขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกน

เมื่อวัดด้วย LabVIEW (วิธี 2) ผลทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.3\text{MnO})(0.1\text{ZnO})(0.6\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 12.2.4

3) อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน

สารตัวอย่าง คือ ขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกน ผลการทดสอบสารตัวอย่างให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.3.2 สารตัวอย่างแสดงการกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านในช่วงความถี่ 0.4 kHz-63.8 kHz

4) อุปกรณ์เลื่อนเฟส

ผลทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.4.2 สารตัวอย่างแสดงการเลื่อนเฟสที่ความถี่ทดลอง 6.03 kHz

สรุปผลการทดลอง

- 1) ขดลวดที่มีสารแม่เหล็กเฟอร์ริ ($0.6\text{MnO}_2(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$) เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ค่าความเหนี่ยวนำตัวเอง (L) ที่คำนวณได้มีค่า 30 mH
- 2) ขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_0.9\text{Ni}_0.2\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนมีค่าความเหนี่ยวนำตัวเองลดลงเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น (วิธีที่ LCR Meter)
- 3) ขดลวดที่มีสาร ($0.6\text{MnO}_2(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$) เป็นแกน สามารถทดสอบอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้ (วิธี LabVIEW)
- 3) ขดลวดที่มีสาร ($0.6\text{MnO}_2(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$) เป็นแกนสามารถประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์การกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านได้
- 4) ขดลวดที่มีสาร ($0.6\text{MnO}_2(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$) เป็นแกนสามารถประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสได้
- 5) ได้ควบคุมการทดลองบางส่วนด้วย LabVIEW และ DAQ Card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Gusmano, G., 1993, Humidity-sensitive electrical response of sintered MgFe_2O_4 , J. Mater. Sci. 28 : 6195-6198.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Ravinder, G., 1994, Electrical conductivity of Mn-Zn ferrites, J. Appl. Phys. 75 (10) : 6118-6120.
- Sattar, A.A., 1996, Effect of magnetic order on electrical properties of Mn-Zn ferrite single crystals, J. Mater. Sci. Lett. 15 : 1090-1092.

13.5 การให้แลปวิวทำหน้าที่ทดสอบการกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่าน อุปกรณ์เลื่อนเฟส และอุปกรณ์สวิตซ์ความถี่ของแผ่นดิสก์

บทความ การสาริตสำหรับการประยุกต์ใช้ของแผ่นดิสก์เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่าน อุปกรณ์เลื่อนเฟสและอุปกรณ์สวิตซ์ความถี่โดยใช้ระบบการวัดที่ใช้แลปวิวเป็นฐาน
 Demonstration for Diskette for the Operation of Low Pass Filter, Phase Shifter and Frequency Switch Device Using the LabVIEW-Based Measurement System

ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์¹ กิ่งกานต์ เปาะทอง² สาธิตญา ดรุณศิลป์³

¹รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์ ระดับปริญญาโท ³นักศึกษาฟิสิกส์ ระดับปริญญาตรี

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และการประยุกต์ใช้งานของแผ่นดิสก์ ได้จัดเตรียมเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP, การ์ด DAQ และแลปวิว เมื่อเพิ่มความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่แผ่นดิสก์ในช่วง 1200 Hz ถึง 7200 Hz ปรากฏว่าอิมพีแดนซ์ของแผ่นดิสก์มีค่าลดลง แผ่นดิสก์ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่ต่ำผ่าน เมื่อปล่อยแรงดันไฟฟ้าสลับที่มีความถี่ 183.8 Hz จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าผ่านโหลดและแผ่นดิสก์พบว่าแผ่นดิสก์สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟส การทำงานเป็นอุปกรณ์สวิตช์ความถี่จะอาศัยอุปกรณ์เสมือนซึ่งเป็น Greater ทำการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ได้ตั้งกับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมแผ่นดิสก์ ผลการเปรียบเทียบจะไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ 6V โซลิดสเตทรีเลย์และอุปกรณ์เตือนความถี่สูง การทดลองนี้ได้ตั้ง Vset (Setting voltage) เป็น 1.55 V ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ปรับอยู่ในช่วง 1200 Hz ถึง 7200 Hz ดังนั้นแผ่นดิสก์สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ความถี่

คำสำคัญ : แผ่นดิสก์ อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้า ความถี่ต่ำผ่าน อุปกรณ์เลื่อนเฟส แลปวิว อุปกรณ์สวิตช์ความถี่

Abstract

This project involved the measurement of physical properties and the applications of the diskette sample. Instruments for sample testing that composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW were prepared. When voltage frequency of the diskette increased in the range of 1200 Hz - 7200 Hz, the impedance of diskette decreased. So, the diskette sample can be used as low pass filter. When ac voltage of frequency 183.8 Hz of signal generator flowed through load and diskette, found that the diskette can be operated as phase shifter. The operation for frequency switch device was done using virtual instrument that was Greater for comparison between setting voltage (Vset) and voltage across the diskette (Vs). The results will control the function of 6V-relay, solid state relay and high frequency alarm. The used setting voltage was 1.55 V The adjusted voltage frequency was in the range of 1200 Hz - 7200 Hz. So, the diskette sample can be used as frequency switch device.

Keywords : diskette , low pass filter , phase shifter , LabVIEW , frequency switch device

บทนำ

หน่วยความจำ ในที่นี้เป็นหน่วยความจำรอง อาจเรียกกว่าเป็นสื่อบันทึกข้อมูล ช่วยเก็บบันทึกข้อมูลให้สามารถนำไปใช้ในที่ต่างๆ รวมทั้งเก็บรักษาข้อมูลได้อย่างปลอดภัย ยาวนานไม่สูญหาย ซึ่งจะเลือกใช้ชนิดใดก็ขึ้นอยู่กับขนาด ปริมาณของข้อมูลที่ต้องการจะเก็บ หน่วยความจำ คือ แผ่นดิสก์ Disk หรือ Floppy Disk สื่อบันทึกข้อมูล ขนาด 1.44 Mb. หรือประมาณ 1,440,000 (ตัวอักษร) ไบท์

(http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/chanthaburi/komes_k/com_unit/memory_u.html)

แผ่นดิสก์แบบอ่อน (Floppy Disk) เป็นอุปกรณ์ของหน่วยความจำสำรองของคอมพิวเตอร์ แผ่นดิสก์แบบอ่อนขนาด 3.5 นิ้ว จะนิยมใช้กันโดยทั่วไป เพราะเก็บรักษาได้ง่ายกว่าแผ่นดิสก์ขนาดอื่นๆ ตลอดจนเก็บข้อมูลได้มากด้วย ข้อสังเกต ข้อดีของอุปกรณ์ของหน่วยความจำสำรอง ของแผ่นดิสก์แบบแข็งและแผ่นดิสก์แบบอ่อน

คือข้อมูลจะถูกเก็บบันทึกเอาไว้ และสามารถเรียกใช้ได้ตามความต้องการ วิธีการทำงานของหน่วยความจำจะเข้าถึงข้อมูลทุกตำแหน่งได้โดยใช้เวลาเท่ากันหมด เราเรียกว่า "การเข้าถึงข้อมูลแบบตรง" (Direct Access) โดยไม่ขึ้นกับตำแหน่งที่เก็บ ไม่ว่าจะข้อมูลจะถูกบันทึกเอาไว้ที่ส่วนไหนของสื่อบันทึกก็ตาม หัวอ่านของข้อมูลก็สามารถที่จะเจาะตรงไปอ่านได้เลย โดยไม่ต้องเริ่มตั้งต้นใหม่ทุกครั้ง และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้เวลาอย่างรวดเร็ว (<http://looknatty.exteen.com/page/2>)

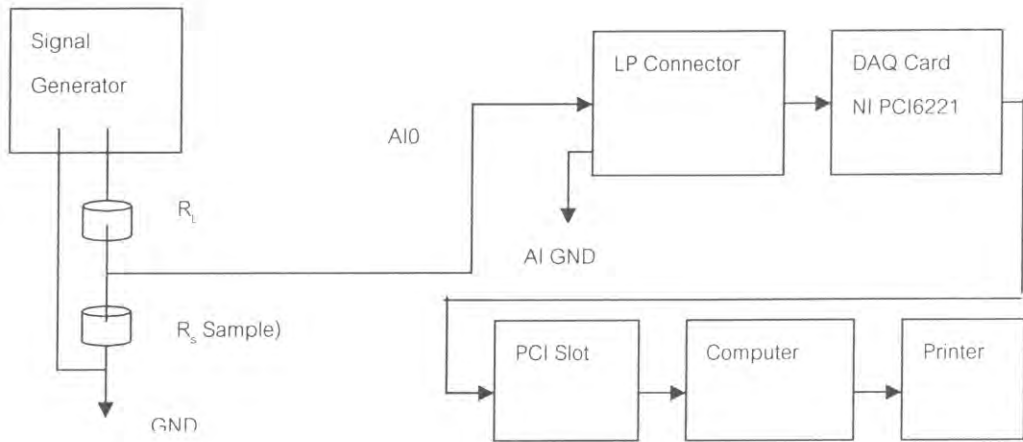
ได้มีผู้ใช้ระบบการวัดและเก็บข้อมูลสำหรับสมรรถนะและการควบคุมระบบการวัดและแสดงผลของการทำงานของระบบ ลักษณะสมบัติของระบบแบบนี้เป็นการใช้ดาต้าล็อกเกอร์ (data logger) หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) สำหรับการวัดและการได้มาของสัญญาณและการส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ท RS-232 (Forero, N., 2006 and Barney, George C. 1988)

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP, การ์ด DAQ และแลปวิว และการประยุกต์ใช้แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่าน อุปกรณ์เลื่อนเฟสและอุปกรณ์สวิตช์ความถี่

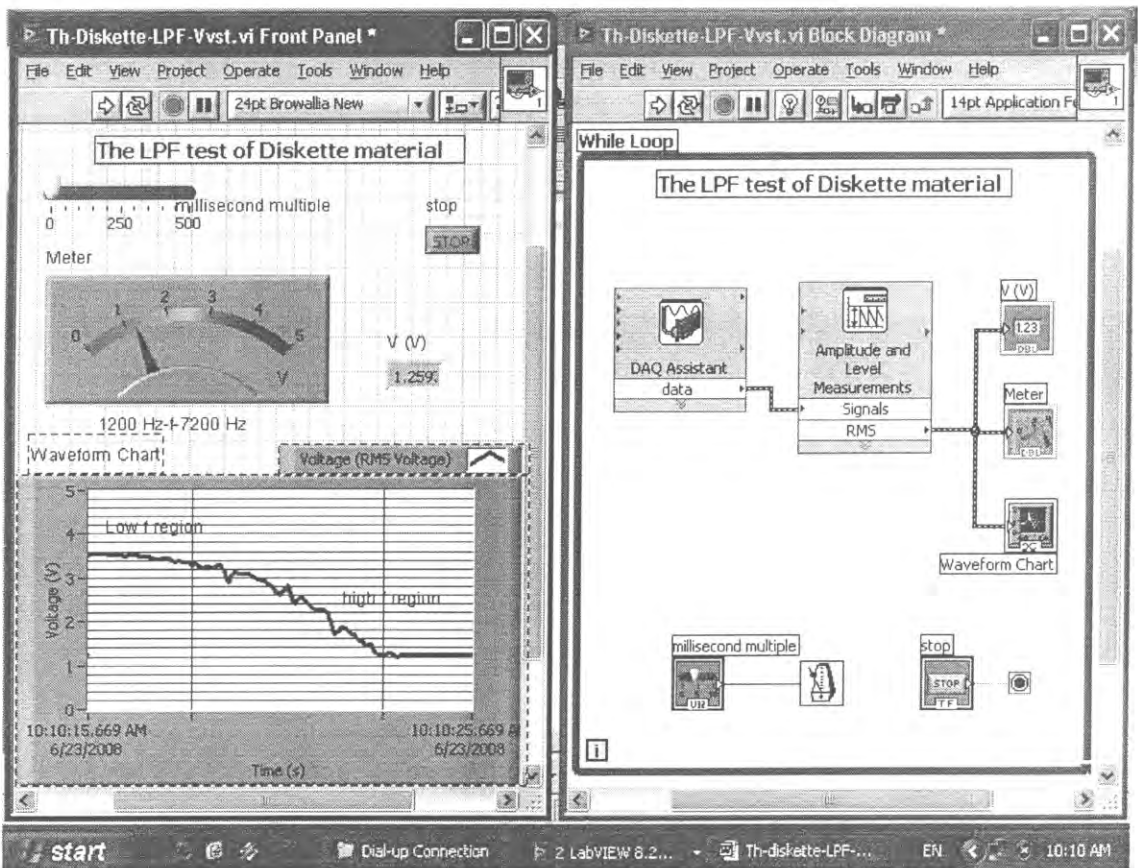
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1) การประยุกต์แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่านด้วย LabVIEW

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบแผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่านด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.5.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบแผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่านด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.5.2 กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $1\text{ M}\Omega$ และสารตัวอย่าง (แผ่นดิสก์) ที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s มีค่า V_s และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_s หรือ V ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform chart หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs. time ปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าในช่วง $1200\text{ Hz}-7200\text{ Hz}$ สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



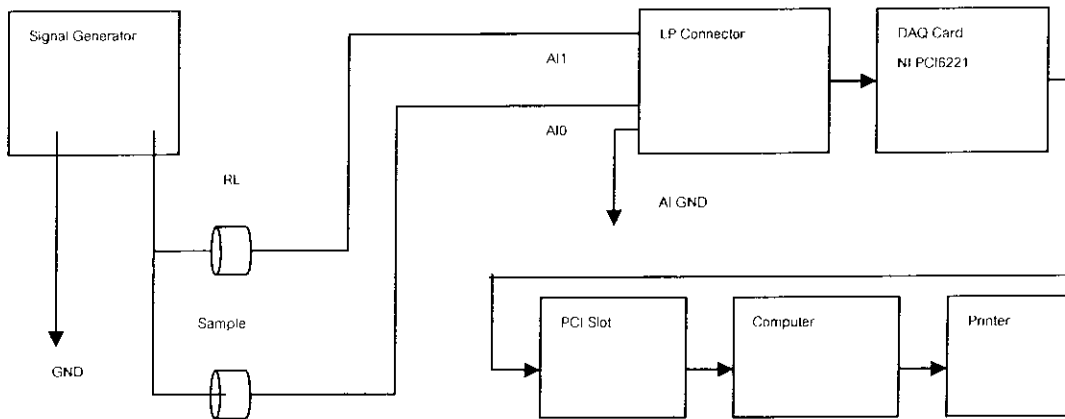
รูปที่ 13.5.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบแผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็น
อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่านด้วย LabVIEW



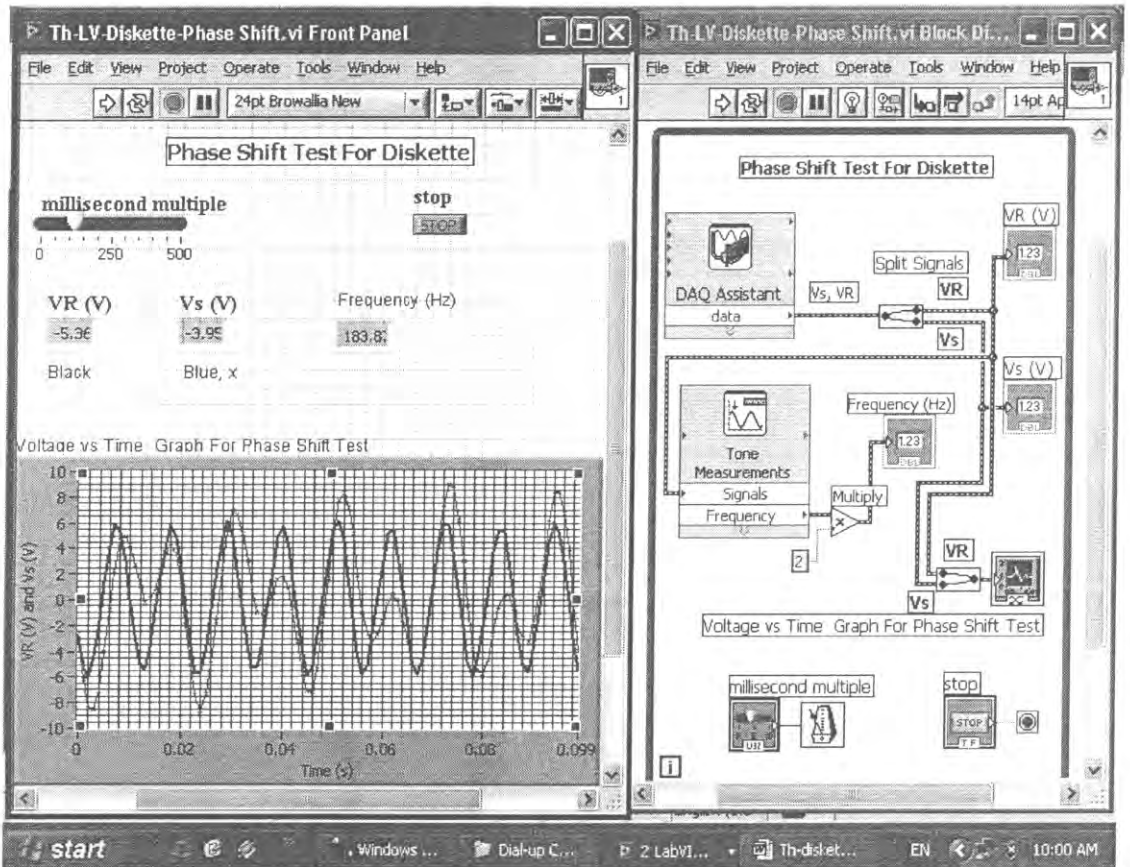
รูปที่ 13.5.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบแผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็น
อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่านด้วย LabVIEW

2) การประยุกต์แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.5.3 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับประยุกต์ใช้แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.5.4 สารตัวอย่างที่ใช้ คือ แผ่นดิสก์ กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลดที่มีความต้านทาน R_L และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ซึ่งต่อขนานกัน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลด V_R และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่าง V_s จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_R และ V_s จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant Split signal จะแยก V_R และ V_s ออกจากกัน แสดง V_R และ V_s ด้วย Numeric Indicator วัดความถี่ (f) ของแรงดันไฟฟ้าด้วย Tone Measurements หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time (V_R vs. t และ V_s vs. t) ด้วย Numeric Indicator และ Waveform graph ตั้งความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าให้เป็น 183.8 Hz สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 13.5.3 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW

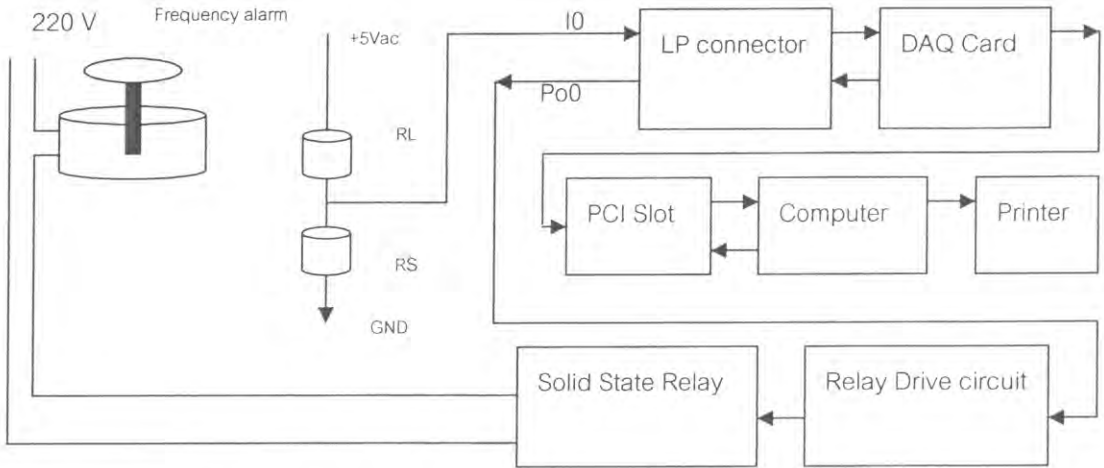


รูปที่ 13.5.4 Front Panel และ Block diagram สำหรับประยุกต์ใช้แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย LabVIEW

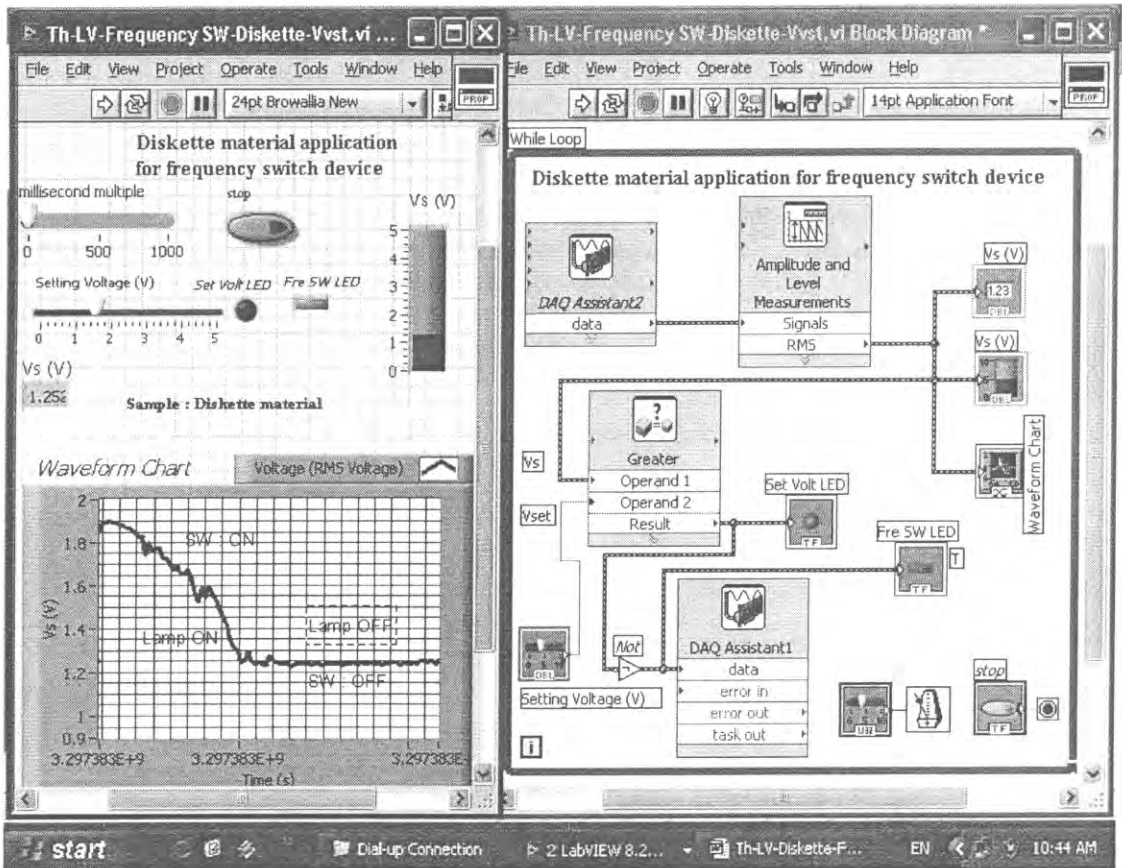
3) การประยุกต์แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ความถี่ด้วย LabVIEW

การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ความถี่ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.5.5 Front Panel and Block diagram สำหรับการประยุกต์แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ความถี่ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.5.6 สารตัวอย่างที่ใช้ คือ แผ่นดิสก์ ตัวต้านทานโหลดมีความต้านทาน $R_L = 1\text{ M}\Omega$ เครื่องมือได้รับการพัฒนาโดยใช้ LP connector, a DAQ data acquisition card, computer และ LabVIEW ที่ชื่อมาจาก National Instruments Corporation (<http://www.ni.com>) เมื่อโปรแกรมเริ่มต้น main menu ของ LabVIEW มาที่จอ ผู้ใช้จะสร้าง Front Panel and Block Diagram และทำการเซต properties ของ virtual devices และ virtual instruments หลักการทำงานเป็นโพลติเลกทริกส์ต่ออนุกรมกับสารตัวอย่างในลักษณะเป็นตัวแบ่งแรงดัน (voltage divider) ตัวแบ่งแรงดันนี้ใช้ในการส่งแรงดันไปยังอินพุทของ LP connector และ DAQ card การนี้ทำหน้าที่ตรวจจับแรงดัน V_s กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจะไหลผ่าน load resistor (R_L) $2\text{ M}\Omega$ และสารตัวอย่าง (R_s) แรงดันตกคร่อม R_s มีค่า V_s ส่งแรงดัน V_s ไปเข้าที่ A10 ของ LP connector, DAQ Card, PCI slot และ computer ตามลำดับ DAQ Assistant2 จะทำงานโดยการรับแรงดัน V_s จาก LP connector และส่งผ่าน DAQ Card เข้าไปใน computer ส่ง V_s ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้ได้ Mean (DC) สำหรับการทดสอบเป็นสวิตช์ความถี่ เริ่มที่ความถี่ต่ำ ส่งแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่าง (V_s) ไปเข้าที่ Operand 1 ของ Greater และส่ง setting voltage (Vset) ไปเข้าที่ Operand 2

ของ Greater แรงดัน (V_s) มีค่ามากกว่า setting voltage (V_{set}) ผลที่ได้ (0 V) จาก Greater ถูกส่งไปเข้าที่ Not gate Set Volt LED จะสว่าง Frequency alarm LED จะดับ แรงดันจาก Not gate ถูกส่งไปที่ DAQ Assistant1 DAQ Assistant1 จะควบคุมการส่ง 5 V ไปยัง relay drive circuit switch 3-5 จะปิด Solid state relay ไม่นำไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจากสายส่ง 220 V line ไม่สามารถไหลผ่าน Frequency alarm ในที่สุดก็มาถึงย่านความถี่สูง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่าง (V_o) ถูกส่งไปที่ Operand 1 ของ Greater และ setting voltage (V_{set}) ถูกส่งไปที่ Operand 2 ของ Greater แรงดัน (V_o) มีค่าน้อยกว่า setting voltage (V_{set}) ผลที่ได้ (5 V) จาก Greater ถูกส่งไปที่ Not gate Set Volt LED จะดับ Frequency alarm LED จะสว่าง แรงดันไฟฟ้าจาก Not gate ถูกส่งไปที่ DAQ Assistant1 DAQ Assistant1 จะควบคุมสำหรับการส่ง 0 V ไปยัง relay drive circuit switch 3-5 จะเปิด Solid state relay นำไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจากสายส่ง 220 V สามารถไหลผ่าน Frequency alarm การทำงานมีการซ้ำๆกัน สามารถควบคุม Frequency alarm เป็นผลสำเร็จ แผ่นดิสก์ทำหน้าที่เป็น Frequency switch device แสดงค่าแรงดัน V_o ด้วย Numeric Indicator แสดงเส้นโค้ง voltage versus time (V_s vs t) curve โดยใช้ Waveform Chart สั่ง run โปรแกรมเพื่อแสดงผล ปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าในช่วง 1200 Hz-7200 Hz ใช้ Print Screen สำหรับการย้ายภาพของเส้นโค้ง V_s vs. t curve ลงบน working area ของ Microsoft word และบันทึกในรูปแบบของ text file บันทึก Front Panel and Block Diagram ใน computer และสั่งพิมพ์ด้วย Printer คอมพิวเตอร์จะควบคุมกระบวนการวัดทั้งหมด สิ่งนี้ถูกทำเพื่อควบคุมการทำหน้าที่เป็นสวิตช์ความถี่ของอุปกรณ์เตือนความถี่



รูปที่ 13.5.5 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ความถี่ด้วย LabVIEW



รูปที่ 13.5.6 Front Panel and Block diagram สำหรับการประยุกต์แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ความถี่ด้วย LabVIEW

ผลการทดลองและอภิปราย

- 1) อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูง

ผลการทดลองการทดสอบประยุกต์แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่าน ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 13.5.2 ถ้านำแผ่นดิสก์ไปอยู่ในวงจรไฟฟ้าเมื่อปรับความถี่ของแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น ในช่วง 1200 Hz ถึง 7200 Hz อิมพีแดนซ์ของแผ่นดิสก์ลดลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมแผ่นดิสก์ลดลง แผ่นดิสก์ยอมให้แรงดันไฟฟ้าในย่านความถี่ต่ำผ่านไปได้ดี แผ่นดิสก์ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่ต่ำผ่านได้ การที่อิมพีแดนซ์ของแผ่นดิสก์มีค่าลดลงในขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้นแสดงว่าแผ่นดิสก์แสดงสมบัติที่ขึ้นกับความถี่ ดังนั้นจึงสามารถนำไปประยุกต์เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่าน (LPF) อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่านเป็นอุปกรณ์ที่ยอมให้แรงดันไฟฟ้าในย่านความถี่ต่ำผ่านได้ดี แต่จะยอมให้แรงดันไฟฟ้าในย่านความถี่สูงผ่านได้ไม่ดี อุปกรณ์ชนิดนี้มีความเกี่ยวข้องกับการแยกสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ต่างกัน 2 ย่านออกจากกัน เช่น การแยกสัญญาณเสียงกับภาพออกจากกันในโทรทัศน์ คือสัญญาณเสียงไปที่ลำโพงและสัญญาณภาพไปที่จอโทรทัศน์

2) อุปกรณ์เลื่อนเฟส

ผลการประยุกต์แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟสด้วย Lab VIEW แสดงดังรูปที่ 13.5.4 จากรูปเมื่อปล่อยแรงดันไฟฟ้าสลับที่มีความถี่ 114.8 Hz จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าผ่านตัวต้านทาน (R) และสารตัวอย่างที่เป็นแผ่นดิสก์ (S) แรงดันไฟฟ้าผ่านแผ่นดิสก์ช้ากว่าผ่านตัวต้านทาน แผ่นดิสก์จึงทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟส อุปกรณ์นี้จะควบคุมให้แรงดันไฟฟ้าของเส้นทางหนึ่งผ่านไปได้ช้ากว่าอีกเส้นทางหนึ่ง

3) อุปกรณ์สวิตช์ความถี่

ผลการทดลองให้ดูจาก Front Panel and Block diagram สำหรับการประยุกต์แผ่นดิสก์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ความถี่ด้วย LabVIEW ของรูป 13.5.6 จากรูปพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมแผ่นดิสก์มีค่าสูงเมื่อแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าอยู่ในย่านความถี่ต่ำ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมแผ่นดิสก์มีค่าต่ำเมื่อแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าอยู่ในย่านความถี่สูง ได้ตั้ง Vset (Setting voltage) เป็น 1.55 V ถ้าแรงดันตกคร่อมแผ่นดิสก์ (V_D) มีค่าน้อยกว่า Vset ที่ความถี่ต่ำ DAQ Assistant1 จะควบคุมการส่งแรงดันไฟฟ้า 5 V ไปยังวงจรขั้วรีเลย์ สวิตช์ 3-5 ของรีเลย์จะปิด โซลิดสเตทรีเลย์ไม่ทำงาน อุปกรณ์เดือนความถี่จะไม่ทำงาน แต่ถ้าแรงดันตกคร่อมแผ่นดิสก์ (V_D) มีค่าน้อยกว่า Vset ที่ความถี่สูง DAQ Assistant1 จะควบคุมการส่งแรงดันไฟฟ้า 0 V ไปยังวงจรขั้วรีเลย์ สวิตช์ 3-5 ของรีเลย์จะเปิด โซลิดสเตทรีเลย์จะทำงาน อุปกรณ์เดือนความถี่จะทำงาน ดังนั้นแผ่นดิสก์จึงสามารถใช้งานเป็นอุปกรณ์สวิตช์ความถี่ (frequency switch device) ที่อุณหภูมิห้อง อุปกรณ์เดือนความถี่จะทำงานเมื่อแผ่นดิสก์ได้รับแรงดันไฟฟ้าในย่านความถี่สูง ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ปรับจะอยู่ในช่วง 1200 Hz ถึง 7200 Hz

สรุป

- 1) เมื่อเพิ่มความถี่ของแรงดันไฟฟ้าแก่แผ่นดิสก์พบว่าอิมพีแดนซ์ของแผ่นดิสก์มีค่าลดลง ความนำไฟฟ้าของแผ่นดิสก์มีค่าเพิ่มขึ้น แผ่นดิสก์ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่ต่ำผ่าน
- 2) แผ่นดิสก์ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟส
- 3) แผ่นดิสก์ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ความถี่
- 4) ได้ควบคุมการทดลองโดยใช้โปรแกรม LabVIEW และ DAQ card ระบบการวัดนี้เป็นเครื่องมือเสมือน

5) การทดสอบที่ได้ทำตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2551 นี้ชี้บ่งว่าเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนามีความเหมาะสมสำหรับการศึกษาสมบัติเชิงไฟฟ้าและการประยุกต์ใช้ของแผ่นดิสก์ ได้ทำการทดลองนี้ที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเทศไทย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

Barney, George C., Intelligence Instrumentation :

Microprocessor Applications in Measurement and Control, 2nd Edition,
Prentice Hall, New York, 1988, 1-467 p.

Forero, N., Development of a monitoring system for a PV solar plant, Energy Conversion and Management, 2006, vol.47, no.15-16, 2329-2336 p.

<http://looknatty.exteen.com/page/2>.

http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/c_hanthaburi/komes_k/com_unit/memory_u.html.

Http:// www.ni.com. LabVIEW™ Basic I. Introduction Course Manual, National Instruments Corporation, 1993-2001.

Moulson, A.J. and Herbert, J.M., Electroceramics, Chapman & Hall, London, 1990, 1-464 p

14. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริเป็นอุปกรณ์สาธิตสำหรับการ ออสซิลเลตแบบหน่วง การสั้น LC กำทอนแบบอนุกรม RLC และกำทอนแบบ ขนาน LC

Application of ferrimagnetic ceramics for the operation of demonstrative device
for damped oscillation demonstration, LC oscillation, RLC series resonance and
parallel LC resonance

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ¹

ศิรินพร แก้วเมฆา²

Thongchai Panmatarith¹

Sirinporn Keawmekha²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการ
ประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP , การ์ด DAQ และ
แลปวิว สารแม่เหล็กเฟอร์ริ $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ สามารถนำไปใช้ในการสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วง
ขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำทอนแบบอนุกรม RLC อุปกรณ์สาธิตการสั้น LC และขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำทอน
แบบขนาน LC

คำสำคัญ : อุปกรณ์สาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วง ขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำทอนแบบอนุกรม RLC
อุปกรณ์สาธิตการสั้น LC ขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำทอนแบบขนาน LC แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical
properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments
for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW.
Ferrimagnetic ceramics $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ can be used as demonstration of damped oscillation
demonstration, LC oscillation, RLC series resonance and parallel LC resonance.

Keyword : ferrimagnetic ceramic, damped oscillation , LC oscillation, RLC series resonance ,
parallel LC resonance, LabVIEW

¹รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of
Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

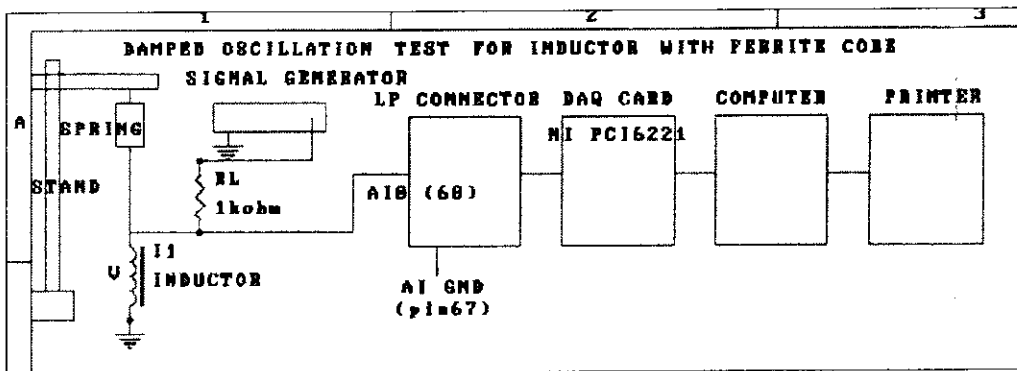
K.H. RaO (1996) ได้เตรียม Ni-Zn ferrite วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (dielectric constant) แทนเจนต์ การสูญเสียเชิงไดอิเล็กตริก (dielectric loss tangent) ตัวประกอบของการสูญเสียเชิงแม่เหล็ก (magnetic loss factor) ที่ความถี่ต่างๆ O.G. Mundada (1997) ได้เตรียม Ni-Zn ferrite ที่มีไอออน Ti^{4+} เป็นตัวเติม วัดสภาพอ่อนไหวไฟสลับ (a.c. susceptibility) ที่อุณหภูมิต่างๆ M.H. Abdullah (1997) ได้เตรียม Mg-Zn ferrites วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและตัวประกอบของการสูญเสียที่ความถี่ต่างๆ

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วง ขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำหนดแบบอนุกรม RLC อุปกรณ์สำหรับสาธิตการสั้น LC และขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำหนดแบบขนาน LC

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

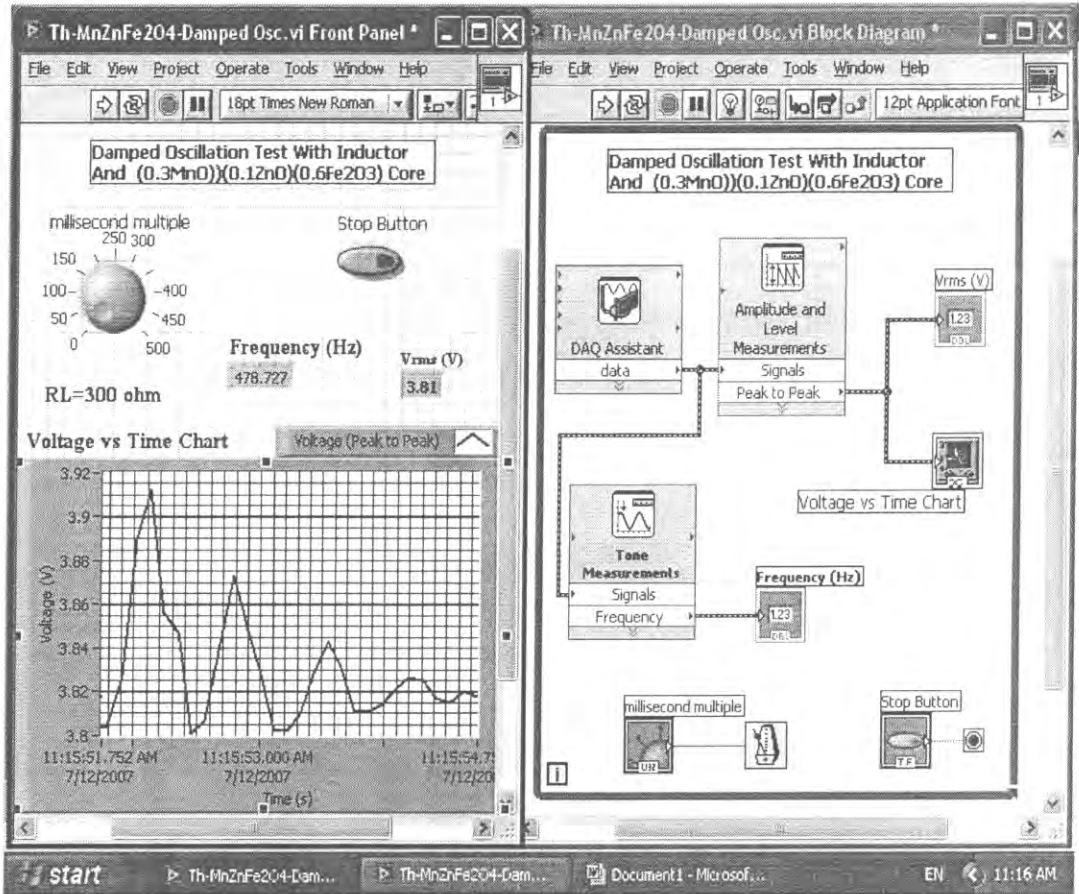
14.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วง

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วงด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 14.1.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วงด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 14.1.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ขดลวดที่มีสาร $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ สังก่อนเป็นแกน กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 300Ω และสารตัวอย่าง (ขดลวดเหนี่ยวนำที่มีสารเป็นแกน) ที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s มีค่า V_s และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) แรงดันไฟฟ้า V_s หรือ V จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Peak to Peak แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart ใช้ Tone Measurements วัดความถี่ f ของแรงดันไฟฟ้า หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆ กันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time ดึงแกนของขดลวดแล้วปล่อยแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวด V จะเปลี่ยนแปลง สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 14.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$

เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วงด้วย LabVIEW

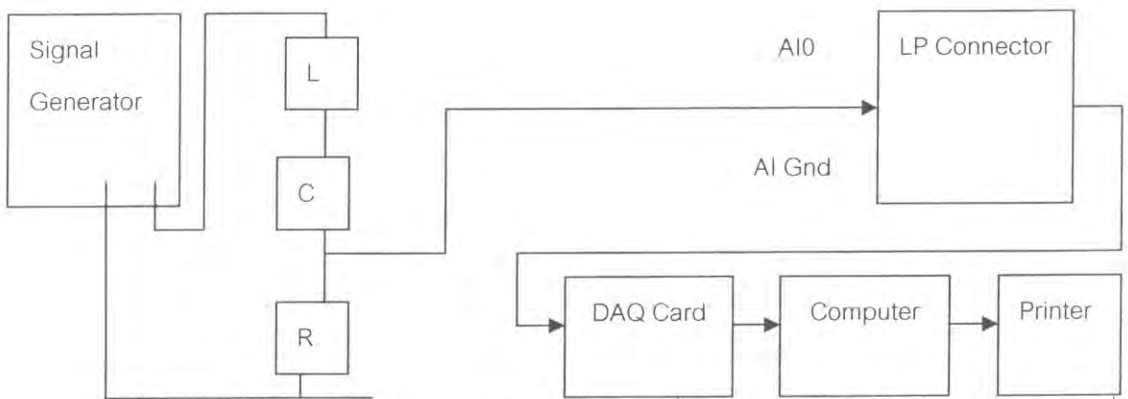


รูปที่ 14.1.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิต การออกซิลเลตแบบหน่วงด้วย LabVIEW

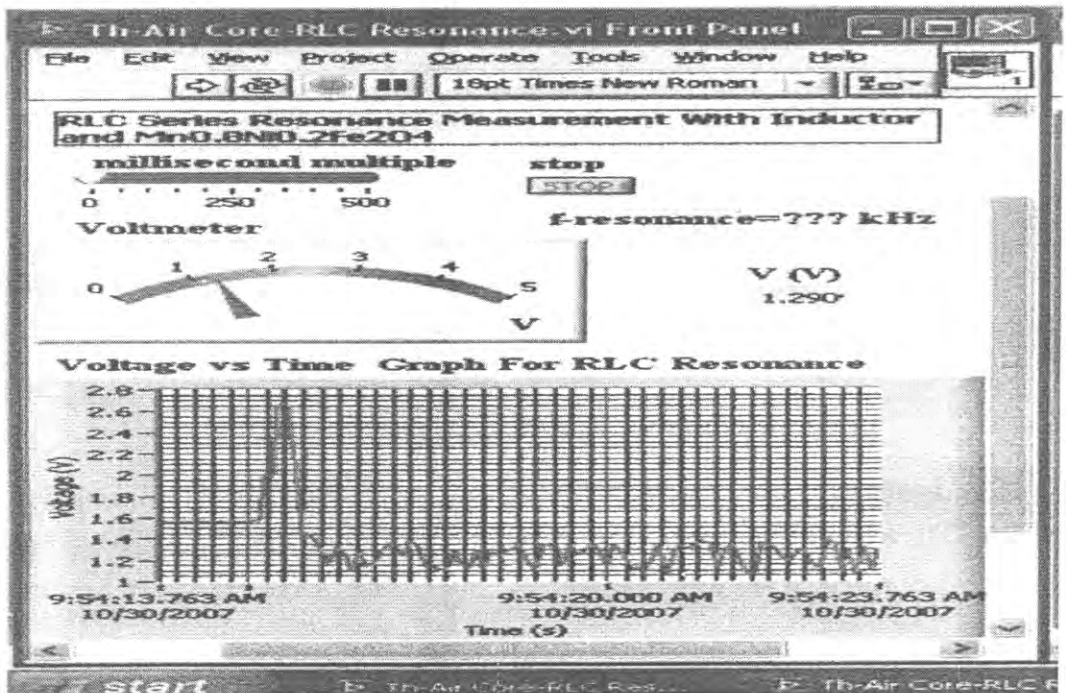
14.2 การประยุกต์ใช้เป็นขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำทอนแบบอนุกรม RLC

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นแกนของ ขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำทอนแบบอนุกรม RLC ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 14.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นแกนของขดลวด เหนี่ยวนำในวงจรกำทอนแบบอนุกรม RLC ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 14.2.2 ตัวต้านทาน 39Ω ขดลวดที่มี สาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน ตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ใช้ คือ $C101=100 \text{ pF}$ สารตัวอย่าง คือ ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน ขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดขดของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขด ปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้า ไหลผ่าน ขดลวด L ที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน ตัวเก็บประจุ C และตัวต้านทาน R กลับไปยังอีกขั้วหนึ่ง มีแรงดัน ไฟฟ้าตกคร่อม R เท่ากับ V คำนวณอิมพีแดนซ์ (Z) ได้จากสูตร $Z = \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}$ ถ้าปรับความถี่ทำให้ อิมพีแดนซ์ Z ของขดลวดเปลี่ยนจนกระทั่ง $x_L = x_C$ แล้ว $Z = R$ ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด กระแสไหลผ่าน R มีค่าสูงสุด แรงดันตกคร่อม R มีค่าสูงสุด สิ่งที่เกิดขึ้น คือ ปรากฏการณ์กำทอนแบบอนุกรม RLC การทดลองจะเริ่มจากการ

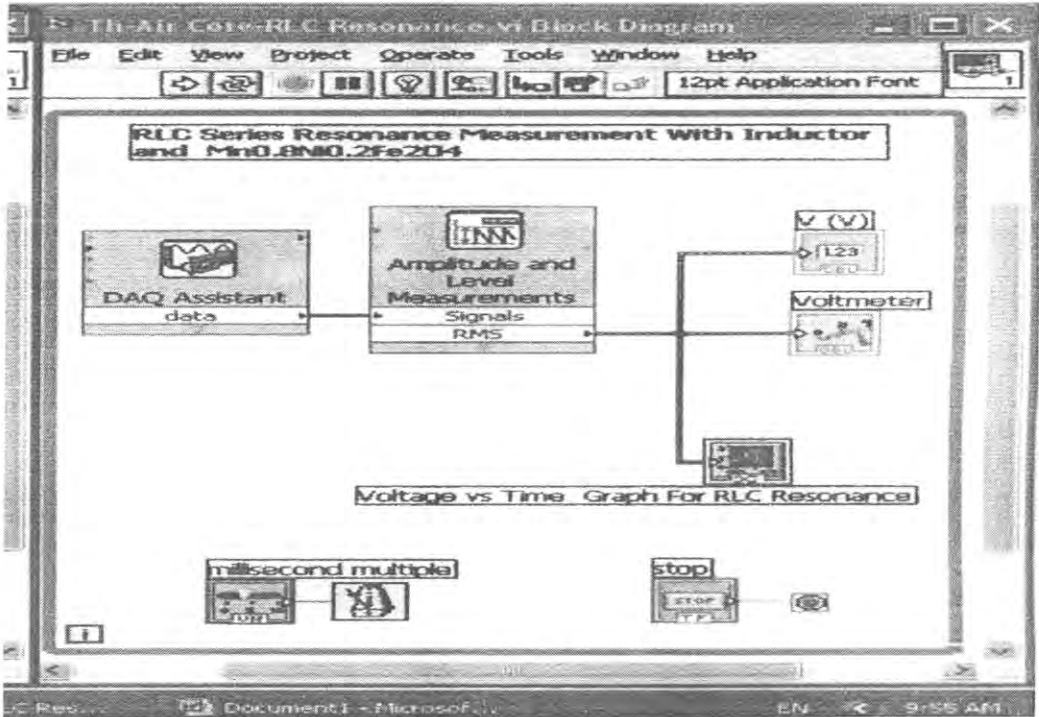
ปล่อยกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าให้ไหลผ่านสารตัวอย่าง (ขดลวดที่มีสารเป็นแกน) ซึ่งมีความต้านทาน R_s ตัวเก็บประจุเชิงการค่า 100 pF และตัวต้านทานโหลด (RL) 39Ω ที่ต่ออนุกรมกัน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม RL มีค่า V และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ของ LP connector แรงดันไฟฟ้า V จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดัน V ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า V(rms) แสดงแรงดัน V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ resistance vs time ปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจนกระทั่งเกิดกำทอน ปรับความถี่จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม RL มีค่าสูงสุด สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 14.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นแกนของขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำทอนแบบอนุกรม RLC ด้วย LabVIEW



ข) Front Panel และ Block diagram



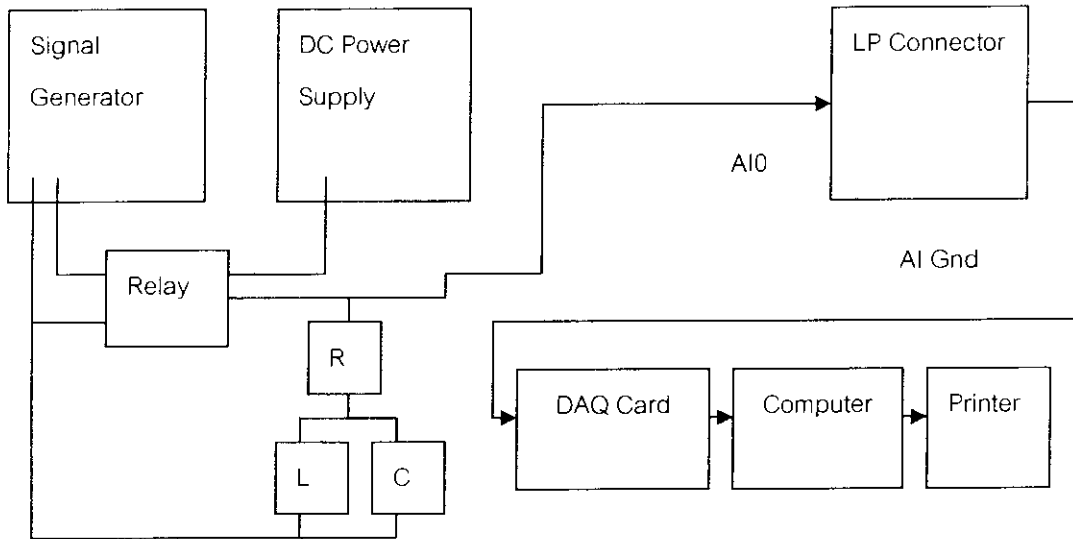
ข) Block diagram

รูปที่ 14.2.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นแกนของขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำหนดแบบอนุกรม RLC ด้วย LabVIEW

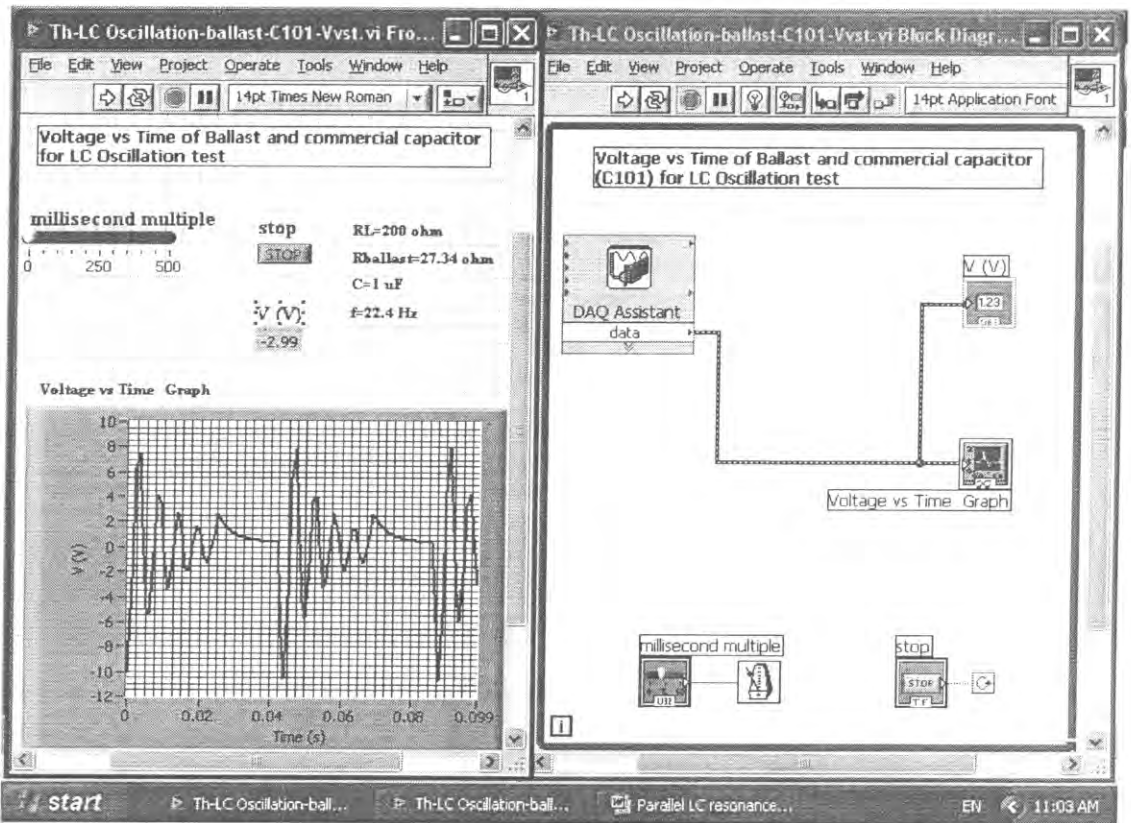
14.3 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการสั่น LC

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดของบัลลาสต์และตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการสั่น LC ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 14.3.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบขดลวดของบัลลาสต์และตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการสั่น LC ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 14.3.2 ตัวต้านทานที่ใช้มีความต้านทาน $R=200\ \Omega$ ขดลวดของบัลลาสต์ (ballast) มีความต้านทาน $r=27.34\ \Omega$ ตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการค้ำที่ใช้มีความจุไฟฟ้า $1\ \mu F$ สารตัวอย่าง คือ ขดลวดของบัลลาสต์และตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการค้ำ เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ามีค่า $22.4\ Hz$ การทำงานของวงจรที่ใช้ทดลองจะมี 2 จังหวะ จังหวะที่ 1 : จังหวะเก็บพลังงานไว้ใน L และ C ที่ต่อขนานกัน ปล่อยแรงดันไฟฟ้า $5\ V$ จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไปยังรีเลย์ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ ขดลวดของรีเลย์มีอำนาจแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กจะดึงดูด สวิตช์ขั้ว 3 ต่อกับขั้ว 4 กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า $5\ V$ จะไหลผ่าน L และ C ที่ต่อขนานกัน จังหวะที่ 2 : จังหวะคายพลังงานไว้ใน L และ C ที่ต่อขนานกัน ปล่อยแรงดันไฟฟ้า $0\ V$ จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไปยังรีเลย์ ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ ขดลวดของรีเลย์ไม่มีอำนาจแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กจะไม่ดึงดูด สวิตช์ขั้ว 3 ไม่ต่อกับขั้ว 4 ไม่มีกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า $5\ V$ ไหลผ่าน L และ C ที่ต่อขนานกัน เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจะจ่ายแรงดันไฟฟ้า $5\ V$ และ $0\ V$

สลับกัน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (ballast) และตัวเก็บประจุ ($1 \mu\text{F}$) ที่ต่อขนานกันนี้มีค่า V และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ของ LP connector และจะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของ While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time ดูกราฟของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม LC ขนาน ที่เวลาต่างๆ (V vs. t) นี้เป็นจอคอมพิวเตอร์ สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 14.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดของบัลลาสต์และตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการค้า
ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการสั้น LC ด้วย LabVIEW



รูปที่ 14.3.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบขดลวดของบัลลาสต์ และตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการสั่น LC ด้วย LabVIEW

14.4 การประยุกต์ใช้เป็นแกนของขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำหนดแบบขนาน LC

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นแกนของขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำหนดแบบขนาน LC ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 14.4.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นแกนของขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำหนดแบบขนาน LC ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 14.4.2 ตัวต้านทาน 200Ω ตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ใช้ คือ $C104K=0.1 \mu F$ สารที่ใช้ทดลอง คือ ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน ขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดขดขมของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 200Ω และสารตัวอย่าง (ขดลวดที่มีสารเป็นแกน) ซึ่งมีความต้านทาน R_s ที่ต่อขนานกับตัวเก็บประจุเชิงการค้ำ $0.1 \mu F$ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม L และ C ที่ขนานกันมีค่า V และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ของ LP connector แรงดันไฟฟ้า V จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดัน V ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า V(rms) แสดงแรงดัน V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Graph หนึ่งเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของ

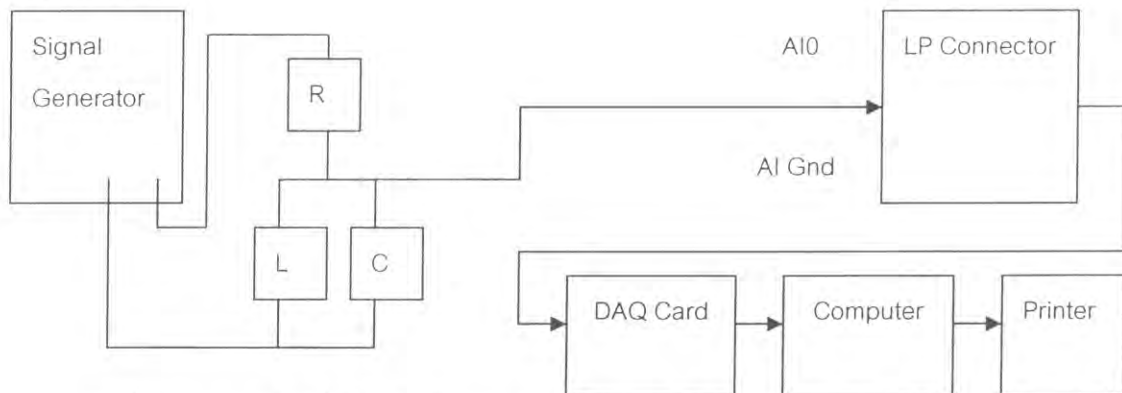
โปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ resistance vs time ปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า จนกระทั่งเกิดกำทอน สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer พิจารณาสูตรต่างๆที่ใช้

อิมพีแดนซ์ของสาร (Z) มีค่า $Z = \sqrt{R^2 + X_{LC}^2}$; $1/X_{LC}^2 = 1/X_L^2 + X_C^2 = (X_L^2 + X_C^2) / X_L^2 X_C^2$;

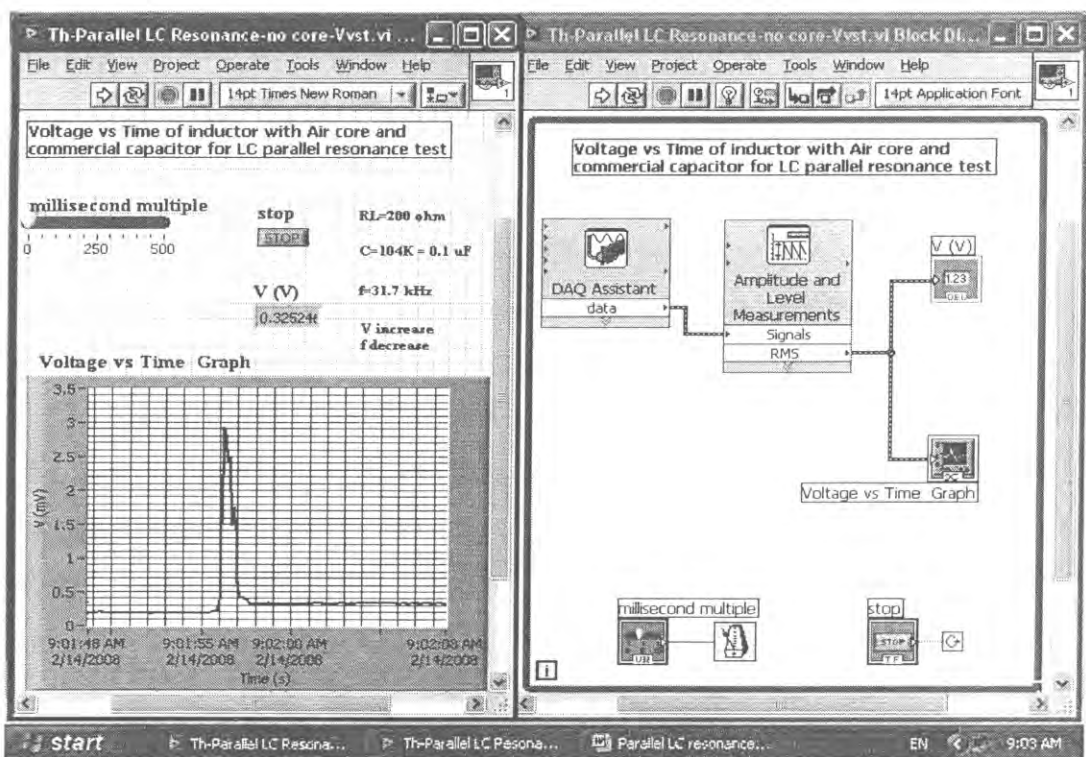
$X_{LC} = \sqrt{X_L^2 X_C^2 / (X_L^2 + X_C^2)}$; เมื่อ R = resistance ; X_L = inductive reactance X_C = capacitive reactance

X_{LC} = the combination of inductive reactance and capacitive reactance พิจารณาภาพของกราฟบน

จอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 14.4.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นแกนของขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำทอนแบบขนาน LC ด้วย LabVIEW



รูปที่ 14.4.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นแกนของขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำทอนแบบขนาน LC ด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วง

ผลการทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วงด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 14.1.2 แรงเสียดทานในระบบทำให้การสั่นมีอัมปลิจูดลดลง

2) อุปกรณ์สำหรับสาธิตกำหนดแบบอนุกรม RLC

ผลการทดลองการนำขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนไปใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์กำหนดแบบอนุกรม RLC แสดงดังรูปที่ 14.2.2 เมื่อปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจนกระทั่ง $x_L = x_C$ แล้ว Z จะมีค่าต่ำสุด กระแสไหลผ่าน R มีค่าสูงสุด แรงดันตกคร่อม R ที่ขึ้นกับเวลาจะมีค่าสูงซึ่งมีความสอดคล้องกับกราฟในภาพ ผลการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์กำหนดแบบอนุกรม RLC สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการศึกษาการวัดความเหนี่ยวนำตัวเองของขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกน การวัดความเหนี่ยวนำตัวเอง (L) ของขดลวดสามารถคำนวณได้จากสูตร $X_L = X_C$; $2\pi fL = 1/2\pi fC$; $L = 1/4f^2C$; $C = 1/4f^2L$ เมื่อ f อ่านจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า และ C เป็นความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้า นอกจากนี้ถ้าทราบ L และ C ก็สามารถคำนวณหาความถี่ (f) ได้ ขดลวดที่มีแกนเป็นสารแม่เหล็กเฟอร์ริกจะทำหน้าที่เป็นหัววัดความถี่

3) อุปกรณ์สำหรับสาธิตการสั่น LC

ผลการทดสอบขดลวดของบัลลาสต์และตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการคำนวณให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการสั่น LC ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 14.3.2 จากรูปพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม LC ขนาน เมื่อเป็นจังหวะเก็บพลังงานจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและแรงดันนี้จะค่อยๆลดลงเมื่อเป็นจังหวะคายพลังงาน

4) อุปกรณ์สำหรับสาธิตกำหนดแบบขนาน LC

ผลการประยุกต์ขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นแกนของขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรกำหนดแบบขนาน LC ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 14.4.2 พิจารณา $Z = \sqrt{R^2 + X_{LC}^2}$ และ $X_{LC} = \sqrt{X_L^2 - X_C^2} / (X_L^2 + X_C^2)$ พบว่าขณะเกิดกำหนด $X_L = X_C$; X_{LC} มีค่ามาก ; I มีค่าน้อย ; $V_R = IR$ มีค่าน้อย ; $V_{LC} = IX_{LC}$ มีค่ามาก การทดลองจะปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมผ่าน L และ C ที่ต่อขนานกันมีค่าสูงสุดซึ่งเป็นขณะเกิดกำหนด LC แบบขนาน จากรูปพบว่าความถี่กำหนด (f_0) มีค่า 31.7 kHz

สรุปผลการทดลอง

- 1) ขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วง
- 2) ขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตกำหนดแบบอนุกรม RLC
- 3) ขดลวดของบัลลาสต์และตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการคำนวณสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการสั่น LC
- 4) ขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตกำหนดแบบขนาน LC การศึกษาปรากฏการณ์กำหนดแบบขนานนี้สามารถนำไปใช้ในการหาค่า L หรือ C
- 5) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วยโปรแกรม LabVIEW และ DAQ card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Abdullah, M.H., 1997, Frequency dependence of the complex impedances and dielectric behaviour of some Mg-Zn ferrites, *J. Mater. Sci.* 32 : 5817-5823.
- Buchanan Relva, C., 1991. *Ceramic materials for electronics*, second edition, Mercel Dekker inc., New York.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.
- Mundada, O.G., 1997, Magnetic properties of Ni-Zn ferrites doped with Ti^{4+} ions, *J. Mater. Sci. Lett.* 16 : 432-434.
- RaO, K.H., 1996, Unusual dielectric behaviour of Ni-Zn ferrites in the lower megahertz region (1-10 MHz) due to dimensional resonance, *J. Mater. Sci. Lett.* 15 : 781-783.

15. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริเป็นอุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งโลหะ อุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดชนิดของโลหะและอุปกรณ์พรอกซีมิตี

Applications of ferrimagnetic ceramics device for device in magnetic field generator, device for metal bar hole detection, the metal type detection and proximity switch

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัสดุสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้หาการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP , การ์ด DAQ และแลปวิว วัสดุที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ สามารถทำหน้าที่เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งโลหะและอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของโลหะซึ่งสามารถแยกแท่งเหล็กออกจากแท่งทองแดงได้ วัสดุเหนียวนำที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ สามารถทำหน้าที่เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์พรอกซีมิตี

คำสำคัญ : อุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งโลหะ แลปวิว
อุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของโลหะ อุปกรณ์พรอกซีมิตี

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. Induction coil with $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ core can be used as device in magnetic field generator, device for metal bar hole detection. Coil with $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ core can be used as and device for the metal type detection and proximity switch.

Keyword : device in magnetic field generator, device for metal bar hole detection ,
device for the metal type detection , proximity switch , LabVIEW

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหาหน้า

D. Ravinder (1994) ได้เตรียม Mn-Zn ferrite วัดสภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ วัดสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck coefficient) ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ A.A. Sattar (1996) ได้เตรียมผลึกเดี่ยว Mn-Zn ferrite วัดการขึ้นกับอุณหภูมิของสภาพต้านทานไฟฟ้าและของสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็ก K.H. Rao (1996) ได้เตรียม Ni-Zn ferrite วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (dielectric constant) แทนเจนต์การสูญเสียเชิงไดอิเล็กตริก (dielectric loss tangent) ตัวประกอบการสูญเสียเชิงแม่เหล็ก (magnetic loss factor) ที่ความถี่ต่างๆ M.H. Abdullah (1997) ได้เตรียม Mg-Zn ferrites วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและตัวประกอบการสูญเสียที่ความถี่ต่างๆ มีผู้ทดลองโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับค่าสภาพซาบซิมผ่าน (μ) ของสารที่ใช้ทำแกนของขดลวด เมื่อเลื่อนหัววัดนี้ไปมาบนแผ่นของสาร เมื่อพบรอยแตกค่า μ ของแกนของขดลวดจะเปลี่ยนแปลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดจะเปลี่ยนแปลง เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดกับระยะทางที่ขดลวดเคลื่อนที่ (V vs d) ก็จะทราบตำแหน่งของรอยแตกนี้ (Chong H. Ahn, 2001)

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดของแท่งโลหะ อุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของโลหะและอุปกรณ์พรอพซิมิตี

วัตถุประสงค์และวิธีการ

15.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็ก

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็กด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 15.1.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็กด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 15.1.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกน ขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω

การหาสูตรคำนวณสนามแม่เหล็ก

กระแสไฟฟ้า I จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่มีจำนวนรอบ N รอบ และมีความยาวแกน L จะมีสนามแม่เหล็ก (B) เกิดขึ้น

$$B = \mu NI/L = \mu_0 \mu_r (N/L) I \quad (1)$$

เมื่อ μ เป็นค่าสภาพซาบซิมทางแม่เหล็กของแกนของขดลวด สภาพซาบซิมทางแม่เหล็กของสุญญากาศและค่าสภาพซาบซิมได้สัมพันธ์มีค่า

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/Am} \quad \mu_r = 500 \quad (2)$$

คำนวณความยาวของขดลวด (L_{wire}) จากสูตร

$$R = \rho L/A ; L = L_{\text{wire}} = RA/\rho ; R = 372 \Omega ; A = \pi d^2/4;$$

เมื่อ R เป็นความต้านทานของขดลวด ρ เป็นสภาพต้านทานไฟฟ้าของขดลวด A เป็นพื้นที่หน้าตัดของขดลวด และ d เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของขดลวด

$$L_{\text{wire}} = L = 1075.158 \text{ m}$$

เมื่อ L_{wire} เป็นความยาวทั้งหมดของลวดและ $L_{1\text{turn}}$ เป็นความยาวของขดลวด 1 รอบ

$$L_{1\text{turn}} = \pi d = (22/7)(0.75 \times 10^{-3} \text{ m}) = 0.002357 \text{ m}$$

จำนวนรอบของขดลวด (N) มีค่า

$$N = L_{\text{wire}} / L_{1\text{turn}} = 456155.3 \text{ turns} \quad (3)$$

$$L' = L_{\text{core}} = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m} \quad (4)$$

จำนวนรอบของขดลวด (N) ต่อหนึ่งหน่วยความยาวของแกน (N/L') มีค่า

$$N/L' = 22807765 \quad (5)$$

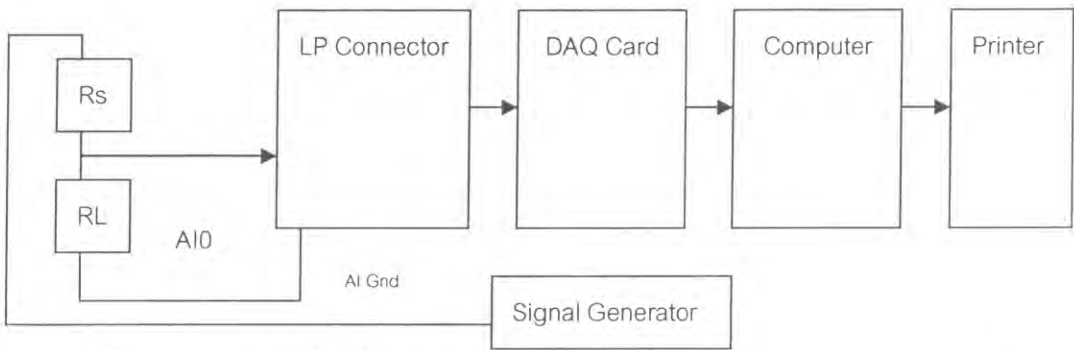
คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดได้จากอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลด RL และความต้านทานของโหลด R_L ดังสมการ

$$I = V_L/R_L = V/R_L = V/3000 \quad (6)$$

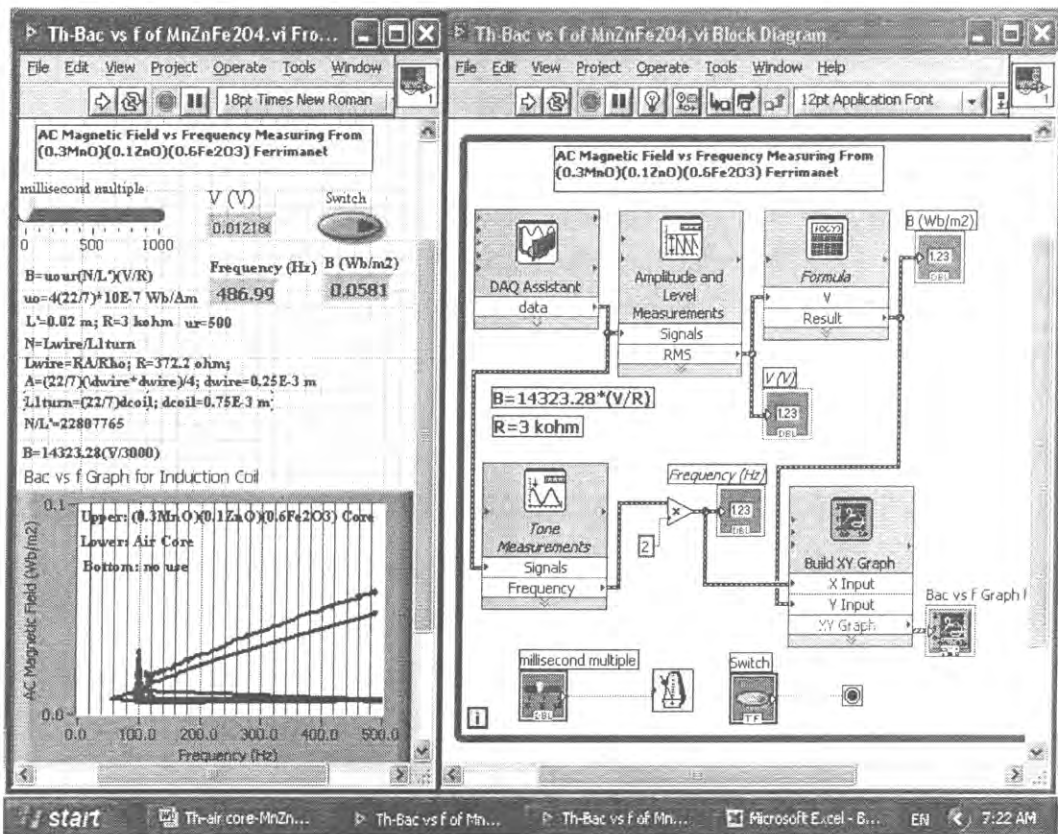
$$B = 14323.28 (V/3000) \quad (7)$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลด (V) จะถูกบ่อนเข้าคอมพิวเตอร์และจะนำไปคำนวณหาค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่ขดลวด

กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s และตัวต้านทานโหลด (R_L) 20Ω และ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L มีค่า V_L แรงดันไฟฟ้า V_L หรือ V จะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ของ LP connector และผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดันไฟฟ้า V จะไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ ใช้ Formula คำนวณสนาม แม่เหล็ก โดยใช้สูตร $B = 14323.28 (V/3000)$ แสดงสนามแม่เหล็ก (B) ด้วย Numeric Indicator ใช้ Tone Measurement วัดความถี่ของแรงดันไฟฟ้า (f) แล้วแสดงผลด้วย Numeric Indicator แสดงกราฟ สนามแม่เหล็กที่ขึ้นกับความถี่ (B vs f) ด้วย Build XY Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของโปรแกรม While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ resistance vs time ปรับความถี่ f ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าให้มีค่า 486.99 Hz สารตัวอย่างที่ใช้ทดลองมี 2 ชนิด คือ ขดลวดที่มีแกนเป็นสารแม่เหล็กเฟอร์ริและขดลวดที่มีแกนเป็นอากาศ สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 11.11.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกน ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็กด้วย LabVIEW

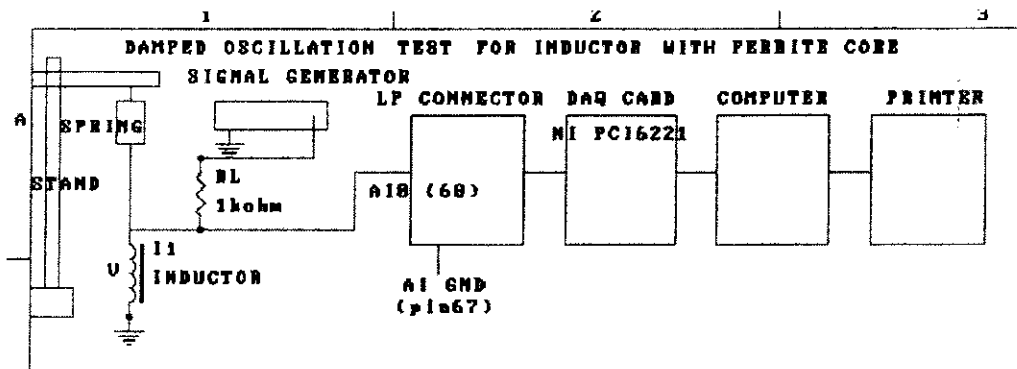


รูปที่ 15.1.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็กด้วย LabVIEW

15.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูปของแท่งโลหะ

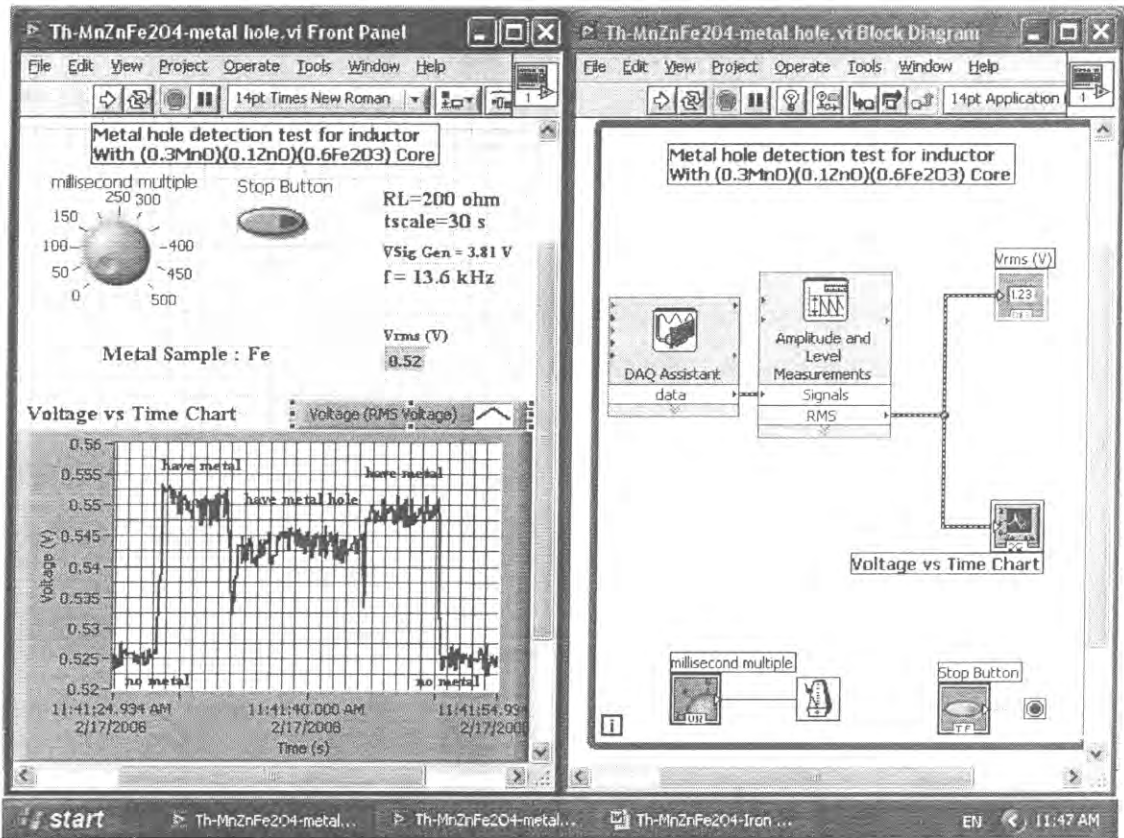
จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูปของแท่งโลหะด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 15.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูปของแท่งโลหะด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 15.2.2 สารตัวอย่างที่ใช้ คือ ขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกน

ขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดขดขึงของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (RL) 200Ω และสารตัวอย่าง (ขดลวดที่มีสารเป็นแกน) ที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s มีค่า V_s และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) แรงดันไฟฟ้า V_s หรือ V จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart อ่านความถี่ f ของแรงดันไฟฟ้าที่หน้าปัดของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า ตั้งความถี่เป็น 13.6 kHz หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆ กันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time ทดสอบโดยการเลื่อนแผ่นเหล็กที่มีรูผ่านขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวด V จะเปลี่ยนแปลง สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 15.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$

ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดของแห่งโลหะด้วย LabVIEW



รูปที่ 15.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบขดลวดที่มี

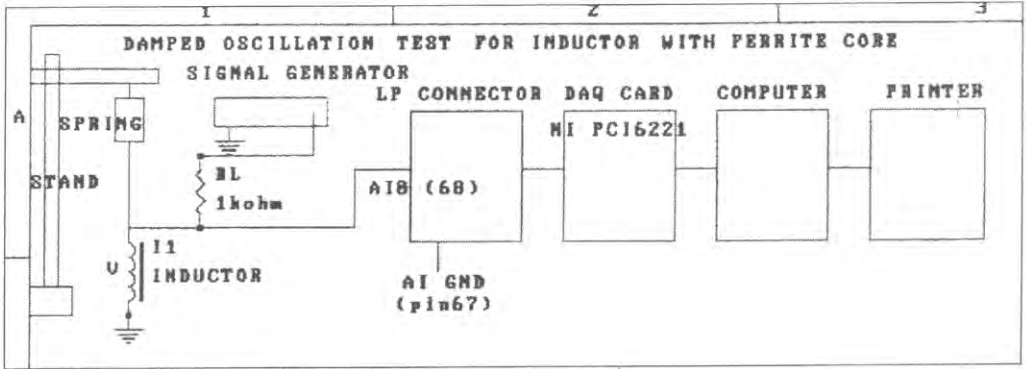
$(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรู

ของแท่งโลหะด้วย LabVIEW

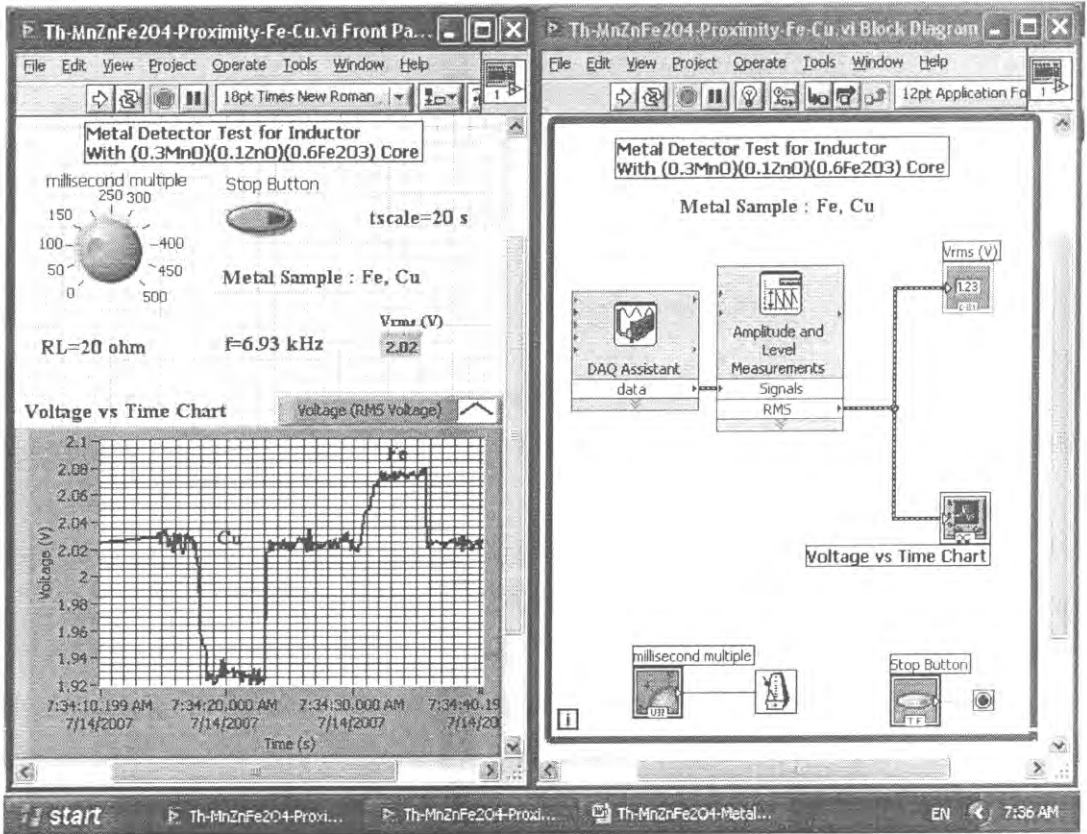
15.3 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของโลหะ

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของโลหะด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 15.3.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของโลหะด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 15.3.2 สารตัวอย่างที่ใช้ คือ ขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกน ขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดขดของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω แท่งเหล็กที่มีมีความหนา 4.1 cm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 21.46 mm และแท่งทองแดงที่มีความหนา 18.20 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 cm กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 20Ω และสารตัวอย่าง (ขดลวดที่มีสารเป็นแกน) ที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s มีค่า V_s และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) แรงดันไฟฟ้า V_s หรือ V จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart อ่านความถี่ f ของแรงดันไฟฟ้าที่หน้าปัดของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆ

กันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time ทดสอบโดยการนำแท่งเหล็กและแท่งทองแดงขนาดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวด V จะเปลี่ยนแปลง สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



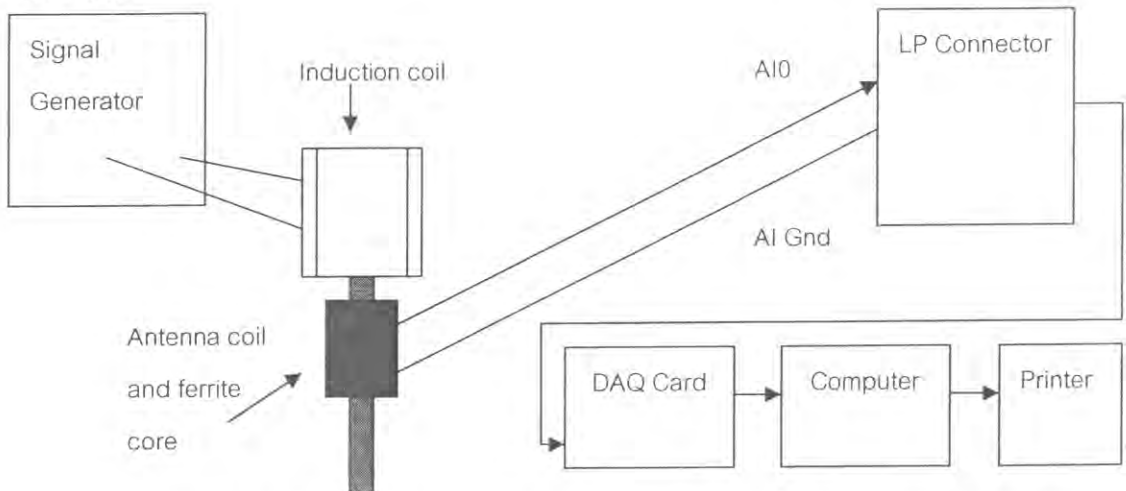
รูปที่ 15.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกน ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของโลหะด้วย LabVIEW



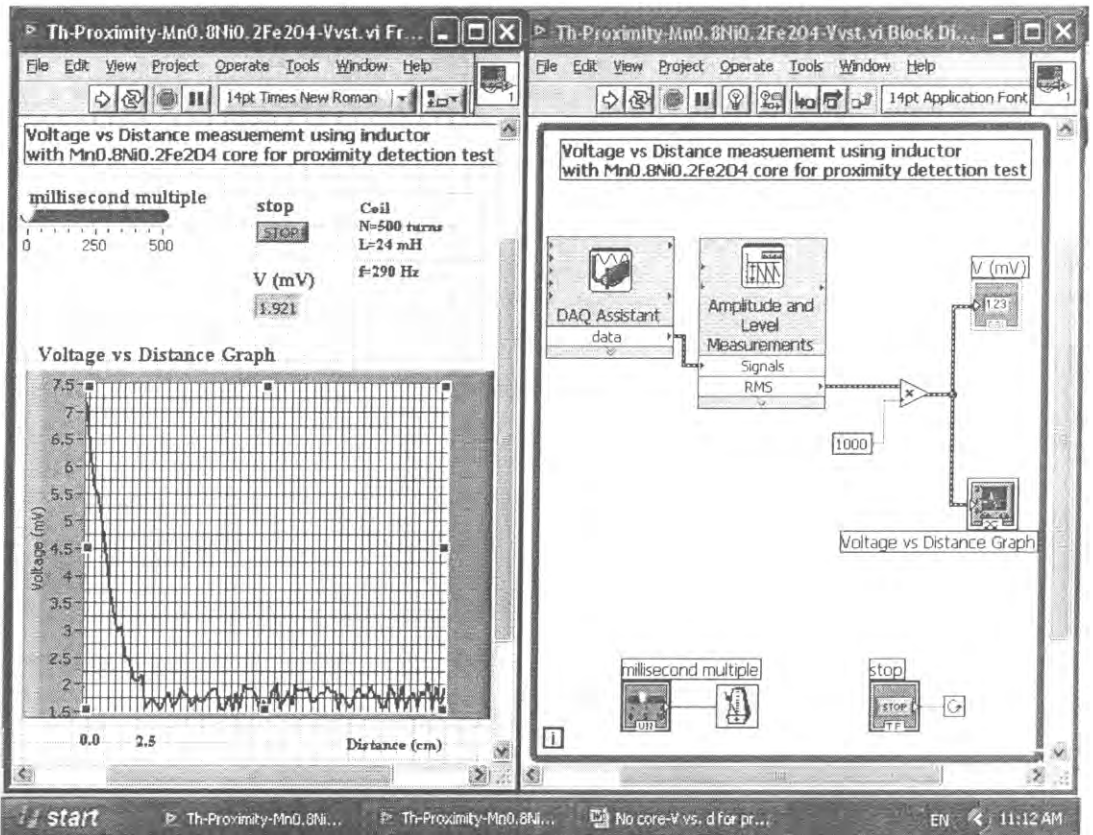
รูปที่ 15.3.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของโลหะด้วย LabVIEW

15.4 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์พรอกซิมิตี

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดเหนี่ยวนำที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์พรอกซิมิตีด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 15.4.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบขดลวดเหนี่ยวนำที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์พรอกซิมิตีด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 15.4.2 ขดลวดที่ใช้เป็นขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω ปลดจ่ายแรงดันไฟฟ้า V_1 ที่มีความถี่ 290 Hz จาก Signal Generator มาที่ขดลวดที่ 1 (ขดลวดเหนี่ยวนำที่มีจำนวน 500 รอบ และมีค่าความเหนี่ยวนำตัวเอง 24 mH) เกิดสนามแม่เหล็กในขดลวดนี้ ขดลวดที่ 2 (ขดลวดเหนี่ยวนำที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน) ได้รับสนามเหล็กจากขดลวดที่ 1 จะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า V_2 หรือ V เกิดขึ้น ให้ระยะห่างระหว่างขดลวดที่ 1 กับขดลวดที่ 2 คือ d ให้แรงดันไฟฟ้า V มาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) ของ LP connector และจะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดันไฟฟ้า V จะไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ ใช้ Multiply เพื่อเปลี่ยนหน่วยของแรงดันไฟฟ้าจาก V มาเป็น mV แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time เลื่อนขดลวดที่ 2 ให้ห่างจากขดลวดที่ 1 เป็นระยะทางต่างๆ เช่น $d = 0 \text{ cm}, 0.5 \text{ cm}, 1 \text{ cm}, 1.5 \text{ cm}, 2 \text{ cm}$ และ 2.5 cm พร้อมกับวัดแรงดันไฟฟ้า V ให้คอมพิวเตอร์แสดงกราฟ $d \text{ vs. } V$ ($d = 0.189V^2 - 1.9056V + 4.8537$) สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 15.4.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดเหนี่ยวนำที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์พรอกซิมิตีด้วย LabVIEW



รูปที่ 15.4.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับทดสอบขดลวดเหนี่ยวนำที่มี

สาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์พรอพซิมิตต์ด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็ก

ผลการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็กด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 15.1.2 ความถี่ที่ใช้ทดลองอยู่ในช่วง 100 Hz-500 Hz ขดลวดที่มีแกนเป็นสารแม่เหล็กเฟอร์ริจะสร้างสนามแม่เหล็กมากกว่าขดลวดที่มีแกนเป็นอากาศ

2) อุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งโลหะ

ผลการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งโลหะด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.10.2 ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดลอง คือ 13.6 kHz เมื่อพิจารณาพบว่าบริเวณรูของแท่งโลหะ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดที่มี $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกนมีค่าลดลง

3) อุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของโลหะ

ผลการทดสอบขดลวดที่มี $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของโลหะด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 15.3.2 ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดลอง คือ 6.93 kHz เมื่อพิจารณาพบว่าแท่งเหล็กแสดงอำนาจแม่เหล็กเฟอร์ริ แต่แท่งทองแดงแสดงอำนาจแม่เหล็กไดอา เครื่องตรวจนี้สามารถพิจารณาความแตกต่างระหว่างแท่งเหล็กและแท่งทองแดงได้

4) อุปกรณ์พรอพซิมิตี

ผลการทดสอบขดลวดเหนี่ยวนำที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์พรอพซิมิตีด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 15.4.2 อุปกรณ์พรอพซิมิตีทำงานโดยอาศัยปรากฏการณ์เหนี่ยวนำร่วม เป็นการทดสอบหัววัดระยะทางหรือหัววัดพรอพซิมิตีที่ใช้เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริ ผลการทดลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นหัววัดระยะทางหรือหัววัดพรอพซิมิตีได้

สรุปผลการทดลอง

- 1) ขดลวดที่มี $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ สามารถทำหน้าที่เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็ก
- 2) ขดลวดที่มี $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งโลหะ
- 3) ขดลวดที่มี $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ สามารถทำหน้าที่เป็นเป็นแกนอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของโลหะซึ่งสามารถแยกแท่งเหล็กออกจากแท่งทองแดงได้
- 4) ขดลวดเหนี่ยวนำที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ สามารถทำหน้าที่เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์พรอพซิมิตี
- 5) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วยโปรแกรม LabVIEW และ DAQ card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Chong H. Ahn, 2001, On-chip eddy current sensor for proximity sensing and crack detection, Sensors and Actuators A: Physical, 91(3): 340-345.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- RaO, K.H., 1996, Unusual dielectric behaviour of Ni-Zn ferrites in the lower megahertz region (1-10 MHz) due to dimensional resonance, J. Mater. Sci. Lett. 15 : 781-783.
- Ravinder, G., 1994, Electrical conductivity of Mn-Zn ferrites, J. Appl. Phys. 75 (10) : 6118-6120.
- Sattar, A.A., 1996, Effect of magnetic order on electrical properties of Mn-Zn ferrite single crystals, J. Mater. Sci. Lett. 15 : 1090-1092.

16. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริเป็นอุปกรณ์สาธิตค่าความเหนี่ยวนำร่วม แกนของหม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์ไพโรแมกเนติก

Applications of ferrimagnetic ceramics for the operation of mutual inductance demonstrative device, transformer core and pyromagnetic device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้หาการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP , การ์ด DAQ และแลปวิว ค่าความเหนี่ยวนำร่วมของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนที่วัดได้มีค่า 96 mH ได้ควบคุมการวัดด้วย LabVIEW และ DAQ Card หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำร่วมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ สามารถทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามความถี่และอุปกรณ์ไพโรแมกเนติกได้

คำสำคัญ: อุปกรณ์สาธิตค่าความเหนี่ยวนำร่วม แกนหม้อแปลงไฟฟ้า อุปกรณ์ไพโรแมกเนติก แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. The measured mutual inductance value of transformer with $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ core was 96 mH. Transformer with $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ core can be used as mutual inductance demonstrative device. The $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ material can be used as transformer core with voltage transformation ratio increased with frequency and pyromagnetic device.

Keyword : mutual inductance demonstrative device, transformer core , pyromagnetic device,

LabVIEW

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

A.K. Ghatage (1996) ได้เตรียม $\text{NiFe}_{2-x}\text{Cr}_x\text{O}_4$ วัดความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการส่งผ่าน (transmittance) กับเลขคลื่น (wave number) วัดความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีไทเซชันอิ่มตัว (saturation magnetization) กับสนามแม่เหล็กที่ป้อนเข้าไป (applied magnetic field) สารสูตรนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์ไมโครเวฟ (microwave device) อุปกรณ์บันทึกข้อมูลด้วยแม่เหล็ก (magnetic recording media) ได้มีผู้เตรียมอนุภาคนาโนแมกนีเซียมเฟอร์ไรต์โดยวิธีเคมีแบบเปียก (wet chemical method) ได้ศึกษาสมบัติเชิงแม่เหล็ก เส้นโค้ง M-H ซึ่บอกพฤติกรรมแม่เหล็กเฟอร์โร (Ichiyonagi, Y., 2006) มีผู้เตรียมผงแมกนีไทโคบอลต์ออกไซด์แล้วศึกษาพฤติกรรมแม่เหล็กโดยการวัดแมกนีไทเซชันและวงรอบการล้า (Borges, F. M. M., 2006) มีผู้เตรียมอนุภาคนาโนกิลเฟอร์ไรต์ที่มีขนาดนาโนที่ถูกสังเคราะห์โดยวิธีการเผาแบบอัดโนมิติโซลเจล วัดสมบัติเชิงแม่เหล็ก เช่น การล้าของแมกนีไทเซชัน (Azadmanjiri, J., 2006)

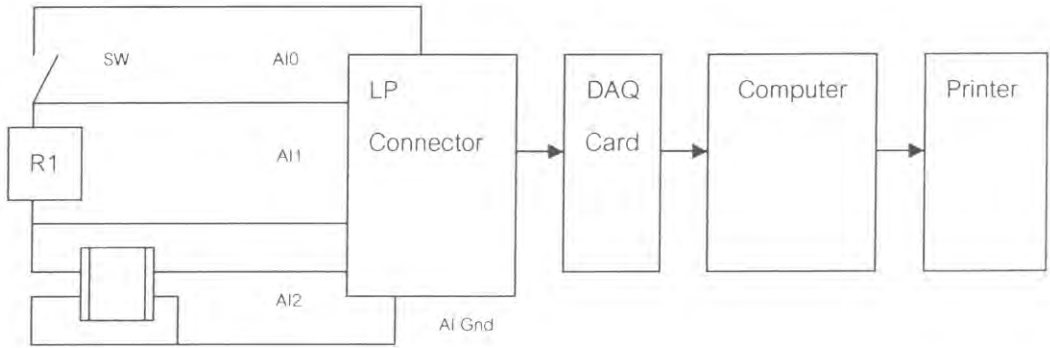
บทความนี้เกี่ยวข้องกับ การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำร่วมที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ แกนหม้อแปลงไฟฟ้าและและอุปกรณ์ไพโรแมกเนติก

วัตถุประสงค์และวิธีการ

16.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำร่วมในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

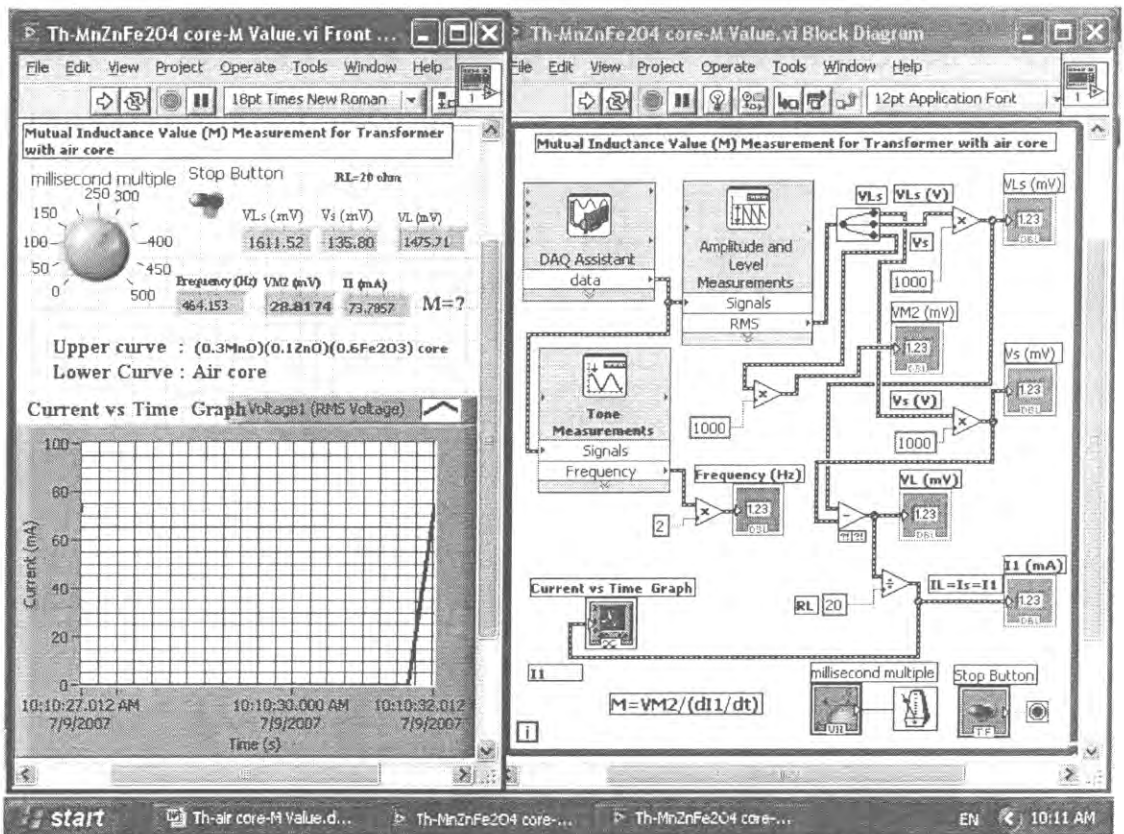
จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำร่วมในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 16.1.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำร่วมในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 16.1.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลองคือ หม้อแปลงไฟฟ้าที่มี $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกน หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω กระแสไฟฟ้าจากขา 14 ของ LP Connector ไหลผ่านขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าและไหลที่มีความต้านทาน R_L ($R_L = 20 \Omega$) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมมีค่า V_s และ V_L ตามลำดับ แรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิมีค่า V_{M2} แรงดันไฟฟ้า V_s , V_{L_s} และ V_{M2} จะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ และจะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดันไฟฟ้า V_L , V_{L_s} และ V_{M2} จะมาเข้าที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้ได้ $V(\text{rms})$ Split signal จะแยก V_L , V_{L_s} และ V_{M2} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{L_s} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L = V_{L_s} - V_s$ คำนวณกระแสไหลด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ เมื่อ R_L มีค่า 20Ω IL คือ I1 แสดงค่าทั้งหมด (V_s , V_{L_s} , V_L , I1) ด้วย Numeric Indicators แสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับเวลา (I1 vs t) ด้วย Waveform Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ current vs time ปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจนกระทั่งเห็นวงรอบการล้า สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำร่วม (V_{M2}) มีค่าดังสมการ $V_{M2} = M di/dt$ เมื่อ di/dt เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในขดปฐมภูมิซึ่งหาได้จากความ

ชั้นของเส้นกราฟ ส่วนแรงดันไฟฟ้า V_{M2} บนคอยล์ สามารถแสดงให้เห็นด้วย Numeric Indicator คำนวณค่าความเหนี่ยวนำรวม (M) ด้วยสูตรนี้



Transformer

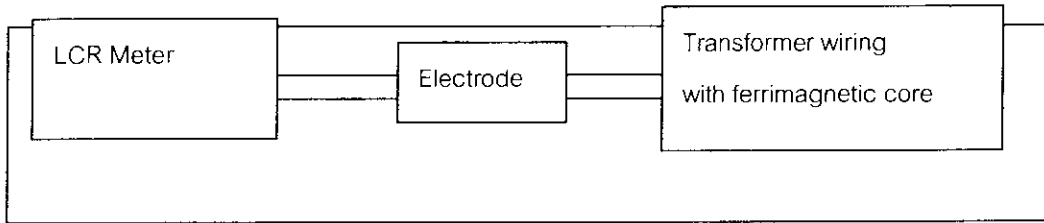
รูปที่ 16.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำรวมในวงจรไฟฟ้า กระแสตรงด้วย LabVIEW



รูปที่ 16.1.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำรวมในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วย LabVIEW

16.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดค่าความเหนี่ยวนำร่วมที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1) จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดค่าความเหนี่ยวนำร่วมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วย LCR Meter แสดงดังรูปที่ 16.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดค่าความเหนี่ยวนำร่วมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วย LCR Meter แสดงดังรูปที่ 16.2.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω



รูปที่ 16.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดค่าความเหนี่ยวนำร่วมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วย LCR Meter

2) เช็ตเครื่อง RLC Meter ตามคู่มือ ซึ่งทำได้ดังนี้

blue reset → Yes → Enter

blue cable → 1 m → Enter

Meas Parameter → L2 → Q

Freq → 100 kHz

open correction (Blue open) → open measure → Enter

Short correction (Blue short) → short measure → Enter

3) ทำการวัดค่า M และ f ที่ความถี่ 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz และ 100 kHz ซึ่งทำได้ดังนี้

Connect DUT

Setting measured quantity → M

Continue to measure the M value at 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz and 100 kHz

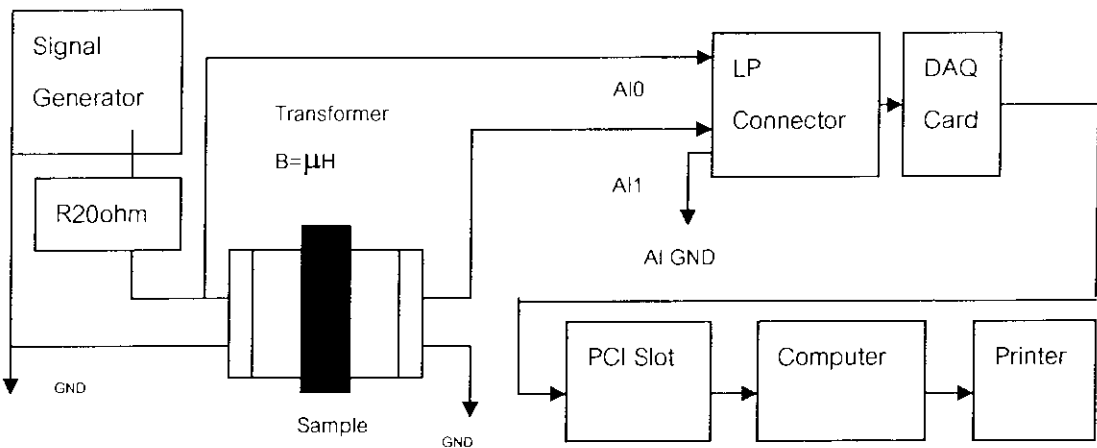
Record the results in Table 1

4) เขียนกราฟของ M vs f ด้วย EXCEL พร้อมทั้งแสดงสมการ

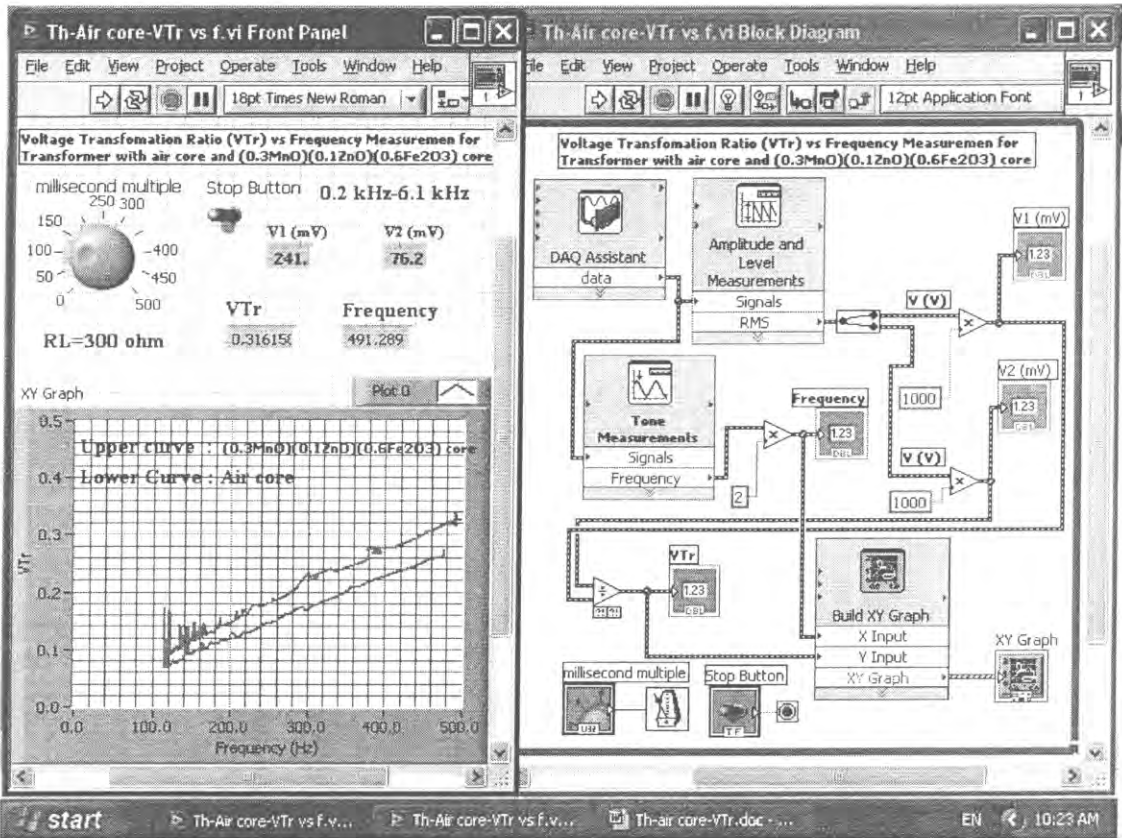
16.3 การประยุกต์ใช้เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้า

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับการวัดการแปลงแรงดันไฟฟ้าด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 16.3.1 สร้าง Front Panel และ Block

diagram สำหรับการประยุกต์ใช้สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้า สำหรับการวัดการแปลงแรงดันไฟฟ้าด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 16.3.2 สารตัวอย่างที่ใช้เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นอากาศและหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงจะแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ออกทางขดทุติยภูมิ แรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิมีค่า V_1 และ V_2 ตามลำดับ แรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_2 จะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ และจะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_2 จะมาเข้าที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้ได้ $V(\text{rms})$ Split signal จะแยก V_1 และ V_2 ออกจากกัน แสดงแรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_2 ด้วย Numeric Indicators คำนวณอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้า (V_{Tr}) ด้วยสูตร $V_{Tr} = V_2/V_1$ และแสดงผลด้วย Numeric Indicators วัดความถี่ของแรงดันไฟฟ้า (f) ด้วย Tone Measurements แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้า (V_{Tr}) ที่ขึ้นกับความถี่ของแรงดันไฟฟ้า (f) ด้วย Build XY Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของ While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ V_{Tr} vs f ปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าในช่วง $120 \text{ Hz} - 500 \text{ Hz}$ สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 16.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับการวัดการแปลงแรงดันไฟฟ้าด้วย LabVIEW



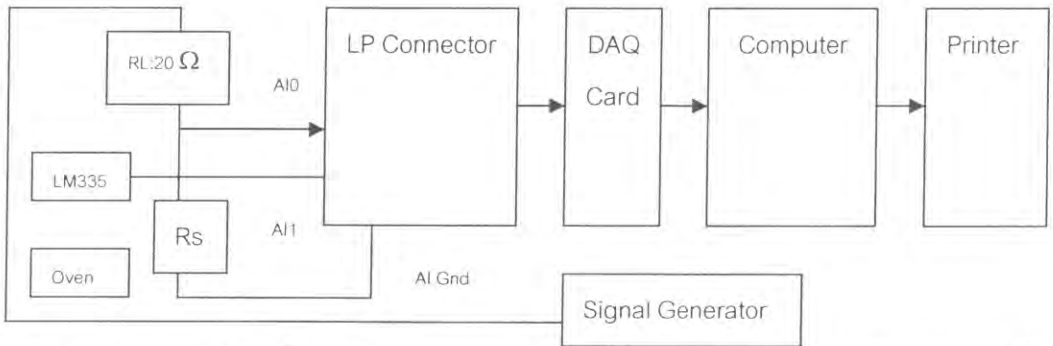
รูปที่ 16.3.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้สาร

(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3) ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับการวัดการแปลงแรงดันไฟฟ้าด้วย LabVIEW

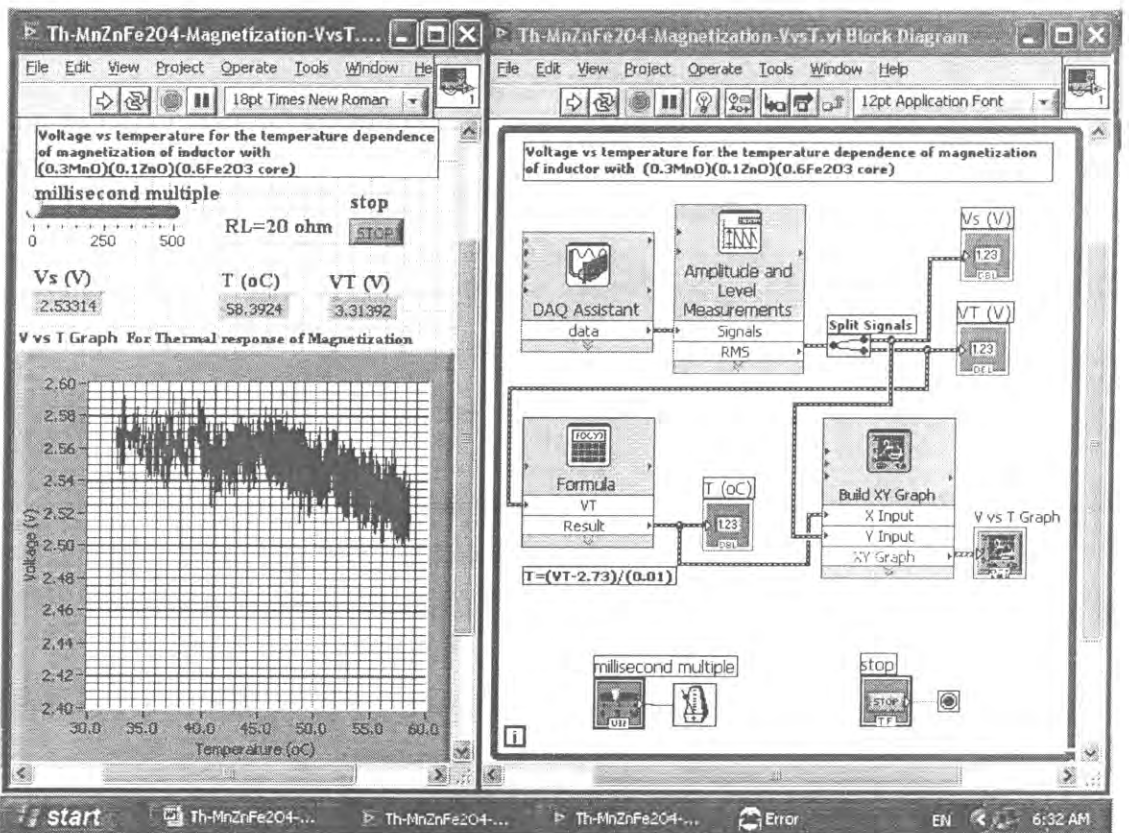
16.4 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ไพโรแมกเนติก

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3) ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ไพโรแมกเนติกด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 16.4.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้สาร (0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3) ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ไพโรแมกเนติกด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 16.4.1 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ (0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3) กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 20Ω และสารตัวอย่าง (ขดลวดที่มีสารเป็นแกน) ที่มีความต้านทาน R_s ขดลวดที่ใช้เป็นขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s ที่มีค่า V_s จะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) แรงดันไฟฟ้าที่มีค่า V_T จากหัววัดอุณหภูมิ LM335จะเข้าไปที่ analog input 1 (AI1) แรงดันไฟฟ้า V_s และ V_T จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดันไฟฟ้า V_s และ V_T จะไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ Split signal จะแยก V_s และ V_T ออกจากกัน แสดงแรงดันไฟฟ้า V_s และ V_T ด้วย Numeric Indicator แปลงแรงดัน V_T ให้เป็นอุณหภูมิด้วย Formula และใช้สูตร $T = (V_T - 2.73) / (0.01)$ แสดงอุณหภูมิ T ด้วย Numeric Indicator แสดง V และ T ด้วย Build XY Graph หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการ

ทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม ซึ่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs temperature เพิ่มอุณหภูมิแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง ซึ่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 16.4.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ไพโรแมกเนติกด้วย LabVIEW



รูปที่ 16.4.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ไพโรแมกเนติกด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

- 1) อุปกรณ์สาคิดการวัดค่าความเหนี่ยวนำร่วมในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์
 สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำรวมในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 16.1.2 การหาค่าความ
 เหนี่ยวนำรวมทำได้ดังนี้

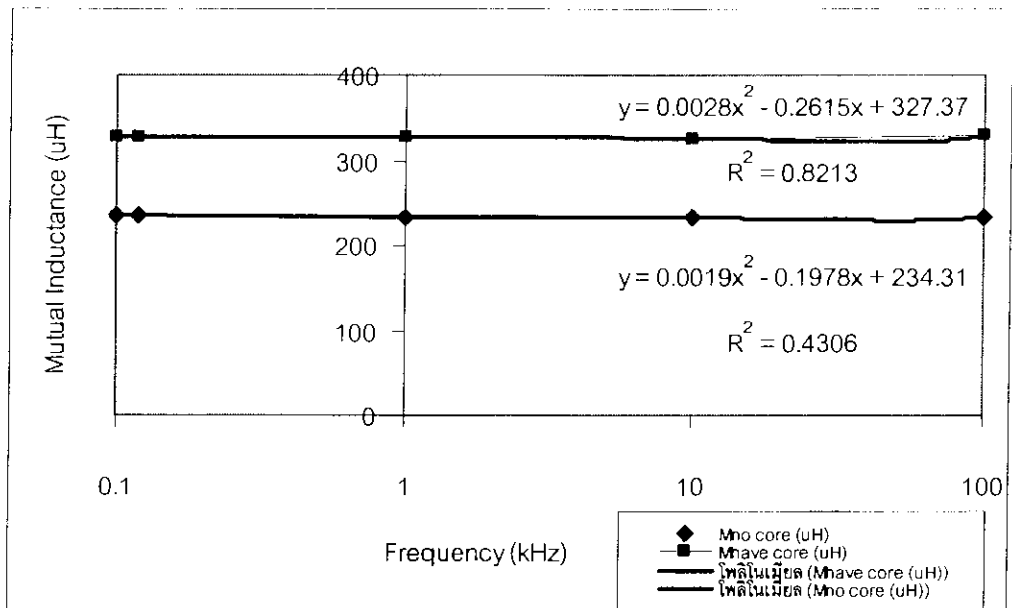
$$V_{M2} = M di_1/dt ; M = V_{M2} / di_1/dt ; V_{M2} = 28.8174 \text{ mV} = 0.0288174 \text{ V} ; di_1/dt = 75 \text{ mA} / 0.25 \text{ s}$$

$$di_1/dt = 300 \text{ mA/s} = 0.3 \text{ A/s} ; M = 0.0288174 \text{ V} / 0.3 \text{ A/s} = 0.096 \text{ H} = 96 \text{ mH}$$

ค่าความเหนี่ยวนำรวมมีค่า 96 mH

2) อุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำรวมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการ
 วัดค่าความเหนี่ยวนำรวมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วย LCR Meter



รูปที่ 16.2.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าที่มี

สาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าความเหนี่ยวนำรวม
 ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วย LCR Meter

สมการที่แสดงค่าความเหนี่ยวนำรวมที่ขึ้นกับความถี่ (M vs f) ของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า

$$M_{\text{no core}} = 0.0028f^2 - 0.2615f + 327.37 \quad (3)$$

$$M_{\text{have core}} = 0.0019f^2 - 0.1978f + 234.31 \quad (4)$$

เมื่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อิมพีแดนซ์และความจุไฟฟ้าของสารต่างก็มีค่าลดลง ค่าความเหนี่ยวนำรวม
 มีค่าลดลงในช่วงความถี่ 100 Hz ถึง 10 kHz และจะมีค่าเพิ่มขึ้นที่ 100 kHz สารที่ทดลองแสดงสมบัติแม่เหล็ก
 ผลการวัดความเหนี่ยวนำรวมที่ขึ้นกับความถี่ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้เซรามิกส์เฟอร์ไรต์ $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนจะ
 นำไปประยุกต์ใช้งานเป็นหม้อแปลงไฟฟ้า

3) แกนของหม้อแปลงไฟฟ้า

ผลการประยุกต์ใช้สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับการวัดการแปลงแรงดันไฟฟ้าด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 16.3.2 อัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นอากาศจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น อัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาที่ความถี่หนึ่งพบว่าอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ จะมีค่ามากกว่าอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นอากาศจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น

4) อุปกรณ์ไพโรแมกเนติก

ผลการประยุกต์ใช้สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ไพโรแมกเนติกด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 16.4.2 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดมีค่าลดลงแสดงว่าแมกนีไทเซชันมีค่าลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น

สรุปผลการทดลอง

- 1) ค่าความเหนี่ยวนำร่วมของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนมีค่า 96 mH
- 2) หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $\text{Mn}_{0.6}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนี่ยวนำร่วมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
- 3) สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ สามารถทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามความถี่
- 4) สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ไพโรแมกเนติก
- 5) ได้ควบคุมการวัดเกือบทั้งหมดด้วย LabVIEW และ DAQ Card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Azadmanjiri, J., 2006, Magnetic properties of nanosize NiFe_2O_4 particles synthesized by sol-gel auto combustion method, Ceramic International.
- Borges, F. M. M., 2006, Magnetism behaviour of nanocrystalline MnCo_2O_4 spinels, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 302(2): 273-277.
- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Ghatage, A.K., 1996, X-ray, infrared and magnetic studies of chromium substituted nickel ferrite, J. Mater. Sci. Lett. 15 :1548-1550.
- Ichiyanagi, Y., 2006, Magnetic properties of Mg-ferrite nanoparticles, Journal of Magnetism and Magnetic Materials.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.

17. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกแม่เหล็กเฟอร์ริเป็นแกนของคอยล์อากาศและหัววัดตำแหน่ง

Applications of ferrimagnetic ceramics for the operation of antenna coil's core and position sensor

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์ (Thongchai Panmatarith)

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัสดุสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP , การ์ด DAQ และแลปวิว หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นแกนของคอยล์อากาศได้ ขดลวดที่มีแกนเป็นเฟอร์ไรต์อ่อนสามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดตำแหน่งโดยการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์และใช้สเตปป์มอเตอร์กำหนดตำแหน่งที่จะวัด

คำสำคัญ: อุปกรณ์สาริตวงฮิสเทอรีซิสแม่เหล็ก อุปกรณ์สาริตแกนของคอยล์อากาศ หัววัดตำแหน่ง แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. Transformer with $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ core can be used as antenna coil's core. Inductor with soft ferrite core can be used as position sensor by computer control and using the stepping motor for locating the measuring position.

Keyword : magnetic hysteresis loop , antenna coil core , position sensor, LabVIEW

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

มีผู้ทดลองโดยนำขดลวดที่มีแกนเป็นสารแม่เหล็กเฟอร์ริไปรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นตามกฎของฟาราเดย์ ขยายแรงดันไฟฟ้านี้แล้วส่งไปแสดงผลด้วยโวลต์มิเตอร์ ขดลวดที่มีแกนเป็นสารแม่เหล็กเฟอร์ริทำหน้าที่เป็นหัววัดความถี่ (Borges,P., 2001) ได้มีผู้เตรียมอนุภาคนาโนแมกนีเซียมเฟอร์ไรต์โดยวิธีเคมีแบบเปียก (wet chemical method) ได้ศึกษาสมบัติเชิงแม่เหล็ก เส้นโค้ง M-H ชี้ออกพฤติกรรมแม่เหล็กเฟอร์โร (Ichiyangi, Y.,2006) มีผู้เตรียมผงแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์แล้วศึกษาพฤติกรรมแม่เหล็กโดยการวัดแมกนีโตเซชันและวงรอบการล้า (Borges, F. M. M., 2006)

หัววัดตำแหน่งมี 2 แบบ หัววัดแบบที่ 1 เป็นการใช่วัดด้านทานที่ปรับค่าได้เป็นทรานซิวเซอร์วัดมุมหมุนของเพลลา แกนของเพลลาหมุนไปจะทำให้เกิดมุมที่วัดด้านทานที่ต่อกับเพลลาและแบ่งค่าความต้านทานออกเป็น

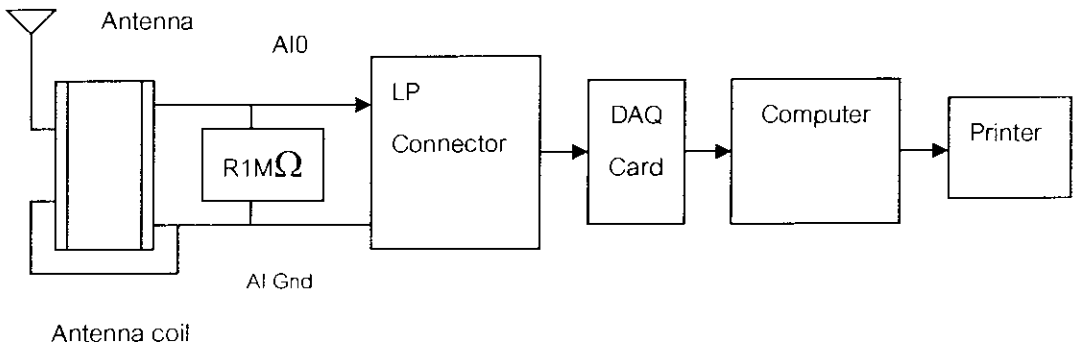
R_1 และ R_2 ซึ่งจะทำให้บริดจ์ไม่สมดุล วิธีที่ทำให้บริดจ์สมดุลทำได้โดยการปรับค่าเพื่อแบ่งให้เกิด R_3 และ R_4 พอเหมาะ ถ้าเราปรับแต่งให้การหมุนแล้วมีสเกลอ่านค่ามุมได้โดยตรงซึ่งจะเห็นว่าเมื่อบริดจ์สมดุล $R_3/R_4 = R_1/R_2$ นั่นก็คือ ถ้า R_1/R_2 เป็นมุม $\theta/180^\circ$ เราก็จะปรับแต่ง R_3/R_4 ตามแกนเป็นตัวเลข $\theta/180^\circ$ ด้วย หัววัดแบบที่ 2 เป็น หัววัดตำแหน่งที่ใช้ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้จะสร้างเอาต์พุตที่เป็นสัดส่วนกับตำแหน่งของวัตถุไปตามแกนที่กำหนด วัดแรงดันเอาต์พุตที่ขึ้นกับตำแหน่ง

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตวงฮิสเทอรีซิสแม่เหล็ก แกนของคอยล์อากาศ และหัววัดตำแหน่ง

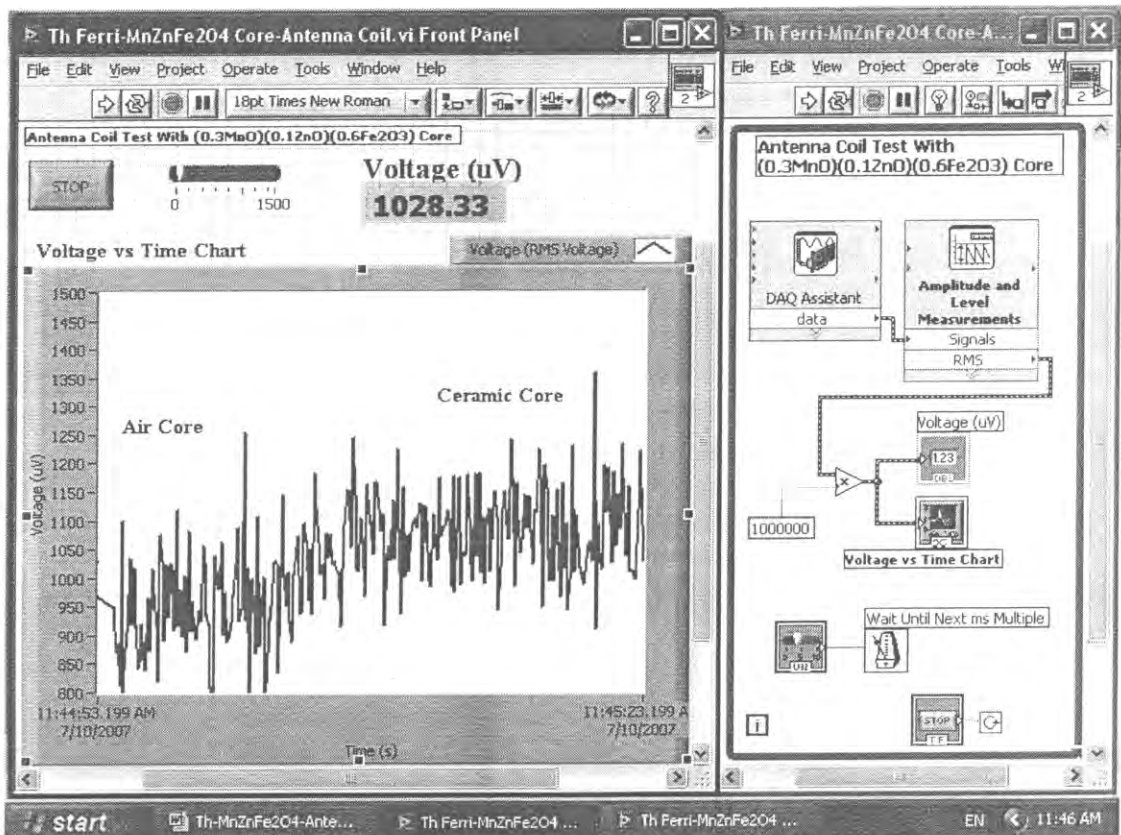
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

17.1 การประยุกต์ใช้เป็นแกนของคอยล์อากาศ

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของคอยล์อากาศด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 17.1.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของคอยล์อากาศด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 17.1.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ขดลวดที่มีสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกน หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $(0.3\text{MnO})(0.1\text{ZnO})(0.6\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนได้รับคลื่นวิทยุซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพบว่าจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (V_e) เกิดขึ้น แรงดันไฟฟ้า V_e หรือ V จะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และจะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant แรงดันไฟฟ้า V จะไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ ใช้ Multiply เพื่อเปลี่ยนหน่วยของแรงดันไฟฟ้าจาก V มาเป็น μV แสดงแรงดันไฟฟ้า V นี้ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของโปรแกรม While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs. time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 17.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของคอยล์อากาศด้วย LabVIEW



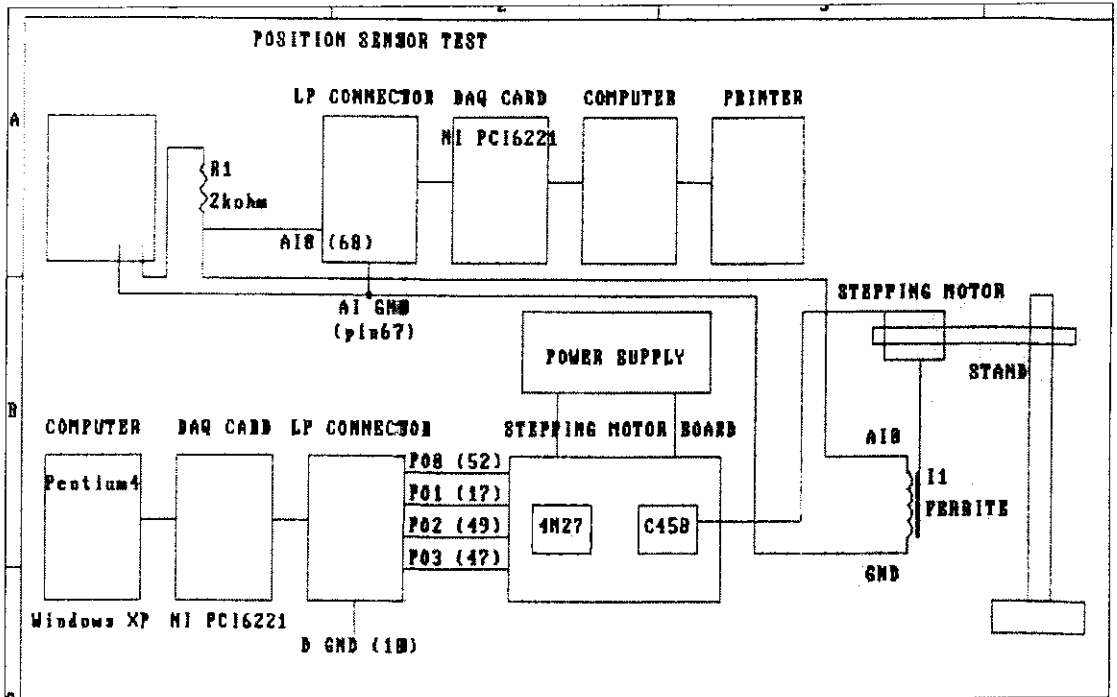
รูปที่ 17.1.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้สาร

(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3) ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของคอยล์อากาศด้วย LabVIEW

17.2 การประยุกต์ใช้เป็นหัววัดตำแหน่ง

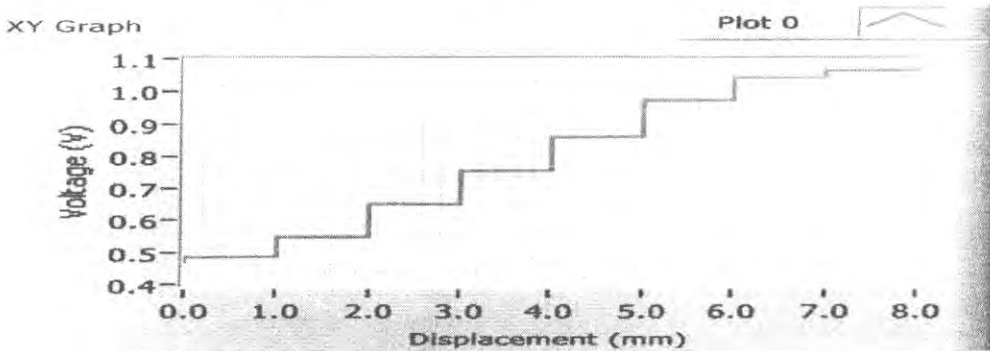
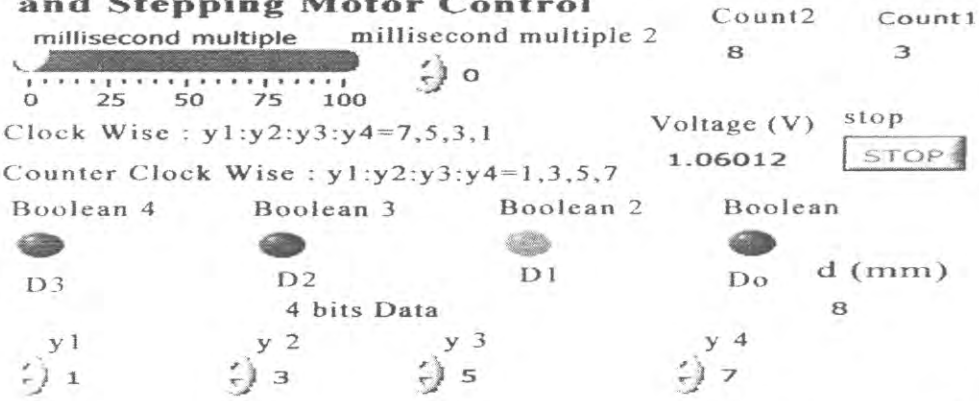
จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีแกนเป็นเฟอร์ไรต์อ่อนให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดตำแหน่งด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 17.2.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบขดลวดที่มีแกนเป็นเฟอร์ไรต์อ่อนให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดตำแหน่งด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 17.2.2 คอมพิวเตอร์ส่งแรงดันไฟฟ้าผ่าน DAQ card และ LP connector โดยออกทาง Po0, Po1, Po2 และ Po3 โดยการควบคุมของ DAQ Assistant2 แล้วมายังบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์สเต็ปป์ (stepping motor board) เพื่อให้มอเตอร์นี้เลื่อนตำแหน่งของแกนเฟอร์ไรต์ของขดลวด เครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านความต้านทาน $2\text{ k}\Omega$ และขดลวดเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดเท่ากับ V ให้แรงดันไฟฟ้า V เข้า AI0 ของ LP connector ผ่าน DAQ Card (PCI 6221) เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant1 ส่งค่า V ไปที่ Amplitude and Level Measurements ทำหน้าที่จัดปริมาณการวัดเป็นแบบ $V(\text{rms})$ แล้วแสดงค่า V นี้ด้วย Numeric Indicator แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดที่มีแกนเป็นเฟอร์ไรต์ (V) มีความเกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่จะวัด Delay time ของ For Loop จะมีความเกี่ยวข้องกับระยะกระจัด (displacement, d) ที่แกนเฟอร์ไรต์เคลื่อนที่หรือตำแหน่งของแกนเฟอร์ไรต์ ส่งค่า V และ d เข้า X Input และ Y Input ของ Build XY Graph เพื่อให้คอมพิวเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าที่

ขึ้นกับตำแหน่ง (V vs. d) ด้วย XY Graph Millisecond Multiple เป็นเวลาหนึ่งวง For Loop ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานที่ซ้ำๆกัน ใช้ While Loop อยู่ข้างนอกอีกชั้น Stop Button เป็น numeric control ทำหน้าที่เปิดปิดสวิทซ์สั่ง RUN เพื่อแสดงผลทั้งหมด สิ่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ออกทาง Printer

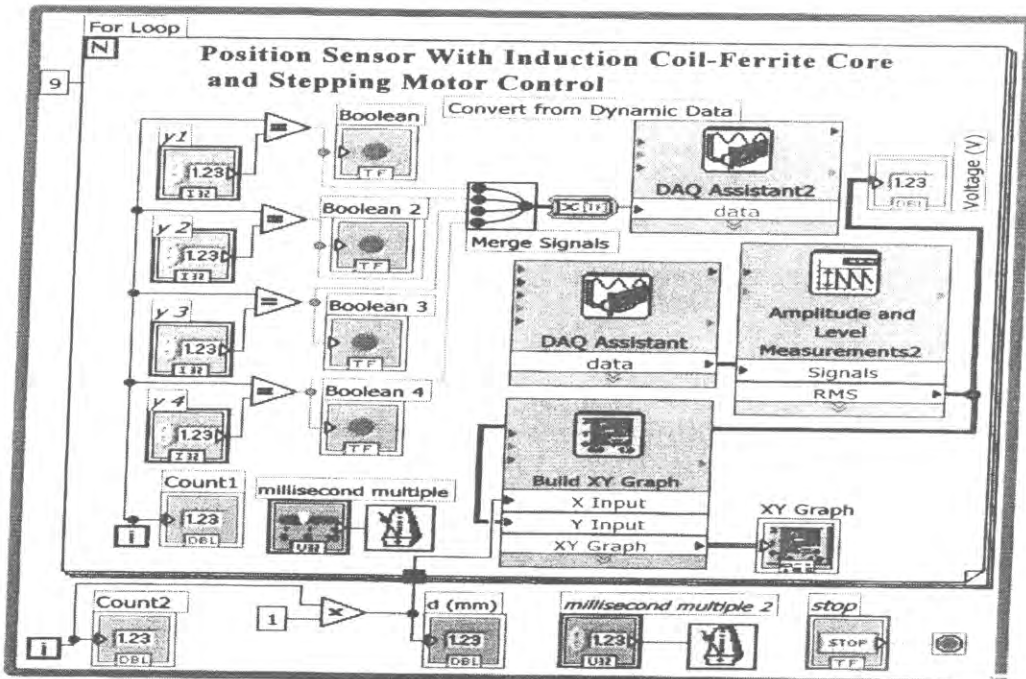


รูปที่ 17.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีแกนเป็นเฟอร์ไรต์อ่อนให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดตำแหน่งด้วย LabVIEW

Position Sensor With Induction Coil-Ferrite Core and Stepping Motor Control



(n) Front Panel



(ข) Block diagram

รูปที่ 17.2.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการทดสอบขดลวดที่มีแกนเป็นเฟอร์ไรต์อ่อน
ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดตำแหน่งด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

1) แกนของคอยล์อากาศ

ผลการประยุกต์ใช้สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของคอยล์อากาศด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 17.2.1 ขดลวดสารเฟอร์ไรต์อ่อน $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนที่ได้รับคลื่นวิทยุ ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพบว่าจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (V_e) เกิดขึ้นเป็นปริมาณที่มากกว่าคอยล์อากาศที่มีอากาศเป็นแกน

2) หัววัดตำแหน่ง

ผลการทดสอบขดลวดที่มีแกนเป็นเฟอร์ไรต์อ่อนให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดตำแหน่งด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 17.2.2 เส้นกราฟในรูปเป็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะกระจัดของแกนเฟอร์ไรต์ (d) กับ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดที่มีแกนเป็นเฟอร์ไรต์ (V) ซึ่งสามารถนำไปใช้ทำเป็นหัววัดตำแหน่งได้ หัววัดตำแหน่งที่ได้สร้างขึ้นนี้จะนำไปใช้ในการทดลองเรื่องอื่นๆต่อไป

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตวงการลำแม่เหล็ก (B-H)
- 2) สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ สามารถทำหน้าที่เป็นแกนของคอยล์อากาศได้
- 3) ขดลวดที่มีแกนเป็นเฟอร์ไรต์อ่อนสามารถทำหน้าที่เป็นหัววัดตำแหน่งโดยการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ และใช้สเตปป์มอเตอร์กำหนดตำแหน่งที่จะวัด
- 4) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วยโปรแกรม LabVIEW และ DAQ card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- ยี่น ภูววรรณ, 2534, อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
- Borges, F. M. M., 2006, Magnetism behaviour of nanocrystalline MnCo_2O_4 spinels, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 302(2): 273-277.
- Borges, P., 2001, Versatile radiofrequency sensor, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 39-41.
- Buchanan Relva, C., 1991. *Ceramic materials for electronics*, second edition, Merceel Dekker Inc., New York.
- [Http:// www.ni.com](http://www.ni.com), LabVIEW[™] Basic I. Introduction Course Manual, National Instruments Corporation, 1993-2001.
- Ichianagi, Y., 2006, Magnetic properties of Mg-ferrite nanoparticles, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.

17.3 การให้แลปวิวทำหน้าที่วัดวงฮิสเทอรีซิสแม่เหล็กและการตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็ก

(magnetic hysteresis loop measurement and magnetic material detection using LabVIEW)

การใช้โปรแกรม LabVIEW สำหรับการวัดวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กและตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็ก

The use of LabVIEW for magnetic hysteresis loop and metal detection

ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์¹ และ กิ่งกานต์ เปาะทอง²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ จากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง ได้จัดเตรียมระบบการวัดที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP, การ์ด DAQ และแลปวิวสำหรับการทดสอบสาร ระบบการวัดนี้และหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนนี้สามารถใช้แสดงวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กและใช้ตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็กซึ่งทำให้สามารถแยกแ่งเหล็กออกจากแ่งทองเหลืองได้

Abstract

This project involved sample preparation of $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Measurement systems that composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW were prepared for material test. These systems and transformer with $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ core can display magnetic hysteresis loop and used to detected magnetic material which can be selected between iron bar and brass bar.

คำสำคัญ : เซรามิกแม่เหล็กเฟอร์ริ การตรวจวัดวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็ก การตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็ก แลปวิว

Keywords: Ferrimagnetic ceramics, Magnetic hysteresis loop, Magnetic material detection, LabVIEW

¹รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์: ระดับปริญญาโท ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

บทนำ

แม่เหล็กเซรามิกส์ใช้ทำเป็นวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (electrical and electronic material) แม่เหล็กเซรามิกส์มี 2 ประเภท คือ เฟอร์ไรต์แข็ง (hard ferrite) กับเฟอร์ไรต์อ่อน (soft ferrite) วัสดุแม่เหล็กเฟอร์ไรต์จัดเป็นเฟอร์ไรต์แข็ง มีผู้ศึกษาแม่เหล็กเซรามิกส์ (magnetic ceramics) มานานแล้ว ในปี 1948 นีล (Neel) ได้พัฒนาแบบจำลอง (model) ซึ่งเป็นรากฐานสำหรับความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติเชิงแม่เหล็ก (magnetic property) ของเฟอร์ไรต์ (ferrite) อำนวยแม่เหล็กเกิดจากสปินของอิเล็กตรอน (electron spin) การหมุนรอบตัวเองของ

อิเล็กตรอนทำให้เกิดโมเมนต์แม่เหล็ก (magnetic moment, m) มีแมกนีโตเซชัน (magnetization) เกิดขึ้น (Moulson และ Herbert, 1990)

ก. อำนาจแม่เหล็กเฟอร์โร

อำนาจแม่เหล็กเฟอร์โรในของแข็งเกิดจากการคู่ควบทางแม่เหล็กอย่างแรง (strong magnetic coupling) หรือการดึงดูดร่วมของโมเมนต์แม่เหล็กบนอะตอมในของแข็ง การดึงดูดร่วมของโมเมนต์แม่เหล็กจะทำให้เกิดการเรียงตัวร่วมใหม่ที่ขนานกัน (parallel mutual reorientation) ของโมเมนต์แม่เหล็กไปในทิศทางหนึ่งจนกระทั่งเกิดเป็นแมกนีโตเซชันที่เกิดขึ้นเอง (spontaneous magnetization) บริเวณที่โมเมนต์แม่เหล็กเรียงตัว เรียกว่า โดเมน (domain) บริเวณรอยต่อระหว่างโดเมน เรียกว่า ผนังโดเมน (domain wall) วัสดุแม่เหล็กเฟอร์โรแสดงปรากฏการณ์ต่างๆ คือ แมกนีโตเซชัน (magnetization) ในวัสดุ ปรากฏการณ์วงการล่า (hysteresis effect) และความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นระหว่างสนามแม่เหล็กในสารกับความเข้มสนามแม่เหล็ก วัสดุที่แสดงสมบัติเชิงแม่เหล็กเฟอร์โร ได้แก่ โลหะทรานซิชันผสม (transition metal alloy) โลหะดินหายาก (rare earth alloy) และเซรามิกส์แม่เหล็ก (magnetic ceramics) เซรามิกส์แม่เหล็กที่จัดเป็นวัสดุแม่เหล็กเฟอร์โร ได้แก่ $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ และ $\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ และ CoFe_2O_4 เซรามิกส์ทั้งสองมีโครงสร้างผลึกเป็นแบบเฮกซะโกนอลแมกนีโตพลูมไบต์ (hexagonal magnetoplumbite structure) การประยุกต์ใช้งานของสารแม่เหล็กเฟอร์โร ได้แก่ แท่งแม่เหล็กถาวร (permanent magnet) ของหูฟัง (earphone) และลำโพง (loud-speaker) (Moulson และ Herbert, 1990)

ข. อำนาจแม่เหล็กเฟอร์ริ

อำนาจแม่เหล็กเฟอร์ริ (ferrimagnetism) เกิดจากการเรียงตัวแบบขนานตรงข้ามกัน (antiparallel alignment) ของโมเมนต์แม่เหล็กของไอออนบนโครงผลึกย่อย (sublattice) ที่ต่างกันในผลึก โมเมนต์แม่เหล็กขนานไม่เท่ากัน ขนานกันและทิศทางตรงข้ามนี้ทำให้โมเมนต์แม่เหล็กรวมหรือแมกนีโตเซชันไม่เป็นศูนย์ พฤติกรรมการคู่ควบ (coupling behavior) เหล่านี้ มีความเกี่ยวข้องกับการทำอันตรกิริยาของอิเล็กตรอนวงนอก (outer electron interaction) ของไอออนข้างเคียง (neighbouring ion) พันธะที่เกิดขึ้นในเซรามิกส์แม่เหล็กเป็นแบบไอออนิกและแบบโควาเลนต์ การเกิดพันธะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนยิ่งยวด (superexchange interaction) หรือเกิดการจัดเรียงตัวของสปิน (spin alignment) ระหว่างอิเล็กตรอนวงนอกซึ่งสามารถตอบสนองต่อการคู่ควบวงการล่าแม่เหล็กเฟอร์ริมีลักษณะคล้ายกับของแม่เหล็กเฟอร์โรโดยมีขนาดเล็กกว่า ตัวอย่างสารเฟอร์ไรต์อ่อน ได้แก่ NiFe_2O_4 , $\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$, MnFe_2O_4 , $\text{Mn}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ และ MgFe_2O_4 สารเหล่านี้เตรียมได้โดยวิธีเทคนิคปฏิบัติการสถานะของแข็งหรือวิธีอื่นๆ สารเฟอร์ไรต์อ่อนแสดงอำนาจแม่เหล็กเฟอร์ริ (ferrimagnetism) และแสดงปรากฏการณ์การล่า (hysteresis effect) สารเฟอร์ไรต์อ่อนเหล่านี้มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบสปินเนล วัสดุแม่เหล็กเฟอร์ริจัดอยู่ในกลุ่มเฟอร์ไรต์อ่อน เฟอร์ไรต์อ่อนแสดงสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปตามความถี่ของสนามแม่เหล็ก (magnetic field) จึงนำไปประยุกต์เป็นแกนของขดลวด (inductor core) แกนของหม้อแปลงไฟฟ้า (transformer core) สแกนนิ่งโยค (scanning yokes) สายอากาศ (antenna) อุปกรณ์เลื่อนเฟส (phase shifter) และอุปกรณ์ไมโครเวฟ (microwave device) (Moulson และ Herbert, 1990)

ค. สมการและปริมาณที่สำคัญ

สมการที่สำคัญ คือ $B = \mu H = \mu_0 \mu_r H = \mu_0 (H + M)$; $M = \chi_m H$; $H = ni$ เมื่อ B เป็นความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (magnetic flux density) H เป็นความเข้มสนามแม่เหล็ก (magnetic field intensity) μ เป็น

สภาพซาบซึมผ่านได้ทางแม่เหล็กของสารแม่เหล็ก (magnetic permeability of the magnetic material) μ_0 เป็นสภาพซาบซึมผ่านได้ทางแม่เหล็กของสุญญากาศ (magnetic permeability of the vacuum) μ_r เป็นสภาพซาบซึมผ่านได้สัมพัทธ์ (relative permeability) M เป็นแมกนีโตเซชัน χ_m เป็นสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็ก (magnetic susceptibility) n เป็นจำนวนรอบของขดลวดต่อหนึ่งหน่วยความยาว และ I เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด (Moulson และ Herbert, 1990)

ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมวงจรรถ้า ได้แก่ สภาพซาบซึมได้ทางแม่เหล็ก แมกนีโตเซชันอิ่มตัว (saturation magnetization) แมกนีโตเซชันคงค้าง (remanent magnetization) และแรงโคเออซีฟ (coercive force)

ง. LabVIEW

LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench เป็น Software ที่พัฒนาขึ้นโดย บริษัท National Instruments หรือ NI LabVIEW จัดเป็น Software ประเภทภาษารูปภาพ (graphical programming language) คือจะใช้บล็อกฟังก์ชันซึ่งแทนด้วยรูปไอคอน (Icon) แทนการเขียนด้วยตัวอักษร (text-based program) และใช้เส้นเชื่อมต่อบล็อกฟังก์ชันแทนการไหลของข้อมูลระหว่างโปรแกรมย่อยคล้ายกับการเขียน Flow chart ของโปรแกรมแต่ไม่เหมือนกับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา (Compiler) อื่นๆ เช่น C, Pascal ซึ่งเป็นการเขียนลักษณะ Text mode โดยส่วนมากต้องคำนึงถึงชนิดของข้อมูลที่รับส่งระหว่างโปรแกรมย่อยๆ เช่น real, Integer เป็นต้น การเขียนโปรแกรมด้วย LabVIEW สามารถลดเวลาในการพัฒนาโปรแกรมลงได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาอื่นที่ใช้ตัวอักษร สิ่งที่ทำให้โปรแกรม LabVIEW แตกต่างจาก Software อื่นก็คือ ความสามารถในการใช้งานด้าน งานวัด และการควบคุมอัตโนมัติ โดยมีเครื่องมือ (Tools) ต่างๆ ที่สนับสนุนการใช้งานด้านนี้ไว้อย่างมากมาย และให้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบของเครื่องมือเสมือนจริง (Virtual Instrument หรือ VI) LabVIEW ประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ คือ Front Panel, Block Diagram และ Palettes มีส่วนประกอบย่อยอีก 3 ส่วนคือ Tools Palette, Control Palette และ Functions Palette (<http://projoke.blogspot.com/2007/08/foundation-labview.html>)

เนื่องจากการใช้การใช้โปรแกรม LabVIEW สำหรับการวัดวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กและตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็กมีข้อมูลน้อยมาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเรื่องนี้

บทความนี้เกี่ยวข้องการใช้โปรแกรม LabVIEW สำหรับการวัดวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็ก และตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็ก

วิธีการทดลอง

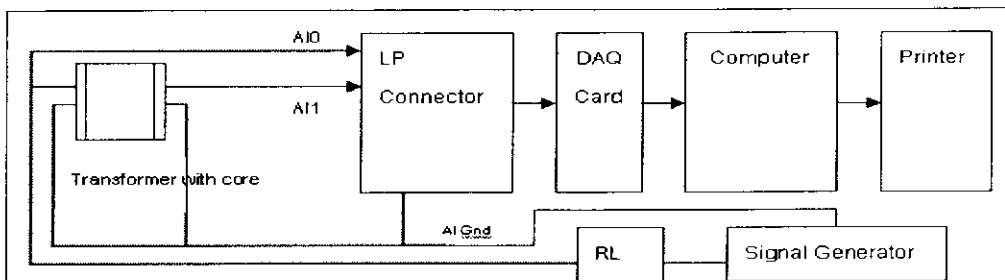
1) การเตรียมสารตัวอย่าง

สารตัวอย่างที่ใช้ทดลองมีส่วนผสมเป็น $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ ซึ่งเตรียมขึ้นมาโดยวิธีเทคนิคเซรามิกส์มาตรฐาน (Standard ceramic techniques) วัสดุตั้งต้นที่ใช้เป็นผงของสาร MnO_2 , NiO และ Fe_2O_3 ที่มีความบริสุทธิ์ 99% คำนวณน้ำหนักจากส่วนผสมของ $0.8MnO_2$, $0.2NiO$ และ Fe_2O_3 ชั่งผงของสาร ผสมผงของสารด้วยครกและเครื่องหมุนผสมสาร หยดพีวีเอ (PVA) ผสมน้ำกลั่น อัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก เผาก่อนสารครั้งที่หนึ่งที่อุณหภูมิ $500^\circ C$ บดผงการสารที่ผ่านการเผาด้วยครก หยดพีวีเอผสมน้ำกลั่น อัดเป็นก้อนด้วยเครื่อง

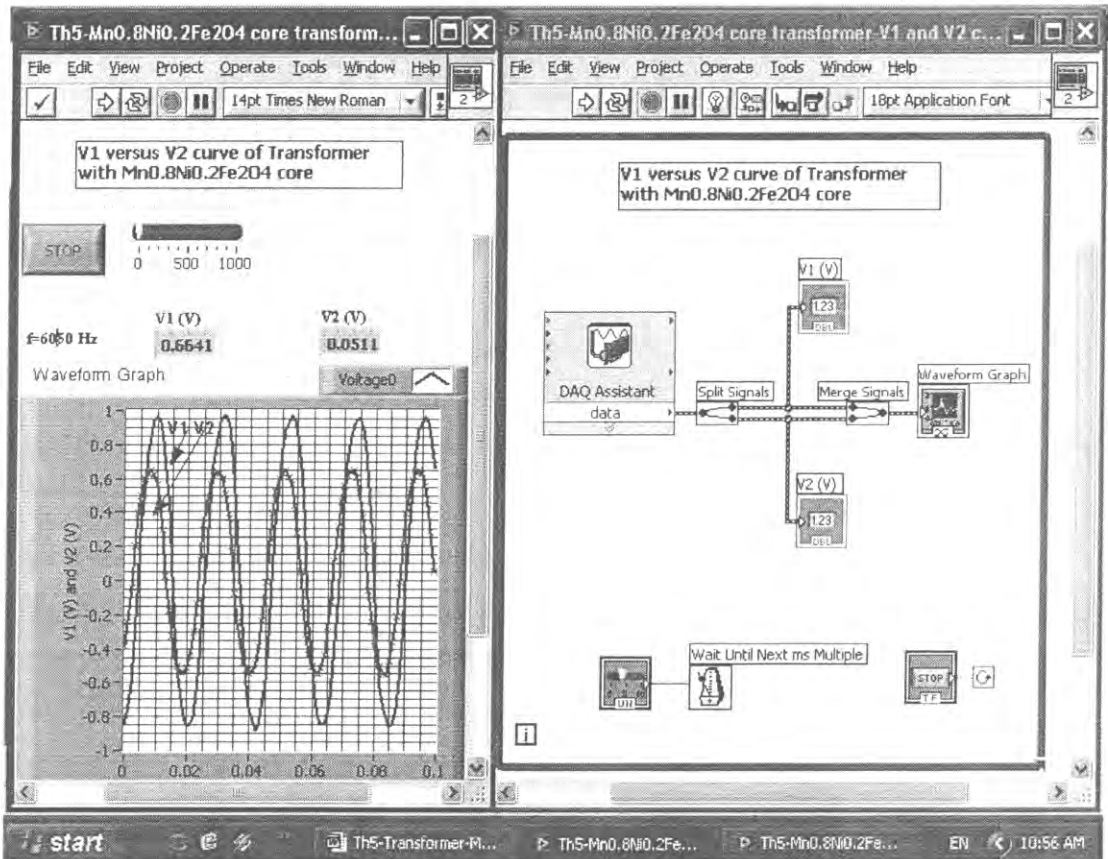
อัดไฮดรอลิก เมื่อก่อนสารครั้งที่สองที่อุณหภูมิ $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ วัดความหนาและเส้นผ่านศูนย์กลางของสาร ลำดับขั้นตอนการทดลองจะเริ่มจากการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_1) และแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_2) แล้วทำการวัดวง V_1 vs. V_2 และการวัดวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกน

2) การวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_1) และแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_2) ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกน

จัดเครื่องมือสำหรับการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_1) และแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_2) ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 1 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_1) และแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_2) ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกน หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ $1.7\ \Omega$ และความต้านทานขดทุติยภูมิ $1.65\ \Omega$ กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $100\ \Omega$ และขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏที่ขดปฐมภูมิมิค่า V_1 แรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏที่ขดทุติยภูมิมิค่า V_2 แรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_2 จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector และ ผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ใช้ Split Signals แยกแรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_2 ออกจากกัน แล้วแสดงค่าเป็นตัวเลขด้วย Numeric Indicator ใช้ Merge Signals เพื่อให้แรงดัน V_1 และ V_2 มาเข้าที่ Waveform Graph เพื่อแสดงกราฟ V_1 vs. t และ V_2 vs. t หนึ่งวงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของ While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ V_1 vs. t และ V_2 vs. t ตั้งความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าที่ $6050\ \text{Hz}$ สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



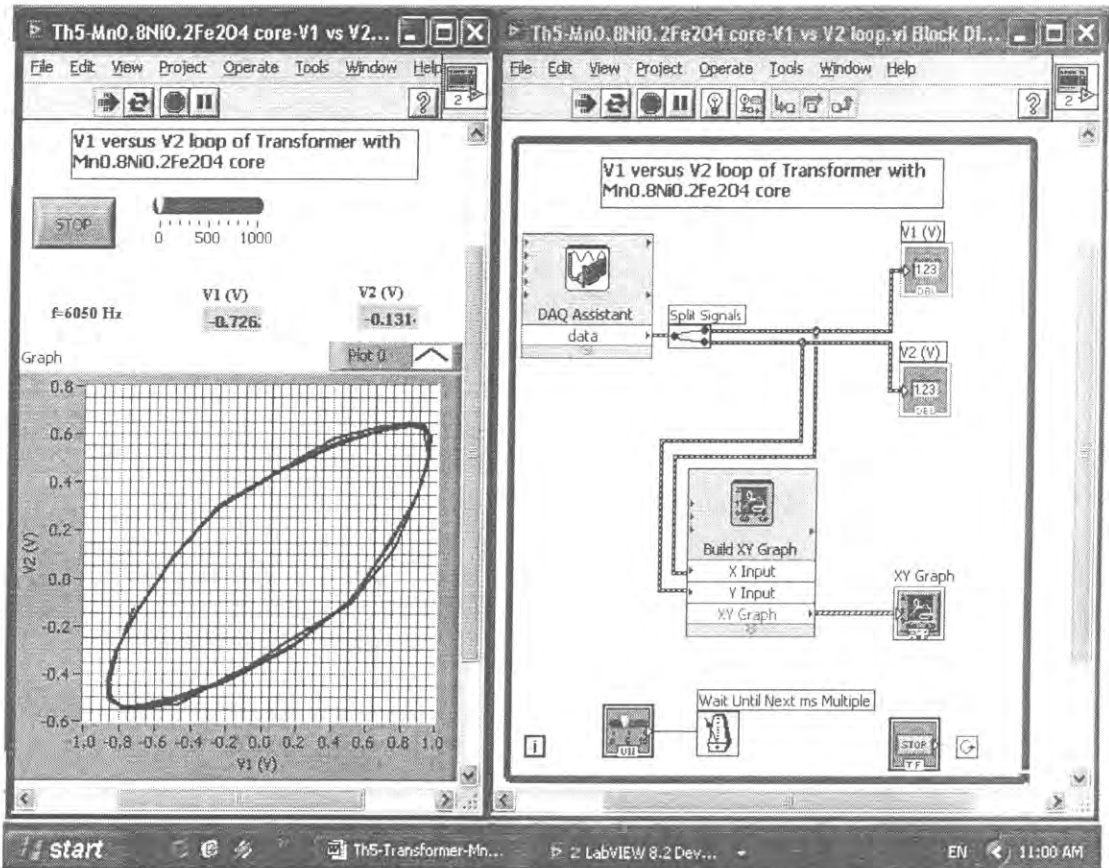
รูปที่ 1 จัดเครื่องมือสำหรับการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_1) และแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_2) ของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย LabVIEW



รูปที่ 2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_1) และแรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิ (V_2) ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนด้วย LabVIEW

3) การวัดวง V_1 vs. V_2 ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน

จัดเครื่องมือสำหรับการวัดวง V_1 vs. V_2 ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 1 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดวง V_1 vs. V_2 ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 3 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.7Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.65Ω กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (RL) 100Ω และขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏที่ขดปฐมภูมิมิค่า V_1 แรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏที่ขดทุติยภูมิมิค่า V_2 แรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_2 จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector และผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ใช้ Split Signals แยกแรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_2 ออกจากกัน แล้วแสดงค่าเป็นตัวเลขด้วย Numeric Indicator และแสดงวง V_1 vs. V_2 ด้วย Build XY Graph และ XY Graph สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงวง V_1 vs. V_2 ตั้งความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าที่ 6050 Hz สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 3 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดวง V_1 vs. V_2 ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนด้วย LabVIEW

4) การวัดวงฮิสเทอรีซิสแม่เหล็ก

จัดเครื่องมือสำหรับการวัดวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 4 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นอากาศด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 5 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 6 การทดลองมี 2 กรณี คือ กรณีไม่ใส่แกนของหม้อแปลงไฟฟ้าและกรณีใส่แกนของหม้อแปลงไฟฟ้า สารตัวอย่างที่ใช้ทดลองคือ หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.7Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.65Ω กระแสไฟฟ้า I จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าเป็นรูปไซน์ แรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏที่ขดปฐมภูมิมิค่า V_1 แรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏที่ขดทุติยภูมิมิค่า V_2 แรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏที่ R_L และขดปฐมภูมิ มีค่า $V_L + V_1$ แรงดันไฟฟ้า V_1 , $V_L + V_1$ และ V_2 จะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0), analog input 1 (AI1) และ analog input 2 (AI2) ของ LP connector ตามลำดับ และจะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant Split signal จะแยก V_1 , $V_L + V_1$ และ V_2 ออกจากกัน คำนวณความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) ด้วยสูตร $H = n_1 I$, $H = (N_1/L_1)(V_1/R_1)$ คำนวณความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (B) ด้วยสูตร $B = \mu_0 \mu_r (V_2/R_2)$ แสดง H และ B ด้วย Numeric Indicator แสดงความสัมพันธ์ของ B vs. H ด้วย Build XY Graph สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ B vs. H

ตั้งและอ่านความถี่เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ทดลอง ความถี่ที่ใช้เป็น 6050 Hz สังพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer

---คำนวณความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) จากสูตร $H = n_1 I_1 = (N_1/L_1)/I_1$ เมื่อ N_1 เป็นจำนวนรอบของขดลวด 1 L_1 เป็นความยาวของขดลวด 1 และ I_1 เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด 1

---คำนวณความยาวของขดลวด 1 จากสูตร $R_1 = \rho_1 L_{1wire} / A_1$; $L_{1wire} = R_1 A_1 / \rho_1$; $R_1 = 1.7 \Omega$;

$A_1 = \pi d_1^2 / 4$; $d_1 = d_{1wire} = 0.3 \times 10^{-3} \text{ m}$; $\rho_1 = \rho_{Cu} = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ เมื่อ R_1 เป็นความต้านทานของขดลวด 1 ρ_1 เป็นสภาพต้านทานไฟฟ้าของขดลวด 1 A_1 เป็นพื้นที่หน้าตัดของขดลวด 1 ความยาวของขดลวด 1 มีค่า $L_{1wire} = 7.07 \text{ m}$, $d_{coil} = 2.5 \text{ cm}$

---คำนวณจำนวนรอบของขดลวด 1 จากสูตร $N_1 = L_{1wire} / L_{1,turn} = L_1' / \pi d_{coil}$

$N_1 = (7.07 \text{ m}) / [(22/7)(2.5 \times 10^{-2} \text{ m})]$ ดังนั้น $N_1 = 90.063 \text{ turns}$

---คำนวณหา N_1/L_1

$N_1 = 90.063 \text{ turns}$; $L_1 = L_{1core} = 1.5 \times 10^{-2} \text{ m}$; $N_1/L_1 = (90.063 \text{ turns}) / (1.5 \times 10^{-2} \text{ m})$

$N_1/L_1 = 6004.2 \text{ turns/m}$

ดังนั้นสูตรความเข้มสนามแม่เหล็กที่ใช้ คือ $H = n_1 I_1 = (N_1/L_1) I_1 = (6004.2 \text{ turns/m})(I_1)$ (คอมพิวเตอรืวัด V_1 แล้วคำนวณ $V_1/R_1 = I_1$)

---คำนวณความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (B) จากสูตร $B = \mu_0 \mu_r (N_2/L_2)(V_2/R_2)$

$B = \mu_0 \mu_r (N_2/L_2)(V_2/1.7 \Omega)$ เมื่อ μ_0 เป็นสภาพซึมได้ทางแม่เหล็กของสุญญากาศ μ_r เป็นสภาพซึมได้ทางแม่เหล็ก N_2 เป็นจำนวนรอบของขดลวด 2 L_2 เป็นความยาวของขดลวด 2 V_2 เป็นแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลด R_2 เป็นความต้านทานโหลด

---คำนวณความยาวของขดลวด 2 จากสูตร $R_2 = \rho_2 L_{2wire} / A_2$; $L_{2wire} = R_2 A_2 / \rho_2$; $R_2 = 1.65 \Omega$;

$A_2 = \pi d_2^2 / 4$; $d_2 = d_{2wire} = 0.3 \times 10^{-3} \text{ m}$; $\rho_2 = \rho_{Cu} = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ เมื่อ R_2 เป็นความต้านทานของขดลวด 2 ρ_2 เป็นสภาพต้านทานไฟฟ้าของขดลวด 2 A_2 เป็นพื้นที่หน้าตัดของขดลวด 2 ความยาวของขดลวด 2 มีค่า

$L_{2wire} = L_2' = 6.862 \text{ m}$

---คำนวณจำนวนรอบของขดลวด 2 จากสูตร $N_2 = L_{2wire} / L_{2,turn} = L_2' / \pi d_{2wire}$

$N_2 = (6.862 \text{ m}) / [(22/7)(2.5 \times 10^{-2} \text{ m})]$ ดังนั้น $N_2 = 87.41 \text{ turns}$

---คำนวณหา N_2/L_2

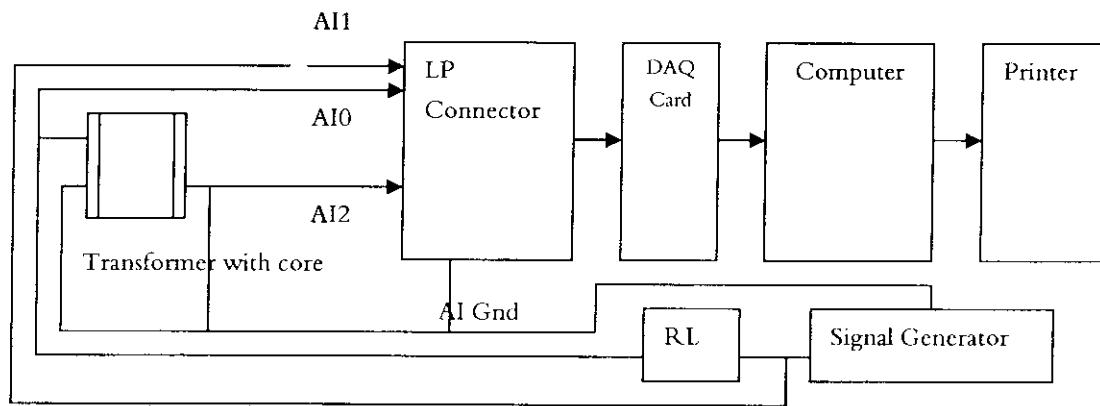
$N_2 = 87.41 \text{ turns}$; $L_2 = L_{2core} = 1.5 \times 10^{-2} \text{ m}$; $N_2/L_2 = (87.41 \text{ turns}) / (1.5 \times 10^{-2} \text{ m}) = 5827.33 \text{ turns/m}$

ดังนั้นสูตรความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่คำนวณจากสูตร $B = \mu_0 \mu_r (N_2/L_2)(V_2/20 \Omega)$ มีค่า

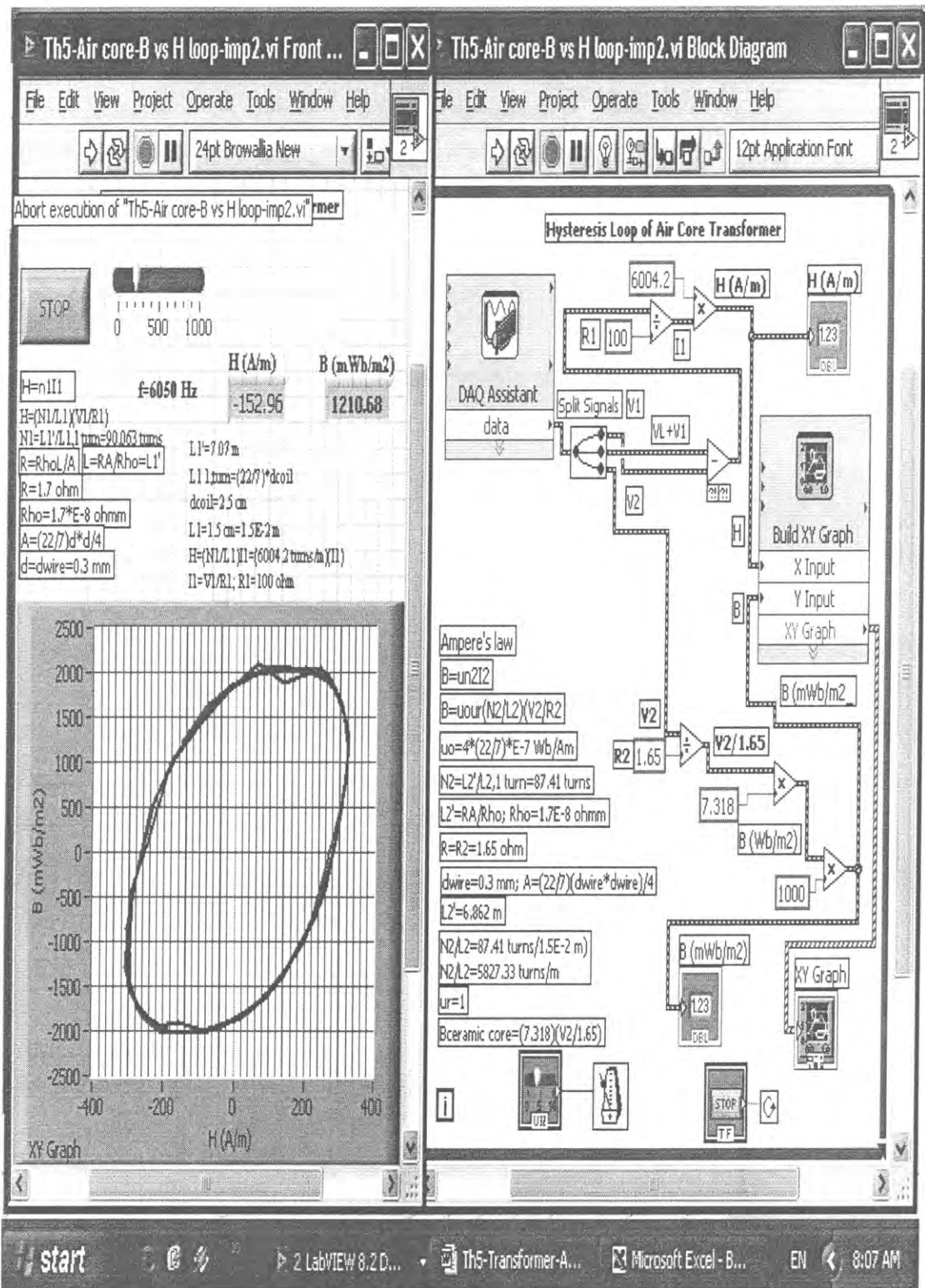
$B = B_{\text{have core}} = \mu_0 \mu_r (N_2/L_2)(V_2/1.65 \Omega)$ เมื่อ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/Am}$ และ $B_{\text{have core}}$ เป็นความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่สำหรับกรณีที่ใส่แกนของขดลวด

$\mu_r = 1$ (ก่อนใส่สาร ค่า $\mu_r = 1$ เมื่อใส่สารค่า $\mu_r \gg 1$ ค่า μ_r ที่

เพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิเพิ่มขึ้น) ดังนั้น $B = (7.318)(V_2/1.65)$

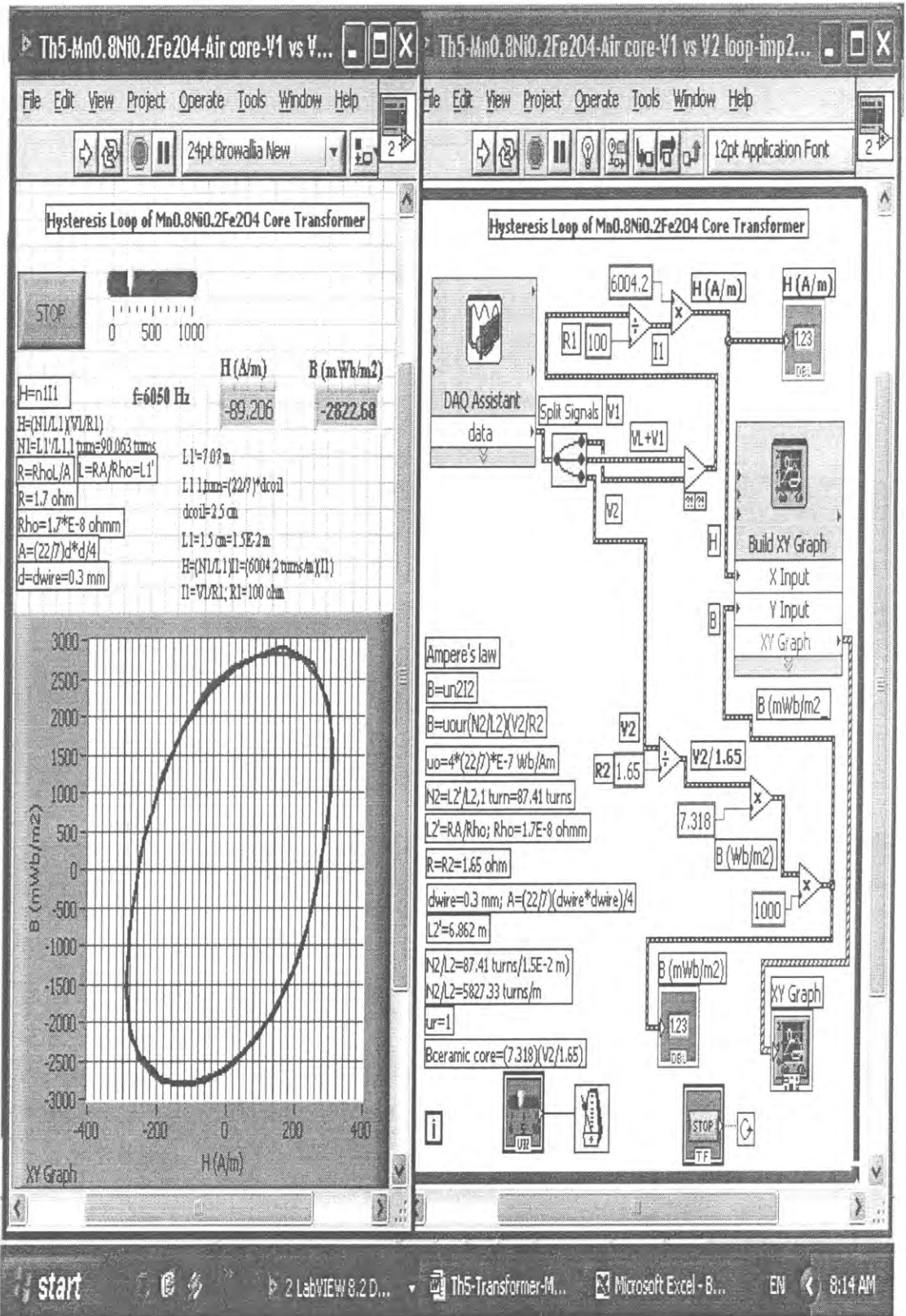


รูปที่ 4 จัดเครื่องมือสำหรับการวัดวงฮิสเทอรีซิสแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย LabVIEW



รูปที่ 5 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดวงฮิสเทรีซิสทางแม่เหล็ก

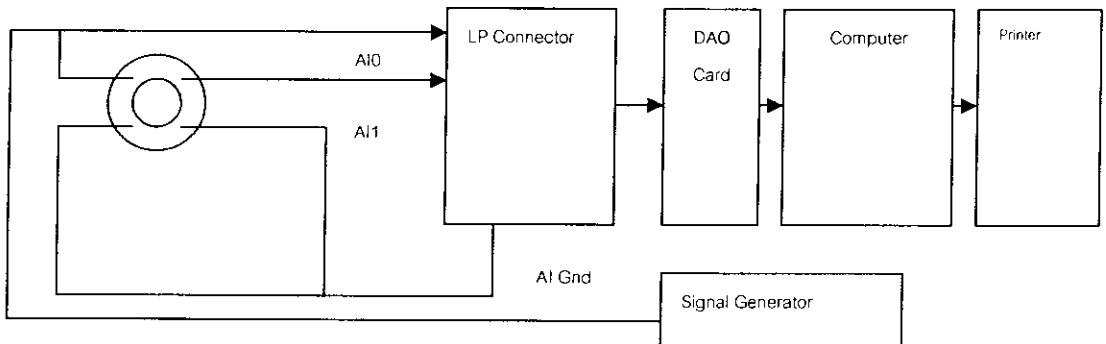
ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอากาศเป็นแกนด้วย LabVIEW



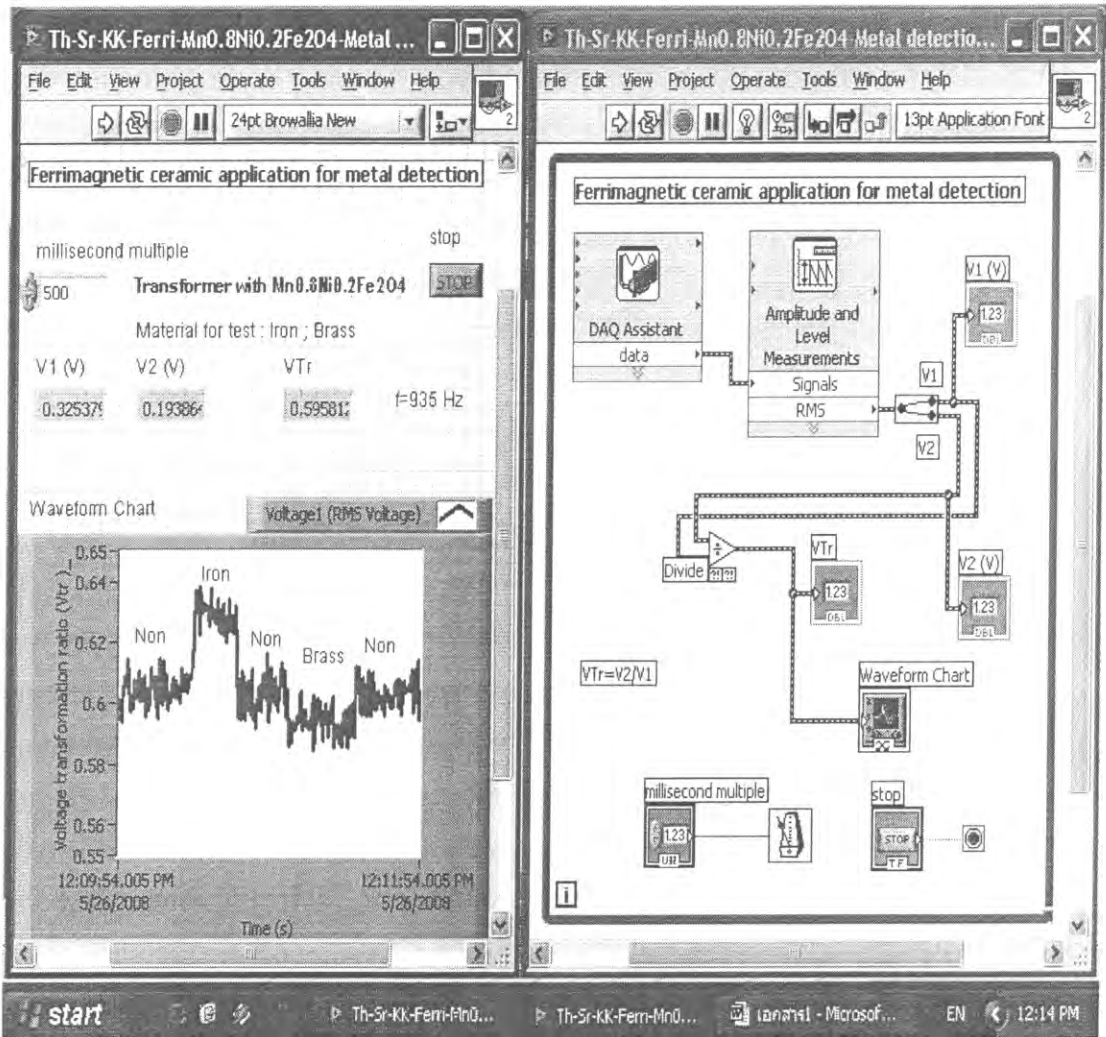
รูปที่ 6 Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดวงฮิสเทอริซิสทางแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนด้วย LabVIEW

5) การตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็ก

จัดเครื่องมือสำหรับการตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็กโดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 7 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็กโดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8 สารตัวอย่างที่ใช้ คือ หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน หม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.7Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.65Ω แท่งเหล็กที่ใช้มีความหนา 4.1 cm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 21.46 mm และแท่งทองเหลืองที่ใช้มีความหนา 18.20 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 cm กระแสไฟฟ้ารูปซายน์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทั้งสองมีค่า V_1 และ V_2 และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) แรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_2 จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_1 และ V_2 ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า $V(\text{rms})$ คำนวณอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้า (V_{Tr}) ด้วยสูตร $V_{Tr} = V_2/V_1$ แสดงแรงดันไฟฟ้า V_1 , V_2 และ V_{Tr} ด้วย Numeric Indicator และแสดง V_{Tr} ด้วย Waveform Chart ตั้งความถี่ f ของแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเป็น 935 Hz สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time ทดสอบโดยการนำแท่งเหล็กและแท่งทองเหลืองวางบนแกน $Ni_{0.8}Mn_{0.2}Fe_2O_4$ ของหม้อแปลงไฟฟ้า อัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้า (V_{Tr}) จะเปลี่ยนแปลง สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 7 การจัดเครื่องมือสำหรับการตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็กโดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนด้วย LabVIEW



รูปที่ 8 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็ก โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนด้วย LabVIEW

ผลการทดลองและวิจารณ์

- 1) ผลการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_1) และแรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิ (V_2) ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน

ผลการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_1) และแรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิ (V_2) ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนแสดงดังรูปที่ 2 การทดลองนี้ได้ใช้สารตัวอย่าง $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ จำนวน 3 ก้อน สารแต่ละก้อนมีความหนา 3.35 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.01 mm โดยประมาณ จากรูปพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_1) มีค่ามากกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิ (V_2) สาเหตุเกิดจากหม้อแปลงไฟฟ้านี้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.7Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.65Ω และเกิดการสูญเสียพลังงานในขณะที่เกิดการเหนี่ยวนำร่วมแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_1) มีเฟสแตกต่างจากแรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิ (V_2) เล็กน้อย

- 2) ผลการวัด V_1 vs. V_2 ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน

ผลการวัด V_1 vs. V_2 ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนแสดงดังรูปที่ 3

จากรูปพบว่าเส้นโค้งแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_1) ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_2) ในขณะที่ V_1 มีค่าเพิ่มขึ้นกับเส้นโค้งแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_1) ที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิ (V_2) ในขณะที่ V_1 มีค่าลดลงไม่ทับเส้นทางกันเป็นการแสดงถึงการมีอำนาจแม่เหล็กค้างในสาร

3) ผลการวัดวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็ก

ผลการวัดวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นอากาศด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 5 ผลการวัดวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 6 จากรูปพบว่าสารแสดงวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กซึ่งเป็นเส้นโค้งที่ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กขึ้นกับความเข้มสนามแม่เหล็ก วงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กอยู่ที่ความถี่ 9050 Hz ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กของวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นอากาศมีค่า 2000 Wb/m^2 ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กของวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ มีค่า 2800 Wb/m^2 ดังนั้นวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ มีขนาดใหญ่กว่ากรณีที่ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นอากาศ ก่อนใส่สาร ค่า $\mu_r = 1$ เมื่อใส่สารค่า $\mu_r \gg 1$ ค่า μ_r ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิ (V_2) เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็กแก่สาร ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อลดความเข้มสนามแม่เหล็กที่ป้อนให้สาร ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กจะมีค่าลดลง แต่เส้นกราฟจะไม่ทับเส้นทางเดิม แสดงว่ามีความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กส่วนหนึ่งค้างในสาร วงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กนี้เป็นสิ่งยืนยันให้เห็นว่าสารมีลักษณะเป็นเซรามิกส์เฟอร์ริแมกเนติก ได้มีการทดสอบในการทดลองอื่นยืนยันว่าสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ นี้ไม่เป็นเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โร วงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กในรูปแบบนี้ของกรณีที่ไม่ได้เพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็กจนอิ่มตัว เนื่องจากมีขีดจำกัดที่เกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ไม่เกิน 7 V_{rms} ดังนั้นจึงไม่สามารถเพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็กจนอิ่มตัว ดังนั้นวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กที่วัดได้นี้จึงมีลักษณะต่างจากที่เห็นในหนังสือทั่วไป ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ใช้ DAQ Card และโปรแกรม LabVIEW ที่ได้จัดเตรียมขึ้นสามารถวัดวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็ก ผลการวัดนี้จะเป็นข้อมูลสำคัญที่จะนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในเรื่องแกนของขดลวดและแกนของหม้อแปลงไฟฟ้า

4) ผลการตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็ก

ผลการตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็กโดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 8 ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดลอง คือ 935 Hz เมื่อนำแท่งเหล็กวางบนแกนอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้า (V_{1r}) มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งแสดงว่าแท่งเหล็กแสดงอำนาจแม่เหล็กเฟอร์โร แต่ถ้าเป็นแท่งทองเหลืองพบว่าอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้า (V_{1r}) มีค่าลดลงซึ่งแสดงว่าแท่งทองเหลืองแสดงอำนาจแม่เหล็กได้อา ผลการทดลองนี้สามารถพิจารณาเฉพาะความแตกต่างระหว่างแท่งเหล็กและแท่งทองเหลืองเท่านั้น ยังไม่ได้ทดลองกับโลหะอื่นๆ งานที่ทำเป็นการใช้โปรแกรม LabVIEW ที่ได้จัดเตรียมขึ้นแล้วลองใช้ตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็กเท่านั้น

บทสรุป

สามารถใช้โปรแกรม LabVIEW แสดงการวัดวงฮิสเทอรีซิสทางแม่เหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Ni_{0.8}Mn_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนได้ สามารถใช้โปรแกรม LabVIEW แสดงการตรวจวัดวัสดุทางแม่เหล็กโดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Ni_{0.8}Mn_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนซึ่งสามารถแยกแท่งเหล็กออกจากแท่งทองเหลืองได้ การทดลองนี้ได้ทำ

ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง กันยายน ปี 2551 การทดสอบนี้ได้ชี้ให้เห็นว่าเครื่องมือที่ได้สร้างขึ้นมีความเหมาะสมต่อการสาธิตการทดสอบวัสดุแม่เหล็ก การทดลองนี้ได้ดำเนินการที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ งานวิจัยที่ได้ทำคาดว่าสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอน ในระดับมัธยมและมหาวิทยาลัย นอกจากนี้ก็จะเป็นความรู้ที่เชื่อมโยงสู่งานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ทำงานด้วยโปรแกรม LabVIEW จะใช้ต้นทุนจำนวนหนึ่ง ราคาของ LP Connector DAQ Card และโปรแกรม LabVIEW ประมาณ 65,000 บาท ถ้ารวมราคาแหล่งจ่ายไฟฟ้า มัลติมิเตอร์และอื่นๆแล้วอีก ประมาณ 15,000 บาท รวมแล้วงบประมาณทั้งสองที่ใช้ก็ประมาณ 80,000 บาท ระบบการวัดที่ได้ออกแบบขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ทดลองในวิชาฟิสิกส์ได้มากมาย เช่น กลศาสตร์ แม่เหล็กไฟฟ้า ความร้อน แสง เสียง ไซคลิสเตทฟิสิกส์และวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่นๆได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

Http:// www.ni.com. (1993-2001). LabVIEW™ Basic I. Introduction Course Manual.

National Instruments Corporation.

LabVIEW. <http://projoke.blogspot.com/2007/08/foundation-labview.html>.

Moulson, A.J. and Herbert, J.M. (1990). Electroceramics. Chapman & Hall, London.

18. การประยุกต์ใช้งานให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตริซิสแดนซ์และปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

Applications for the operation of demonstration of magnetoresistance and magnetoimpedance effect

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์
Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP , การ์ด DAQ และแลปวิว เมื่อปล่อยสนามแม่เหล็กที่มีขนาด 0.26 Wb/m^2 ให้แก่สาร MgFe_2O_4 และ $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ พบว่าความต้านทานของสาร MgFe_2O_4 และ $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ มีค่าลดลงในช่วง $2.645 \text{ M}\Omega - 2.622 \text{ M}\Omega$ และ $5.25 \text{ k}\Omega - 5.205 \text{ k}\Omega$ ตามลำดับ เนื่องจากผลของการเกิดปรากฏการณ์แมกนีโตริซิสแดนซ์ สาร $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ สามารถใช้ในการสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์โดยมีการลดค่าของอิมพีแดนซ์จาก $5.78 \text{ k}\Omega$ ไปเป็น $5.745 \text{ k}\Omega$

คำสำคัญ : เซรามิกส์แมกนีโตริซิสแดนซ์ เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. When the magnetic field of 0.26 Wb/m^2 was applied to MgFe_2O_4 and $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$, the resistances of MgFe_2O_4 and $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ decreased in the interval of $2.645 \text{ M}\Omega - 2.622 \text{ M}\Omega$ and $5.25 \text{ k}\Omega - 5.205 \text{ k}\Omega$, respectively due to the effect of magnetoresistance effect. $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ can be used for demonstration the magnetoimpedance effect by decreasing the impedance from $5.78 \text{ k}\Omega$ to $5.745 \text{ k}\Omega$.

Keyword : magnetoresistance ceramics , magnetocapacitance ceramics,
magnetoimpedance ceramics , LabVIEW

รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหาหน้า

ก) เซรามิกส์แมกนีโตรีซิสแตนซ์

มีผู้เตรียมสาร $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ และ $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.33}\text{MnO}_3$ ทดสอบแมกนีโตรีซิสแตนซ์ (magnetoresistance test) โดยการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ $B=f(R)$ ใช้สำหรับออกแบบเป็นหัววัดสนามแม่เหล็ก (Yunhui Xu, 2001) มีผู้เตรียมสาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ วัดความนำไฟฟ้าที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก (G vs B) (Kozlova, N, 2003) มีผู้ทดลองโดยการหมุนแท่งแม่เหล็กถาวรตัดหัววัดจีเอ็มอาร์ ความต้านทานของหัววัดจะเปลี่ยนแปลง ปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านหัววัดแล้ววัดแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่วัดได้จะนำไปประยุกต์ใช้ในการรับรู้อัตราเร็วของการหมุนและแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามมุมจะนำไปใช้ในการตรวจวัดมุม (Giebler C., 2001) มีผู้เตรียม $\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($x=0.0, 0.2, 0.4, 0.8$) วัดแมกนีโตเซชันที่ขึ้นกับความเข้มข้นสนามแม่เหล็ก (M vs H) ความต้านทานขณะที่ได้รับและไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก (R_{\parallel}, R_{\perp}) คำนวณความต้านทานที่เปลี่ยนแปลง (ΔR) คำนวณอัตราส่วนแมกนีโตเซชัน ($\Delta R/R_0$) เขียนกราฟอัตราส่วนแมกนีโตเซชัน ($\Delta R/R_0$) ที่ขึ้นกับความเข้มข้นสนามแม่เหล็ก H อัตราส่วน $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ เป็นสาเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ (Hongwei Qin, 2000) มีผู้หมุนแท่งแม่เหล็กให้ตัดหัววัดจีเอ็มอาร์ (GMR sensor) ผลการวัดพบว่าความต้านทานของหัววัดมีค่าลดลงในขณะที่สนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ของความถี่การหมุนที่ขึ้นกับความเร็วนำไปประยุกต์ใช้เป็นหัววัดความเร็ว (velocity sensor) ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการหมุนกับความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงจะนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดมุม (angle sensor) (Treutler, C. P. O., 2001) มีผู้ศึกษาออกไซด์แม่เหล็กเฟอร์ริกึ่งโลหะ (semimetallic ferromagnetic oxides) ที่แสดงศักยภาพเด่นชัดสำหรับการพัฒนาหัววัดแมกนีโตรีซิสแตนซ์ ได้รายงานการออกแบบ การสร้างและการทดสอบหัววัดตำแหน่งแบบเปิดปิดไม่มีการสัมผัส (contact-less on-off position sensor) ที่ทำมาจากฟิล์มหนา $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ (Rubi, D., 2006) มีผู้ศึกษาสารตัวอย่าง $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ โดยการวัดแมกนีโตเซชันและความต้านทานแม่เหล็กในสนามแม่เหล็กแบบพัลส์ที่สูงถึง 50 เทสลา (Yurii Skourski, 2004) มีผู้ศึกษาหัววัดจีเอ็มอาร์สำหรับการประยุกต์ใช้ที่ความถี่ต่ำและสูง วงการลำและการตอบสนองต่อสนามแม่เหล็กมีความสำคัญ หัววัดแบบนี้ใช้แทนหัววัดฮอลล์ได้ (Fermon, C., 2006)

ข) เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

มีผู้ศึกษาโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลดและสารแล้ววัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสาร (I) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (V) คำนวณอิมพีแดนซ์ของสาร (Z) ด้วยสูตร $Z=V/I$ เลื่อนสารเข้าหาสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งต่างๆกัน ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างสารกับแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กจะใช้ในการตรวจวัดตำแหน่ง หัววัดแมกนีโตอิมพีแดนซ์ (magneto-impedance sensor) ทำมาจากลวดอสัณฐาน FeCoSiB (Kentaro Totsu, 2004) มีผู้เตรียมสาร $\text{FeCoSiB}/\text{Cu}/\text{FeCoSiB}$ ศึกษาปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ โดยการวัดอิมพีแดนซ์ของสารที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก (Z vs B) ความสัมพันธ์ $B=f(Z)$ ใช้ในการประยุกต์ใช้ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดสนามแม่เหล็ก (Yamadera, H., 2000) มีผู้เตรียมสาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ผลการวัดพบว่าเมื่อเพิ่มความถี่ของแรงดันไฟฟ้า อิมพีแดนซ์ของสารลดลง เมื่อความเข้มข้นสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าลดลง โมเมนต์เหล็กของสารลดลง (Jifan Hu, 2001) มีผู้บรรยายแนวความคิดพื้นฐานและการประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์แรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านแบบ LC (LC high pass filter) สำหรับหัววัดแมกนีโตอิมพีแดนซ์ (Seung-Dae Kim, 2006) มีผู้สังเกตพบปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ใหญ่โต (GMI effect) ใน

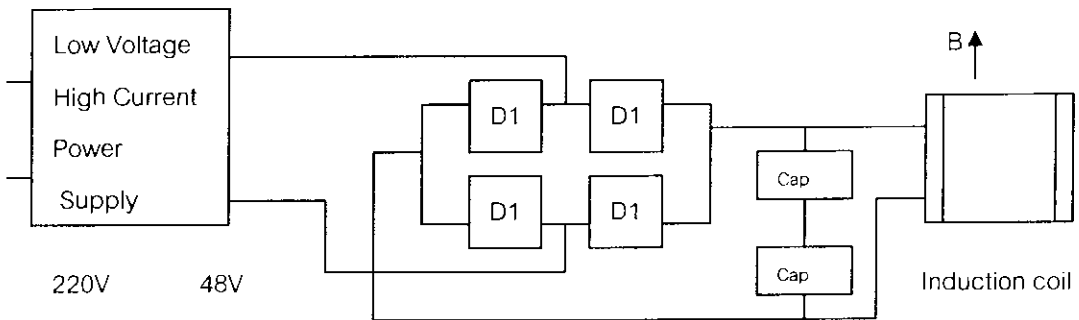
เฟอร์ไรต์แมงกานีสซึ่งคี่อุณหภูมิห้อง ผลปรากฏว่าแมงกานีสไอออนมีค่า -61.2% ที่ความถี่ $f=5\text{ MHz}$ ภายใต้สนาม $H=3\text{ kOe}$ (Fijan Hu, 2006) มีผู้รายงานปรากฏการณ์แมงกานีสไอออนใน $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.67}\text{MnO}_3$ ภายใต้สนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าต่ำ การพบนี้ได้เปิดเผยความสัมพันธ์ระหว่างอำนาจแม่เหล็กกับการขนย้ายทางอิเล็กทรอนิกส์ (Jifan Hu, 2000)

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมงกานีสไอออนไดรัลิตแดนซ์ อุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมงกานีสไอออนไดรัลิตแดนซ์และอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมงกานีสไอออนไดรัลิตแดนซ์

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

18.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมงกานีสไอออนไดรัลิตแดนซ์

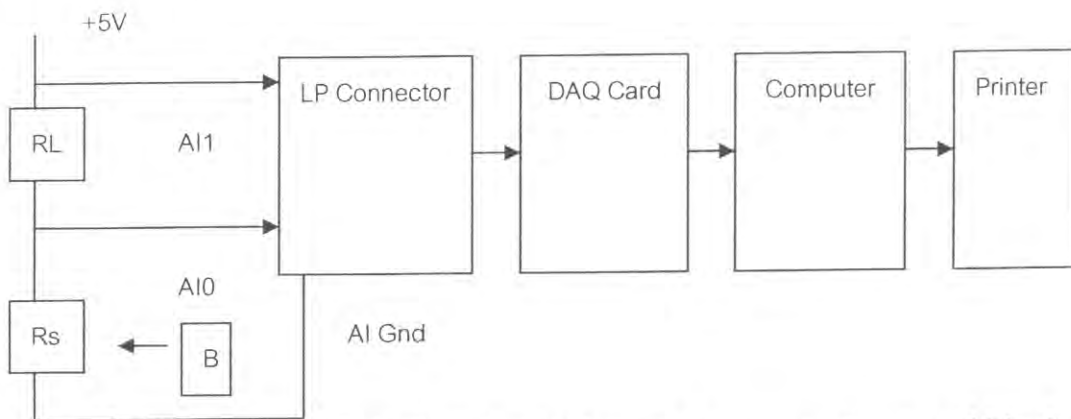
1) จัดเครื่องมือเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง (high strength magnetic field) ดังแสดงในรูปที่ 18.1.1 ปลั๊กไฟบ้าน 220 V มาয়งหม้อแปลงไฟฟ้า 220 V-48 V หม้อแปลงไฟฟ้านี้จะแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 V นี้ให้เป็น 48 V ส่งไปยังไดโอดที่ต่อแบบบริดจ์เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ส่งมายังวงจรกรองกระแสไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุไฟฟ้า 2 ตัว เพื่อกรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบหรือมีค่าคงที่ แรงดันที่ได้มีค่าประมาณ 54 V จะถูกส่งไปยังขดลวดเหนี่ยวนำ มีสนามแม่เหล็ก (B) เกิดขึ้นตามกฎของแอมแปร์ $B=\mu NI/L$ สนามแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมีขนาด $1.314 \times 10^3\text{ Wb/m}^2$ (ภายในแกนเหล็ก) สนามแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมีขนาด 0.26 Wb/m^2 (ที่ผ่านสารตัวอย่าง)



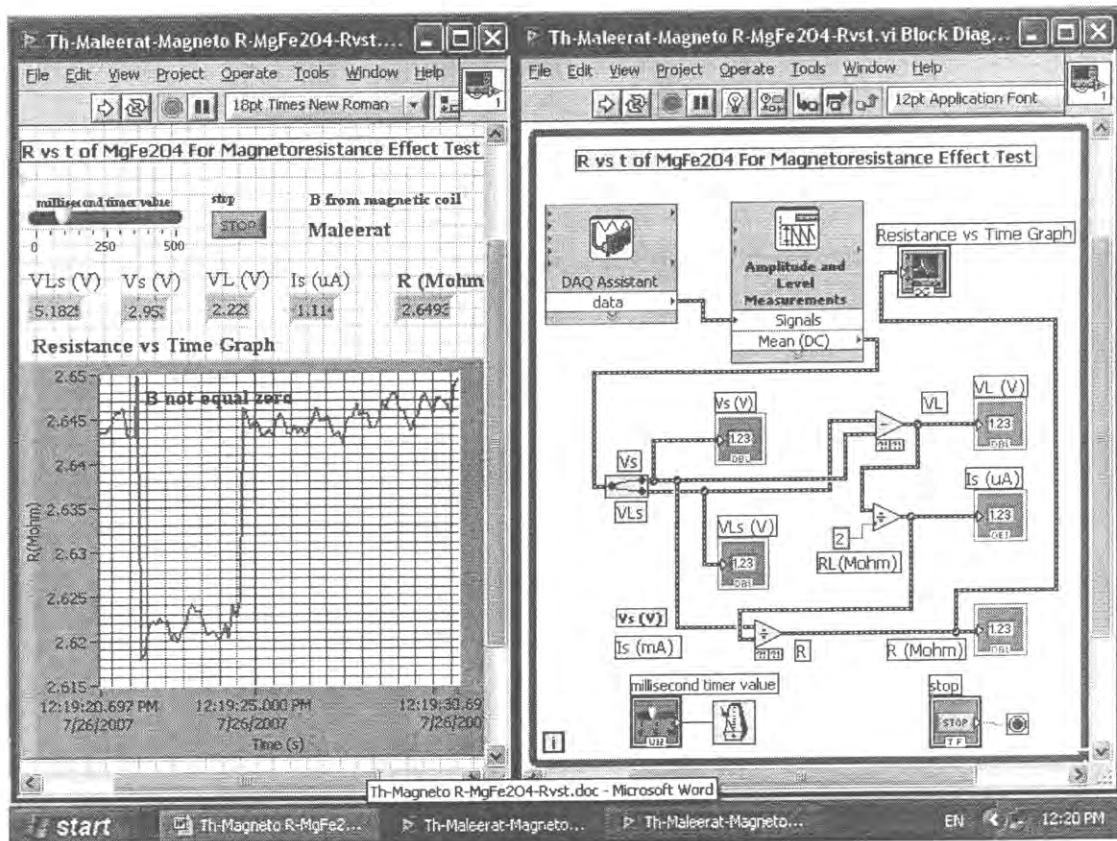
รูปที่ 18.1.1 การจัดเครื่องมือเพื่อเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง

2) จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร MgFe_2O_4 และ $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมงกานีสไอออนไดรัลิตแดนซ์ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 18.1.2 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้สาร MgFe_2O_4 และ $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมงกานีสไอออนไดรัลิตแดนซ์ด้วย LabVIEW ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 18.1.3 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ MgFe_2O_4 และ $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $2\text{ M}\Omega$ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ R_s+R_L มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Mean (DC) Split signal จะแยก V_s และ V_{Ls} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อ

หา $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s = I_L$ คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ แสดงความต้านทาน R หนึ่งเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม แล้วปล่อยสนามแม่เหล็ก $B = 0.26 \text{ Wb/m}^2$ เข้าไปเพื่อแสดงกราฟ resistance vs time ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 18.1.2 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร MgFe_2O_4 และ $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ด้วย LabVIEW



n) MgFe_2O_4

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์

ผลประยุกต์ใช้สาร $MgFe_2O_4$ และ $Ni_{0.65}Zn_{0.35}Fe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 18.1.2 ความต้านทานของสาร $MgFe_2O_4$ มีค่าลดลงในช่วง $2.645 M\Omega - 2.622 M\Omega$ ความต้านทานของสาร $Ni_{0.65}Zn_{0.35}Fe_2O_4$ มีค่าลดลงในช่วง $5.25 k\Omega - 5.205 k\Omega$

2) อุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

การประยุกต์ใช้สาร $Ni_{0.65}Zn_{0.35}Fe_2O_4$ เพื่อสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 18.3.2 แมกนีโตอิมพีแดนซ์ของสารนี้ มีค่าลดลงจาก $5.78 k\Omega$ ไปเป็น $5.745 k\Omega$

สรุปผลการทดลอง

- 1) สามารถประยุกต์ใช้สาร $MgFe_2O_4$ และ $Ni_{0.65}Zn_{0.35}Fe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ได้
- 2) สามารถประยุกต์ใช้สาร $Ni_{0.65}Zn_{0.35}Fe_2O_4$ สำหรับการสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์
- 3) ได้รับความรู้ความเข้าใจทั้งหมดด้วยโปรแกรม LabVIEW และ DAQ card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Fermon, C., 2006, Optimised GMR sensors for low and high frequencies applications, *Sensors and Actuators A: Physical*, 129(1-2), 203-206.
- Fijan Hu, 2006, Giant magnetoimpedance in a MnZn ferrite, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 302(2): 375-377.
- Giebel, C., 2001, GMR sensors for angle detection and rotation speed sensing, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 16-20.
- Hongwei Qin, 2000, Magnetic properties and magnetoresistance effects of $Ni_{1-x}Mn_xFe_2O_4$ sintered ferrites, *Solid State Communications*, 115(5): 233-235.
- Jifan Hu, 2000, Magnetoimpedance effect in $La_{0.67}Ba_{0.67}MnO_3$ under low dc magnetic fields, *Solid State Communications*, 116(3): 159-162.
- Jifan Hu, 2001, Magnetoimpedance effect in $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 234(3): 419-422.
- Kentaro Totsu, 2004, Three-axis magneto-impedance effect sensor system for detecting position, *Sensors and Actuators A: Physical*, 111(2-3): 304-309.
- Kozlova, N., 2003, Intergrain magnetoresistance of $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$ in pulsed magnetic fields up to 50 T, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 261(1-2): 48-55.

- Rubi, D., 2006, On-off magnetoresistive sensor based on screen-printed $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ manganite, *Sensors and Actuators A: Physical*, 132(1): 52-55.
- Seung-Dae Kim, 2006, Magnetic field sensitivity of LC filter-type magnetoimpedance sensors, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 304(1): 391-393.
- Treutler, C. P. O., 2001, Magnetic sensors for automotive applications, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 206.
- Yamadera, H., 2000, Thin film magnetic field sensor utilizing Magneto-impedance effect, *Sensors and Actuators A: Physical*, 82(1-3): 155-160.
- Yunhui Xu, 2001, Magnetic field sensor from polycrystalline manganites, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 26-29.
- Yurii Skourski, Magnetization and magneto-resistance measurements of bulk $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ in pulsed magnetic fields up to 50 T, *Physica B Condensed Matter*, 346-347: 325-328.

19. การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริก แม่เหล็กไฟฟ้าและแมกนีโตอีลาสติก

Applications of demonstrative device for magnetoelectric, electromagnetic and magnetoelastic effect

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัสดุสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP , การ์ด DAQ และ แลปวิว ได้วัดปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริกของสาร BaTiO_3 , $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$, BiCrO_3 , $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$ และ $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ พบว่าแรงดันแมกนีโตอิเล็กทริกของทุกสารมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ได้รับสนามแม่เหล็กขนาด 0.26 Wb/m^2 ดังนั้นสารเหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์สำหรับการสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริก ได้ศึกษาวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ พบว่าเมื่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อิมพีแดนซ์และความจุไฟฟ้าของสารต่างก็มีค่าลดลงในช่วงความถี่ 100 Hz ถึง 10 kHz ค่าความเหนี่ยวนำรวมมีค่าลดลงในช่วงความถี่ 100 Hz ถึง 10 kHz และจะมีค่าเพิ่มขึ้นที่ 100 kHz สารที่ทดลองแสดงสมบัติของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อวัดปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติกของสาร MgFe_2O_4 ผลปรากฏว่าความต้านทานไฟฟ้าจะมีค่าลดลงในช่วง $16.8 \text{ M}\Omega$ - $12.8 \text{ M}\Omega$ เมื่อได้รับแรงกดอัดสารจากไมโครมิเตอร์มากขึ้น สารนี้สามารถประยุกต์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติก

คำสำคัญ : เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก เซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า เซรามิกส์แมกนีโตอีลาสติก แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. Magnetoelectric effects of BaTiO_3 , $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$, BiCrO_3 , $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$ and $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ materials were measured. The results showed that magnetoelectric voltages of all samples increased under the applied magnetic field of 0.26 Wb/m^2 . So, these samples can be used for demonstration the magnetoelectric effect. The electromagnetic material which made from $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ceramics. The results showed that impedance and capacitance decreased when voltage frequency increased in the frequency range of 100 Hz - 10 kHz. The mutual inductance decreased in the frequency range of 100 Hz - 10 kHz and increased at 100 kHz. The sample showed the properties of electromagnetic material. The magnetoelastic effect of MgFe_2O_4 material was measured. The results showed that the

resistance decreased in the interval of $16.8 \text{ M}\Omega$ - $12.8 \text{ M}\Omega$ when the sample was pressed. This sample can be used as demonstrative device for magnetoelectric, electromagnetic and magnetoelastic effect.

Keyword : magnetoelectric ceramics , electromagnetic ceramics , magnetoelastic effect ,

LabVIEW

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหาหน้า

ก) เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก

มีผู้ศึกษา BiMnO_3 เป็นวัสดุแมกนีโตอิเล็กทริก (magnetoelectric material) ที่แสดงปรากฏการณ์ไฟฟ้าเฟอร์โรแมกนีโต (magnetoferroelectricity effect) ปรากฏการณ์นี้จะเกี่ยวข้องกับอำนาจแม่เหล็กเฟอร์โร (ferromagnetism) และไฟฟ้าเฟอร์โร (ferroelectricity) สมบัติเชิงแม่เหล็กที่สารนี้แสดง คือ วงการล้าแม่เหล็ก (B vs H) สมบัติเชิงไฟฟ้าที่สารนี้แสดง คือ วงการล้าไฟฟ้า (P vs E) (Moreira, A., 2002) มีผู้เตรียมวัสดุแมกนีโตอิเล็กทริกที่มีสูตรเป็น $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ba}_{0.8}\text{Pb}_{0.2}\text{TiO}_3$ ทำการทดลองเกี่ยวกับการโพลิงไฟฟ้า (electric poling) และการโพลิงแม่เหล็ก (magnetic poling) แล้ววัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ขึ้นกับความถี่ (ϵ_r vs f) และค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กที่ขึ้นกับความถี่ (μ_r vs f) วัดความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็ก (E vs B) คำนวณตัวประกอบการแปลงผันแมกนีโตอิเล็กทริก (magnetoelectric conversion factor (dE/dH)) (Patankar, K. K., 2001) มีผู้เตรียมเซรามิกส์ผสมเฟอร์โรอิเล็กทริก-เฟอร์ไรต์ PMZNT และ NiCuZn วัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ขึ้นกับความถี่ (ϵ_r vs f) และค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กที่ขึ้นกับความถี่ (μ_r vs f) วัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (ϵ_r vs T) และค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (μ_r vs T) สารแสดงสมบัติแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งจะนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์การกรอง EMI (Zhenxing Yue, 2004) มีผู้เตรียมสาร BiMnO_3 ทดสอบปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริก (magnetoelectric effect) วัดความจุไฟฟ้า C ที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก B วัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกขณะที่ได้รับและไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก [$\epsilon_r(H)$, $\epsilon_r(0)$] คำนวณค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่เปลี่ยนแปลง [$\epsilon_r(H)-\epsilon_r(0)$] เขียนกราฟเพื่อแสดงค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่เปลี่ยนแปลง [$\epsilon_r(H)-\epsilon_r(0)$] ที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็กที่ได้รับ B (Youn-Ki Jun, 2005) มีผู้สังเกตพบการเกิดขึ้นพร้อมกันของสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกและสมบัติเฟอร์โรแมกเนติกที่อุณหภูมิห้อง ได้ประสบความสำเร็จในการเปลี่ยน PbTiO_3 ที่เป็นเฟอร์โรอิเล็กทริกไปเป็นวัสดุแมกนีโตอิเล็กทริกโดยการแทนที่ Fe ที่ตำแหน่ง Ti ระบบ $\text{Pb}(\text{Fe}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ (Palkar, V. R., 2005)

ข. เซรามิกส์ไฟฟ้าเฟอร์โร

J. L. Zhang (1992) ได้เตรียม $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ ทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้า Liqin Zhou (1992) ได้เตรียมตัวเก็บประจุแบบหลายชั้น $\text{Sr}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{TiO}_3$ วัดสภาพต้านทานไฟฟ้า ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและตัวประกอบ

การสูญเสียที่สัมพันธ์กับความถี่

ค. เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์รี

G. Gusmano (1993) ได้เตรียม $MgFe_2O_4$ วัดความพรุน (porosity) วัดพื้นผิวจำเพาะ (specific surface area) วัดขนาดของอนุภาค (particle size) ด้วยเครื่อง (SEM) และวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า (resistivity) ในขณะที่สารได้รับความชื้น (humidity) D. Ravinder (1994) ได้เตรียม Mn-Zn ferrite วัดสภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ วัดสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck coefficient) ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ A.A. Sattar (1996) ได้เตรียมผลึกเดี่ยว Mn-Zn ferrite วัดการขึ้นกับอุณหภูมิของสภาพต้านทานไฟฟ้าและของสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็ก

ง. เซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า

เซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า คือ เซรามิกส์ที่แสดงสมบัติทั้งแม่เหล็กและไฟฟ้า เช่น ค่าความเหนียวนำรวมที่ขึ้นกับความถี่และค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ขึ้นกับความถี่ (f) ตัวอย่างสูตรของเซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ เซรามิกส์ผสมระหว่าง $NiFe_2O_4$ กับ $BaTiO_3$ เป็นต้น ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ อุปกรณ์การกรองการแทรกสอดแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic interference filter, EMI filter) และอุปกรณ์การกรองการแทรกสอดความถี่วิทยุ (radiofrequency interference filter, RFI filter) ในวงจรรีเลย์ทรอนิกส์

จ. เซรามิกส์แมกนีโตอีลาสติก

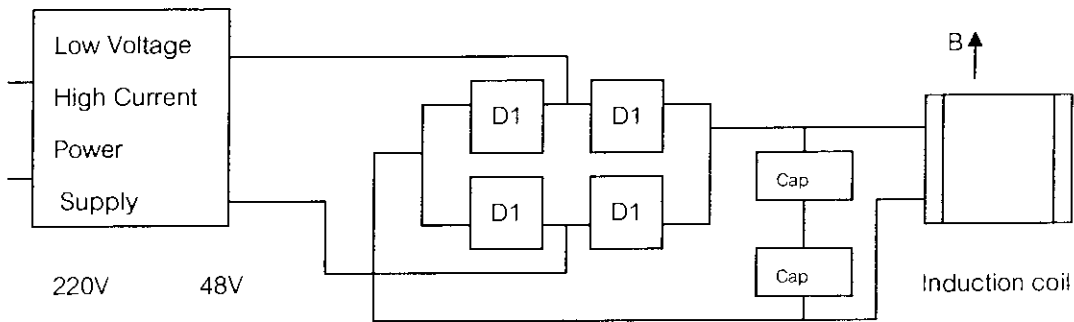
มีผู้จัดการทดลองในลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ทำการแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก V_1 มาเป็น V_2 อัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้ามีค่า $V_{TF} = V_2/V_1$ หม้อแปลงไฟฟ้ามีแกนเป็นสารที่แสดงสมบัติแมกนีโตอีลาสติก (magnetoelastic property) ใช้แรง F กระทำ มีความเค้น F/A เกิดขึ้น ค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กสัมพันธ์ (μ) มีค่าลดลง สนามแม่เหล็ก $B = \mu_0 \mu_r H$ ลดลง วงการล้า $B-H$ มีขนาดเล็กลง วัดความเค้นเป็นฟังก์ชันของสนามแม่เหล็ก ค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กและอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้า $stress = f(B), f(\mu_r), f(V_{TF})$ วัดแรงเป็นฟังก์ชันของสนามแม่เหล็ก ค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กและอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้า $stress = f(B), f(\mu_r), f(V_{TF})$ (Adam Bie kowski, 2004) มีผู้ศึกษาเกจความเครียดจุลภาค (microstrain gauge) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเครียด ปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติก (magnetoelastic effect) คือ ปรากฏการณ์ที่ความยืดหยุ่นทำให้โมเมนต์แม่เหล็กของสารเปลี่ยนหม้อแปลงไฟฟ้าจุลภาค (microtransformer) คือ หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก ความเครียดที่เกิดขึ้นในวัสดุทำให้โมเมนต์แม่เหล็กของแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงจะเป็นหลักการสำคัญสำหรับการทำงานของหัววัดความเครียดนี้ (Ben Amor, 2005) มีผู้ศึกษาโดยการนำหัววัดตำแหน่งไปใช้งานโลหะของหัววัดจะงอซึ่งส่งผลทำให้สภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กเปลี่ยนแปลง โลหะของหัววัดนี้ทำมาจากสาร $Fe_{76}Si_8B_{14}$ จะทำหน้าที่เป็นแกนของขดลวดซึ่งได้รับกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดจะขึ้นกับตำแหน่งที่จัด ตำแหน่งที่จะวัดมีความสัมพันธ์กับค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กเนื่องจากผลของการงอ (Pfitzner, H., 2005)

บทความนี้เป็นการศึกษาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตอีเล็กตริก อุปกรณ์สาริตเซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้าและอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

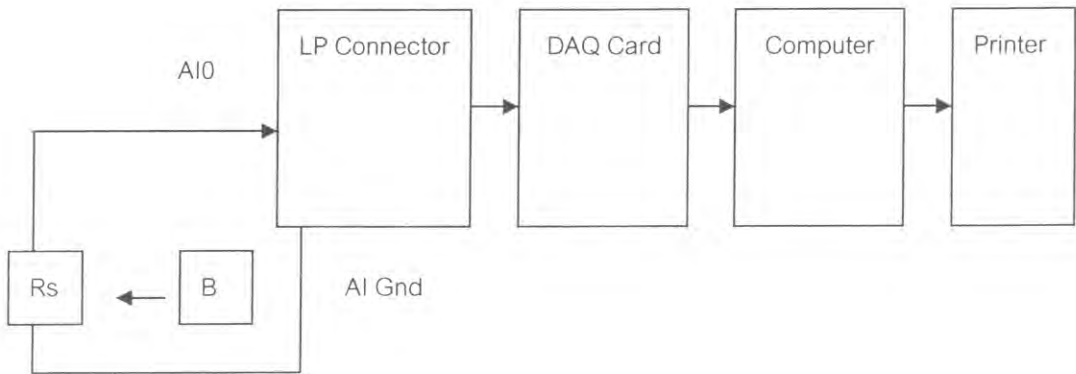
19.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทรอนิกส์

1) จัดเครื่องมือเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง (high strength magnetic field) ดังแสดงในรูปที่ 19.1.1 ปลั๊กไฟบ้าน 220 V มาจ่ายหม้อแปลงไฟฟ้า 220 V-48 V หม้อแปลงไฟฟ้านี้จะแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 V นี้ให้เป็น 48 V ส่งไปยังไดโอดที่ต่อแบบบริดจ์เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ส่งมายังวงจรกรองกระแสไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุไฟฟ้า 2 ตัว เพื่อกรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบหรือมีค่าคงที่ แรงดันที่ได้มีค่าประมาณ 54 V จะถูกส่งไปยังขดลวดเหนี่ยวนำ มีสนามแม่เหล็ก (B) เกิดขึ้นตามกฎของแอมแปร์ $B = \mu NI/L$ สนามแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมีขนาด $1.314 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ (ภายในแกนเหล็ก) สนามแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมีขนาด 0.26 Wb/m^2 (ที่ผ่านสารตัวอย่าง)

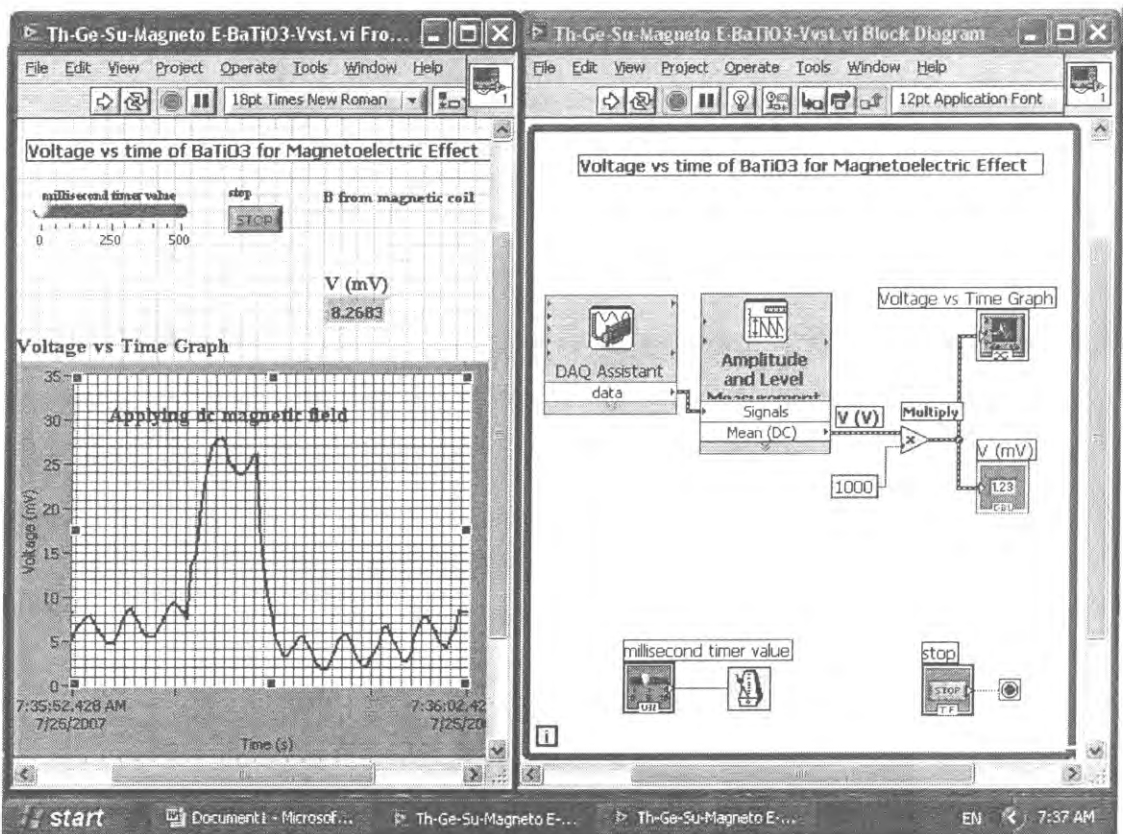


รูปที่ 19.1.1 การจัดเครื่องมือเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง

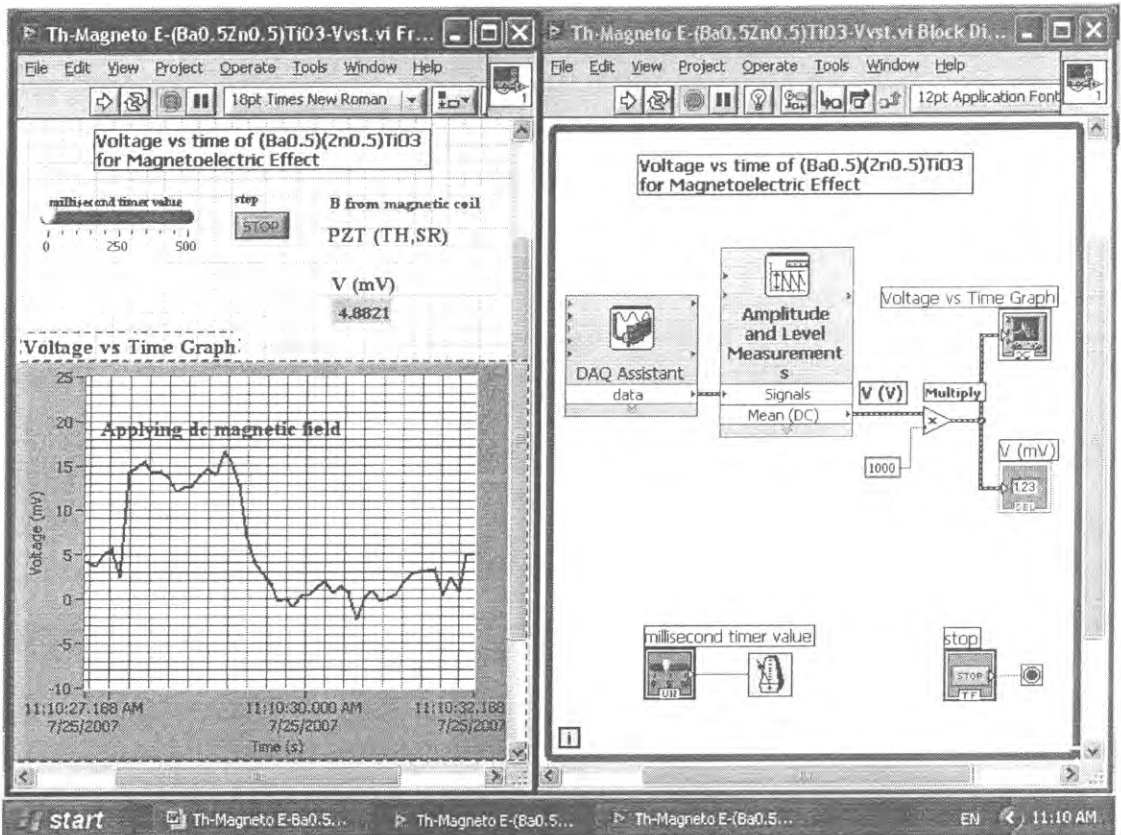
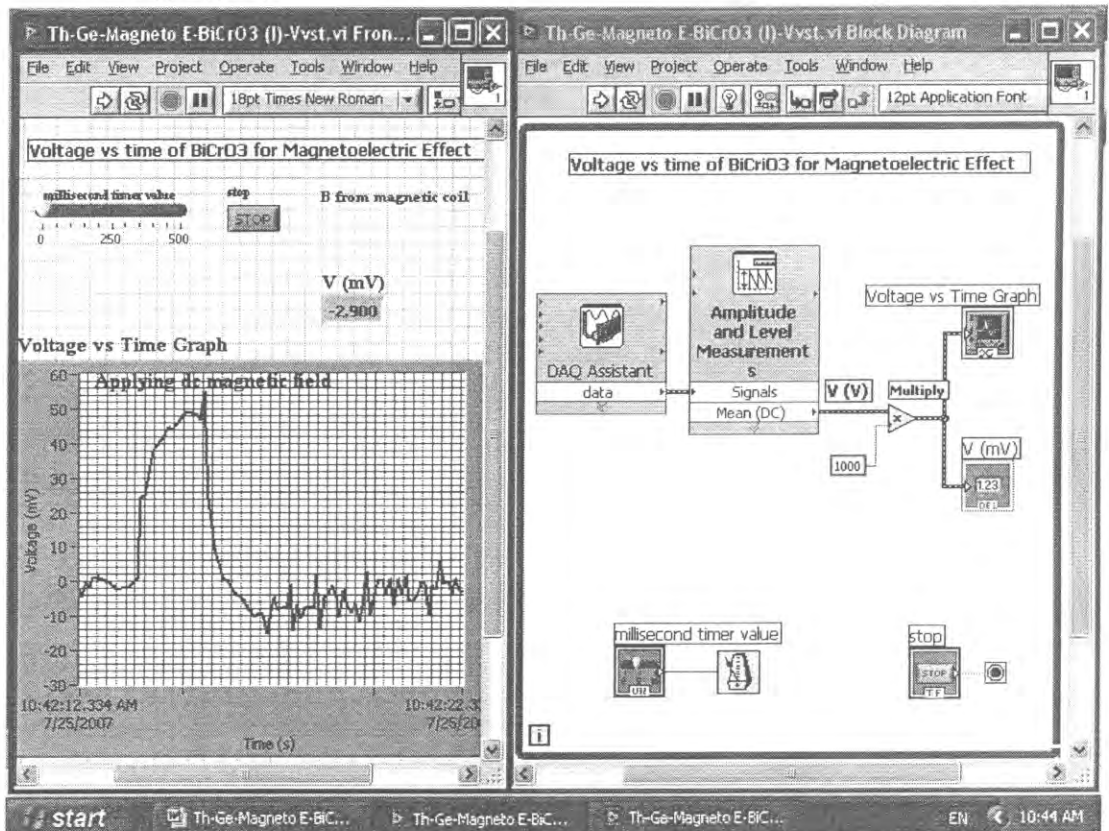
2) จัดเครื่องมือสำหรับการจัดเตรียมอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทรอนิกส์ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 19.1.2 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับจัดเตรียมอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทรอนิกส์ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 19.1.3 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ BaTiO_3 , $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$, BiCrO_3 , $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$ และ $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ ส่งแรงดันไฟฟ้าจากสาร (V) ไปเข้าที่ analog input 0 (AI0) ของ LP connector แรงดันไฟฟ้า (V) จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ที่ถูกควบคุมด้วย DAQ Assistant ส่งแรงดันไฟฟ้า (V) ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้ได้ Mean (DC) แสดงแรงดันไฟฟ้า (V) ด้วย Numeric Indicator ปลั๊กสนามแม่เหล็กเข้าไปและแสดงด้วย Numeric Indicator หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงานของ While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม บัณฑิตสนามแม่เหล็ก $B=0.26 \text{ Wb/m}^2$ และแสดงด้วย Numeric Indicator สั่งรัน Program เพื่อแสดงกราฟ voltage vs time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer

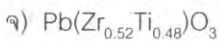
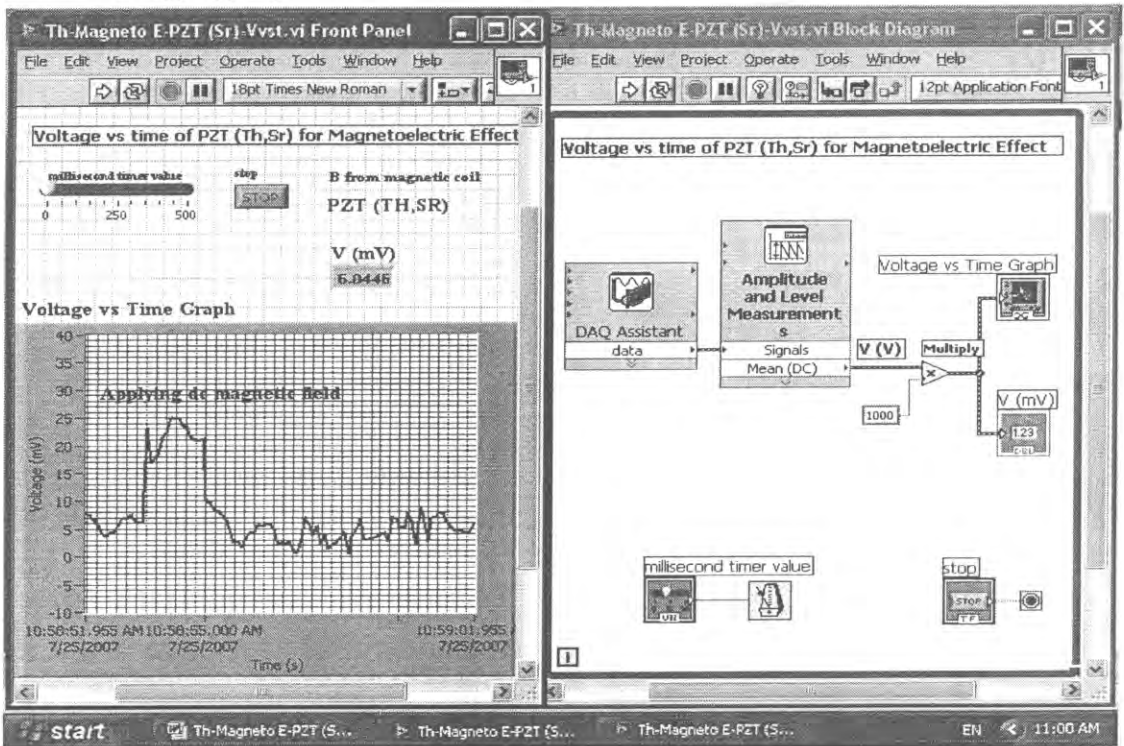
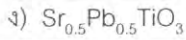
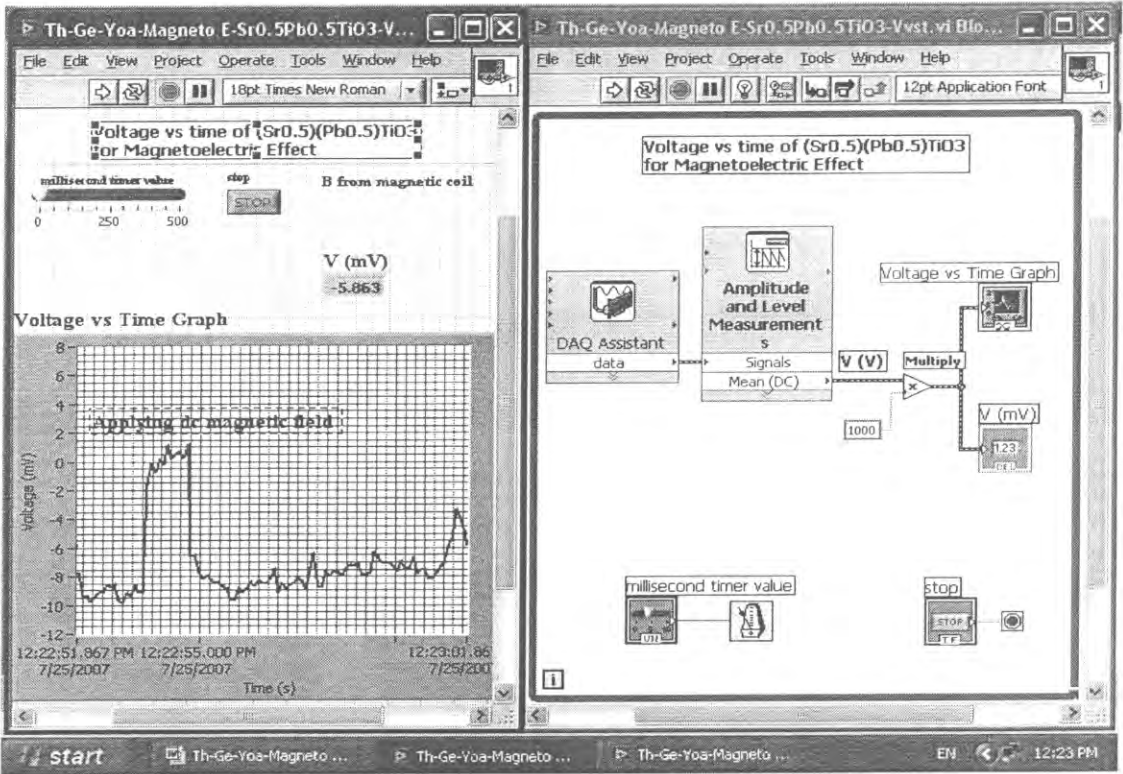


รูปที่ 19.1.2 การจัดเครื่องมือสำหรับการจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริก
ด้วย LabVIEW



n) BaTiO₃

1) $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ 2) BiCrO_3



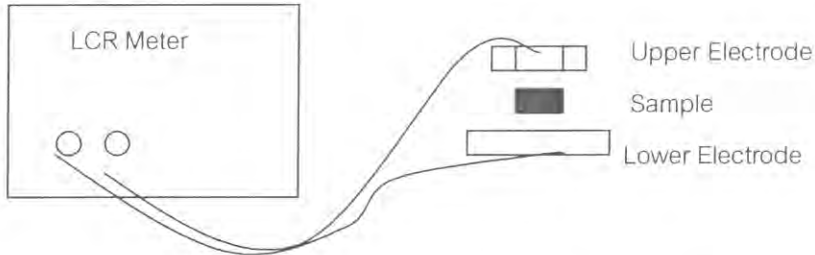
รูปที่ 19.1.3 Front Panel และ Block diagram สำหรับจัดเตรียมอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริกด้วย LabVIEW

19.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

ก. การวัดสมบัติเชิงไฟฟ้า

1) จัดเครื่องมือตามรูปที่ 19.2.1 สารมีสูตรเป็น $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ มีความหนา (L) 3.35 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง

(d) 12.01 mm



รูปที่ 19.2.1 การจัดเครื่องมือเพื่อวัดความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า

เซตมิเตอร์แอลซีอาร์ (HP 4263B LCR Meter) ให้พร้อมที่จะทำงาน

Blue reset → Yes → Enter

Blue cable : 1 m → Enter

Meas prmtr : Cs-D → Enter

Freq : 120Hz → Enter

Blue open : OpenMeas → Enter

Blue short : ShortMeas → Enter

Connect DUT

Choose measurement value : Cp or C

Record C at 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz

2) ติดตั้งสารที่วัดที่ขั้ว วัดอิมพีแดนซ์ (Z) และความจุไฟฟ้า (C) ที่ความถี่ f จำนวน 5 ค่า คือ 100 Hz, 120 Hz, 1

kHz, 10 kHz และ 100 kHz

Connect DUT

Choose measurement value : Cp or C

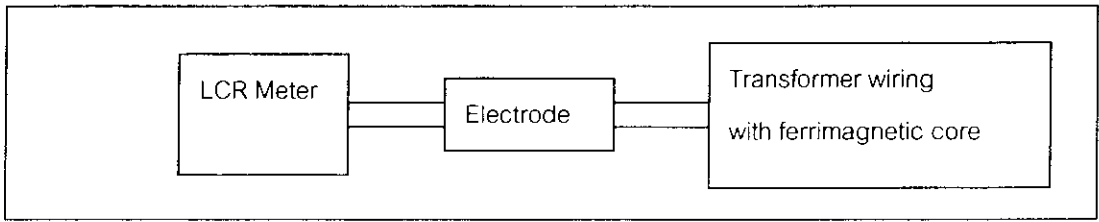
Record Z, C at 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz in Table 1

3) เขียนกราฟ Z vs f และ C vs f และแสดงสมการด้วย EXCEL (รูปที่ 19.2.2)

ข. การวัดสมบัติเชิงแม่เหล็ก

1) จัดเครื่องมือดังรูปที่ 19.2.3 สารมีสูตรเป็น $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ มีความหนา (L) 3.35 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง

(d) 12.01 mm



รูปที่ 19.2.3 การจัดเครื่องมือเพื่อวัดค่าความเหนี่ยวนำรวมที่ขึ้นกับความถี่ของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า

เปิดเครื่อง RLC Meter ตามคู่มือ ซึ่งทำได้ดังนี้

blue reset → Yes → Enter

blue cable → 1 m → Enter

Meas Parameter → L2 → N → Enter

Freq → 100 kHz → Enter

open correction (Blue open) → open measure → Enter

2) ทำการวัดค่า M และ f ที่ความถี่ 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz และ 100 kHz ซึ่งทำได้ดังนี้

Connect DUT ; Setting measured quantity → M

Continue to measure the M value at 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz and 100 kHz

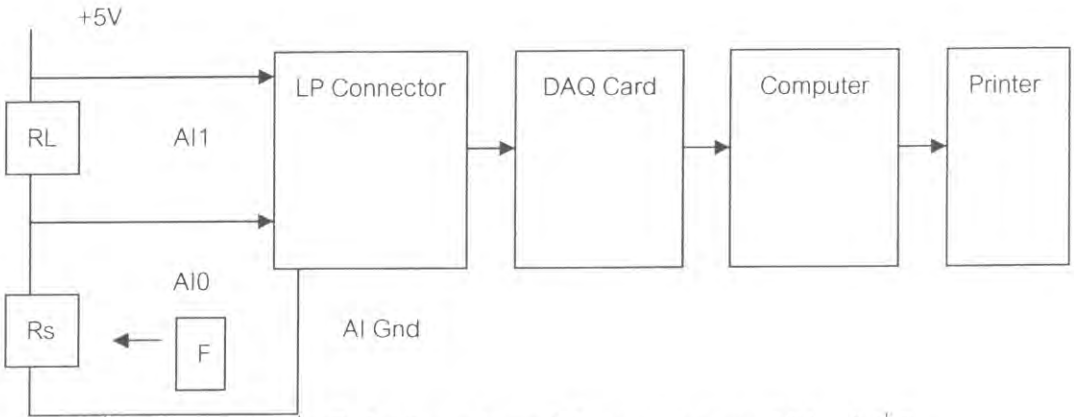
Record the results in Table 1

3) เขียนกราฟของ M vs f ด้วย EXCEL พร้อมทั้งแสดงสมการ (รูปที่ 15.1.4)

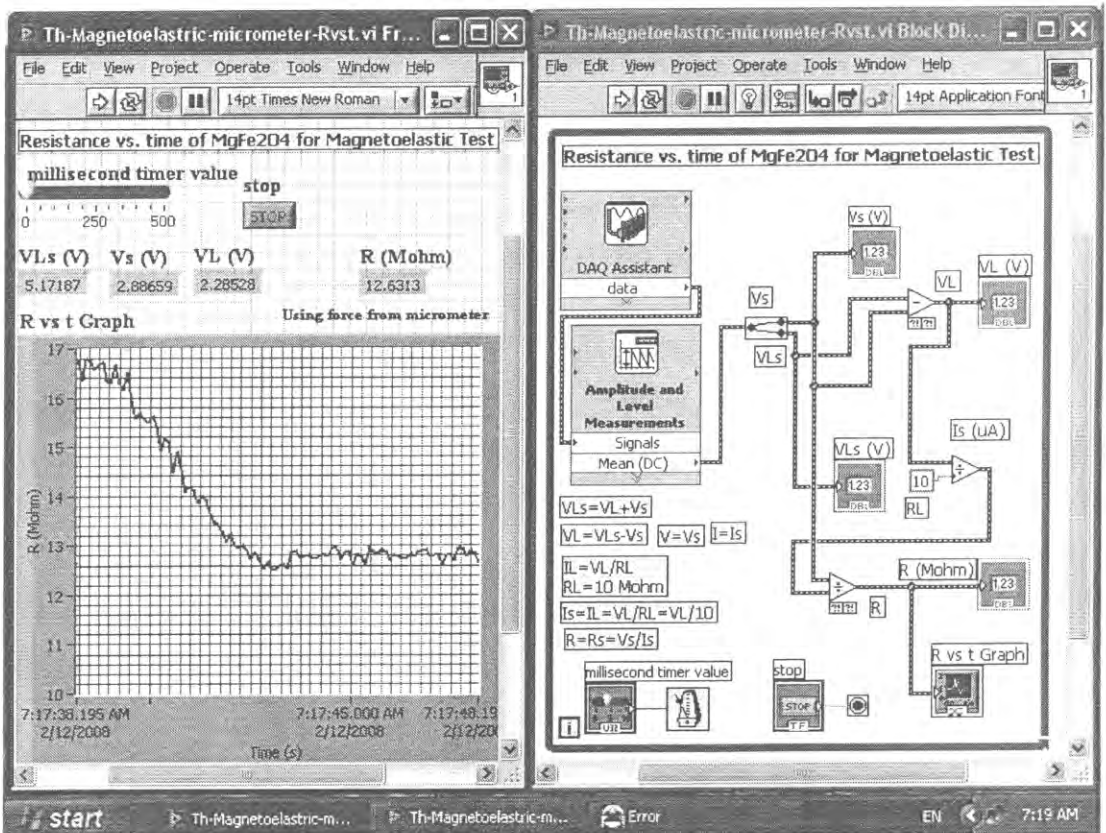
19.3 การประยุกต์ใช้ เป็น อุปกรณ์ สานิตการวัดปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติก

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้ของสาร $MgFe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สานิตปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติกด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 19.3.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้ของสาร $MgFe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สานิตปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติกด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 19.3.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ $MgFe_2O_4$ กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $1 M\Omega$ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_L และ V_s จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของ DAQ Assistant ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Mean (DC) Split signal จะแยก V_s และ V_L ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s = I_L$ คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ แสดงความต้านทาน (R) ด้วย Numeric Indicator หนึ่งเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม หมุนไมโครมิเตอร์ เพื่อให้เกิดแรงกดอัดสาร ความต้านทานไฟฟ้า (R_s) เกิดการเปลี่ยนแปลงในขณะที่สารได้รับแรงกดอัดซึ่งเป็นผล

ของการเกิดปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติกของแมกนีโตอีลาสติกเซรามิกส์ สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ resistance vs time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 19.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้ของสาร $MgFe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติกด้วย LabVIEW



รูปที่ 19.3.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้ของสาร $MgFe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติกด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

- 1) อุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอีเล็คตริก

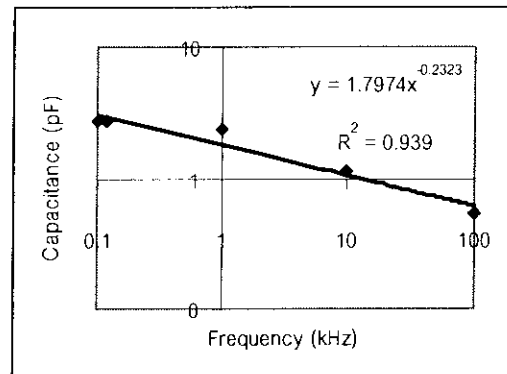
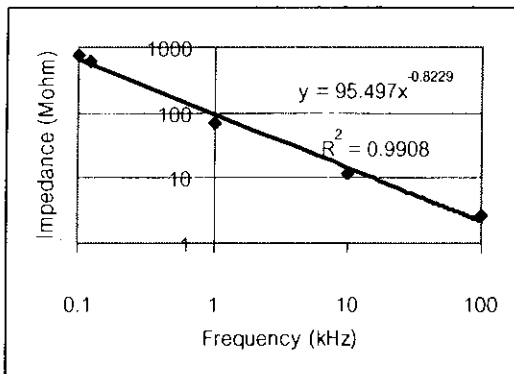
ผลการสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริกด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 19.1.3 การเปลี่ยนค่าแรงดันแมกนีโตอิเล็กทริก (magnetoelectric voltage) แสดงในตารางที่ 19.1.1 แรงดันแมกนีโตอิเล็กทริกของสาร BaTiO_3 , $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$, BiCrO_3 , $\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$ และ $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ มีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ได้รับสนามแม่เหล็ก

ตารางที่ 19.1.1 การเปลี่ยนค่าแรงดันแมกนีโตอิเล็กทริกเซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริกชนิดต่างๆ

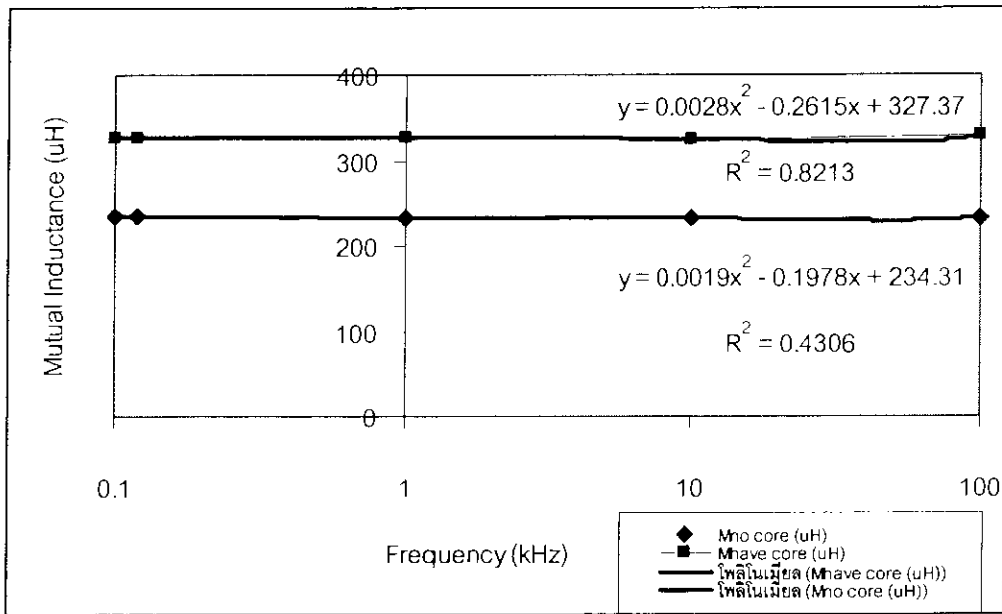
Samples	ME Voltage change (mV)
BaTiO_3	7 – 28
$\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$	2 – 16
BiCrO_3	0 – 55
$\text{Sr}_{0.5}\text{Pb}_{0.5}\text{TiO}_3$	-9 – 1
$\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$	4 - 24.5

2) อุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แม่เหล็กไฟฟ้า

อิมพีแดนซ์และความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ แสดงดังรูปที่ 19.2.3 ค่าความเหนี่ยวนำร่วมที่ขึ้นกับความถี่ของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ แสดงดังรูปที่ 19.2.4



รูปที่ 19.2.3 อิมพีแดนซ์และความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$



รูปที่ 19.2.4 ค่าความเหนี่ยวนำรวมที่ขึ้นกับความถี่ของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$

สมการที่แสดงอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่ (Z vs f) ของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า

$$Z = 95.497f^{0.8229} \quad (1)$$

สมการที่แสดงความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ (C vs f) ของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า

$$C = 1.7974f^{-0.2323} \quad (2)$$

สมการที่แสดงค่าความเหนี่ยวนำรวมที่ขึ้นกับความถี่ (M vs f) ของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า

$$L_{no\ core} = 0.0028f^2 - 0.2615f + 327.37 \quad (3)$$

$$L_{have\ core} = 0.0019f^2 - 0.1978f + 234.31 \quad (4)$$

เมื่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อิมพีแดนซ์และความจุไฟฟ้าของสารต่างก็มีค่าลดลงในช่วงความถี่ 100 Hz ถึง 10 kHz ค่าความเหนี่ยวนำรวมมีค่าลดลงในช่วงความถี่ 100 Hz ถึง 10 kHz และจะมีค่าเพิ่มขึ้นที่ 100 kHz สารที่ทดลองแสดงสมบัติของวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า

3) อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำปรากฏการณ์แมกนีโตอิลาสติก

การประยุกต์ใช้ของสาร $MgFe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำปรากฏการณ์แมกนีโตอิลาสติกด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 19.3.2 ผลปรากฏว่าถ้าแรงกดอัดสารมากขึ้น ความต้านทานไฟฟ้าจะมีค่าลดลงในช่วง $16.8\ M\Omega - 12.8\ M\Omega$ ปรากฏการณ์แมกนีโตอิลาสติกที่มีความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปตามแรงกดอัดนั้นจะเป็นพื้นฐานนำไปใช้ศึกษาเกี่ยวกับวัสดุฉลาด

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร $BaTiO_3$, $Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO_3$, $BiCrO_3$, $Sr_{0.5}Pb_{0.5}TiO_3$ และ $Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำปรากฏการณ์แมกนีโตอิลาสติก

- 2) สาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ มีแนวโน้มนำไปประยุกต์อุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แม่เหล็กไฟฟ้า
- 3) สาร $MgFe_2O_4$ มีแนวโน้มนำไปประยุกต์อุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติก
- 4) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วยโปรแกรม LabVIEW และ DAQ card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Adam Bie kowski, 2004, The possibility of utilizing the permeability magnetic materials in construction of magnetoelastic stress and force sensors, *Sensors and actuators A: Physical*, 123(3) 270-276.
- Ben Amor, 2005, Magnetoelastic microtransformer-based microstrain gauge, *Sensors and Actuators A: Physical*.
- Gusmano, G., 1993, Humidity-sensitive electrical response of sintered $MgFe_2O_4$, *J. Mater. Sci.* 28 : 6195-6198.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.
- Moreira, A., 2002, Evidence for the likely occurrence of magnetoferroelectricity in simple perovskite, $BiMnO_3$, *Solid State Communications*, 122(1-2): 49-52.
- Palkar, V. R., *Solid State Communications*, Observation of magnetoelectric behaviour at room temperature in $Pb(Fe_xTi_{1-x})O_3$, 134(11): 783-786.
- Patankar, K. K., 2001, Dielectric behaviour and magnetoelectric effect in $CuFe_2O_4Ba_{0.8}Pb_{0.2}TiO_3$ composites, *Materials Chemistry and Physics*, 72(1): 23-29.
- Pfutzner, H., 2005, Non-contact detection of magnetoeladtic bilayer position sensors, *Sensors and Actuators A: Physical*, 123-124: 349-353.
- Sattar, A.A., 1996, Effect of magnetic order on electrical properties of Mn-Zn ferrite single crystals, *J. Mater. Sci. Lett.* 15 : 1090-1092.
- Youn-Ki Jun, 2005, Effects of Nb-doping on electric and magnetic properties in multi-ferroic $BiMnO_3$ ceramics, 135(1-2): 133-137.
- Zhang J. L. 1992. Electrical conduction of $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ ceramics under d.c. voltage. *J. Mater. Sci. Lett.*, 11, 294-295.
- Zhenxing Yue, 2004, Preparation and electromagnetic properties of low-temperature sintered ferroelectric-ferrite composite ceramics, *Journal of Alloys and compounds*, 375(1-2): 243-248.

20. การวัดการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงและการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ต

The measurement of ultraviolet response of optical ceramics and application for ultraviolet light switch

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยขั้วต่อ LP, การ์ด DAQ และแลปวิว เมื่อสาร ZnO, ZnO+0.02TiO₂ และ ZnO+0.01Sb₂O₃ ได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ตพบว่าความต้านทานมีค่าลดลง สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อได้รับและไม่รับแสงอุลตราไวโอเล็ต คือ ZnO+0.01Sb₂O₃ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตที่เรียงจากมากไปน้อย คือ ZnO+0.01Sb₂O₃, ZnO+0.02TiO₂ และ ZnO สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตมากที่สุด คือ ZnO+0.01Sb₂O₃ เมื่อนำสมบัติความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับแสงอุลตราไวโอเล็ตของสาร ZnO+0.02TiO₂ ไปประยุกต์ใช้พบว่าสารสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงได้ การทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงจะอาศัยเครื่องมือเสมือน Greater ได้มีการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารกับแรงดันไฟฟ้าที่ได้ตั้งไว้ ผลการเปรียบเทียบค่าจะไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์และโหลด ตามลำดับ

คำสำคัญ : เซรามิกส์ที่ตอบสนองต่อแสง อุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ต แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. When the ZnO, ZnO+0.02TiO₂ and ZnO+0.01Sb₂O₃ received ultraviolet light. The result showed that the resistance decreased. The sample that the most changing of resistance when non-receiving and receiving ultraviolet light was ZnO+0.01Sb₂O₃. The samples that ultraviolet response sensitivity by determining from ultraviolet optical sensitivity from large to low were ZnO+0.01Sb₂O₃, ZnO+0.02TiO₂ and ZnO. The sample that the ultraviolet response sensitivity as the most value was ZnO+0.01Sb₂O₃. When the ultraviolet light dependence on resistivity property of ZnO+0.02TiO₂ was applied. The result showed that the sample can be used as ultraviolet light switch of optical ceramics. The operation of optical switch device will use Greater of virtual instrument and relation between voltage

drop across on the sample and setting voltage was compared. The result will use for controlling the operation of relay, solid state relay and load, respectively.

Keyword : optical response ceramics , ultraviolet light switch , LabVIEW

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่
สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat
Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

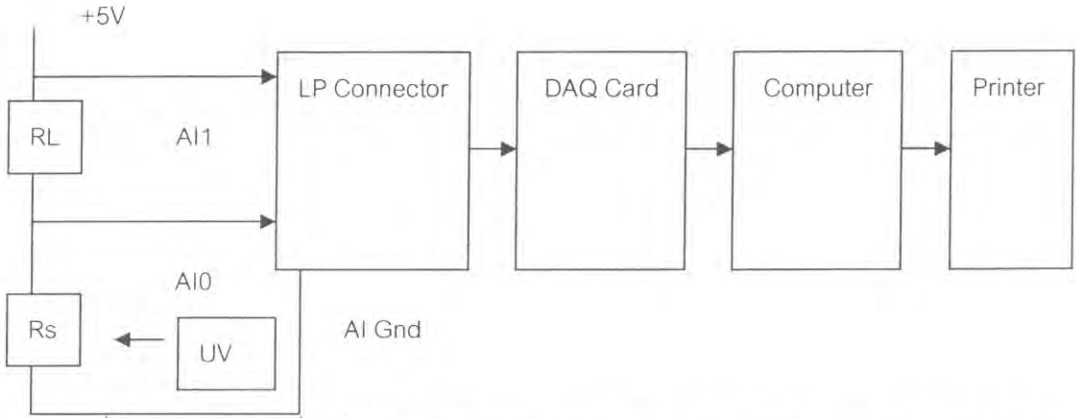
มีผู้ศึกษาดีบุกออกไซด์เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีช่องว่างแถบพลังงาน 3.7 eV ที่ 0 K ใช้ทำขั้วฟิล์มบางโปร่งใส (transparent thin-film electrode) ส่วนผสมของ $90\text{In}_2\text{O}_3-10\text{SnO}_2$ ใช้ทำฟิล์มนำไฟฟ้าโปร่งใส (transparent conductive film) (Moulson, A.J. และ Herbert, J.M., 1990)

บทความนี้เป็นการศึกษาประยุกต์ใช้เป็นการปฏิบัติการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตและอุปกรณ์สวิทช์ แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสง

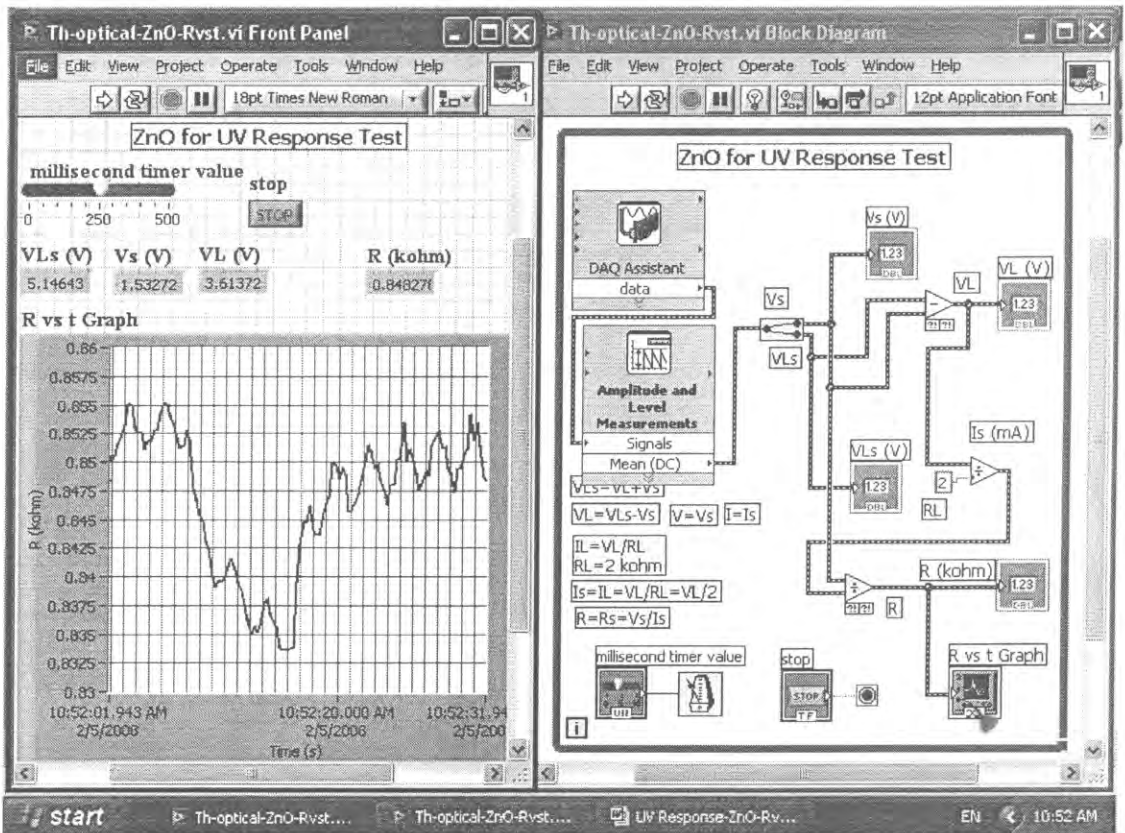
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

20.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ปฏิบัติการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสง

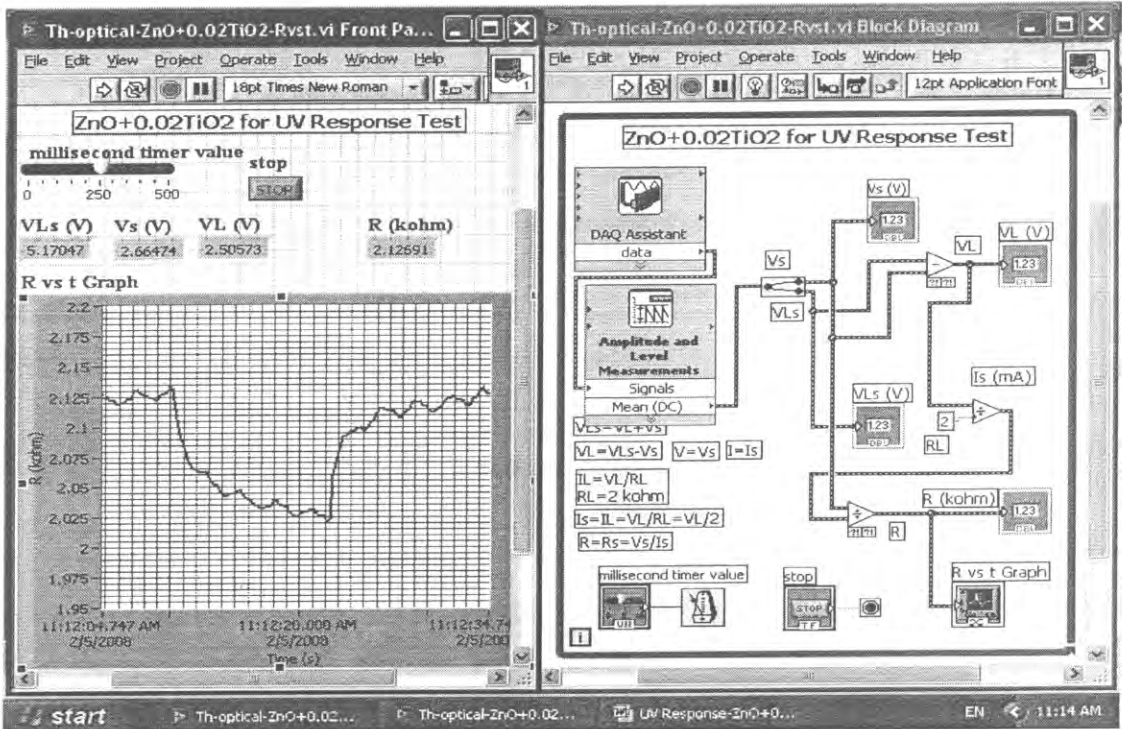
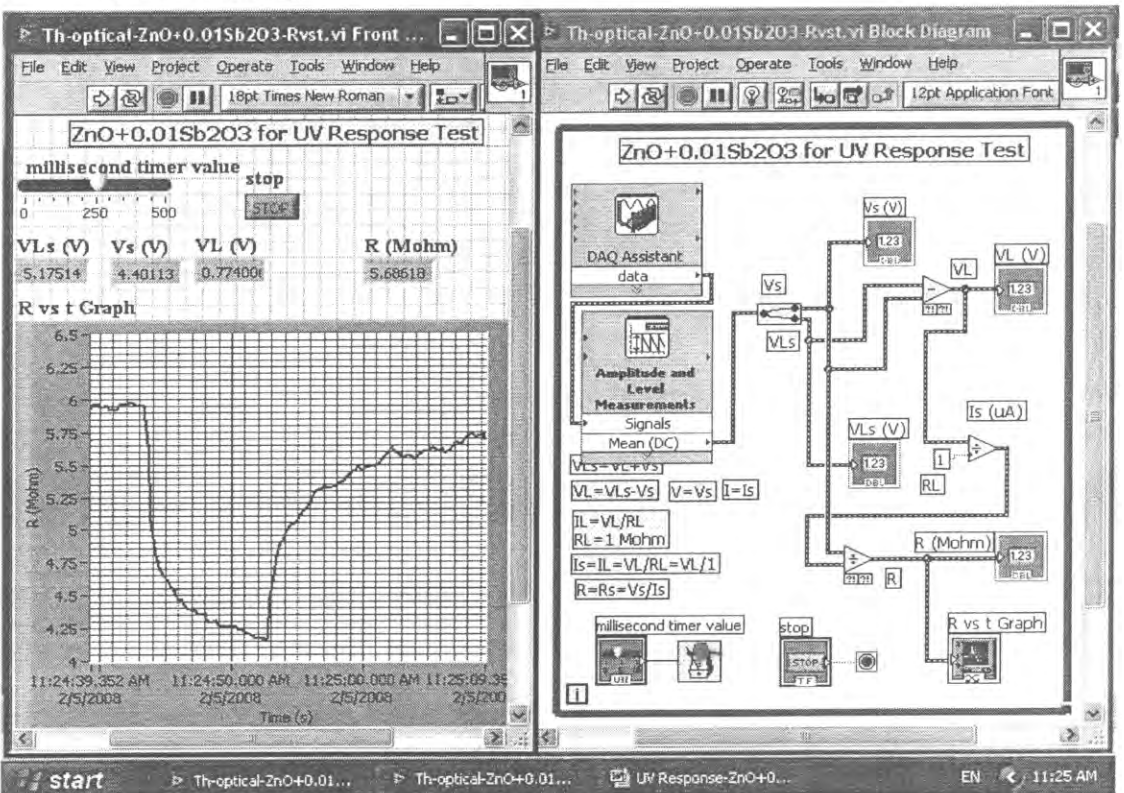
จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สาร ZnO , $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์ปฏิบัติการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 20.1.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์สาร ZnO , $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ปฏิบัติการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 20.1.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ZnO , $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V จ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ตัวต้านทานโหลด (R_L) 2 k Ω และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ R_s+R_L มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ DAQ Assistant จะทำงานโดยการรับ แรงดันไฟฟ้า V_s และ V_{Ls} จาก LP connector ละส่งผ่าน DAQ card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Mean (DC) Split signal จะแยก V_s และ V_{Ls} ออก จากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L=V_{Ls}-V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L=V_L/R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s=I_L$ คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R=V_s/I_s$ แสดงความต้านทาน (R) ด้วย Numeric Indicator หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม ปล่อยแสงอุลตราไวโอเล็ตเข้าไปและแสดงด้วย Numeric Indicator สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ resistance vs time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 20.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สาร ZnO, ZnO+0.02TiO₂ และ ZnO+0.01Sb₂O₃ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สารติดการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตด้วย LabVIEW



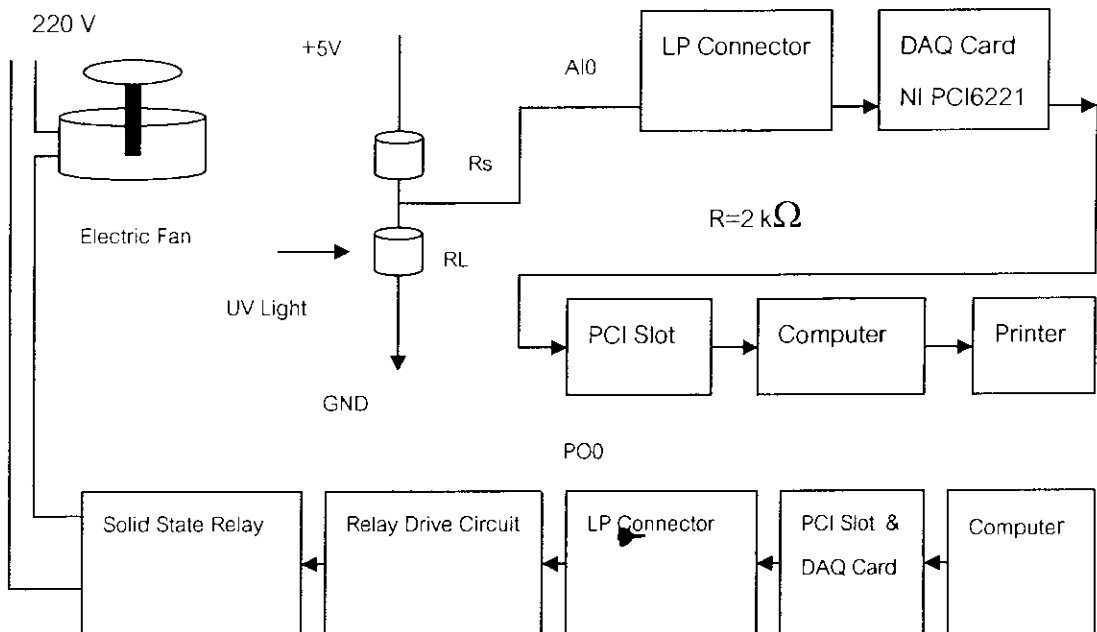
n) ZnO

๑) ZnO+0.02TiO₂ค) ZnO+0.01Sb₂O₃

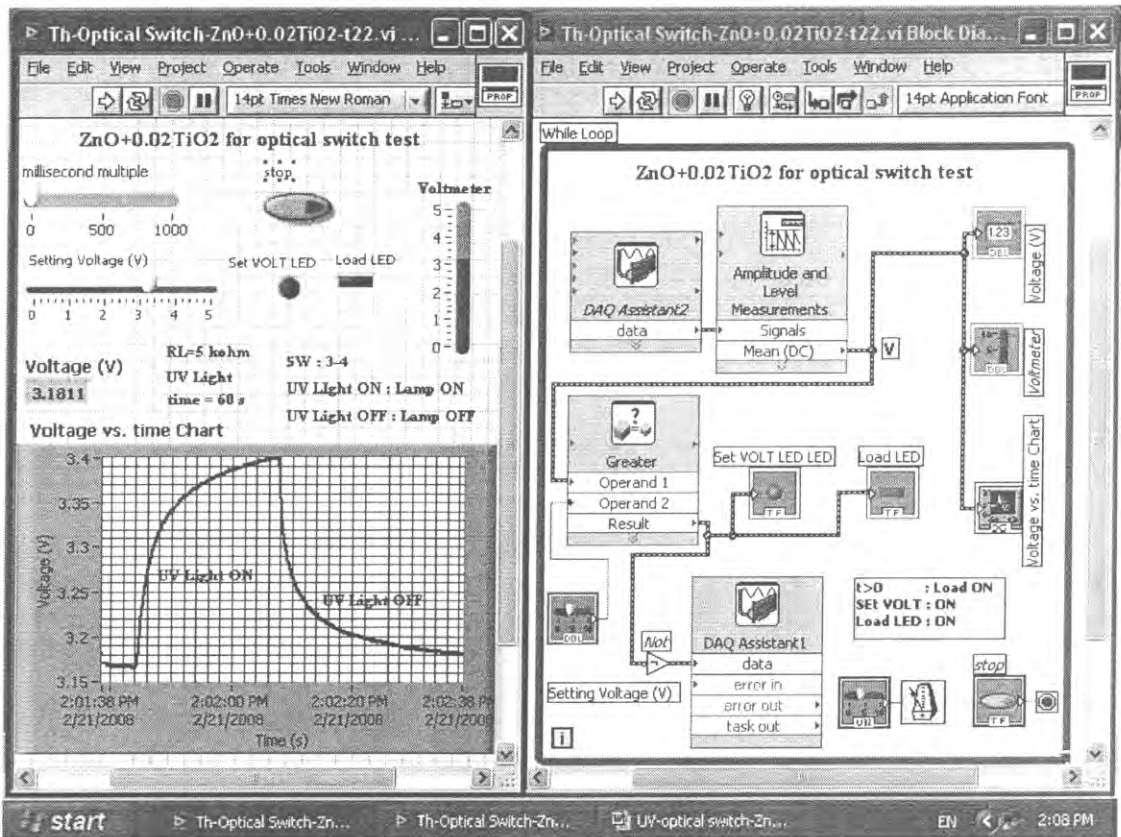
รูปที่ 20.1.2 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์สาร ZnO, ZnO+0.02TiO₂ และ ZnO+0.01Sb₂O₃ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ต ด้วย LabVIEW

20.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเลตของเซรามิกส์เชิงแสง

จัดเครื่องมือเพื่อทดสอบประยุกต์สาร $ZnO+0.02TiO_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเลตของเซรามิกส์เชิงแสงด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 20.2.1 สร้าง Front panel และ Block diagram สำหรับประยุกต์สาร $ZnO+0.02TiO_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเลตของเซรามิกส์เชิงแสงด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 20.2.2 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 V จากขา 14 ของ LP Connector ไหลผ่านสารตัวอย่าง (สาร $ZnO+0.02TiO_2$) ที่มีความต้านทาน R_s และตัวต้านทานโหลด R_L ($5\text{ k}\Omega$) ลง GND มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L เท่ากับ V แรงดันไฟฟ้า V จะมาเข้าที่ AI0 ของ LP Connector ผ่าน DAQ Card เข้าคอมพิวเตอร์ DAQ Assistant2 จะทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้า V นี้ ส่งมาที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้แสดงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเฉลี่ย Mean (DC) แสดงแรงดันไฟฟ้า V ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart ส่งค่าแรงดันไฟฟ้า V มาเข้าที่ Greater ส่วน Setting Voltage ก็จะถูกส่งมาเข้าที่ Greater เช่นกัน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่า ผลการเปรียบเทียบค่าจะถูกส่งออกทางเอาต์พุต ผ่าน Not Function แล้วออกทาง DAQ Assistant1 แรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากผลดังกล่าวจะออกจาก DAQ Card มาที่ LP Connector แรงดันจาก LP Connector จะมาเข้าที่วงจรรับรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดปิดสวิตช์ รีเลย์มีอำนาจมาเหล็ก ดึงดูดให้สวิตช์ขั้ว 3 ต่อกับขั้ว 4 สวิตช์ขั้ว 3 และ 4 จะควบคุมการเปิดและปิดแรงดันไฟฟ้าที่เข้าที่อินพุตของโซลิดสเตตรีเลย์ เอาต์พุตของโซลิดสเตตรีเลย์จะควบคุมการทำงานของไฟฟ้า 220 V ที่จะมาเข้าที่พัดลมไฟฟ้า ถ้าสารได้รับแสง UV แรงดันไฟฟ้าที่เข้าที่ Greater จะเปลี่ยนแปลง ผลการเปรียบเทียบของ Greater จะไปควบคุมให้ตัดต่อไฟฟ้าที่เข้าที่พัดลม



รูปที่ 20.2.1 จัดเครื่องมือเพื่อทดสอบประยุกต์สาร $ZnO+0.02TiO_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเลตของเซรามิกส์เชิงแสงด้วย LabVIEW



รูปที่ 20.2.2 Front panel และ Block diagram สำหรับประยุกต์สาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ ให้ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์สวิตซ์แสงอุลตราไวโอเลตของเซรามิกส์เชิงแสงด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

1) การตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเลตของเซรามิกส์เชิงแสง

ผลการประยุกต์สาร ZnO , $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตติงการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเลตด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 20.1.2 เมื่อสารทั้งสามได้รับแสงอุลตราไวโอเลต พบว่าความต้านทานมีค่าลดลงดังแสดงในตารางที่ 20.1.1 เมื่อพิจารณาตารางที่ 18.1.1 พบว่าสารทั้งสามมีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อได้รับแสงอุลตราไวโอเลต สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อได้รับและไม่รับแสงอุลตราไวโอเลต คือ $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$

ตารางที่ 20.1.1 การเปลี่ยนค่าความต้านทานของสาร ZnO , $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ ในขณะที่ได้รับแสงอุลตราไวโอเลต

Samples	Resistance change
ZnO	$0.855 \text{ k}\Omega - 0.83275 \text{ k}\Omega$
$\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$	$2.1252 \text{ k}\Omega - 2.025 \text{ k}\Omega$
$\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$	$6 \text{ M}\Omega - 4.125 \text{ M}\Omega$

คำนวณสภาพความไวต่อแสงอุลตราไวโอเล็ต (G) จากสูตร $G = [(R_f - R_i) / R_i] * 100$ เมื่อ R_i และ R_f เป็นความต้านทานของสารก่อนและหลังได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ต เมื่อพิจารณาตารางที่ 18.1.2 ค่า G ที่เป็นบวกหมายถึงสารมีความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ตและค่า G ที่เป็นลบหมายถึงสารมีความต้านทานลดลงเมื่อได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ต สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $ZnO+0.01Sb_2O_3$, $ZnO+0.02TiO_2$ และ ZnO สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตมากที่สุด คือ $ZnO+0.01Sb_2O_3$

ตารางที่ 20.1.2 ความต้านทานของสารก่อนและหลังได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ต (R_i , R_f) และสภาพความไวต่อแสงอุลตราไวโอเล็ต (G) สำหรับแสงอุลตราไวโอเล็ต

optical ceramics	R_i	R_f	G	G (%)
ZnO	0.855	0.883	0.03	3
ZnO+0.02TiO ₂	2.125	2.025	-0.05	-5
ZnO+0.01Sb ₂ O ₃	6.000	4.125	-0.31	31

2) อุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ต

ผลประยุกต์สาร $ZnO+0.02TiO_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 20.2.2 เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 V เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารตัวอย่างจนกระทั่งมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม เท่ากับ V แล้วส่งค่าแรงดันไฟฟ้า V นี้มาเข้าที่ Greater และเปรียบเทียบค่ากับ Setting Voltage ผลการเปรียบเทียบค่าจะไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์และโหลดตามลำดับ การทำงานแบบนี้จะเป็นการทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงขณะที่สารได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ต ความต้านทานของสาร (R_s) จะลดลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารลดลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลด R_L (V) มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 3.152 V - 3.4 V แต่เมื่อสารไม่ได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ตความต้านทานของสาร (R_s) จะเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลด R_L (V) มีค่าลดลงในช่วง 3.4 V - 3.152 V การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดในขณะที่ได้รับและไม่ได้รับแสงจะทำให้เกิดการควบคุมการทำงานของรีเลย์และโหลด

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร ZnO, $ZnO+0.02TiO_2$ และ $ZnO+0.01Sb_2O_3$ แสดงการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ต
- 2) สาร $ZnO+0.02TiO_2$ สามารถประยุกต์ใช้ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ต
- 3) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วยโปรแกรม LabVIEW และ DAQ card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

Didosyan, S., 2003, Magneto-optical rotational speed sensor,

Sensors and Actuators A: Physical, 106(1-3): 168-171.

21. การวัดตอบสนองของเซรามิกส์ที่มีต่อก๊าซอีทานอล มีทานอล แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ หงษ์ทองและการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซ

The measurements of the ethanol , methanol, ammonia, carbondioxide, hongtong gas response and application for gas switch device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก่อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดการตอบสนองต่อก๊าซอีทานอล มีทานอล แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์และหงษ์ทองและประยุกต์ใช้งานเป็นสวิตช์ก๊าซแอมโมเนีย ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยหัวต่อ LP , การ์ด DAQ และแลปวิว

ก๊าซ อีทานอล

สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซอีทานอล คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{SnO}_2+0.05\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อได้รับก๊าซอีทานอล คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, ZnO , $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อได้รับและไม่รับก๊าซ อีทานอล คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซอีทานอลซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อก๊าซที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{SnO}_2+0.05\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ และ ZnO สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซอีทานอลมากที่สุด คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$

ก๊าซมีทานอล

สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซมีทานอล คือ $\text{SnO}_2+0.02\text{TiO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อได้รับก๊าซมีทานอล คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, ZnO และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อได้รับและไม่รับก๊าซ มีทานอล คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซมีทานอลซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อก๊าซที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$, $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$, ZnO และ $\text{SnO}_2+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซมีทานอลมากที่สุด คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$

ก๊าซแอมโมเนีย

สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซแอมโมเนีย คือ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อได้รับก๊าซแอมโมเนีย คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อได้รับและไม่รับก๊าซแอมโมเนีย คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อก๊าซที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียมากที่สุด คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

สาร $ZnO+0.02TiO_2$ มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความไวในการตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาร $ZnO+0.02TiO_2$ มีเท่ากับ 25 %

ก๊าซหุงต้ม

สาร $TiO_2+0.5Y_2O_3$ และ $ZnO+SnO_2$ ต่างก็มีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อได้รับก๊าซหุงต้ม สาร $TiO_2+0.5Y_2O_3$ มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากกว่า $ZnO+SnO_2$ เมื่อได้รับเมื่อได้รับก๊าซหุงต้ม สาร $TiO_2+0.5Y_2O_3$ มีค่าสภาพความไวต่อก๊าซมากกว่า $ZnO+SnO_2$ เมื่อได้รับเมื่อได้รับก๊าซหุงต้ม

สวิตช์ก๊าซ

ความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับก๊าซแอมโมเนียของสาร $ZnO+0.02TiO_2$ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซแอมโมเนีย การทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซจะอาศัยเครื่องมือเสมือน Greater ทำการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารกับแรงดันที่ได้ตั้งไว้ ผลการเปรียบเทียบค่าจะไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ ซิลิคอนเตทริเลดและโหลด ตามลำดับ

คำสำคัญ: เซรามิกส์ที่ตอบสนองต่อก๊าซอีทานอล มีทานอล แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์
สวิตช์ก๊าซแอมโมเนีย แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Ethanol , methanol, ammonia, carbondioxide, hongtong gas response were measured. Ammonia gas switch device was applied. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW.

Ethanol gas

The samples which the resistances increased when received ethanol gas were $Bi_2O_3+Fe_2O_3$, $SnO_2+0.05Y_2O_3$ and $ZnO+0.02TiO_2$. The samples which the resistances decreased when received ethanol gas were $TiO_2+0.5Y_2O_3$, ZnO and $ZnO+SnO_2$. The sample which it has the most change of resistance when received and non-received ethanol gas was $Bi_2O_3+Fe_2O_3$. The sample that the ethanol gas sensitivity varied from large to small were $Bi_2O_3+Fe_2O_3$, $ZnO+SnO_2$, $TiO_2+0.5Y_2O_3$, $SnO_2+0.05Y_2O_3$, $ZnO+0.02TiO_2$ and ZnO . The sample that the ethanol gas sensitivity was the most value was $Bi_2O_3+Fe_2O_3$.

Methanol gas

The samples which the resistances increased when received methanol gas were $SnO_2+0.02TiO_2$ and $ZnO+0.02TiO_2$. The samples which the resistances decreased when received methanol gas were $Bi_2O_3+Fe_2O_3$, $TiO_2+0.5Y_2O_3$, ZnO and $ZnO+SnO_2$. The sample which it has the most change of resistance when received and non-received methanol gas was $TiO_2+0.5Y_2O_3$. The sample that the methanol gas sensitivity varied from large to small were $TiO_2+0.5Y_2O_3$, $ZnO+SnO_2$,

$\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$, ZnO และ $\text{SnO}_2+0.02\text{TiO}_2$. The sample that the methanol gas sensitivity was the most value was $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ and $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$.

Ammonia gas

The samples which the resistances increased when received ammonia gas were $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$. The samples which the resistances decreased when received ammonia gas were $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ and $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$. The sample which it has the most change of resistance when received and non-received ammonia gas was $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$. The sample that the ammonia gas sensitivity varied from large to small value were $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ and $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$. The sample that the ammonia gas sensitivity was the most value was $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$.

Carbondioxide gas

The resistance of $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ increased when receive carbondioxide gas. The carbondioxide gas sensitivity of $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ was 25 %.

Hongtong gas

The resistances of $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ dcreased when received hongtong gas. The resistance of $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ was a value more than $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ when received hongtong gas. The gas sensitivity of $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ was more than $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ when received hongtong gas.

Gas switch

The ammonia dependence of resistannce of $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ can be used as ammonia gas switch device. The operation of gas switch device will use Greater of virtual instrument and relation between voltage drop across on the sample and setting voltage was compared. The result will use for controlling the operation of relay, solid state relay and load, respectively.

Keyword : ethanol gas response ceramics , methanol gas response ceramics,

ammonia gas response ceramics, carbondioxide gas response ceramics,

hongtong gas response ceramics , gas switch device , LabVIEW

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หนาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหาหน้า

วัสดุตอบสนองต่อก๊าซใช้ทำหัววัดก๊าซ (gas sensor) หัววัดก๊าซมี 2 ประเภท คือ หัววัดก๊าซกึ่งการนำไฟฟ้า (semiconducting gas sensor) ที่มี donor state และ acceptor state และหัววัดก๊าซที่ทำงานโดยอาศัยไฟฟ้าเคมี (electrochemical-based sensor) มีสภาพการนำไอออนิกสูง (high ionic conductivity) หัววัดก๊าซใช้ในการตรวจวัด (monitoring) ควบคุมปฏิกิริยาทางเคมี (controlling chemical reaction) และควบคุมวัฏจักรการ

เผาไหม้ (combustion cycle) ในอุตสาหกรรมการเปลี่ยนรูปพลังงาน (energy conversion industry) ออกไซด์กึ่งการนำไฟฟ้า (semiconducting oxide) มีการเปลี่ยนค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าในขณะที่ได้รับก๊าซ ตัวอย่างเช่น Ag_2O , Fe_2O_3 , SnO_2 , TiO_2 , ZnO และ ZrO_2 ซึ่งจัดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type semiconductor) ออกไซด์เหล่านี้สามารถนำมาใช้ทำหัววัดก๊าซ ออกไซด์ที่ตอบสนองต่อก๊าซจะตอบสนองต่อไอน้ำด้วย ดังนั้นการนำออกไซด์ไปทำหน้าที่เป็นหัววัดก๊าซจะต้องทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 350°C พฤติกรรมของการวัดของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเกิดจากการดูดซับออกซิเจนในบริเวณคอ (neck region) ซึ่งอยู่ระหว่างเกรน หัววัดก๊าซที่ทำมาจากดีบุกออกไซด์ (Tin oxide gas sensor) ชั้นบางของเซรามิกส์ SnO_2 ที่มีความพรุนติดอยู่กับท่ออะลูมินา (alumina tube) ขั้วไฟฟ้าทำมาจากทอง ตัวให้ความร้อนแบบขดลวด (coiled heater) ถูกติดตั้งในท่อเพื่อทำอุณหภูมิของชั้น SnO_2 ในช่วง $300\text{-}400^\circ\text{C}$ หัววัดก๊าซไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon gas sensor) เช่น ดีบุกออกไซด์ที่เติม (doped SnO_2) มีโครงสร้างผลึกแบบรูโพลี ขั้วไฟฟ้าทำมาจากทองคำขาวที่มีรูพรุน (porous Pt) หัววัดก๊าซไอเสียรถยนต์ (autoexhaust sensor) ทำมาจากเซอร์โรเนีย (ZrO_2) หัววัดก๊าซออกซิเจน (oxygen sensor) ทำมาจาก $(\text{Bi}_2\text{O}_3)_{0.75}(\text{WO}_3)_{0.25}$, $\text{Co}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ (p-type conductor), TiO_2 (n-type conductor), $\text{Y}_{0.1}\text{Zr}_{0.9}\text{O}_{1.95}$ และ ZrO_2 หัววัดก๊าซออกซิเจนที่ทำมาจากเซอร์โรเนีย (ZrO_2 oxygen sensor) (Moulson, A.J. และ Herbert, J.M., 1990) บทความนี้เป็นการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซ ก๊าซ อีทานอล มีทานอล แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์และหงษ์ทอง การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิทช์ก๊าซ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

21.1 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซ

จัดเครื่องมือสำหรับการสาธิตเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซอีทานอล มีทานอล แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์และหงษ์ทองด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 21.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับการสาธิตเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 21.1.1, 21.1.2, 21.1.3, 21.1.4 และ 21.1.5 ตามลำดับ

ก๊าซที่ใช้ทดลอง ได้แก่ อีทานอล มีทานอล แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์และหงษ์ทอง

สารตัวอย่างที่ใช้สาธิตการตอบสนองต่อก๊าซอีทานอล คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{SnO}_2+0.05\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$,

ZnO , $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$

สารตัวอย่างที่ใช้สาธิตการตอบสนองต่อก๊าซมีทานอล คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{SnO}_2+0.02\text{TiO}_2$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$,

ZnO , $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$

สารตัวอย่างที่ใช้สาธิตการตอบสนองต่อก๊าซ แอมโมเนีย คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$

และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$

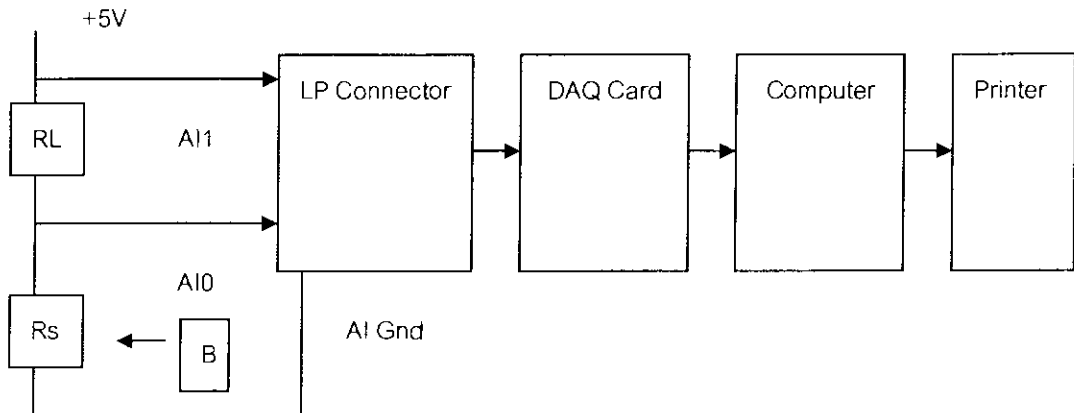
สารตัวอย่างที่ใช้สาธิตการตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$

สารตัวอย่างที่ใช้สาธิตการตอบสนองต่อก๊าซหงษ์ทอง คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$

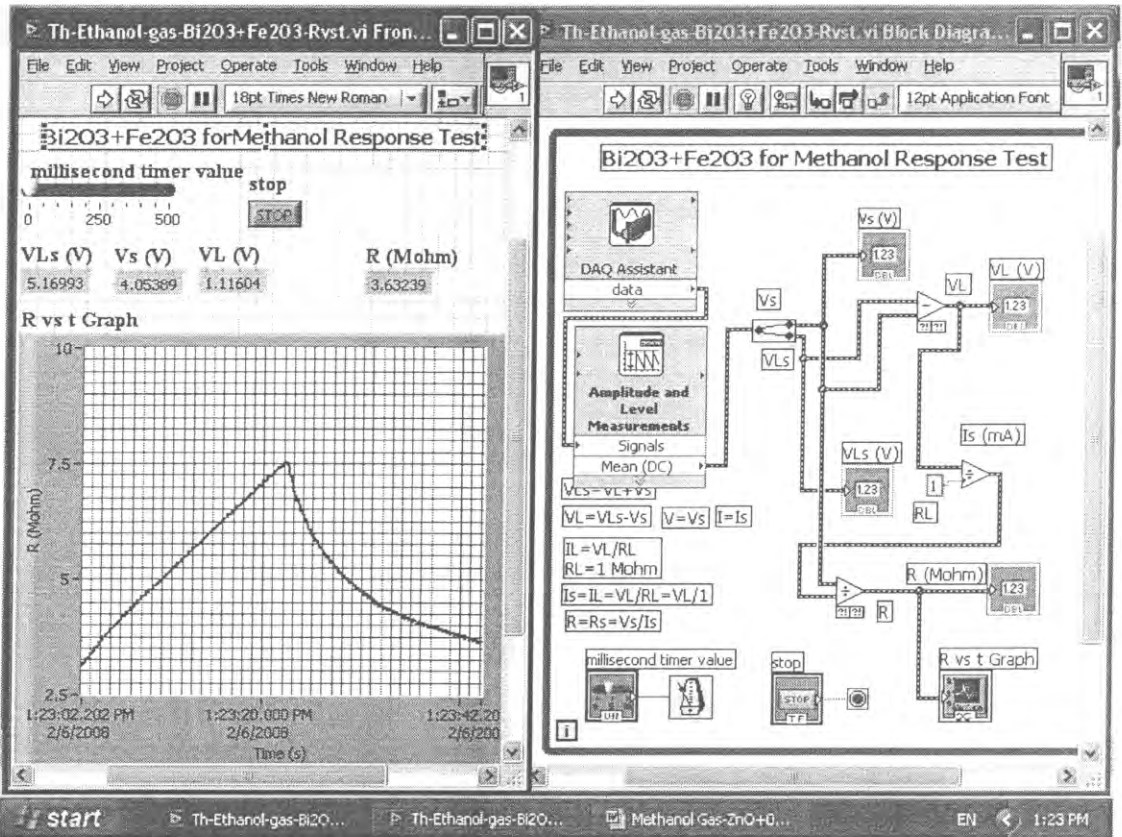
ตัวต้านทานโหลด (RL) ที่ใช้สำหรับการทดลองกับก๊าซอีทานอล มีทานอล แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์และ

หงษ์ทอง คือ $10\text{ k}\Omega$, $1\text{ M}\Omega$, $1\text{ M}\Omega$, $10\text{ k}\Omega$ และ $10\text{ M}\Omega$ ตามลำดับ

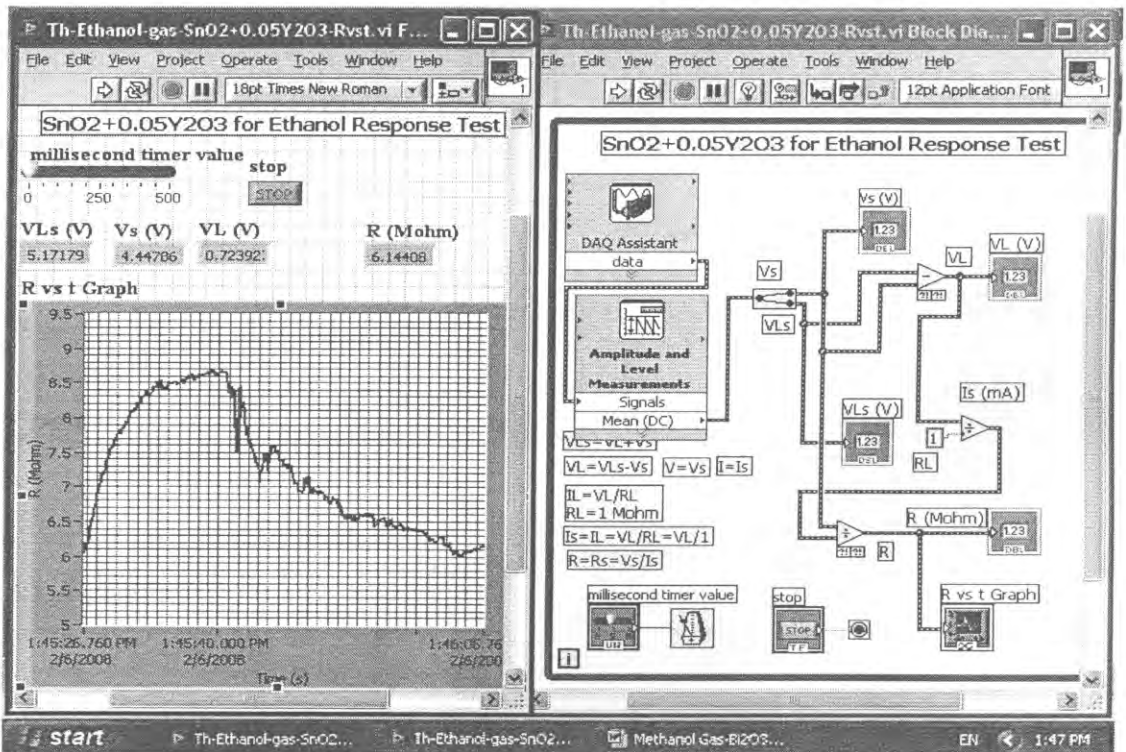
การทดลองเริ่มต้นจากการให้กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) (ค่า R_L ที่ใช้จะขึ้นกับความต้านทานของสาร) และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ DAQ Assistant จะทำงานโดยการรับแรงดันไฟฟ้า V_s และ V_{Ls} จาก LP connector ส่งผ่าน DAQ card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Mean (DC) Split signal จะแยก V_s และ V_{Ls} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s = I_L$ คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ แสดงความต้านทาน (R) ด้วย Numeric Indicator หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม ปล่อยก๊าซที่จะทดลองเข้าไป สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟ resistance vs. time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



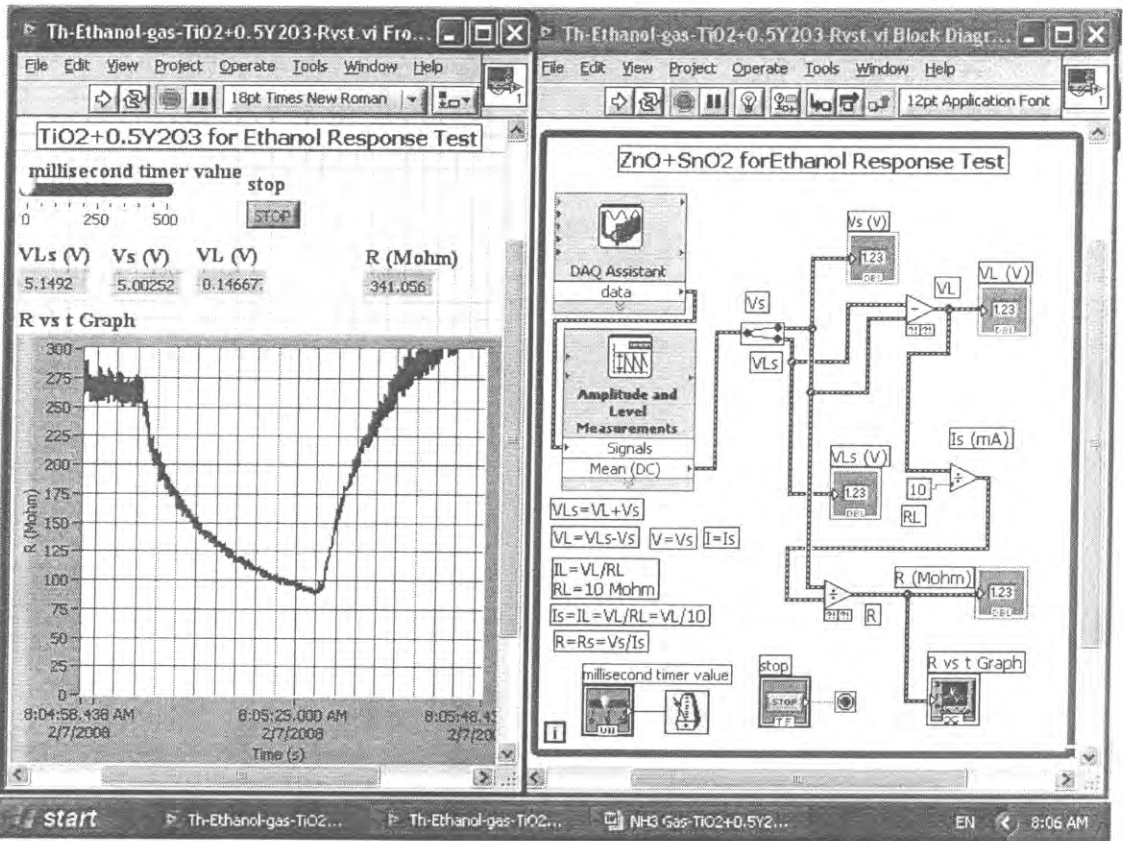
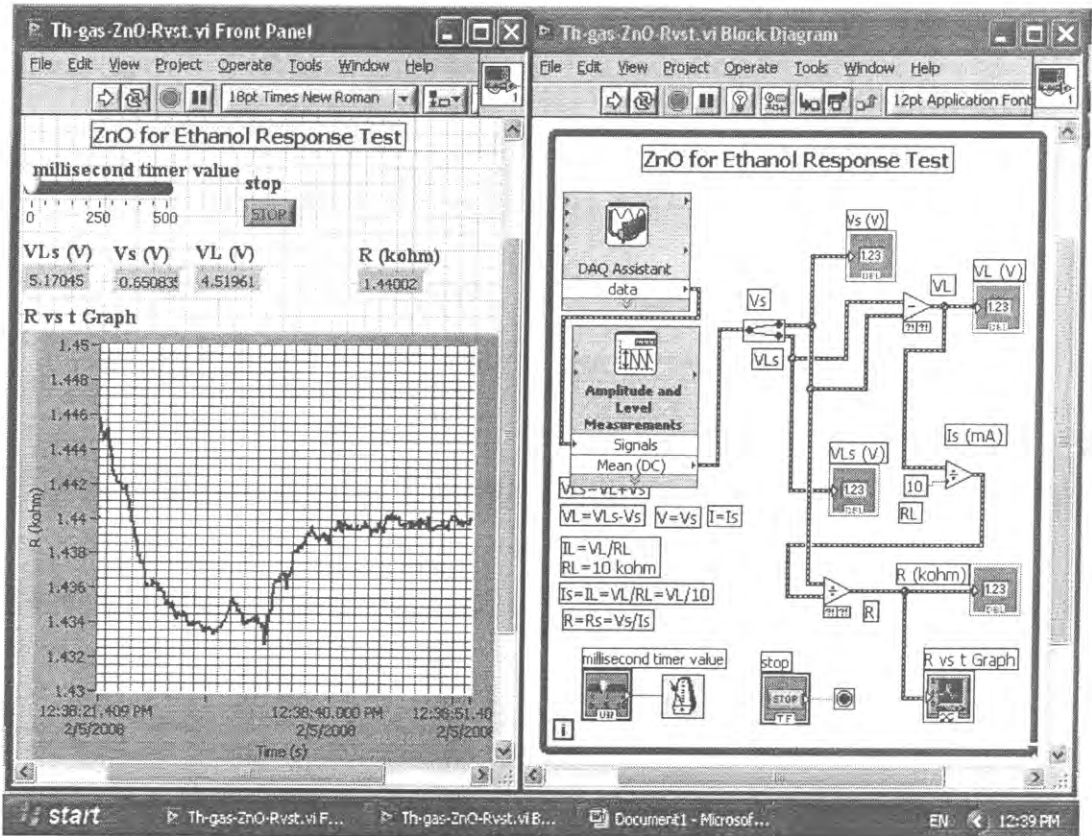
รูปที่ 21.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการสาริตเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซฮีทานอลด้วย LabVIEW



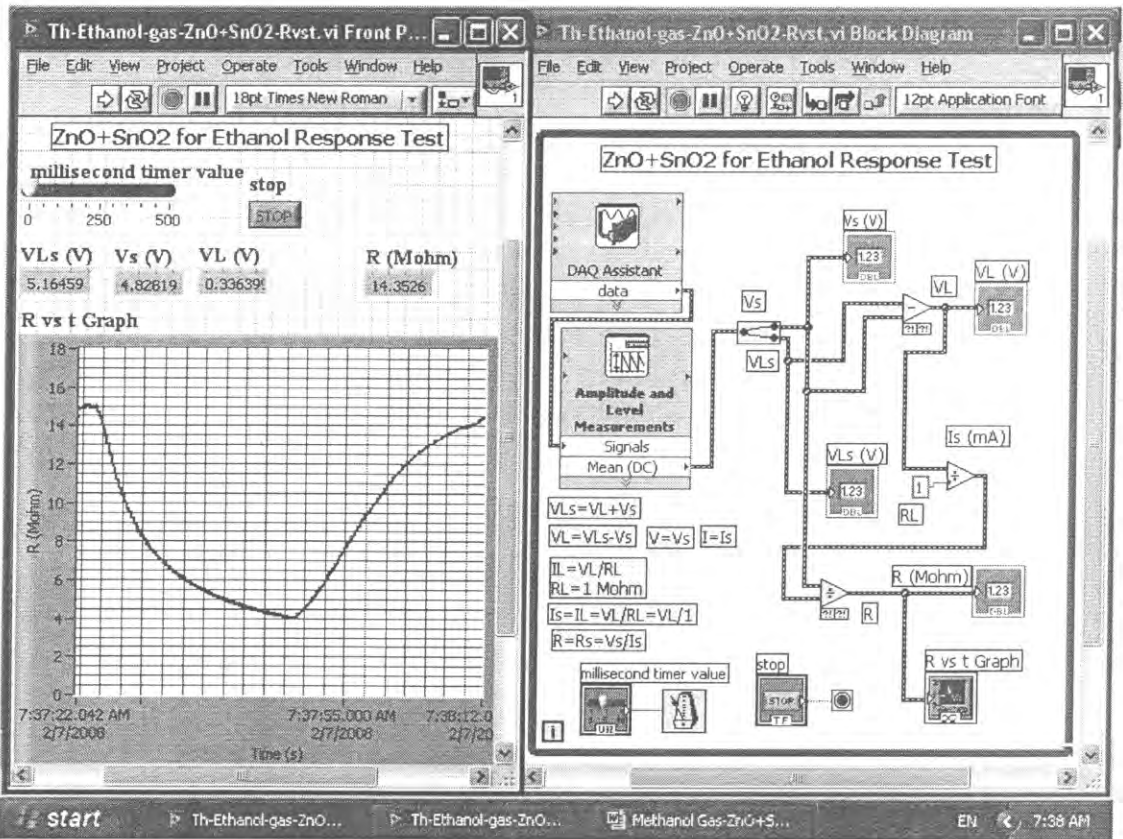
n) Bi₂O₃+Fe₂O₃



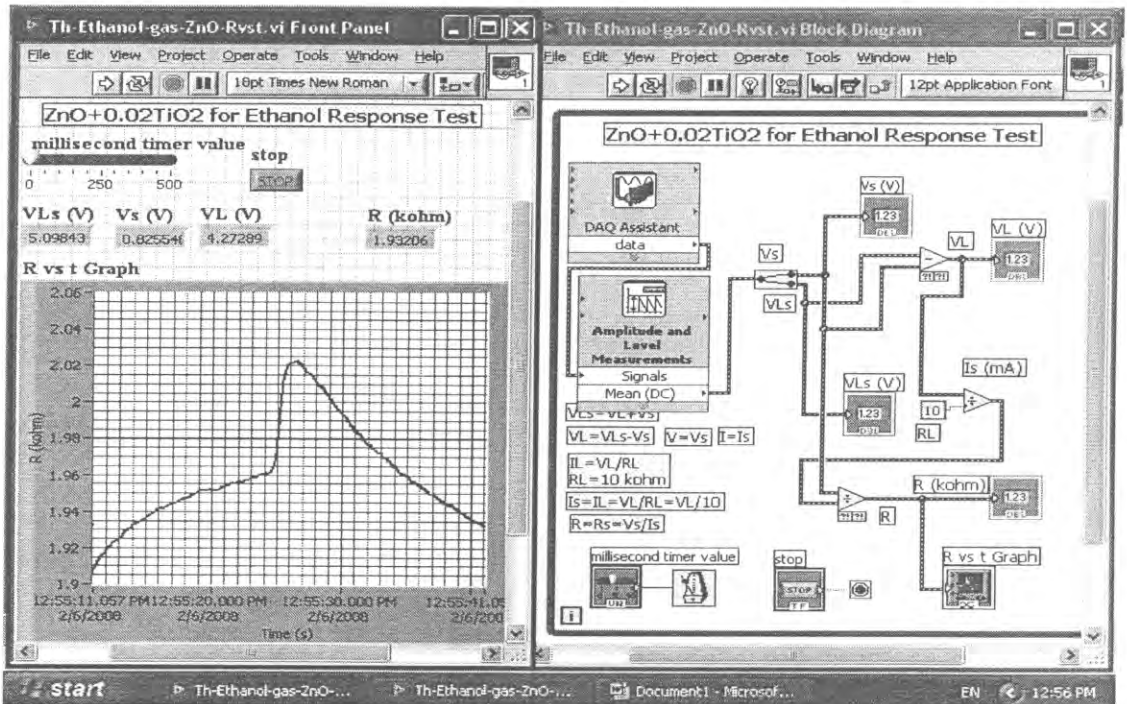
ñ) SnO₂+0.05Y₂O₃

a) TiO₂+0.5Y₂O₃

a) ZnO

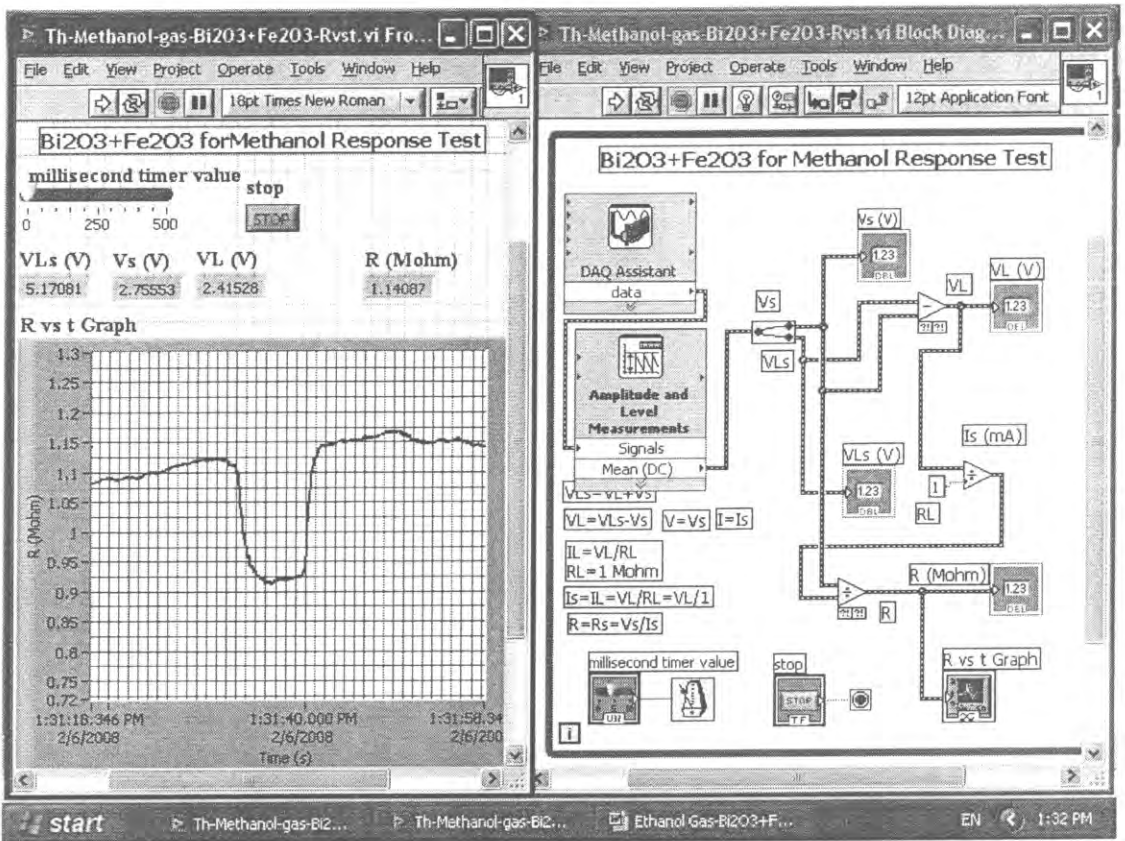
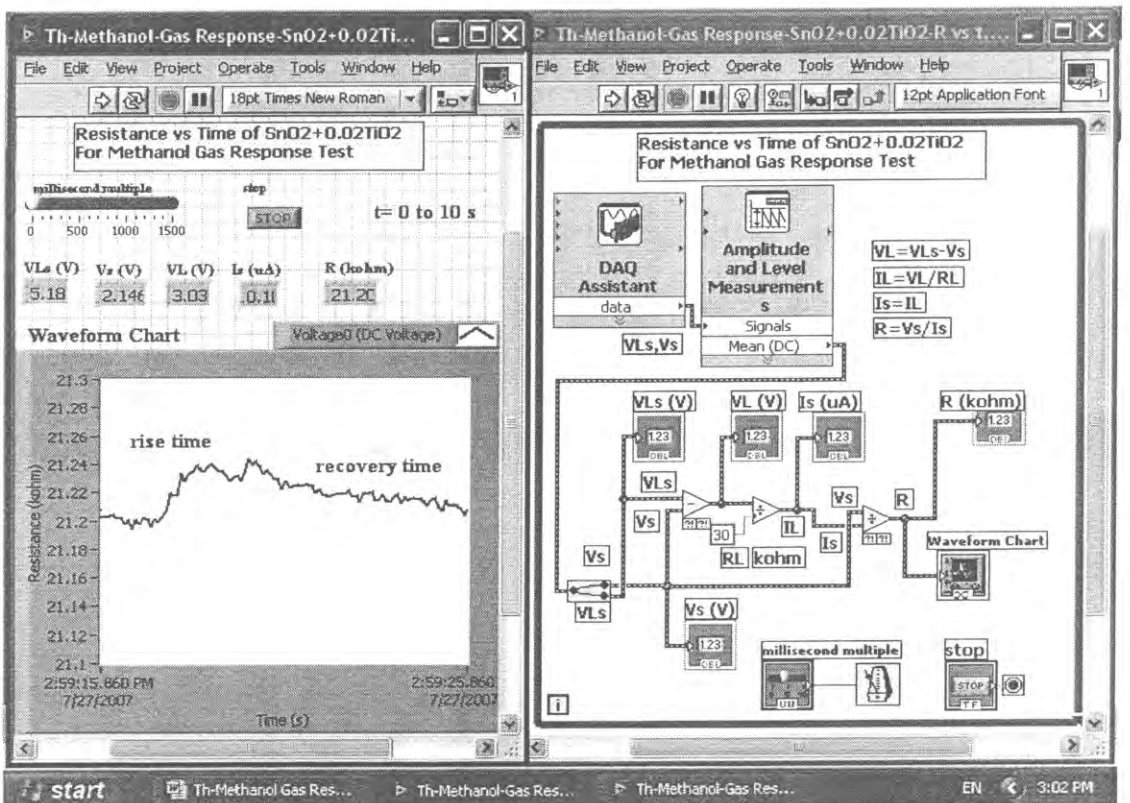


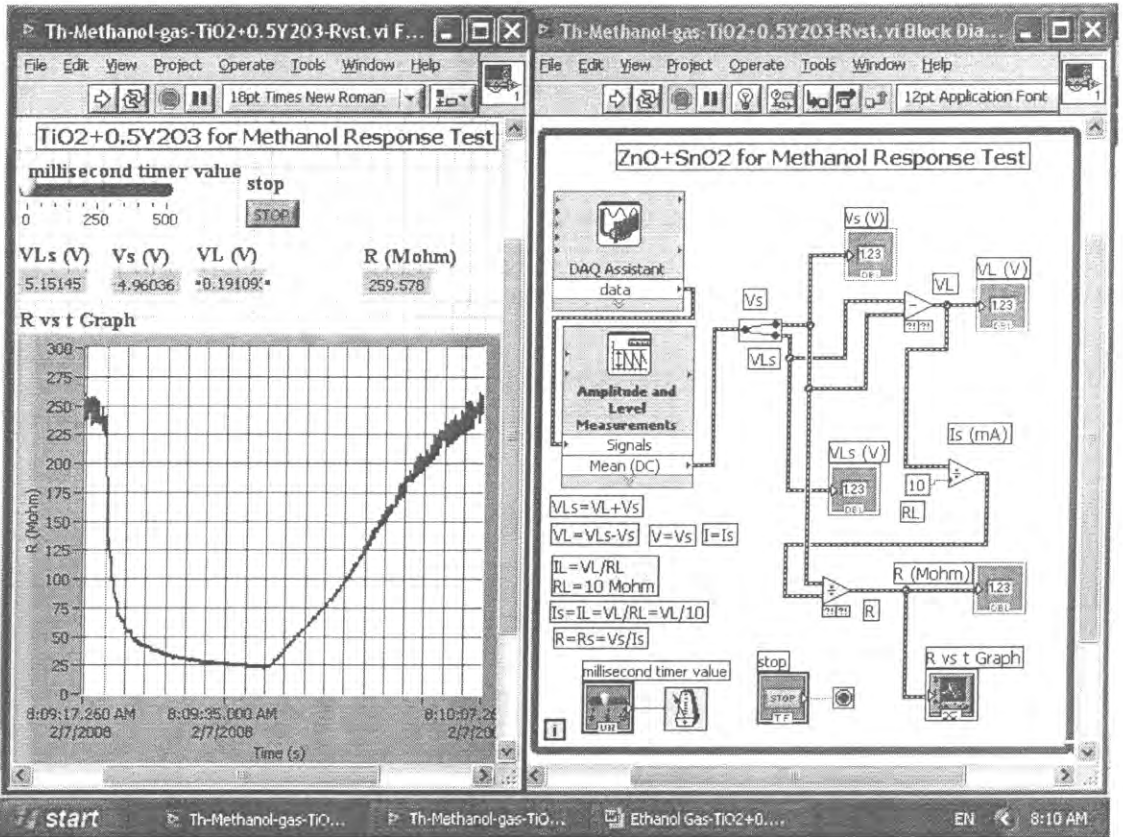
จ) ZnO+SnO₂



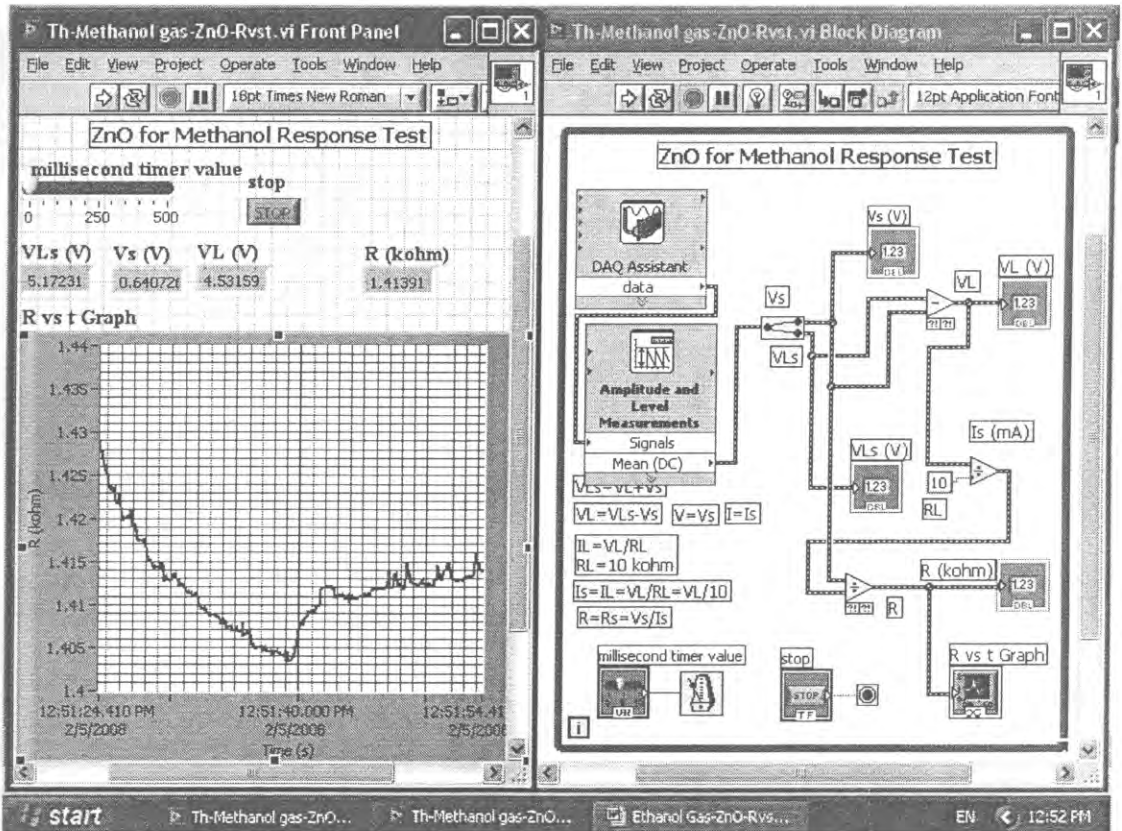
ข) ZnO+0.02TiO₂

รูปที่ 21.1.1 Front Panel และ Block diagram สำหรับการสาธิตเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซอีทานอล ด้วย LabVIEW

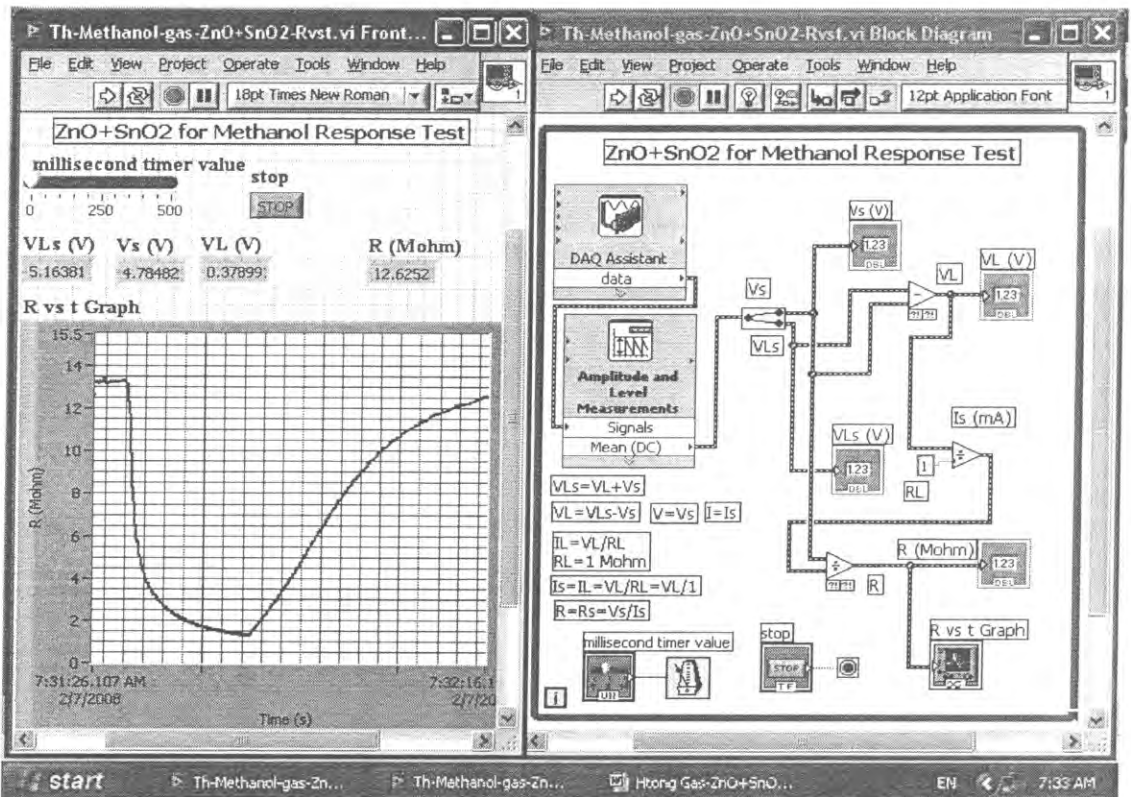
n) Bi₂O₃+Fe₂O₃1) SnO₂+0.02TiO₂



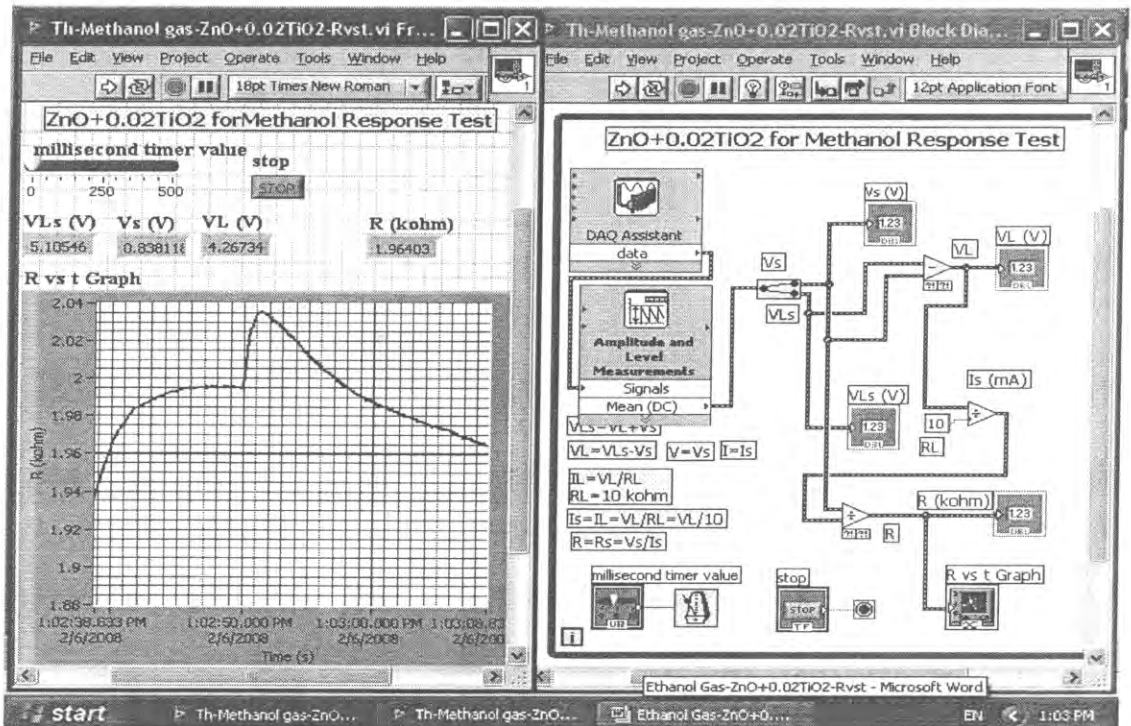
a) TiO₂+0.5Y₂O₃



b) ZnO

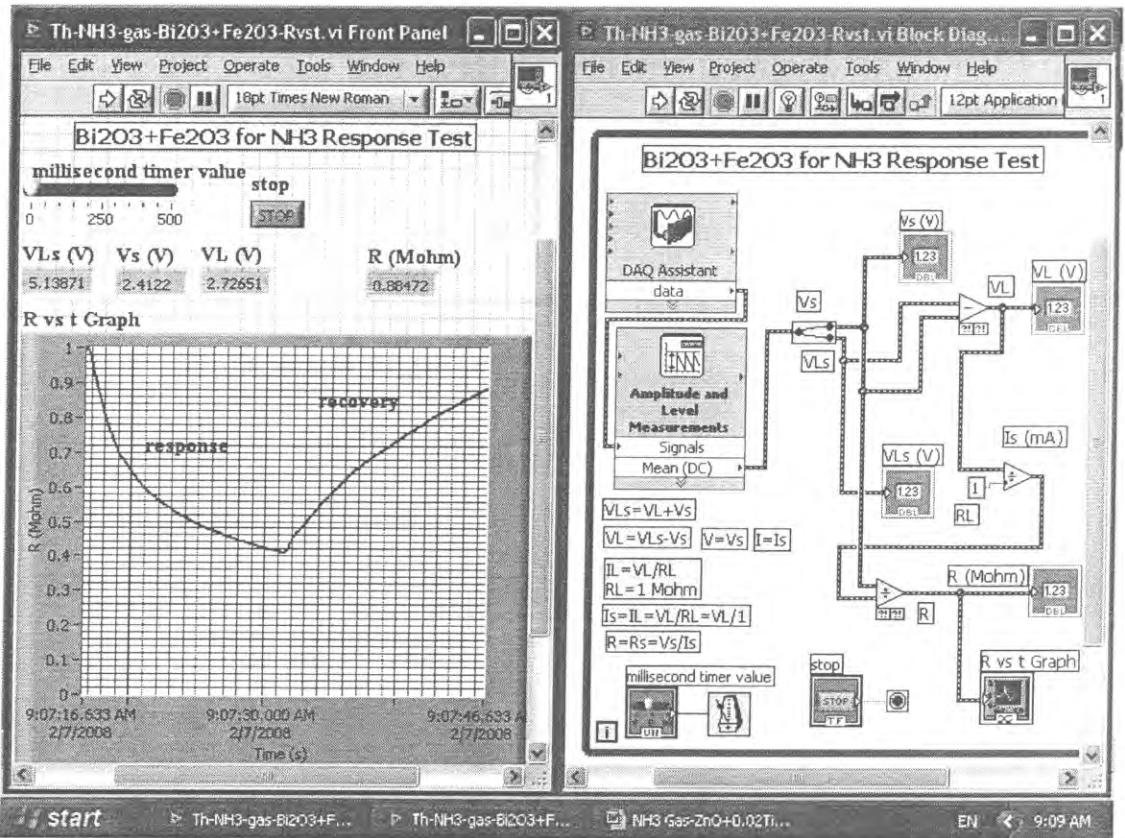
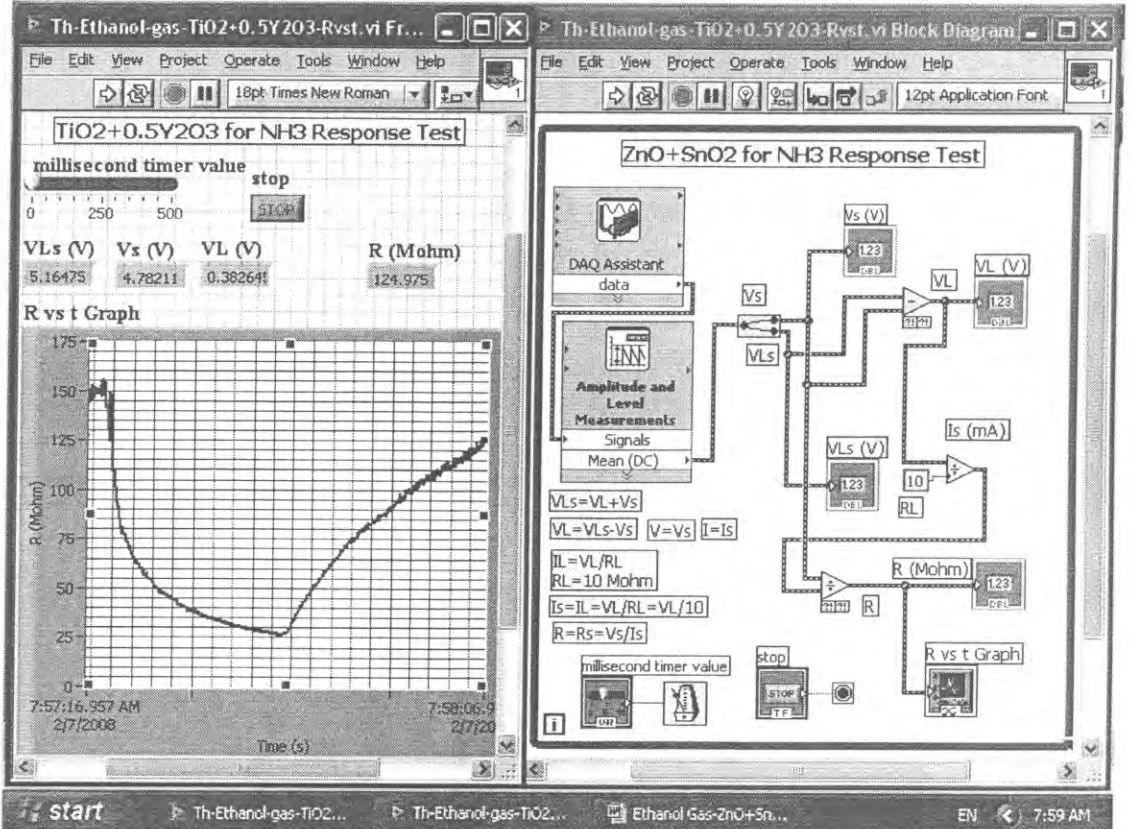


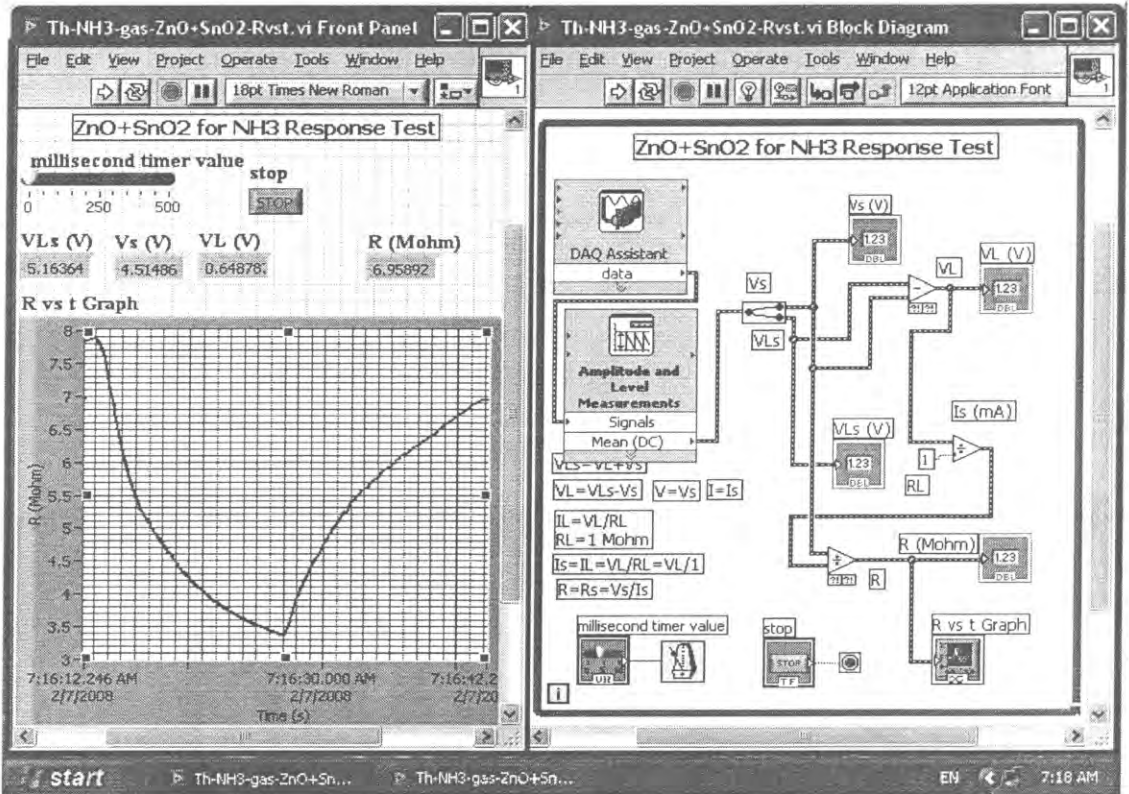
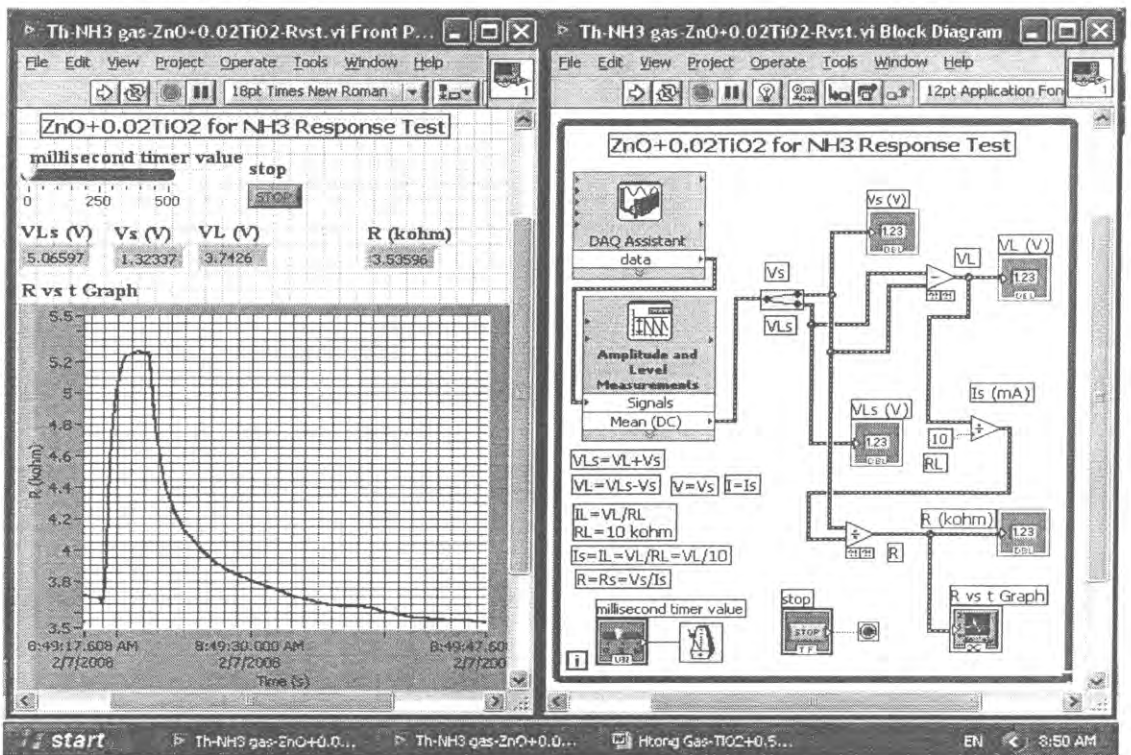
ก) ZnO+SnO₂



ข) ZnO+0.02TiO₂

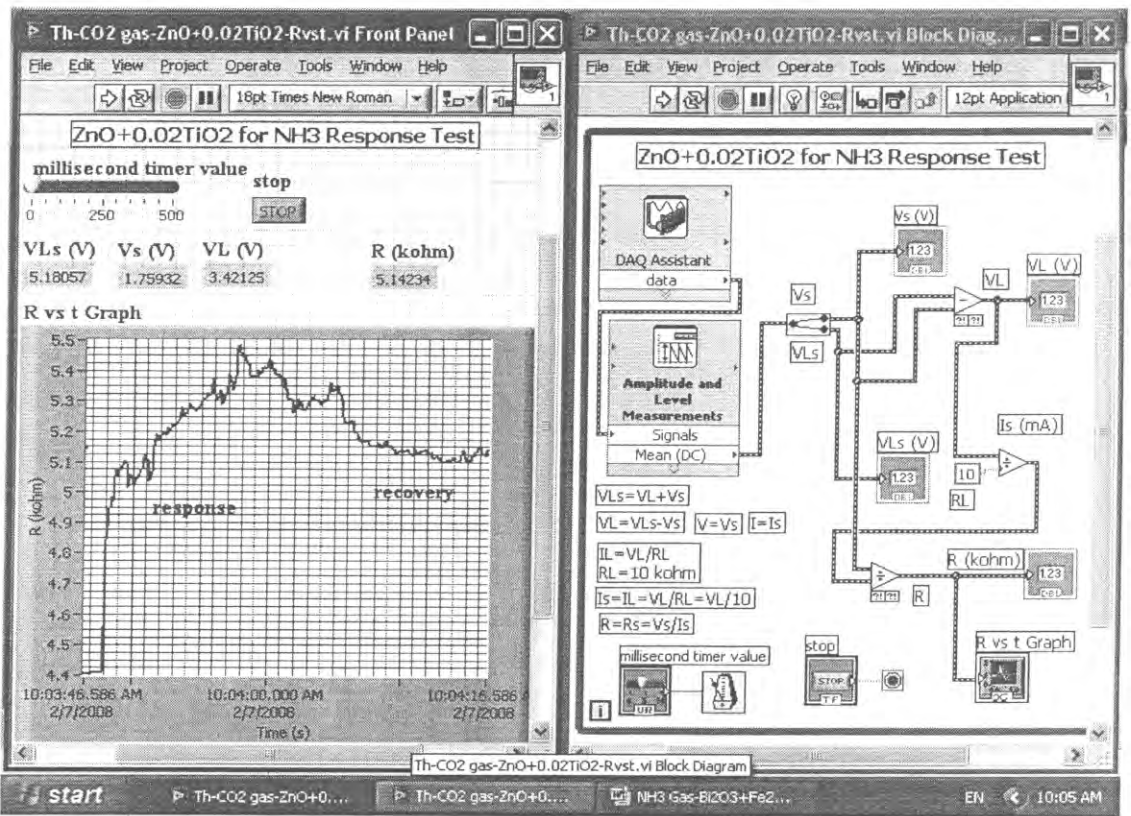
รูปที่ 21.1.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับจัดเตรียมการสาธิตเซรามิกสตอบสนองต่อก๊าซมีทานอลด้วย LabVIEW

n) $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 1) $\text{TiO}_2 + 0.5\text{Y}_2\text{O}_3$

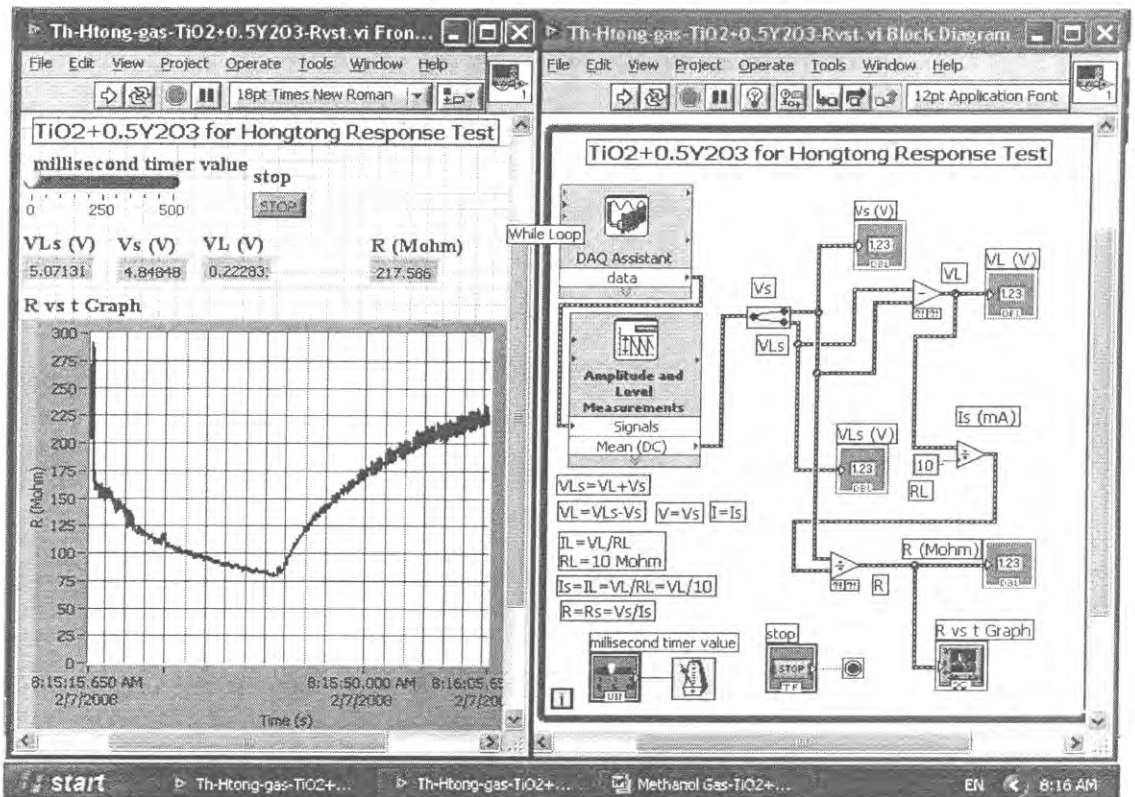
d) ZnO+SnO₂g) ZnO+0.02TiO₂

รูปที่ 21.1.3 Front Panel และ Block diagram สำหรับจัดเตรียมการสาธิตเซรามิกส์ตอบสนองต่อ

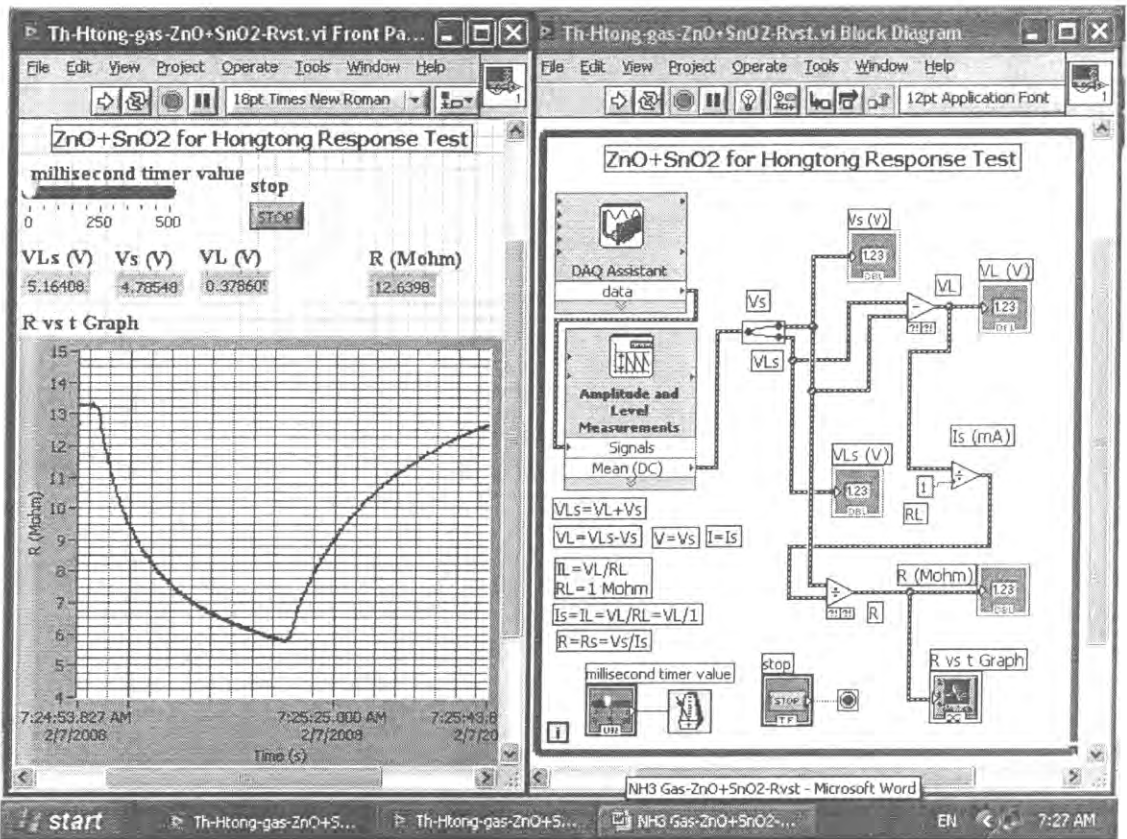
ก๊าซแอมโมเนียด้วย LabVIEW



รูปที่ 21.1.4 Front Panel และ Block diagram สำหรับจัดเตรียมการสวาทิเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ZnO+0.02TiO₂) ด้วย LabVIEW



n) TiO₂+0.5Y₂O₃



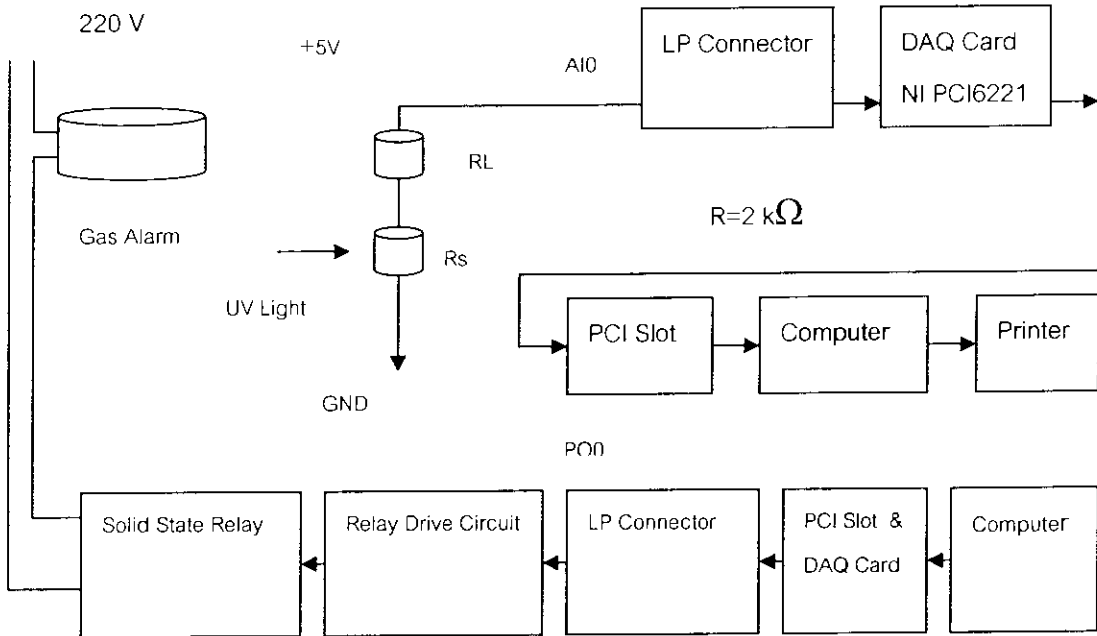
๒) ZnO+SnO₂

รูปที่ 21.1.5 Front Panel และ Block diagram สำหรับจัดเตรียมการสาธิตเซรามิกสตอบสนองต่อก๊าซของห้องด้วย LabVIEW

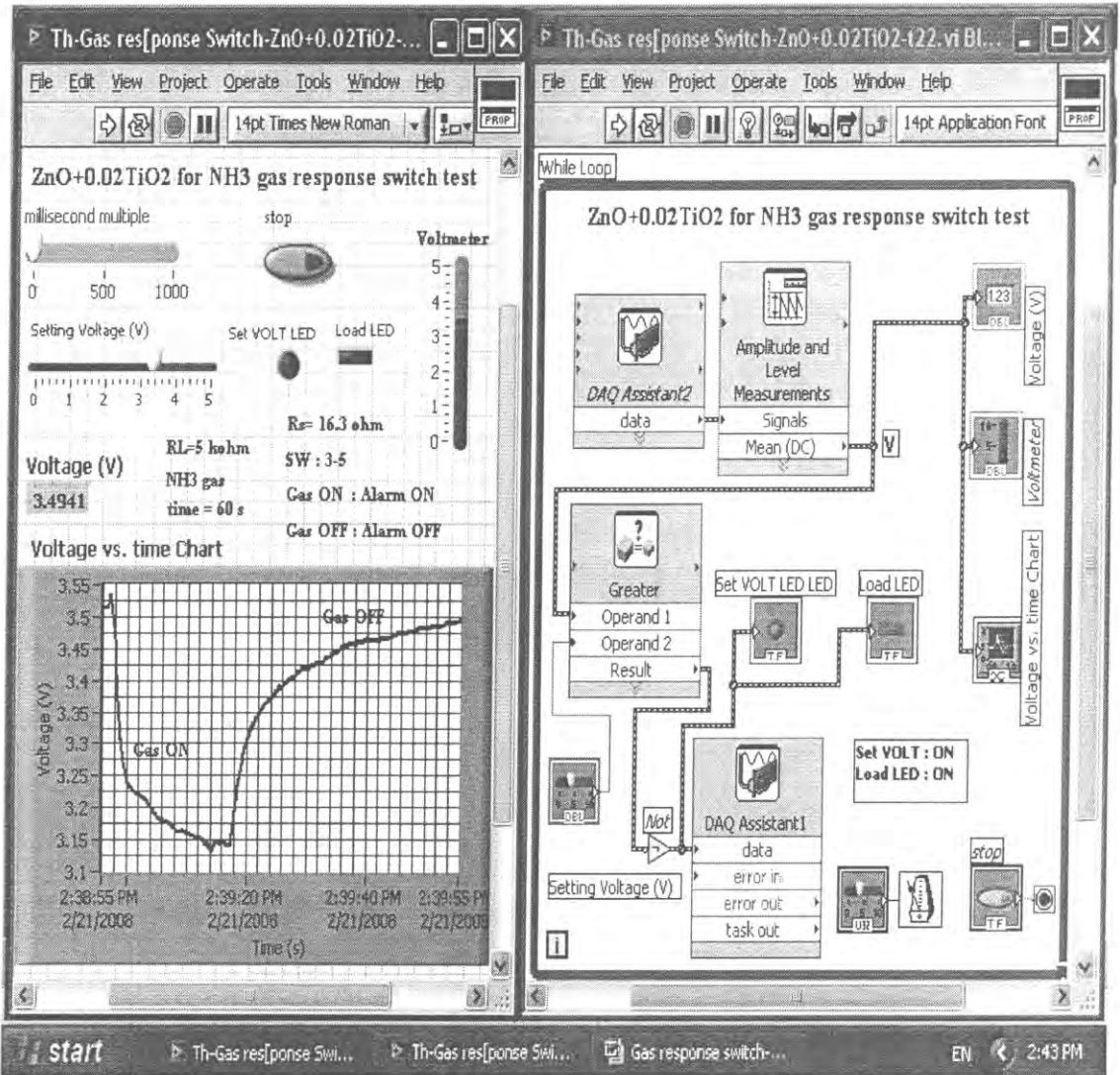
21.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซ (gas switch device)

จัดเครื่องมือเพื่อทดสอบประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซของเซรามิกสตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย แสดงดังรูปที่ 21.2.1 สร้าง Front panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซของเซรามิกสตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียแสดงดังรูปที่ 21.2.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ZnO+0.02TiO₂ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 V จากขา 14 ของ LP Connector จะจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด RL และสารตัวอย่างลง GND มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s เท่ากับ V แรงดันไฟฟ้า V จะมาเข้าที่ A10 ของ LP Connector ผ่าน DAQ Card เข้าคอมพิวเตอร์ DAQ Assistant2 จะทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้า V นี้ ส่งมาที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้แสดงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเฉลี่ย Mean (DC) แสดงแรงดันไฟฟ้านี้ด้วย Numeric Indicator และ Waveform Chart ส่งค่าแรงดันไฟฟ้า V มาเข้าที่ Greater ส่วน Setting Voltage ก็จะถูกส่งมาเข้าที่ Greater เช่นกัน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่า ผลการเปรียบเทียบค่าจะถูกส่งออกทางเอาต์พุต ผ่าน Not Function แล้วออกทาง DAQ Assistant1 แรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากผลดังกล่าวจะออกจาก DAQ Card มาที่ LP Connector แรงดันจาก LP Connector จะมาเข้าที่วงจรรีบรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดปิดสวิตช์ รีเลย์มีอำนาจมาเหล็ก ดึงดูดให้สวิตช์ชั่วคราว 3 ต่อกับชั่วคราว 5 สวิตช์ชั่วคราว 3 และ 5 จะควบคุมการเปิดและปิดแรงดันไฟฟ้าที่เข้าที่อินพุตของโซลิดสเตตรีเลย์ เอาต์พุตของโซลิดสเตตรีเลย์จะควบคุมการทำงานของไฟฟ้า

220 V ที่จะมาเข้าที่เครื่องเตือนก๊าซ (gas alarm) ถ้าสารได้รับก๊าซแอมโมเนีย แรงดันไฟฟ้าที่มาเข้าที่ Greater จะเปลี่ยนแปลง ผลการเปรียบเทียบของ Greater จะไปควบคุมให้ตัดต่อไฟฟ้าที่มาเข้าที่พัดลม การทำงานแบบนี้จะเป็นการทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซของเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย



รูปที่ 21.2.1 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซของเซรามิกส์ $ZnO+0.02TiO_2$ ที่ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียด้วย LabVIEW



รูปที่ 21.2.2 Front panel และ Block diagram สำหรับการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ก๊าซของ เซรามิกส์ $ZnO+0.02TiO_2$ ที่ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์สวิตซ์ปรากฏการณ์ตอบสนองต่อก๊าซอีทานอล

ผลการอุปกรณ์สวิตซ์ปรากฏการณ์ตอบสนองต่อก๊าซอีทานอลด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 21.1.1 ตารางที่ 21.1.1(ก) และตารางที่ 21.1.1(ข) เมื่อพิจารณาตารางที่ 21.1.1(ก) พบว่าสารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซอีทานอล คือ $Bi_2O_3+Fe_2O_3$, $SnO_2+0.05Y_2O_3$, $ZnO+0.02TiO_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อได้รับก๊าซอีทานอล คือ $TiO_2+0.5Y_2O_3$, ZnO , $ZnO+SnO_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อได้รับและไม่รับก๊าซ อีทานอล คือ $Bi_2O_3+Fe_2O_3$ ค่าความไวต่อการตอบสนองต่อก๊าซ (G) จากสูตร $G = [(R_1 - R_2) / R_2] * 100$ เมื่อ R_1 และ R_2 เป็นความต้านทานของสารก่อนและหลังได้รับก๊าซ เมื่อพิจารณาตารางที่ 21.1.1(ข) พบว่าค่า G ที่เป็นบวกหมายถึงสารมีความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซและค่า G ที่เป็นลบหมายถึงสารมีความต้านทานลดลงเมื่อได้รับก๊าซ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซอีทานอลซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อก๊าซที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $Bi_2O_3+Fe_2O_3$, $ZnO+SnO_2$, $TiO_2+0.5Y_2O_3$,

$\text{SnO}_2+0.05\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ และ ZnO สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซมีทานอลมากที่สุด คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$

ตารางที่ 21.1.1(n) การเปลี่ยนความต้านทานในขณะที่ได้รับก๊าซ (i) และเวลาการตอบสนอง การเปลี่ยนความต้านทานในขณะที่ไม่ได้รับก๊าซ (f) และเวลาการคืนตัวสำหรับก๊าซมีทานอล

Samples	Resistance change (i)	Response time (s)	Resistance change (f)	Recovery time (s)
$\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$	3.05 – 7.5 $\text{M}\Omega$	20	7.50 – 3.75	18.0
$\text{SnO}_2+0.05\text{Y}_2\text{O}_3$	6.1 – 8.7 $\text{M}\Omega$	14	8.70 – 6.00	26.0
$\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$	275 – 90 $\text{M}\Omega$	29.17	90 – 300	17.5
ZnO	1.4455 – 1.4335 $\text{k}\Omega$	9	1.4335 – 1.44	21.0
$\text{ZnO}+\text{SnO}_2$	15 – 4 $\text{M}\Omega$	26.65	4.00 – 14.40	22.8
$\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$	1.905 – 2.02 $\text{k}\Omega$	16	2.02 – 1.955	15.0

ตารางที่ 21.1.1(n) ความต้านทานของสารก่อนและหลังได้รับก๊าซ (R_i , R_f) และสภาพความไวต่อก๊าซ (G) สำหรับก๊าซมีทานอล

Samples	R_i	R_f	G	G (%)
$\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$	3.05	7.5	1.46	146
$\text{SnO}_2+0.05\text{Y}_2\text{O}_3$	6.1	8.7	0.43	43
$\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$	275	90	-0.67	-67
ZnO	1.4455	1.4335	-0.01	1
$\text{ZnO}+\text{SnO}_2$	15	4	-0.73	-73
$\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$	1.905	2.02	0.06	6

2) อุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์ตอบสนองต่อก๊าซมีทานอล

ผลการอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์ตอบสนองต่อก๊าซมีทานอลด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 21.1.2 ตารางที่ 21.1.2(n) และตารางที่ 21.1.2(ข) เมื่อพิจารณาตารางที่ 21.1.2(n) พบว่าสารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซมีทานอล คือ $\text{SnO}_2+0.02\text{TiO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อได้รับก๊าซมีทานอล คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, ZnO และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อได้รับและไม่รับก๊าซมีทานอล คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซมีทานอลซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อก๊าซที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$, $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$, ZnO และ $\text{SnO}_2+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซมีทานอลมากที่สุด คือ $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$

ตารางที่ 21.1.2(n) การเปลี่ยนความต้านทานในขณะที่ได้รับก๊าซ (i) และเวลาการตอบสนอง การเปลี่ยนความต้านทานในขณะที่ไม่ได้รับก๊าซ (f) และเวลาการคืนตัวสำหรับก๊าซมีทานอล

Samples	Resistance change (i)	Response time (s)	Resistance change (f)	Recovery time (s)
$\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	1.125 – 0.925 $\text{M}\Omega$	5	0.925 – 1.15 $\text{M}\Omega$	3
$\text{SnO}_2 + 0.02\text{TiO}_2$	21.2 – 21.24 $\text{k}\Omega$	5	21.24 – 21.21 $\text{k}\Omega$	15
$\text{TiO}_2 + 0.5\text{Y}_2\text{O}_3$	250 – 25 $\text{M}\Omega$	23.14	25 – 250 $\text{M}\Omega$	28.27
ZnO	1.43 – 1.404 $\text{k}\Omega$	15	1.404 – 1.415 $\text{k}\Omega$	15
$\text{ZnO} + \text{SnO}_2$	13.25 – 1.6 $\text{M}\Omega$	17.5	1.6 – 12.5 $\text{M}\Omega$	30
$\text{ZnO} + 0.02\text{TiO}_2$	1.94 – 2.035 $\text{k}\Omega$	12	2.035 – 1.965 $\text{k}\Omega$	20

ตารางที่ 21.1.2(ข) ความต้านทานของสารก่อนและหลังได้รับก๊าซ (R_i , R_f) และสภาพความไวต่อก๊าซ (G) สำหรับก๊าซมีทานอล

Methanol	R_i	R_f	G	G (%)
$\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	1.125	0.925	-0.178	-17.8
$\text{SnO}_2 + 0.02\text{TiO}_2$	21.2	21.24	0.002	0.2
$\text{TiO}_2 + 0.5\text{Y}_2\text{O}_3$	250	25	-0.900	-90.0
ZnO	1.43	1.404	-0.018	-1.8
$\text{ZnO} + \text{SnO}_2$	13.25	1.6	-0.879	-87.9
$\text{ZnO} + 0.02\text{TiO}_2$	1.94	2.035	0.049	4.9

3) อุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย

ผลการอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 21.1.3 ตารางที่ 21.1.3(n) และตารางที่ 21.1.3(ข) เมื่อพิจารณาตารางที่ 21.1.3(n) พบว่าสารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซแอมโมเนีย คือ $\text{ZnO} + 0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้านลดลงเมื่อได้รับก๊าซแอมโมเนีย คือ $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2 + 0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO} + \text{SnO}_2$ สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อได้รับและไม่รับก๊าซแอมโมเนีย คือ $\text{TiO}_2 + 0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อก๊าซที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $\text{TiO}_2 + 0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO} + \text{SnO}_2$ และ $\text{ZnO} + 0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียมากที่สุด คือ $\text{TiO}_2 + 0.5\text{Y}_2\text{O}_3$

ตารางที่ 21.1.3(ก) การเปลี่ยนความต้านทานในขณะที่ได้รับก๊าซ (i) และเวลาการตอบสนอง การเปลี่ยนความต้านทานในขณะที่ไม่ได้รับก๊าซ (f) และเวลาการคืนตัวสำหรับ ก๊าซแอมโมเนีย

Samples	Resistance change (i)	Response time (s)	Resistance change (f)	Recovery time (s)
$\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$	1 – 0.4 M Ω	15	0.4 – 0.9 M Ω	15
$\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$	150 - 25 M Ω	25	25 – 125 M Ω	25
$\text{ZnO}+\text{SnO}_2$	7.9 – 3.4 M Ω	14	3.4 – 7 M Ω	14
$\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$	3.7 – 5.3 k Ω	3	5.3 – 3.5 k Ω	25

ตารางที่ 21.1.3(ข) ความต้านทานของสารก่อนและหลังได้รับก๊าซ (R_i , R_f) และสภาพความไวต่อก๊าซ (G) สำหรับก๊าซแอมโมเนีย

NH_3	R_i	R_f	G	G (%)
$\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$	1	0.4	-0.600	-60.0
$\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$	150	25	-0.833	-83.3
$\text{ZnO}+\text{SnO}_2$	7.9	3.4	-0.570	-57.0
$\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$	3.7	5.3	0.432	-43.2

4) อุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ผลการอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 21.1.4 ตารางที่ 21.1.4(ก) เมื่อพิจารณารางที่ 21.1.4(ก) พบว่าสาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความไวในการตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ มีค่าเท่ากับ 25 %

ตารางที่ 21.1.4(ก) การเปลี่ยนความต้านทานในขณะที่ได้รับก๊าซ (i) และเวลาการตอบสนอง การเปลี่ยนความต้านทานในขณะที่ไม่ได้รับก๊าซ (f) และเวลาการคืนตัวสำหรับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์

Samples	Resistance change (i)	Response time (s)	Resistance change (f)	Recovery time (s)
$\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$	4.4 – 5.5 k Ω	10	5.5 – 5.14 k Ω	18

5) อุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์ตอบสนองต่อก๊าซหึ่งทอง

ผลการอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์ตอบสนองต่อก๊าซหึ่งทองด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 21.1.5 ตารางที่ 21.1.5(n) และตารางที่ 21.1.5(ข) เมื่อพิจารณาตารางที่ 21.1.5(n) พบว่าสาร $TiO_2+0.5Y_2O_3$ และ $ZnO+SnO_2$ ต่างก็มีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อได้รับก๊าซหึ่งทอง สาร $TiO_2+0.5Y_2O_3$ มีความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากกว่า $ZnO+SnO_2$ เมื่อได้รับเมื่อได้รับก๊าซหึ่งทอง เมื่อพิจารณาตารางที่ 21.1.5(ข) สาร $TiO_2+0.5Y_2O_3$ มีค่าสภาพความไวต่อก๊าซมากกว่า $ZnO+SnO_2$ เมื่อได้รับเมื่อได้รับก๊าซหึ่งทอง

ตารางที่ 21.1.5(n) การเปลี่ยนความต้านทานในขณะที่ได้รับก๊าซ (i) และเวลาการตอบสนอง การเปลี่ยนความต้านทานในขณะที่ไม่ได้รับก๊าซ (f) และเวลาการคืนตัวสำหรับ ก๊าซหึ่งทอง

Samples	Resistance change (i)	Response time (s)	Resistance change (f)	Recovery time (s)
$TiO_2+0.5Y_2O_3$	290 – 80 $M\Omega$	22.5	80 - 225 $M\Omega$	25
$ZnO+SnO_2$	13.2 – 5.8 $M\Omega$	27.5	5.8 – 12.5 $M\Omega$	27.5

ตารางที่ 21.1.1(ข) ความต้านทานของสารก่อนและหลังได้รับก๊าซ (R_i , R_f) และสภาพความไวต่อก๊าซ (G) สำหรับก๊าซหึ่งทอง

Hongtong gas	R_i	R_f	G	G (%)
$TiO_2+0.5Y_2O_3$	290	80	-0.724	-72.4
$ZnO+SnO_2$	13.2	5.8	-0.561	-56.1

6) อุปกรณ์สวิตช์ก๊าซของเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย

ผลการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซของเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 21.2.2 เมื่อปล่อยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 V เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารตัวอย่าง $ZnO+0.02TiO_2$ จนกระทั่งมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม เท่ากับ V แล้วส่งค่าแรงดันไฟฟ้า V นี้มาเข้าที่ Greater และเปรียบเทียบค่ากับ Setting Voltage ผลการเปรียบเทียบจะไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์และโหลด ตามลำดับ การทำงานแบบนี้จะเป็นการทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซของเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย ขณะที่สารได้รับก๊าซแอมโมเนีย ความต้านทานของสาร (R_s) จะลดลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารลดลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลด R_L (V) มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 3.152 V - 3.4 V แต่เมื่อสารไม่ได้รับก๊าซแอมโมเนีย ความต้านทานของสาร (R_s) จะเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลด R_L (V) มีค่าลดลงในช่วง 3.4 V - 3.152 V การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดในขณะที่ได้รับและไม่ได้รับก๊าซแอมโมเนียจะทำให้เกิดการควบคุมการทำงานของรีเลย์และโหลด

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$, $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{SnO}_2+0.05\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ และ ZnO แสดงการตอบสนองต่อก๊าซอีทานอล
- 2) สาร $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$, $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$, ZnO และ $\text{SnO}_2+0.02\text{TiO}_2$ แสดงการตอบสนองต่อก๊าซมีทานอล
- 3) สาร $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$, $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ แสดงการตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย
- 4) สาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ แสดงการตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- 5) สาร $\text{TiO}_2+0.5\text{Y}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+\text{SnO}_2$ แสดงการตอบสนองต่อก๊าซหุงต้ม
- 6) สาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซที่ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย
- 7) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วยโปรแกรม LabVIEW และ DAQ card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.

22. การวัดการตอบสนองของเซรามิกส์ที่มีต่อความชื้น

Humidity response measurement of ceramics

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติของเซรามิกส์ที่ตอบสนองต่อความชื้นซึ่งมี 3 สูตรด้วยกัน คือ $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยหัวต่อ LP , การ์ด DAQ และแลปวิว สารที่มีความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความชื้น ได้แก่ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความต้านทานลดลงเมื่อได้รับความชื้น ได้แก่ $\text{NiO}+0.1\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อความชื้นซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อก๊าซที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$, $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อความชื้นมากที่สุด คือ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$
คำสำคัญ : เซรามิกส์ที่ตอบสนองต่อความชื้น แลปวิว

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. The property of humidity response ceramics was measured. Instruments for sample testing were constructed and composed of LP connector, DAQ Card and LabVIEW. The properties of humidity response ceramics ($\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$) were measured. The samples which the resistances increased when received humidity were $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$. The samples which the resistances decreased when received humidity were $\text{NiO}+0.1\text{Cr}_2\text{O}_3$ and $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$. The sample which it has the most change of resistance when received and non-received humidity was $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$. The sample that the humidity sensitivity varied from large to small were $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$, $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$. The sample that the humidity sensitivity was the most value was $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$.

Keyword : humidity response ceramics , LabVIEW

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

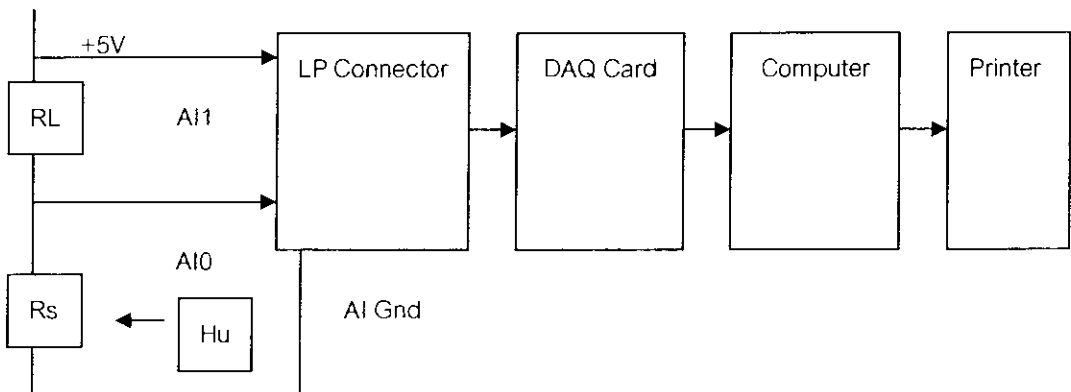
เนื้อหาหน้า

วัสดุตอบสนองต่อความชื้นใช้ทำหัววัดความชื้น (humidity sensor) หัววัดความชื้นมีลักษณะเป็นจานบางๆของวัสดุที่เปลี่ยนค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าในขณะที่ได้รับความชื้นจากบรรยากาศ วัสดุที่ใช้ทำจะมีโครงสร้างเป็นรูพรุน ซินเตอร์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใช้เพื่อให้ได้ความหนาแน่นสูงสุดซึ่งจะได้เซรามิกที่มีรูพรุน (porous ceramics) ที่เหมาะสมสำหรับการวัดความชื้น ตัวอย่างวัสดุตอบสนองต่อความชื้น เช่น $MgFe_2O_4$ วัสดุที่ใช้ทำหัววัดความชื้นประกอบด้วย Al_2O_3 และ $TiO_2-MgCr_2O_4$ เมื่อนำออกไซด์ทั้งสองผสมกันแล้วอัดให้เป็นรูปจานที่หนา 0.25 mm โดยใช้ความดัน 10,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1350 °C เป็นเวลาหลายชั่วโมงก็จะได้วัสดุที่ผ่านการซินเตอร์ (sintered body) ซึ่งมีรูพรุน 35 % ($MgTiO_3$) ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ทำมาจาก RuO_2 โดยใช้เคลือบสำหรับการยึด (Moulson, A.J. และ Herbert, J.M., 1990)

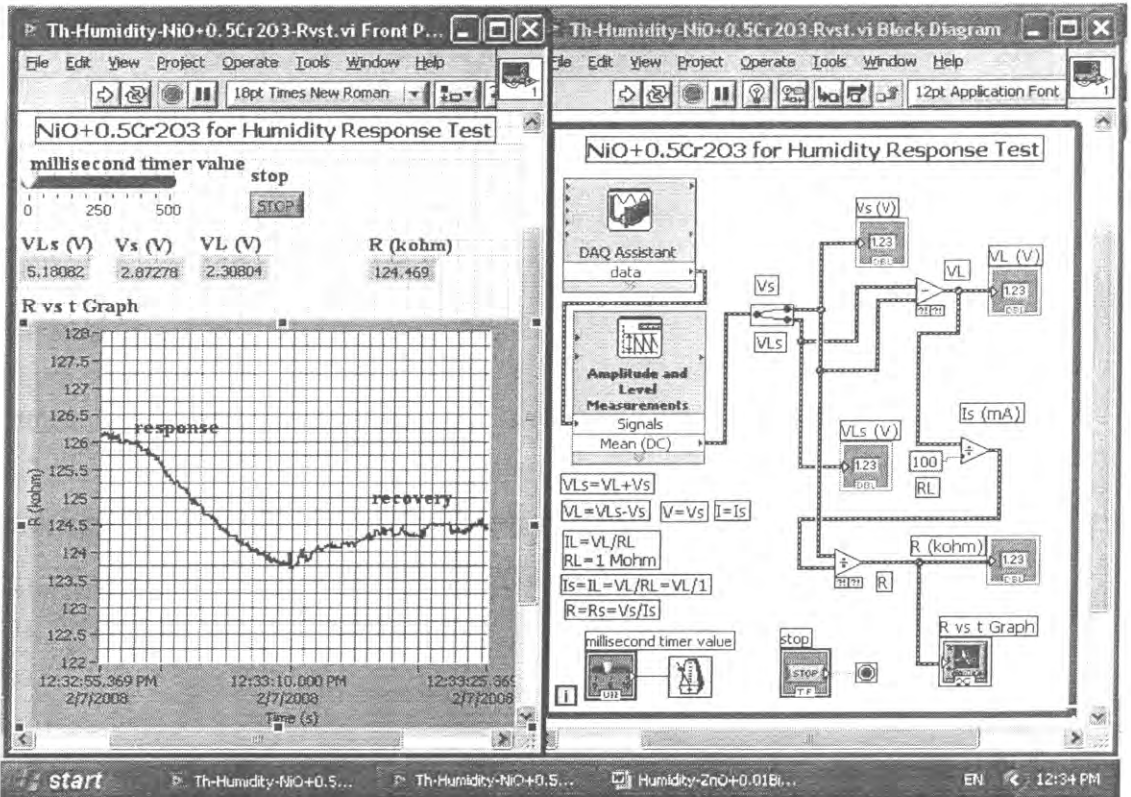
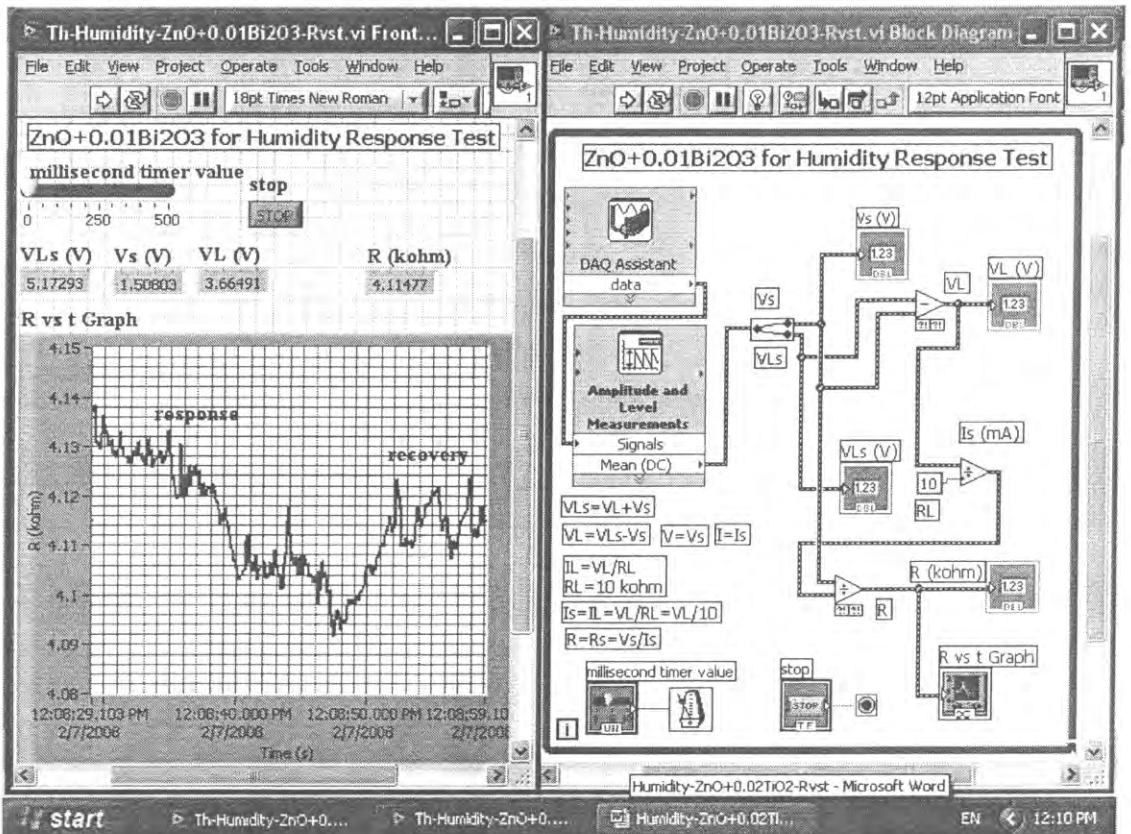
บทความนี้เป็นการศึกษาประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้น

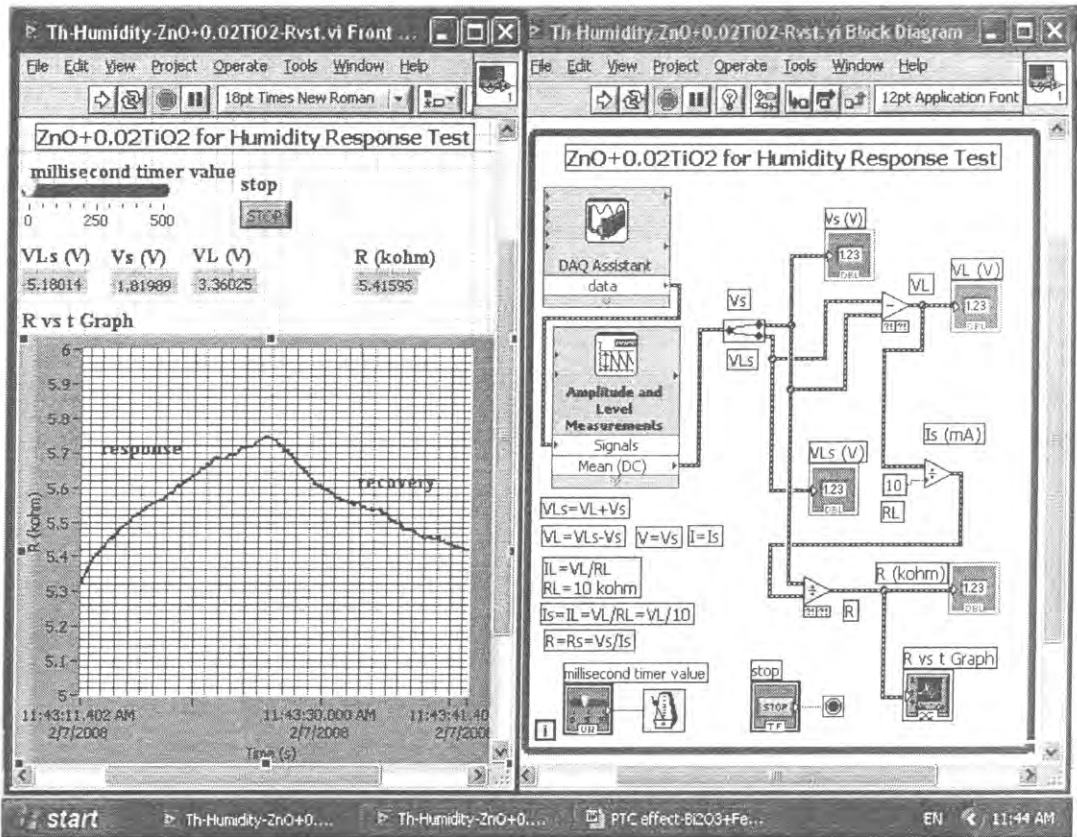
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

จัดเครื่องมือสำหรับการจัดเตรียมอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้นด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 22.1 สร้าง Front Panel และ Block diagram สำหรับจัดเตรียมอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้นด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 22.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ $NiO+0.5Cr_2O_3$, $ZnO+0.01Bi_2O_3$ และ $ZnO+0.02TiO_2$ กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 10 k Ω และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ R_s+R_L มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (AI0) และ analog input 1 (AI1) ของ LP connector ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน DAQ Card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ DAQ Assistant จะทำงานโดยการรับแรงดันไฟฟ้า V_s และ V_{Ls} จาก LP connector ส่งผ่าน DAQ card เข้าไปในคอมพิวเตอร์ ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Amplitude and Level Measurements เพื่อให้กลายเป็นค่า Mean (DC) Split signal จะแยก V_s และ V_{Ls} ออกจากกัน ส่ง V_s และ V_{Ls} ไปที่ Divide เพื่อหา $V_L=V_{Ls}-V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L=V_L/R_L$ กระแสไฟฟ้า $I_s=I_L$ คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R=V_s/I_s$ แสดงความต้านทาน (R) ด้วย Numeric Indicator หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วย Millisecond Multiple Stop เป็น Numeric Control ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดการทำงาน While Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม การให้ความชื้นแก่สารทั้งสามทำโดยการนำน้ำใส่ในขวดแล้วนำก้อนสารหย่อนลงในขวดโดยไม่แตะน้ำ สั่ง Run โปรแกรม แล้วให้ความชื้นแก่สาร เพื่อแสดงกราฟ resistance vs time สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ด้วย Printer



รูปที่ 22.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการจัดเตรียมอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้นด้วย LabVIEW

n) NiO+0.5Cr₂O₃n) ZnO+0.01Bi₂O₃



ค) $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$

รูปที่ 22.2 Front Panel และ Block diagram สำหรับจัดเตรียมอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้นด้วย LabVIEW

ผลและวิเคราะห์ผล

ผลการประยุกต์สาร $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำตอบสนองต่อความชื้นด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 22.2 เมื่อสารทั้งสามได้รับความชื้นพบว่าความต้านทานมีค่าเปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 22.1 สารที่มีความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความชื้น ได้แก่ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สารที่มีความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความชื้น ได้แก่ $\text{NiO}+0.1\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$ คำนวณสภาพความไวต่อความชื้น (G) จากสูตร $G = [(R_f - R_i) / R_i] * 100$ เมื่อ R_i และ R_f เป็นความต้านทานของสารก่อนและหลังได้รับความชื้น สภาพความไวต่อความชื้นของ $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ แสดงดังในตารางที่ 22.2 เมื่อพิจารณาตารางที่ 22.2 พบว่าค่า G ที่เป็นบวกหมายถึงสารมีความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความชื้นและค่า G ที่เป็นลบหมายถึงสารมีความต้านทานลดลงเมื่อได้รับความชื้น สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อความชื้นซึ่งพิจารณาจากค่าสภาพความไวต่อก๊าซที่เรียงจากมากไปน้อย คือ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$, $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{Bi}_2\text{O}_3$ สารที่มีความไวในการตอบสนองต่อความชื้นมากที่สุดคือ $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$

ตารางที่ 22.1 การเปลี่ยนค่าความต้านทานของสาร NiO+0.1Cr₂O₃, ZnO+0.01Bi₂O₃ และ ZnO+0.02TiO₂ ในขณะที่ได้รับความชื้น

Samples	Resistance change
NiO+0.5Cr ₂ O ₃	126.25 – 123.55 kΩ
ZnO+0.01Bi ₂ O ₃	4.135 – 4.095 kΩ
ZnO+0.02TiO ₂	5.32 kΩ – 5.75 kΩ

ตารางที่ 22.2 ความต้านทานของสารก่อนและหลังได้รับความชื้น (R_i , R_f) และสภาพความไวต่อความชื้น (G) สำหรับความชื้น

Humidity ceramics	R_i	R_f	G	G (%)
NiO+0.5Cr ₂ O ₃	126.25	123.55	-0.02	-2
ZnO+0.01Bi ₂ O ₃	4.135	4.095	-0.01	-1
ZnO+0.02TiO ₂	5.32	5.75	0.08	8

สรุปผลการทดลอง

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับสมบัติเชิงฟิสิกส์ เช่น ปรากฏการณ์การตอบสนองต่อความชื้น ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วยโปรแกรม LabVIEW และ DAQ card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Marcel Dekker Inc., New York.

Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.

23. การกวนสารละลายให้ความร้อนโดยใช้เซรามิกส์เอ็นทีซีเป็นหัววัด

บทความ การให้แลบิวทำหน้าทีทดสอบการกวนสารละลายให้ความร้อนโดยใช้เซรามิกส์เอ็นทีซีเป็นหัววัด

เทอร์มิสเตอร์ คือ ตัวต้านทานที่มีความต้านทานเปลี่ยนแปลงในขณะที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เทอร์มิสเตอร์เป็นตัวต้านทานที่ไวต่อความร้อน (thermally sensitive resistor, TSR) เทอร์มิสเตอร์ มี 2 ประเภท คือ แบบที่มีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นบวก (positive temperature coefficient, PTC) และแบบที่มีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นลบ (negative temperature coefficient, NTC) เทอร์มิสเตอร์แบบเอ็นทีซีที่มีความต้านทานลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นและค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบ (negative temperature coefficient of resistance, NTCR) สูง สภาพต้านทานไฟฟ้า (ρ) ขึ้นกับอุณหภูมิดังสมการ (Moulson และ Herbert, 1990)

$$\rho(T) = \rho_{\alpha} \exp(B/T) \quad (2.1)$$

เมื่อ $\rho(T)$ เป็นสภาพต้านทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิใดๆ ρ_{α} เป็นค่าคงที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ และ B เป็นค่าคงที่ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับพลังงานที่ใช้ไปเพื่อให้อิเล็กตรอนนำกระแสไฟฟ้า เมื่อทำการหาอนุพันธ์ของสมการ (2.1) เทียบกับ T จะได้ค่า α ซึ่งเป็นค่า NTCR

$$\alpha = \left(\frac{1}{\rho} \right) \left(\frac{d\rho}{dT} \right) = \frac{-B}{T^2} \quad (2.2)$$

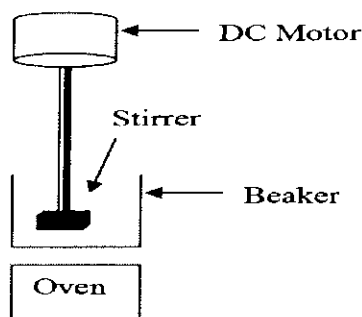
พฤติกรรมความต้านทาน-อุณหภูมิ (resistance-temperature behavior) เกี่ยวข้องกับส่วนผสมทางเคมี (chemical composition) โครงสร้างผลึก (crystal structure) และโครงสร้างแถบพลังงาน (energy band structure) สภาพนำไฟฟ้าของสารเกี่ยวข้องกับอิเล็กตรอนและไอออนบวก-ไอออนลบของอะตอม และเกี่ยวข้องกับช่องว่างแถบพลังงานของสาร SiC ทำงานโดยอาศัยการย้ายแถบอิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ (valence band) ไปยังแถบการนำ (conduction band) ตัวอย่างสูตรของสารสำหรับเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC ได้แก่ $(\text{NiMn})_3\text{O}_4$, $(\text{NiMnCo})_3\text{O}_4$ และ $\text{Mn}_x\text{Co}_{3-x}\text{O}_4$ (Buchanan, 1991)

เทอร์มิสเตอร์แบบเอ็นทีซีสามารถนำไปประยุกต์ทำเป็นหัววัดอุณหภูมิแบบเอ็นทีซีที่ใช้ในเตาอบไมโครเวฟ (microwave oven NTC temperature probe) หัววัดอุณหภูมิ (temperature sensor) ของน้ำหล่อเย็นในรถยนต์ (automotive cooling water) หัวควบคุมอุณหภูมิ (temperature control sensor) หัววัดการไหลของความร้อน (heat flow sensor) หัววัดการแผ่รังสี (radiation sensor) หัววัดสุญญากาศ (vacuum gauge) หัววัดความดัน (pressure gauge) หัววัดระดับของของเหลว (liquid level sensor) หัววัดการชดเชยอุณหภูมิ (temperature control sensor) สำหรับควบคุมเพื่อให้เกิดความเสถียรภาพของภาพในเครื่องรับโทรทัศน์ โดยการชดเชยการเพิ่มขึ้นของความต้านทานของคอยล์โฟกัสลำอิเล็กตรอน (beam-focusing coil) ในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น หัววัดสำหรับใช้ในงานสื่อสารคมนาคม (telecommunication) ใช้ทำเป็นอุปกรณ์อวกาศ (aerospace device) และอุปกรณ์ไครโอเจนิค (cryogenic device) หัววัดสำหรับวิเคราะห์ก๊าซและโครมาโตกราฟี (gas analysis sensor) และหัววัดสำหรับตรวจวัดอุณหภูมิทางการแพทย์ (sensor for medical temperature monitoring) (Buchanan, 1991)

M.L. Martinez Sarrion (1995) ได้เตรียม $\text{Fe}_{2.18}\text{Mn}_{0.21}\text{Ni}_{0.61}\text{O}_4$ ซึ่งเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC สารสูตรนี้อยู่ในกลุ่มเฟอร์ไรต์ วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ส่วนผสมต่างๆ ศึกษาเสถียรภาพทางไฟฟ้า (electrical

stability) โดยการวัดการแปรค่าความต้านทานกับเวลา มีผู้เตรียมสารประกอบจากแผนภาพเทอร์นารี Y_2O_3 - Mn_2O_3 - Cr_2O_3 ทดสอบเอ็นทีซี (NTC test) โดยการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิ ความต้านทานที่อุณหภูมิห้องมีค่าหลายร้อยโอห์ม สารที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นตัวต้านทานเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีและสามารถประยุกต์ใช้เป็นตัวต้านทานเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีอุณหภูมิสูงในย่านอุณหภูมิของบริเวณที่อยู่รอบๆ ถึง $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (David Houivet, 2004) Sangsoo Noh ได้เตรียมฟิล์มบาง NiO วัดสภาพต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (ρ vs T) วัดสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน (TCR) ด้วยสูตร $TCR = (\Delta R/R_0)/\Delta T$ วัดเสถียรภาพของความต้านทานยาวนาน (long-term resistance stability) นำหัววัดนี้ไปใช้งานเป็นหัววัดการไหล (flow sensor) (Sangsoo Noh, 2006)

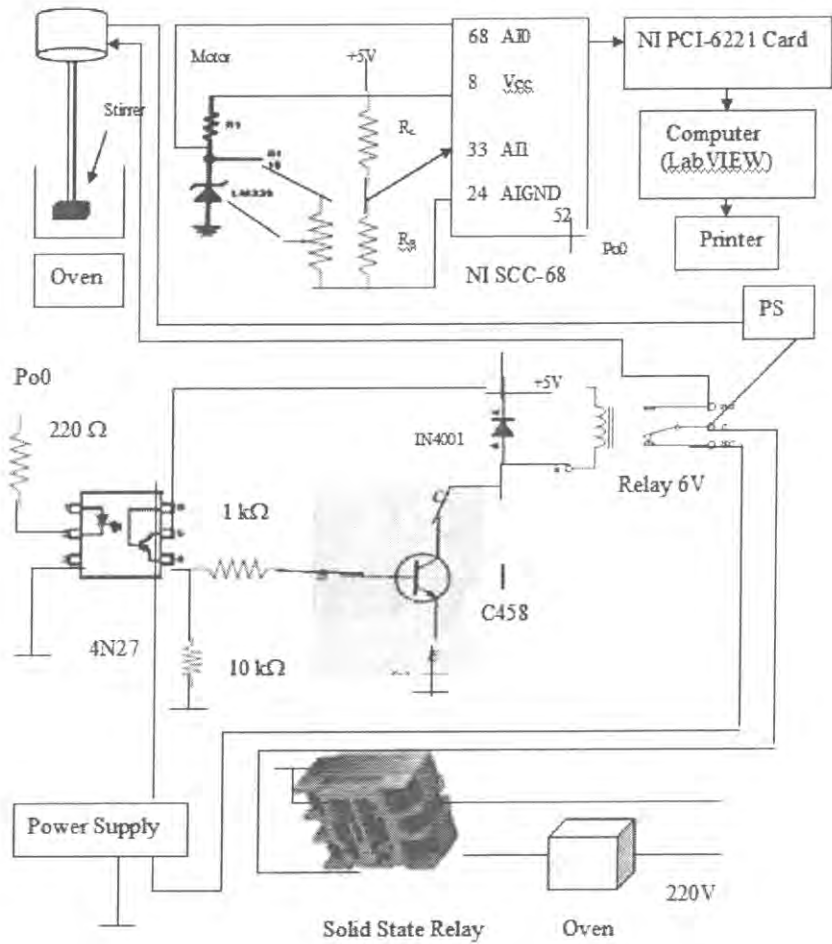
เริ่มต้นจากการทำความเข้าใจเครื่องกวนสารละลายให้ความร้อนเชิงการค้ำแสดงในรูปที่ 1.7.9.1



รูปที่ 23.1 แสดงเครื่องกวนสารละลายให้ความร้อนเชิงการค้ำ

การทดลองจะทำการออกแบบเครื่องกวนสารละลายให้ความร้อนโดยการควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมแลบวิวดังรูปที่ 23.2 ลำดับขั้นตอนการออกแบบและทำการทดลองมีดังนี้

- 1) จัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้ทำการเปิดไฟฟ้าเข้าเตาความร้อน
- 2) จัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้วัดอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์
- 3) จัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้แกนที่ใช้กวนมีการหมุน



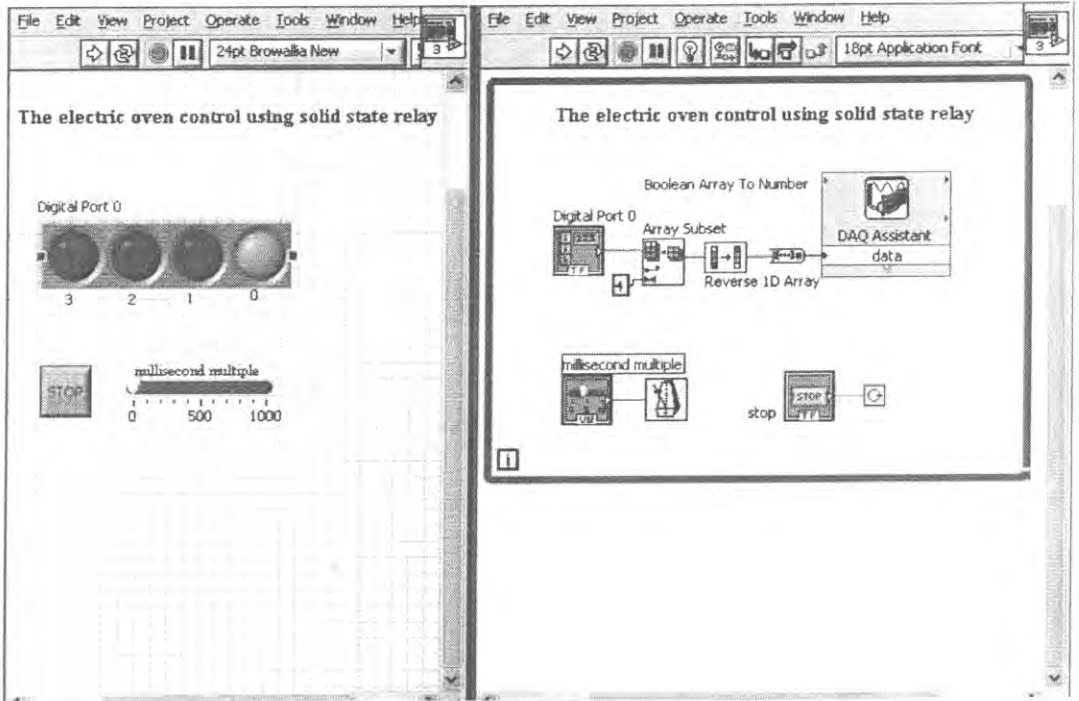
รูปที่ 23.2 แสดงการจัดวงจรของเครื่องกวนสารละลายให้ความร้อน

1) จัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้ทำการเปิดไฟฟ้าเข้าเตาความร้อน

จัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้ทำการเปิดไฟฟ้าเข้าเตาความร้อน (รูปที่ 23.2 และ 23.3) แรงดัน 5 โวลต์ออกทาง Po0 มาเข้าขา 1 ของ Optocoupler ทำให้ LED ติด ไฟโตนานซิสเตอร์ทำงาน มีกระแสผ่านขา B ขา E และ R 10 k Ω และมีแรงดันตกคร่อมขา B เทียบ E ทรานซิสเตอร์นำกระแส มีกระแสไหลผ่านขา C ขา E ลง GND ขดลวดรีเลย์มีอำนาจแม่เหล็ก สวิตช์ 3 ต่อกับ 4 และสวิตช์ 3, 4 ที่เปิดทำให้ไฟฟ้าเข้า Input ของ Solid State Relay และ Solid State Relay นำกระแสไฟฟ้าจากไฟบ้าน 220 โวลต์ ไหลผ่านขดลวดความร้อน ผ่าน Solid State Relay ไปยังอีกขั้วหนึ่ง เต้าไฟฟ้ร้อนขึ้น ความร้อนจากเต้าส่งไปให้น้ำในบีกเกอร์ แต่ถ้าเขียนโปรแกรมส่งแรงดัน 0 โวลต์ผ่าน Po0 ทำให้ Optocoupler ไม่ทำงาน และทรานซิสเตอร์ก็ไม่ทำงาน สวิตช์ 3 ไม่ต่อกับ 4 แต่จะไปต่อกับ 5 เมื่อสวิตช์ 3, 4 ปิด ไฟฟ้าก็ไม่เข้า Input ของ Solid State Relay และไฟบ้านก็ไม่เข้าขดลวดความร้อนของเต้าไฟฟ้า

เขียนโปรแกรม เพื่อให้ส่งแรงดัน 5 โวลต์ หรือ 0 โวลต์ ออกทาง Po0 การส่งแรงดันออกทำได้โดยใช้ DAQ Assistance จะได้ Digital Port 0 สำหรับช่วงในการส่งแรงดัน 5V, 0V ออกจากคอมพิวเตอร์โดยออกทาง Po0 ดิจิตอลนี้จะมี 4 บิต มีการใช้ Array Subset และ Reverse 1D Array Boolean Array to Number Digital

ให้เข้าไปดู Properties ของ DAQ Assistance มันจะอยู่หมวด Digital Output และใช้ Dev 1/Port 0 (DAQ Card มีชื่อเฉพาะว่า PCI - 6221) ซึ่ง LED ในวงจรจะติดสวิตช์ 3, 4 เปิด แต่สวิตช์ 3, 5 ปิด

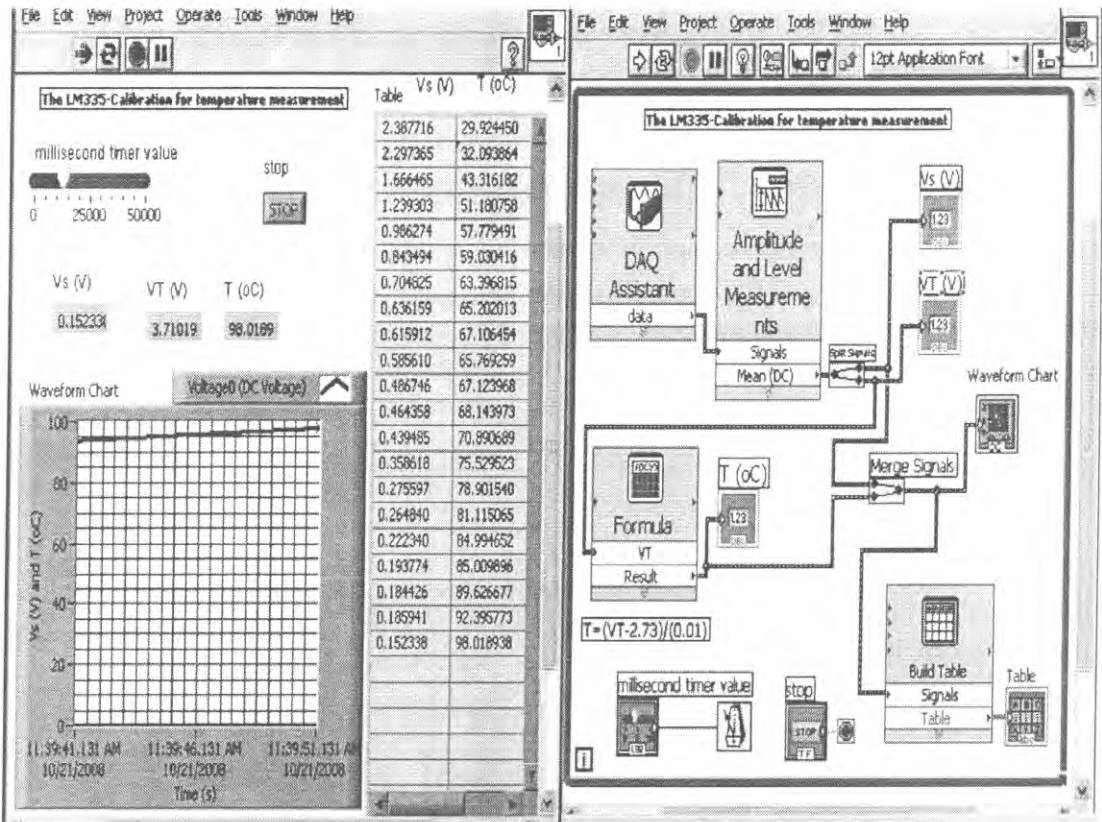


รูปที่ 23.3 แสดง Front Panel และ Block diagram สำหรับการจำลองและเขียนโปรแกรมให้ทำการเปิดไฟฟ้าเข้าเตาความร้อน

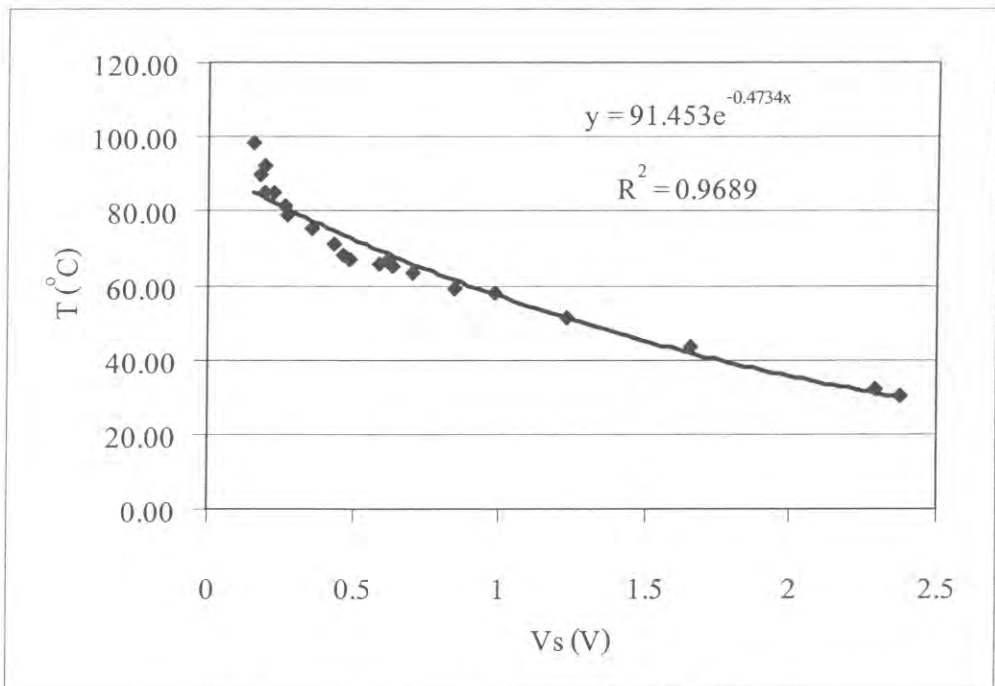
2) จัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้วัดอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์

จัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้วัดอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ (รูปที่ 23.2 และ 23.4) ไฟฟ้า 5 โวลต์ไหลผ่าน R_2 $k\Omega$ ผ่านขาแคโทด, K และออกทางขาแอนโนด, A แล้วลง GND แรงดันตกคร่อมแคโทดเทียบกับแอนโนดเท่ากับ V_T ตัวต้านทานปรับค่าได้ V_R $5\ k\Omega$ ใช้ปรับแรงดัน V_T แรงดัน V_T จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ T ซึ่งเป็นอุณหภูมิของน้ำร้อน (LM 335 วัดอุณหภูมิสูงสุด 100 องศาเซลเซียส) LM335 เป็นหัววัดอุณหภูมิทำมาจากสารกึ่งตัวนำ เช่น Si ใช้ในการปรับเทียบค่า ซึ่งหัววัดอุณหภูมิที่ใช้วัดอุณหภูมิของน้ำร้อนเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC ที่ทำมาจากเซรามิกส์ และ NTC Temperature sensor มี R ที่อุณหภูมิห้องประมาณ $10.28\ k\Omega$

เขียนโปรแกรมให้ไฟฟ้าจากขั้ว 5 โวลต์จ่ายกระแส I_L ผ่าน R_L และ I_S ผ่าน R_S โดยที่ L คือ Load และ S คือ สารตัวอย่าง แรงดันตกคร่อมสารตัวอย่าง คือ เทอร์มิสเตอร์แบบ NTC ส่งเข้าทาง AI 1 ผ่าน DAQ Card แล้วเข้าคอมพิวเตอร์ เขียนโปรแกรมโดยให้ DAQ Assistance ทำหน้าที่รับแรงดัน V_S จาก LM 335 เข้า AIO และรับแรงดัน V_T จาก NTC sensor เข้าทาง AI 1 ใช้ Amplitude and Level Measurement จัดแรงดันให้เป็นแรงดันเฉลี่ย ใช้ Split Signal แยกแรงดัน V_T กับ V_S ออกจากกัน ให้แสดงแรงดันเป็นตัวเลข แล้วใช้ Formula แปลง V_T ให้เป็นอุณหภูมิ แล้วใช้ Wave Form Chart แสดงกราฟ T vs. t และ V_S vs. t ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1.7.9.4

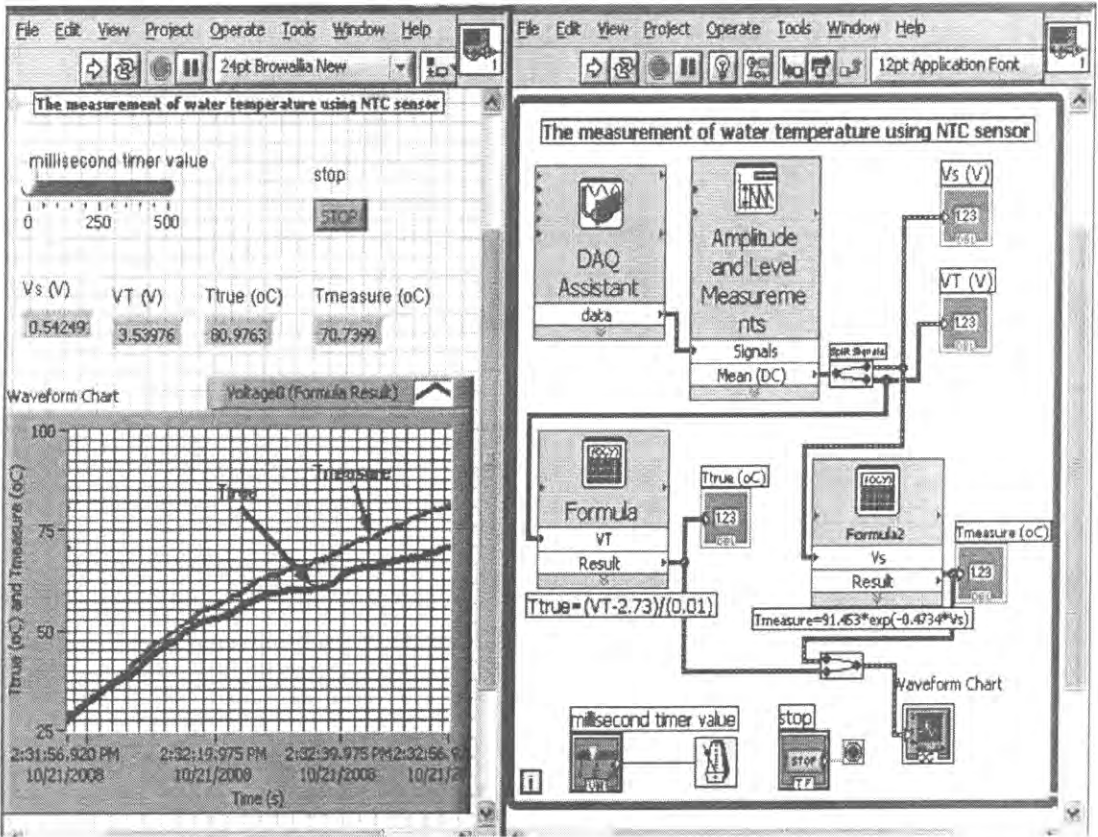


รูปที่ 23.4 แสดง Front Panel และ Block diagram สำหรับการจัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้วัดอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์



รูปที่ 23.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน V_s กับอุณหภูมิ T

ใช้ Merge Signal ทำการรวมแรงดัน แล้วส่งมาที่ Wave Form Chart เข้าไปเอา Ex Table เพื่อให้แสดงตาราง V_s และ T ซึ่ง V_s เป็นตัวแปรอิสระ และ T เป็นตัวแปรตาม แล้วได้ $T = 91.453e^{-0.4734V_s}$, $R^2 = 0.9689$ (รูปที่ 23.5) นำสมการใส่ใน Formula ให้ V_s เข้า AI0 และ V_T เข้าทาง AI 1 กระแสจากไฟ 5 โวลต์ ผ่าน R 10 k Ω ผ่าน R_s ลง GND แรงดันตกคร่อมคือ V_s โหลดเข้าทาง Input AI 0 และ V_T จาก LM 335 โหลดเข้าทาง Input AI 1 แล้วใช้ Formula แปลงแรงดัน V_T ให้เป็นอุณหภูมิ T ซึ่งเป็นของ LM 335 สมการที่ใช้แปลงคือ $T = (V_T - 2.73)/(0.01)$ ให้ T_{true} เป็นอุณหภูมิจริง LM 335 ทำงานเทียบเท่าเครื่องวัดอุณหภูมิที่ซื้อ มา และต้องการทำให้ NTC sensor ที่เป็นเซรามิกส์ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง T กับ V_s ที่หาได้ก่อนหน้านี้ ใช้ Formula แปลง V_s ให้เป็นอุณหภูมิ T ซึ่ง T คือ $T_{measure}$, T_m และเข้าไปเอา Formula ออกมา ลองสั่ง Run Program ให้ตั้ง Y Scale เป็น Auto Scale ถ้าค่าอุณหภูมิติดลบให้เช็ค Properties ของ DAQ Assistance ถ้าจะปรับอุณหภูมิให้ปรับด้วย V_r 5 k Ω และให้อ่านค่าเปรียบเทียบระหว่าง T_{true} กับ $T_{measure}$ ซึ่งคอมพิวเตอร์จะแสดงผลออกมา ดังแสดงในรูปที่ 1.7.9.6

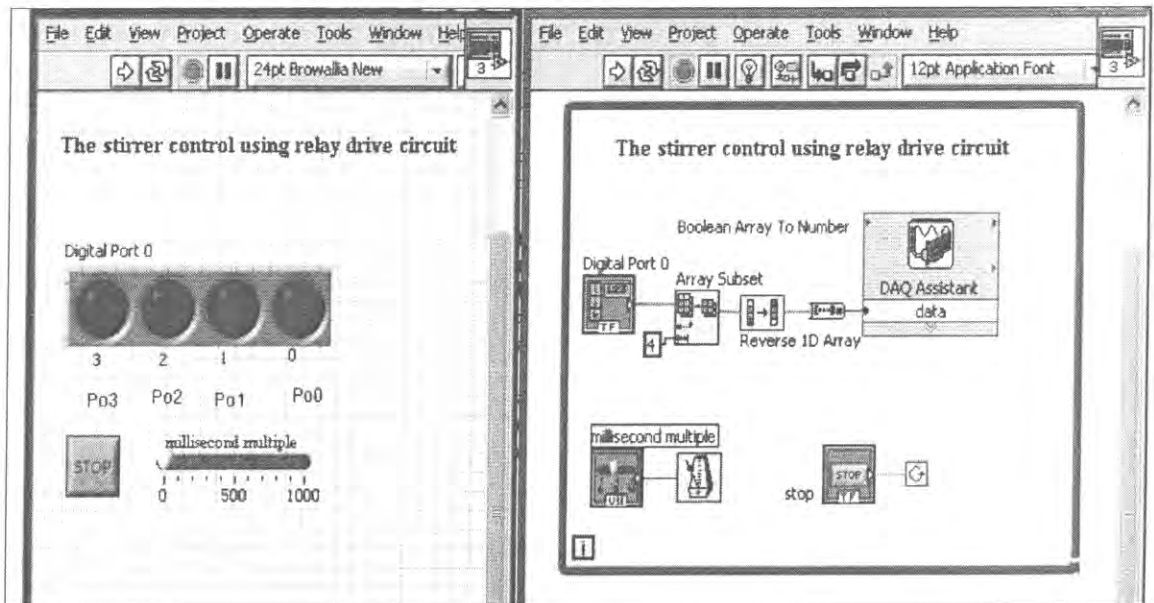


รูปที่ 23.6 แสดง Front Panel และ Block diagram สำหรับการวัดอุณหภูมิของน้ำ โดยใช้นวัตต์เอ็นทีซี

- 3) จัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้แกนที่ใช้กวนมีการหมุน

จัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้แกนที่ใช้ควมมีการหมุน (รูปที่ 23.2 และ 23.7) คอมพิวเตอร์จ่ายแรงดัน 5 โวลต์ ออกผ่าน DAQ Card ผ่าน LP Connector ออกทาง Po.1 มายังวงจรขับรีเลย์ เหมือนการทดลอง 23.1 ซึ่งสวิตช์ 3, 4 ปิด แต่สวิตช์ 3, 5 ปิด ถ้าส่ง 0 โวลต์ออกมา สวิตช์ 3, 4 ปิด แต่สวิตช์ 3, 5 เปิด

วงจรที่ใช้ทดลองที่ได้จัดไปแล้ว ได้แก่วงจรที่ควบคุมการเปิด - ปิดไฟฟ้าและจ่ายไปยังเตาความร้อน และวงจรสำหรับวัดอุณหภูมิของน้ำ และวงจรสำหรับควบคุมการหมุนของเครื่องกวน



รูปที่ 23.7 แสดง Front Panel และ Block diagram สำหรับการจัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้แกนที่ใช้ควมมีการหมุน

1) ผลการจัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้ทำการเปิดไฟฟ้าเข้าเตาความร้อน แสดงดังรูปที่ 23.2

จากการทดลองสามารถจัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้ทำการเปิดไฟฟ้าเข้าเตาความร้อนได้ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคือ โซลิดสเตทรีเลย์และเมื่อทำการเปิดไฟเข้าเตาความร้อน โซลิดสเตทรีเลย์ จะมีเสียงดังขึ้น

2) ผลการจัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้วัดอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์แสดงดังรูปที่ 23.2

จากการทดลองสามารถจัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้วัดอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ได้ และหัววัดอุณหภูมิที่ใช้วัดอุณหภูมิของน้ำร้อนเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC ที่ทำมาจากเซรามิกส์ การจัดวงจรแบบนี้สามารถวัดแรงดันตกคร่อมสารตัวอย่าง V_s และวัดอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ได้ดังแสดงในตารางของรูปที่ 23.2 และสามารถนำมาเขียนเป็นกราฟได้ดังแสดงในรูปที่ 23.7 ผลการวัดอุณหภูมิของน้ำโดยใช้หัววัดเอ็นทีซีแสดงดังรูปที่ 23.3 อุณหภูมิที่วัดได้จากคอมพิวเตอร์ T_{true} กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร V_s (รูปที่ 23.7) ใช้สำหรับการเปรียบเทียบเพื่อให้สารทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิ ผลการวัดอุณหภูมิที่หัววัดอุณหภูมิ LM 335 อ่านได้ (T_{true}) กับอุณหภูมิที่คอมพิวเตอร์อ่านได้โดยใช้เทอร์มิสเตอร์แบบ NTC เป็นหัววัดอุณหภูมิ ($T_{measure}$) (รูปที่ 1.7.9.3) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นสารจึงสามารถวัดอุณหภูมิของน้ำได้จริง

3) ผลการจัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้แกนที่ใช้กวนมีการหมุนแสดงดังรูปที่ 23.4 ผล คือแกนที่ใช้กวนมีการหมุนเมื่อคอมพิวเตอรืจ่ายแรงดัน 5 โวลต์ให้กับวงจร

ระบบการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ใช้ DAQ Card และโปรแกรม LabVIEW ที่ได้จัดเตรียมขึ้นสามารถนำไปใช้ในการกวนสารละลายให้ความร้อนโดยใช้เซรามิกส์เอ็นทีซีเป็นหัววัดได้ตามรายละเอียดดังนี้ การจัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้ทำการเปิดไฟฟ้าเข้าเตาความร้อน คือเมื่อทำการเปิดไฟเข้าเตาความร้อน รีเลย์จะมีเสียงดังขึ้น การจัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้วัดอุณหภูมิของน้ำโดยใช้หัววัดเอ็นทีซี คือเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC ในบีกเกอร์ การจัดวงจรและเขียนโปรแกรมให้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้แกนที่ใช้กวนมีการหมุน การกวนสารละลายให้ความร้อนโดยใช้เซรามิกส์เอ็นทีซีเป็นหัววัดจะนำไปใช้ในการทดลองที่ต้องการผลสมของเหลวชนิดต่างๆพร้อมกับวัดอุณหภูมิไปด้วย

ตอนที่ 2

สาธิตการประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์โดยมีการสร้างเครื่องมือที่ควบคุมการวัดด้วย Visual Basic

การประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์

รศ. อังชัย พันธุ์เมธาภุทธิ

สุดาร์ตน์ อินทร์น้อย

จิราภรณ์ ศรีพรหม

ยุภา ฤทธิ์โต

นิภาพร คำขุน

สุโหลซอ ไฉนลี่

สุจารี ฤทธิภักดี

รองศาสตราจารย์ นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก่อนสารเซรามิกส์ตัวนำจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วย ADC0809, การ์ด ET-PCDIO, การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิชวลเบสิก วัสดุอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับการศึกษา ได้แก่ เซรามิกส์นำไฟฟ้า เซรามิกส์เอ็นทีซี เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก เซรามิกส์ให้ความร้อน เซรามิกส์พีทีซี เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริก เซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก เซรามิกส์เฟอร์โรแมกเนติก เซรามิกส์เฟอร์ริแมกเนติก เซรามิกส์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ เซรามิกส์แมกนีโตออสติค เซรามิกส์เชิงแสง เซรามิกส์การตอบสนองต่อก๊าซและเซรามิกส์ตอบสนองต่อความชื้น ได้ผลดังนี้

เซรามิกส์นำไฟฟ้า

ตัวต้านทานไฟฟ้าที่ได้รับการศึกษา ได้แก่ สาร $ZnSb_2O_4$ มีความต้านทาน $5.69\text{ k}\Omega$ ค่าความต้านทานของสารมีค่าต่ำในย่าน $\text{k}\Omega$ ความต้านทานของสารนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามเวลาซึ่งแสดงเสถียรภาพทางไฟฟ้าที่ดีของสาร ความต้านทานของสารนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิซึ่งแสดงเสถียรภาพทางความร้อนที่ดีของสาร สารมีลักษณะเป็นเซรามิกส์ตัวนำ ตัวต้านทานเชิงการค่า $1\text{ M}\Omega$ สามารถนำไปประยุกต์ทำเป็นอุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลว

เซรามิกส์เอ็นทีซี (I)

สาร $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ เป็นเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีที่มีความต้านทานลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบ (α) ของสารที่คำนวณได้โดยอาศัยข้อมูลจากการวัดมีค่า $-8.72\text{ \%}/^\circ\text{C}$ สารนี้มีค่าความต้านทาน $52\text{ k}\Omega$ แสดงสมบัติเอ็นทีซี ได้ทำการทดลองพบว่าสารนี้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิได้ สารนี้สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์เอ็นทีซีและสมการความสัมพันธ์ $T = -1.3524V^2 - 10.528V + 100.03$ ได้สร้างและทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดอุณหภูมิและวิชวลเบสิกเป็นโปรแกรมควบคุมเป็นผลสำเร็จ ระบบที่ได้สร้างขึ้นนี้จะนำไปใช้สำหรับการทดสอบวัสดุในเรื่องอื่นๆ ในย่าน $25\text{ }^\circ\text{C}$ ถึง $100\text{ }^\circ\text{C}$ ต่อไป

เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก

เมื่อให้ความร้อนแก่วัสดุหนึ่งสาร $ZnSb_2O_4$ ปรากฏว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีการเปลี่ยนแปลงแสดงว่ามีการเคลื่อนที่ของพาหะไฟฟ้า ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (α) ของสารนี้มีค่า $0.0125 \text{ V}/^\circ\text{C}$ สารจึงสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกได้

เซรามิกส์ให้ความร้อน

เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านสาร $ZnO + 0.05TiO_2$ นานขึ้น สารจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 30°C ถึง 90°C โดยใช้เวลา 2 นาที ดังนั้นสารนี้จะนำไปทำเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน เมื่อแรงดันไฟฟ้าสลับ 9 V ให้แก่สาร $ZnO + 0.02TiO_2$ ที่ต่ออนุกรมกับโหลด (RL) $39/2 \Omega$ พบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารให้ความร้อนนี้จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 3.8 V ถึง 4.0 V โดยใช้เวลา 29 วินาที ในขณะที่มีอากาศจากพัดลมเคลื่อนที่ผ่าน ดังนั้นสารให้ความร้อนนี้ก็จะทำหน้าที่เป็นหัววัดความเร็วการไหลของอากาศหรืออุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ เมื่อปล่อยแรงดันไฟฟ้าสลับ 12 V โหลดผ่านสาร $ZnO + 0.02TiO_2$ พบว่าอุณหภูมิของสารนี้เพิ่มขึ้นจาก 30°C ไปเป็น 46.6°C โดยใช้เวลา 2 นาที ดังนั้นสารจึงทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนได้

เซรามิกส์เอ็นทีซี (II)

สาร $NiO + 0.5Cr_2O_3$ เป็นเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีที่มีความต้านทานลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบ (α) ของสารที่คำนวณได้โดยอาศัยข้อมูลจากการวัดมีค่า $-1.436 \%/^\circ\text{C}$ สารนี้มีค่าความต้านทาน $75 \text{ k}\Omega$ ที่อุณหภูมิห้อง สารแสดงสมบัติเอ็นทีซี ได้ทำการทดลองพบว่าสารนี้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิได้ สารนี้สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์เอ็นทีซี ได้หาสมการความสัมพันธ์ $T = -20.645V + 95.825$ ได้สร้างและทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดอุณหภูมิและวิซวลเบล็กเป็นโปรแกรมควบคุมเป็นผลสำเร็จ ระบบที่ได้สร้างขึ้นนี้จะนำไปใช้สำหรับการทดสอบวัสดุในเรื่องอื่นๆ ในย่าน 25°C ถึง 100°C ต่อไป

เซรามิกส์พีทีซี

อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าเป็นเซรามิกส์พีทีซีที่มีความต้านทานเพิ่มขึ้นในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นบวก (α) ของอุปกรณ์ที่คำนวณได้โดยอาศัยข้อมูลจากการวัดมีค่า $16.665 \%/^\circ\text{C}$ อุปกรณ์นี้มีความต้านทาน 311.1Ω และแสดงสมบัติพีทีซี การประยุกต์ใช้งานของอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดป้องกันอุณหภูมิเกินนั้นจะอาศัยผลของความต้านทานที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิซึ่งจะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ใช้หลักการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ได้ตั้งไว้กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร ผลที่ได้จะไปควบคุมวงจรรีเลย์ สวิตช์ของรีเลย์จะเปลี่ยนแปลงแบบเปิดปิดซึ่งจะไปควบคุมการทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์จะควบคุมการจ่ายกำลังงานไปยังโหลด เช่น พัดลม เป็นต้น การทดลองครั้งนี้ได้แสดงการควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไม่ให้เกิน 95°C อุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่และอุปกรณ์สวิตช์ช่วงเวลาของอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าจะอาศัยหลักการของปรากฏการณ์พีทีซีซึ่งเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของความต้านทานตามอุณหภูมิ การทดลองในครั้งนี้ได้แสดงการควบคุมอุณหภูมิคงที่ที่ 46.60°C เมื่อพิจารณาพบว่าอุปกรณ์สามารถทำหน้าที่เป็นสวิตช์ช่วงเวลาได้โดยมีเวลาหน่วง 40 วินาที

เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริก

การที่ตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการค้ำขนาด $0.1 \mu\text{F}$ แสดงการเก็บและคายประจุไฟฟ้าแสดงว่าตัวเก็บประจุไฟฟ้ามีลักษณะเป็นไดอิเล็กตริกหรือเฟอร์โรอิเล็กตริก สาร $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่สูงผ่านได้ในย่านความถี่ 1.3 kHz ถึง 67.2 kHz สาร $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์คอปปลิ่งที่ความถี่ 11.8 kHz ได้ สารตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอุปกรณ์เลือกความถี่ คือ $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ และ บัลลัสต์ สาร $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ แสดงการกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน บัลลัสต์แสดงการกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่าน ดังนั้นวัสดุทั้งสองทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ เมื่อหมุนไมโครมิเตอร์ให้ขดเลื่อนในช่วงหนึ่งเพื่อให้เกิดแรงค่อัดสาร ZnO พบว่าความต้านทานไฟฟ้า (R) เกิดการเปลี่ยนแปลงจาก $300 \text{ k}\Omega$ ไปเป็น $38 \text{ k}\Omega$ ซึ่งเป็นผลของการเกิดปรากฏการณ์เฟอร์โรอิเล็กตริก

เซรามิกส์เพียโซอิเล็กตริก

อุปกรณ์เพียโซอิเล็กตริกเชิงการค้ำที่สามารถประยุกต์ใช้เป็นโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบตรง ได้แก่ หัววัดการสั่น อุปกรณ์เพียโซอิเล็กตริกเชิงการค้ำสามารถประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำ การส่งคลื่นทำงานโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบอ้อมและการรับคลื่นทำงานโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบตรงของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กตริก

เซรามิกส์เฟอร์โรแมกเนติก

แท่งแม่เหล็กทำมาจาก CoFe_2O_4 โดยใช้สนามแม่เหล็กที่มีความแรง 0.26 Wb/m^2 เมื่อความถี่การหมุนของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1 Hz ไปเป็น 22 Hz พบว่าสนามแม่เหล็กที่วัดได้มีค่า 0.0188 Wb/m^2 หรือ 18.8 mWb/m^2

เซรามิกส์เฟอร์โรแมกเนติก

สารตัวอย่าง คือ ขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกน ถ้านำสารตัวอย่างนี้ไปอยู่ในวงจรไฟฟ้าสลับและเพิ่มความถี่ในช่วง 4.2 kHz ถึง 66.8 kHz พบว่าอิมพีแดนซ์ของสารตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นสารทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่สูงผ่านได้ เมื่อทำการทดสอบโดยใช้ขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนเป็นสารตัวอย่างและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดลองเป็น 30.5 kHz และแล้วนำแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนวางบนขดลวดที่มีสารนี้เป็นแกนพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดมีค่าสูง แต่เมื่อนำแท่งเหล็กวางบนขดลวดที่มีสารนี้เป็นแกนพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดมีค่าต่ำ ดังนั้นขดลวดที่มีสารนี้เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของวัสดุซึ่งสามารถแยกแท่งเหล็กออกจากแท่งทองเหลืองได้

เมื่อทำการทดสอบโดยใช้ขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนเป็นสารตัวอย่างและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดลอง คือ 45.6 kHz เมื่อเลื่อนแท่งเหล็กบริเวณที่ไม่มีรอยบนขดลวดที่มีสารนี้เป็นแกน พบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวด (V) บนจอนมีค่า 3.41176 V แต่ถ้าเลื่อนแท่งเหล็กบริเวณที่มีรอยบนขดลวดที่มีสารนี้เป็นแกน พบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวด (V) บนจอน มีค่า 3.47058 V ความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าทำให้สามารถหารูในแท่งทองเหลืองได้ ขดลวดที่มีสารนี้สามารถทำหน้าที่เป็นแกนอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งโลหะ

เมื่อทำการทดสอบโดยใช้สารตัวอย่างเป็นขดลวดที่มีเฟอร์ไรต์อ่อนของคอยล์อากาศวิทยุเอเอ็มเป็นแกนและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้เป็น 3.5 kHz ดึงแท่งเหล็กที่ผูกติดกับแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนที่ถูกผูกติดกับสปริงแล้ว

ปล่อย แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดมีค่าลดลงเนื่องจากผลของแรงเสียดทานในระบบ ดังนั้นขดลวดที่มีเฟอร์ไรต์อ่อนของคอยล์อากาศวิทยุเอเอ็มเป็นแกนสามารถนำไปใช้ในการสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วง

สารตัวอย่างที่ใช้เป็นสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ ที่ทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้า หน้าที่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ออยู่ในช่วง 2.2 kHz – 67.1 kHz เมื่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลา (V0 vs. t) แรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลา (V vs. t) และอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นสารนี้มีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลา (VTr vs. t) ดังนั้นหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามความถี่

เซรามิกส์แมกนีโตรีซิสแตนซ์และแมกนีโตอิมพีแดนซ์

เมื่อปล่อยสนามแม่เหล็กที่มีขนาด 0.26 Wb/m^2 ให้แก่สาร $Ni_{0.65}Zn_{0.35}Fe_2O_4$ พบว่าความต้านทานของสารมีค่าลดลงเป็น $5.34 \text{ k}\Omega$ เนื่องจากผลของการเกิดปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ เมื่อทดลองโดยใช้สนามแม่เหล็กที่มีขนาด 0.26 Wb/m^2 ความต้านทานของสาร $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ มีค่าลดลงเป็น $0.52 \text{ M}\Omega$ ในขณะที่ได้รับสนามแม่เหล็ก

เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กตริกและแมกนีโตอัสติก

ได้วัดปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กตริกของสาร $BiCrO_3$ พบว่าแรงดันแมกนีโตอิเล็กตริกของทุกสารมีค่าเปลี่ยนแปลงในขณะที่ได้รับสนามแม่เหล็กขนาด 0.26 Wb/m^2 ดังนั้นสารเหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอิเล็กตริก เมื่อวัดปรากฏการณ์แมกนีโตอัสติกของสาร $MgFe_2O_4$ ผลปรากฏว่าถ้าแรงกดอัดสารมากขึ้น ความต้านทานไฟฟ้าจะมีค่าลดลงในช่วง $9 \text{ M}\Omega - 7.3 \text{ M}\Omega$ สารนี้สามารถประยุกต์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอัสติก

เซรามิกส์เชิงแสง

เมื่อสาร ZnO ได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ตพบว่าความต้านทานมีค่าลดลงในช่วง $8 \text{ k}\Omega - 3.5 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการตอบสนอง 29 s แต่เมื่อสารไม่ได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ตพบว่าความต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง $3.5 \text{ k}\Omega - 7.5 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการคืนตัว 28 s สภาพความไวต่อแสงอุลตราไวโอเล็ต (G) มีค่า -56.25 % ค่า G ที่เป็นลบแสดงว่าสารมีความต้านทานลดลงเมื่อได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ต เมื่อนำสมบัติความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับแสงอุลตราไวโอเล็ตของสาร $ZnO+0.02TiO_2$ ไปประยุกต์ใช้พบว่าสารสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงได้ การทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงจะอาศัยการเปรียบเทียบค่าระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารกับแรงดันไฟฟ้าที่ได้ตั้งไว้ (2.6 V) ผลการเปรียบเทียบค่าจะไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์และโหนด ตามลำดับ

เซรามิกส์การตอบสนองต่อก๊าซ

สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซแอมโมเนีย คือ ZnO สารมีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในช่วง $7.7 \text{ k}\Omega - 11.5 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการตอบสนอง 28 s แต่เมื่อสารได้ไม่รับก๊าซแอมโมเนีย สารมีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในช่วง $11.5 \text{ k}\Omega - 8.02 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการคืนตัว 30 s สภาพความไวต่อก๊าซ (G) มีค่า 49.35 % เมื่อพิจารณาพบว่าค่า G ที่เป็นบวกหมายถึงสารมีความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซ ความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับก๊าซแอมโมเนียของสาร $ZnO+0.02TiO_2$ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซแอมโมเนีย

การทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ก๊าซจะอาศัย การเปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารกับแรงดันที่ได้ตั้งไว้ (2.4 V) ผลการเปรียบเทียบค่าจะไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์และโหลด ตามลำดับ

เซรามิกส์ตอบสนองต่อความชื้น

เมื่อสารได้รับความชื้นพบว่าความต้านทานมีค่าลดลงในช่วง $83.5 \text{ k}\Omega - 71 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการตอบสนอง 10 s แต่เมื่อสารไม่ได้รับความชื้นพบว่าความต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง $71 \text{ k}\Omega - 79 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการคืนตัว 30 s สภาพความไวต่อความชื้น (G) มีค่า -14.97 % ค่า G ที่เป็นลบหมายถึงสารมีความต้านทานลดลงเมื่อได้รับความชื้น

คำสำคัญ : เซรามิกส์นำไฟฟ้า เซรามิกส์เอ็นทีซี เซรามิกส์เทอร์มิสโตร์ชนิดบวก เซรามิกส์ให้ความร้อน เซรามิกส์พีทีซี เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริก เซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก เซรามิกส์เฟอร์โรแมกเนติก เซรามิกส์เฟอร์ริแมกเนติก เซรามิกส์แมกนีโตรซิสแตนซ์ เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ เซรามิกส์แมกนีโตออสติค เซรามิกส์เชิงแสง เซรามิกส์การตอบสนองต่อก๊าซ เซรามิกส์ตอบสนองต่อความชื้น วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

Electroceramic Applications

Thongchai Panmatarith¹

Sudarat Innoi

Chiraporn Sriprom

Yupa Ritto

Nipaporn Damkhun

Sulaikho Doolee

Sujaree Rittipakdee

¹Assoc. Prof., Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics,
Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.

Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical property of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of ADC0809, ET-PCDIO Card, ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. The studied electroceramic materials were such as conductive ceramics, NTC ceramics, thermoelectric ceramics, heating ceramics, PTC ceramics, ferroelectric ceramics, piezoelectric ceramics, ferromagnetic ceramics, ferrimagnetic ceramics, magnetoresistance ceramics, magnetoelectric ceramics, magnetoimpedance ceramics, magnetoelastic ceramics, optical ceramics, gas response ceramics and humidity response ceramics. The results were :

conductive ceramics

The ZnSb_2O_4 sample was studied and resistances was $5.69 \text{ k}\Omega$. The resistance value of the samples were a low value in $\text{k}\Omega$ region. The samples showed good electrical stability due to the independence of resistance with time. The samples showed good thermal stability due to the independence of resistance with temperature. Samples were conductive ceramics. The samples had can be used as electrical resistor. Commercial resistor of $1 \text{ M}\Omega$ can be used as liquid level control device.

NTC ceramics (I)

$\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ was NTC ceramics that resistance decreased as temperature increasing. The negative values of the temperature coefficient of resistance (α) of the samples that was calculated by measuring data was $-8.72 \text{ \%}/^\circ\text{C}$. The resistances of this sample was $52 \text{ k}\Omega$ and showed NTC properties. This sample can be used as temperature sensor by using the NTC effect and the relation of $T = -1.3524V^2 - 10.528V + 100.03$. Oven temperature control system was constructed and tested with LM335 temperature sensor and Visual Basic Program, successfully. This system will be further used for other topics of material testing in the temperature range of $25 \text{ }^\circ\text{C} - 100 \text{ }^\circ\text{C}$

thermoelectric ceramics

When the one surface of ZnSb_2O_4 was heated, thermoelectric voltage changed which showed the electrical carrier movement. The Seebeck coefficient value of this sample was $0.0125 \text{ V}/^\circ\text{C}$. This sample can be used as thermoelectric device.

heating ceramics

When current of 24 V flowed through the $\text{ZnO} + 0.05\text{TiO}_2$ samples for 2 min, this sample will heat from 30°C to 90°C . So, this sample will be used as heating device. When ac voltage of 9 V flowed through the series connection of load $39/2 \Omega$ and the $\text{ZnO} + 0.02\text{TiO}_2$ sample, voltage drop across on heating material will change in the interval of 3.8 V - 4.0 V as air flowing. The changing voltage across on heating material will be relative to air flow velocity. So, the sample can be operate as air flow velocity sensor or air flow measuring device. When ac voltage of 12 V flowed through the $\text{ZnO} + 0.02\text{TiO}_2$ sample, found that the water temperature increased from 30°C to 46.6°C for 2 min. So, this sample can be used as hot water device.

NTC ceramics (II)

$\text{NiO} + 0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$ was NTC ceramics that resistance decreased as temperature increasing. The negative values of the temperature coefficient of resistance (α) of the samples that was calculated by measuring data was $-1.436 \text{ \%}/^\circ\text{C}$. The resistances of this sample was $75 \text{ k}\Omega$ and showed NTC properties. This sample can be used as temperature sensor by using the NTC effect. The relation of $T = -20.645V + 95.825$ was determined. Oven temperature control system was constructed and tested with LM335 temperature sensor and Visual Basic Program, successfully. This system will be further used for other topics of material testing in the temperature range of $25^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}$.

PTC ceramics

The resistances of PTC commercial device increased as temperature increasing. The positive temperature coefficient of resistance (α) of this device was $16.665 \text{ \%}/^\circ\text{C}$ and Curie temperatures (T_c) was 90°C . The resistance of this device was 311.1Ω and showed PTC effect. Applications of commercial PTC device for overtemperature protection device involved the temperature dependence of resistance which voltage drop across on the sample increased with temperature. The principle between the setting voltage and voltage drop across on the sample was compared. The output result will control relay circuit. Relay switch will change on and off state which will control the operation of solid state relay. Solid state relay will control power supplying to load such as fan, etc. The over temperature control for 95°C was shown in this experiment. Application for being constant temperature heating device and delayed-time device of commercial PTC device involved PTC effect which resistance increasing with temperature. The constant temperature control at 46.60°C for this experiment. This sample can time delay with the delayed time of 40 second.

ferroelectric ceramics

The commercial capacitor of $0.1 \mu\text{F}$ showed charge and discharge and this capacitor was a dielectrics or ferroelectrics. The $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ sample can be used as high pass filter in the frequency range of 1.3 kHz- 67.2 kHz. The $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ sample can be used as coupling device at frequency of kHz. Samples used for frequency selection experimentation were $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ and ballast.

$\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ showed high pass filtering. Ballast showed low pass filtering. So, both samples can be used as frequency selection device. When micrometer was moved to press ZnO pellet, found that sample resistance (R) changed from $300 \text{ k}\Omega$ to $38 \text{ k}\Omega$ due to ferroelastic effect.

piezoelectric ceramics

Commercial piezoelectric device which can be applied by direct effect were vibration sensor. Commercial piezoelectric device can be use as transmitting and receiving water wave device. Wave transmission involved indirect effect and wave receiving involved direct effect of piezoelectric ceramics.

ferromagnetic ceramics

Permanent magnet was made from CoFe_2O_4 ceramics by using the magnetic field strength of 0.26 Wb/m^2 . When rotational frequency of CoFe_2O_4 ceramic magnet increased from 1 Hz to 22 Hz. The measured magnetic field was 0.0188 Wb/m^2 or 18.8 mWb/m^2 .

ferrimagnetic ceramics

The sample was inductor with $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ core. If This sample was in ac electric field and changed the frequency from 4.2 kHz to 66.8 kHz, found that impedance decreased as frequency increasing. So, this sample can be used as high pass filter.

When inductor with $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ core was tested and voltage frequency was 30.5 kHz, and then placed soft ferrite bar on this inductor with this core, found that voltage drop across this inductor was a higher value. But, the iron bar was placed on this, found that voltage drop across on it was a lower value. So, this inductor with this core can be used as device in metal kind detection apparatus which can split soft ferrite bar from iron bar.

When inductor with $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ core was tested and voltage frequency was 45.6 kHz. Brass bar with no hole was placed onthis inductor with this core, found that voltage drop across this inductor on screen was 3.41176 V. But, brass bar with hole was placed on this inductor with this core, found that voltage drop across this inductor on screen was 3.47058 V. The difference between these two voltage can determine the hole on brass. So, inductor with $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ core can be used as device in metal hole detection apparatus.

When inductor with soft ferrite core of AM radio was test and voltage frequency was 3.5 kHz. The iron bar which attached with soft ferrite bar and hold with spring was pulled and released, found that voltage drop across on this inductor with this core decreased due to friction effect in the system.

So, inductor with soft ferrite core of AM radio can be used as damped oscillation demonstrative device.

The used sample was transformer with $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ core. The used voltage frequency was in the interval of 2.2 kHz – 67.1 kHz. When the voltage frequency increased, found that primary coil voltage increased on time (V0 vs. t), secondary coil voltage increased on time (V vs. t) and voltage transformation ratio increased on time (VTr vs. t). So, this transformer with $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ core can be used as transformer core with voltage transformation ratio increased with frequency.

Magnetoresistance and magnetoimpedance ceramics

When the magnetic field of 0.26 Wb/m^2 was applied to $Ni_{0.65}Zn_{0.35}Fe_2O_4$, the resistances of this sample decreased to be $5.34 \text{ k}\Omega$, respectively due to the effect of magnetoresistance effect. $(0.6MnO_2)(0.4ZnO)(Fe_2O_3)$ can be used for demonstration the magnetoimpedance effect by decreasing the impedance to be $0.52 \text{ M}\Omega$.

Magnetoelectric and magnetoelastic ceramics

Magnetoelectric effects of $BiCrO_3$ materials were measured. The results showed that magnetoelectric voltages of all samples changed under the applied magnetic field of 0.26 Wb/m^2 . So, these samples can be used for demonstration the magnetoelectric effect. The magnetoelastic effect of $MgFe_2O_4$ material was measured. The results showed that the resistance decreased in the interval of $9 \text{ M}\Omega - 7.3 \text{ M}\Omega$ when the sample was pressed. This sample can be used as demonstrative device for magnetoelectric and magnetoelastic effect.

optical ceramics

When ultraviolet light was on state, the ZnO resistance decreased in the interval of $8 \text{ k}\Omega - 3.5 \text{ k}\Omega$ with response time of 29 s. But, when ultraviolet light was offstate, the ZnO resistance increased in the interval of $3.5 \text{ k}\Omega - 7.5 \text{ k}\Omega$ with recovery time of 28 s. Optical responsivity (G) was -56.25% . The minus value of G means that the resistance decrease as receiving ultraviolet light.

When the ultraviolet light dependence on resistivity property of this sample ($ZnO+0.02TiO_2$) was applied. The result showed that the sample can be used as ultraviolet light switch of optical ceramics. The operation of optical switch device will treat using comparison between voltage drop across this sample and setting voltage (2.6 V) was compared. The result will use for controlling the operation of relay, solid state relay and load, respectively.

gas response ceramics

When NH_3 gas was on state, the ZnO resistance increased in the interval of $7.7 \text{ k}\Omega - 11.5 \text{ k}\Omega$ with response time of 28 s. But, when NH_3 gas was off state, the $ZnO+0.02TiO_2$ resistance decreased in the interval of $11.5 \text{ k}\Omega - 8.02 \text{ k}\Omega$ with recovery time of 30 s. Optical responsivity (G) was 49.35% . The plus value of G means that the resistance increase as receiving NH_3 gas.

When the NH_3 gas dependence on resistivity property of this sample ($(ZnO+0.02TiO_2)$) was applied. The result showed that the sample can be used as NH_3 gas switch of gas response

ceramics. The operation of gas switch device will treat using comparison between voltage drop across tis sample and setting voltage (2.4 V) was compared. The result will use for controlling the operation of relay, solid state relay and load, respectively.

humidity response ceramics

When this humidity was applied, the sample resistance decreased in the interval of $83.5 \text{ k}\Omega - 71 \text{ k}\Omega$ with response tiner of 10 s. But, this humidity was not applied, the sample resistance increased in the interval of $71 \text{ k}\Omega - 79 \text{ k}\Omega$ with recovery time of 30 s. Humidity responsivity (G) was -14.97 %. The negative value of G means the sample resistance decreased as receiving the humidity.

Keyword : conductive ceramics , NTC ceramics , thermoelectric ceramics , heating ceramics , PTC ceramics , ferroelectric ceramics , piezoelectric ceramics , ferromagnetic ceramics , ferrimagnetic ceramics , magnetoresistance ceramics , magnetoelectric ceramics , magnetoimpedance ceramics , magnetoelastic ceramics , optical ceramics , gas response ceramics , humidity response ceramics, Visual Basic

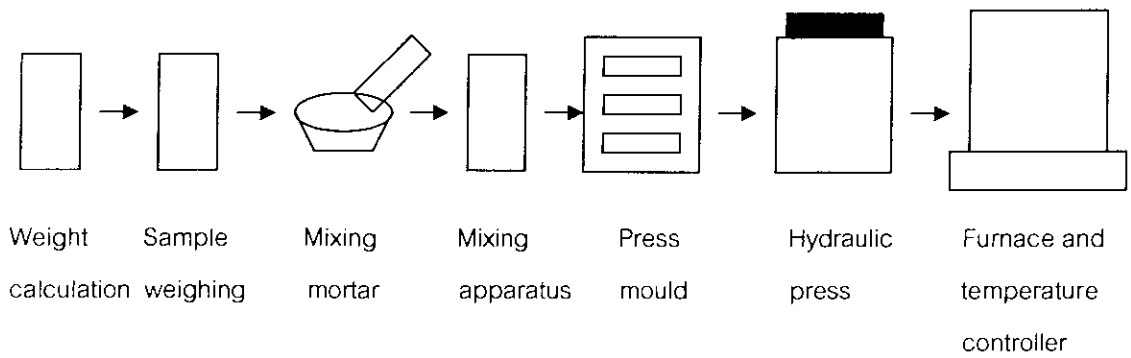
0. การเตรียมการขั้นต้น

0.1 การเตรียมสารตัวอย่าง

สารที่ได้เตรียมประกอบด้วยสาร 18 ชนิด ด้วยกัน สูตรส่วนผสมที่เตรียมของสารทั้งหมดมีดังนี้

conductive ceramics	: ZnSb_2O_4 , fixed resistor 1 M Ω
NTC ceramics	: $\text{SnO}_2+0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$, $\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$
thermoelectric ceramics	: ZnSb_2O_4
heating ceramics	: $\text{ZnO}+0.05\text{TiO}_2$
PTC ceramics	: commercial PTC
ferroelectric ceramics	: $\text{BaTiO}_3(\text{Sj})$, $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$
ferroelastic ceramics	: ZnO
piezoelectric ceramics	: commercial PZT
ferromagnetic ceramics	: CoFe_2O_4
ferrimagnetic ceramics	: $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$, antenna ferrite core
magnetoresistance ceramics	: $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$, $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$
magnetoimpedance ceramics	: $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$
magnetoelectric ceramics	: BiCrO_3
magnetoelastic ceramics	: MgFe_2O_4
optical ceramics	: ZnO , $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$
gas response ceramics	: ZnO , $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$
humidity response ceramics	: PbCrO_3

ขอยกตัวอย่างวิธีการเตรียมสาร $\text{ZnO}+0.05\text{TiO}_2$ โดยวิธีเทคนิคเซรามิกส์มาตรฐาน (standard ceramic techniques) เริ่มจากผง ZnO ที่มีความบริสุทธิ์ 99 % และ TiO_2 ที่มีความบริสุทธิ์ 99.9 % คำนวณน้ำหนัก ชั่งผงของสารด้วยเครื่องชั่ง ผสมสารด้วยโกร่ง นำผงของสารใส่กระป๋องพลาสติก หมุนผสมสารด้วยเครื่องหมุนหยดโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ผสมน้ำกลั่น นำผงของสารใส่เบ้าอัด นำเบ้าอัดติดตั้งที่เครื่องอัดสาร (RIIK 25 tons) อัดเป็นก้อน วางไว้วันหนึ่งแล้วนำก้อนสารวางในเตาหลอม (furnace) ที่ใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (FCR-13A-R/M) และใช้เทอร์โมคอปเปิลชนิด K (CA) (model JB-35) เผาที่ 1100 °C ตามลำดับ ใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5 °C/min และอุณหภูมียืนไฟ 1 h ขั้นตอนการเตรียมสารแสดงในรูปที่ 0.1



รูปที่ 0.1 ขั้นตอนการเตรียมก้อนสารตัวอย่าง

ส่วนการเตรียมสารอื่นๆจะใช้วิธีการทำนองเดียวกัน สารต่างสูตรกันจะใช้อุณหภูมิการเผาที่ต่างกัน แต่ใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิของเตาหลอมเท่ากัน กรณีที่สารที่ผ่านการเผาครั้งที่ 1 มีความเปราะก็จะเป็นผง อัดเป็นก้อนและเผาซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ตรวจสอบเฟสของสารด้วยเครื่อง XRD วัดขนาดและทำซ้ำด้วยกาวเงิน

ชนิดของสาร สูตรของส่วนผสมที่เตรียมและขนาดของสารตัวอย่างแสดงในตารางที่ 0.1 อุปกรณ์เชิงการค้าที่ใช้ทดลอง ได้แก่ C101 , Commercial PTC , Fixed resistor , commercial PZT , Core of commercial core of antenna coil , commercial permanent magnet, LM335

ตารางที่ 0.1 ชนิดของสาร สูตรของส่วนผสมที่เตรียมและขนาดของสารตัวอย่าง

Material name	Composition formula	Thickness (mm)	Diameter (mm)
Conductive ceramics	ZnSb ₂ O ₄	4.12	12..45
	Fixed resistor	-----	-----
NTC ceramics	SnO ₂ +0.01Dy ₂ O ₃	3.24	12.19
	NiO+0.5Cr ₂ O ₃	3.35	13.18
	LM335	-----	-----
Thermoelectric ceramics	ZnSb ₂ O ₄	4.12	12..45
Heating ceramics	ZnO+0.05TiO ₂	3.49	12.58
PTC ceramics	Commercial PTC	-----	-----
Ferroelectric ceramics	BaTiO ₃ (Sj)	4.35	13.20
	Ba _{0.5} Zn _{0.5} TiO ₃	3.24	13.47
Piezoelectric ceramics	commercial PZT	-----	-----
Ferromagnetic ceramics	CoFe ₂ O ₄	3.99	12.74
Ferrimagnetic ceramics	Mn _{0.8} Ni _{0.2} Fe ₂ O ₄	3.35	12.01
	antenna ferrite core	-----	-----
Magnetoresistance ceramics	(0.6MnO ₂)(0.4ZnO)(Fe ₂ O ₃)	3.84	11.14
	Ni _{0.65} Zn _{0.35} Fe ₂ O ₄	3.56	12.82
Magnetoimpedance ceramics	Ni _{0.65} Zn _{0.35} Fe ₂ O ₄	3.56	12.82

Magnetoelectric ceramics	BiCrO ₃	2.51	13.67
Magnetoelastic ceramics	MgFe ₂ O ₄ (Melas)	5.16	11.04
Optical ceramics	ZnO	1.28	11.45
	ZnO+0.02TiO ₂	2.34	12.17
Gas response ceramics	ZnO	1.28	11.45
	ZnO+0.02TiO ₂	2.34	12.17
Humidity response ceramics	PbCrO ₃		

0.2 การทำความเข้าใจระบบการวัดด้วยคอมพิวเตอร์ที่ใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก

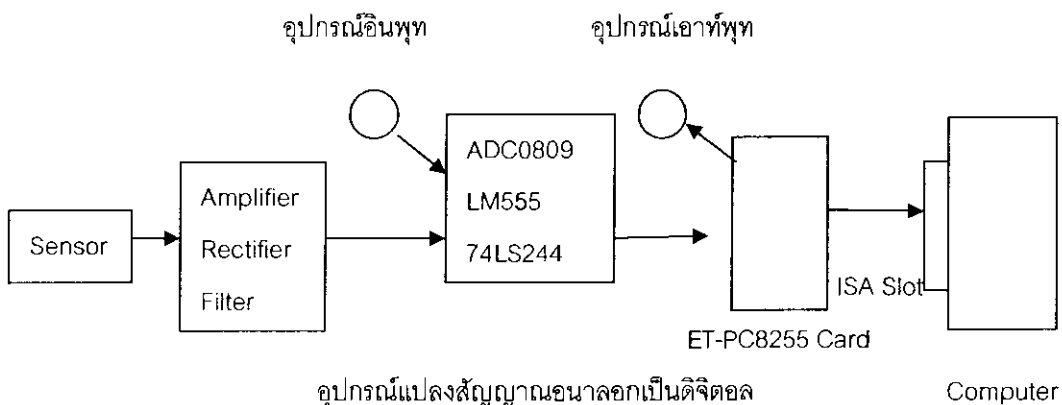
0.2.1 ความเข้าใจวงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และการ์ดเชื่อมต่อ (ET-PC8255 Card)

จัดเตรียมแผงวงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และเขียนโปรแกรมสำหรับการวัดและควบคุมทั่วไปโดยให้สามารถอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า ทำได้โดยการประกอบวงจรการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลพร้อมกับบัฟเฟอร์ลงบนโปรโตบอร์ดแล้วทดสอบจนใช้ได้ นำแผงวงจรนี้ทำไปประกอบเข้ากับการ์ดเชื่อมต่อ (interface card) และคอมพิวเตอร์ทางสล็อต (slot) เขียนโปรแกรมแล้วทดสอบจนใช้ได้ แผงวงจรนี้จะนำไปใช้ทดสอบ

บล็อกไดอะแกรมของการเชื่อมต่อแผงวงจรกับคอมพิวเตอร์

บล็อกไดอะแกรมของการเชื่อมต่อแผงวงจรกับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง ET-PC8255 Card แสดงดังรูปที่

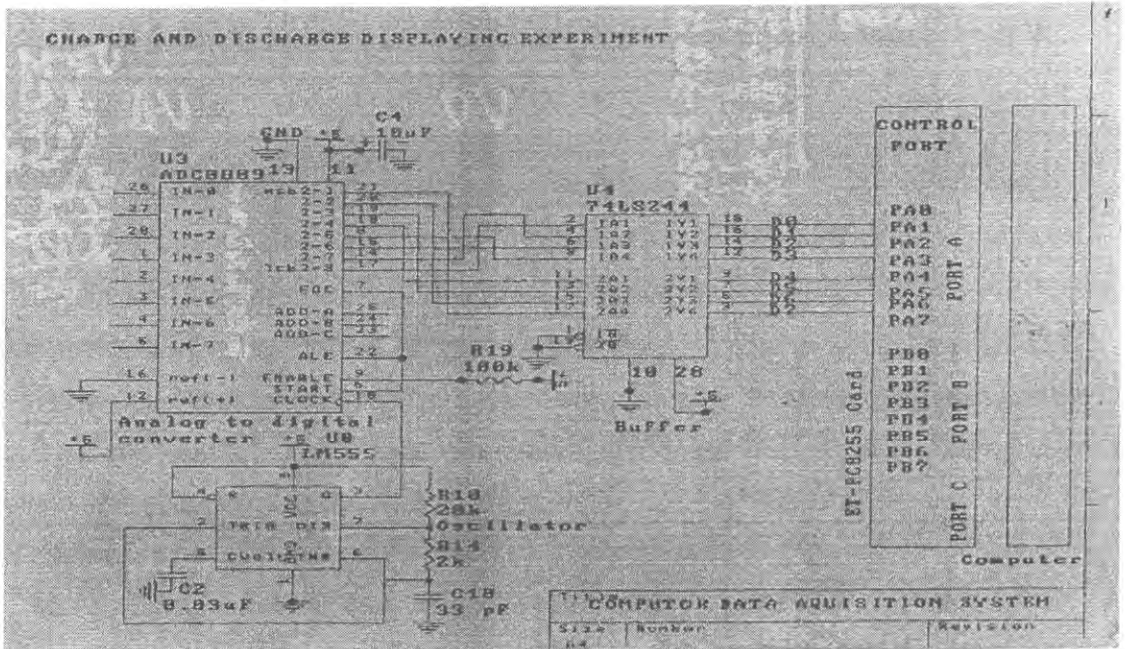
0.2.1.1 อุปกรณ์อินพุทให้ส่งแรงดันไฟฟ้ามาเข้า ADC0809 อุปกรณ์เอาต์พุทจะรับแรงดันไฟฟ้าที่มาจาก ADC0809 หัววัด (sensor) ทำหน้าที่แปลงปริมาณทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า วงจรขยาย (amplifier) ทำหน้าที่ขยายแรงดันไฟฟ้า วงจรเรียงกระแส (rectifier) ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าสลับเป็นไฟฟ้าตรง วงจรกรองแรงดัน (filter) ทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าคงที่ ADC 0809 ทำหน้าที่แปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) บัฟเฟอร์ทำหน้าที่คั่นวงจรไฟฟ้าเพื่อป้องกันการรบกวนกันของแรงดันไฟฟ้า ET-PC8255 Card ทำหน้าที่จัดทางเข้าและทางออกของแรงดันไฟฟ้าที่เข้าสู่หรือออกจากคอมพิวเตอร์ สล็อตแบบไอซา (ISA Slot) เป็นขั้วต่อสำหรับให้แรงดันไฟฟ้าเข้าสู่หรือออกจากคอมพิวเตอร์



รูปที่ 0.2.1.1 บล็อกไดอะแกรมของการเชื่อมต่อแผงวงจรกับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง ET-PC8255 Card

วงจรเชื่อมต่อกอมพิวเตอรื ET-PC8255 Card และคอมพิวเตอรื

วงจรเชื่อมต่อกอมพิวเตอรื ET-PC8255 Card และคอมพิวเตอรืแสดงดังรูปที่ 0.2.1.2 แรงดันไฟฟ้าจากหัววัดจะ มาเข้าที่อินพุทของ ADC0809 ซึ่งมีทั้งหมด 8 อินพุทด้วยกัน คือ I7, I6, I5, I4, I3, I2, I1, I0 การที่จะให้แรงดัน ไฟฟ้าเข้าทางอินพุทใดจะถูกกำหนดโดยการป้อนแรงดันไฟฟ้าหรือคำสั่งเข้าที่ขา C, B, A (23,24,25) ของ ไอซี ADC0809 จะแปลงแรงดันอินพุท (AV) ให้เป็นแรงดันเอาท์พุท (DV) แรงดันเอาท์พุทเป็นแรงดันดิจิตอล ขนาด 8 บิต คือ D7, D6, D5, D4, D3, D2, D1, D0 แรงดัน D7-D0 จะถูกส่งผ่านบัฟเฟอร์ การ์ด ET-PC8255 และสล็อตแบบ ISA แล้วเข้าคอมพิวเตอรื



รูปที่ 0.2.1.2 วงจรเชื่อมต่อกอมพิวเตอรื ET-PC8255 Card และคอมพิวเตอรื

ET-PC8255 Card

ส่วนการ์ด ET-PC8255 (ET-PC8255 Card) แสดงดังรูปที่ 0.2.1.3 การ์ด ET-PC8255 นี้ประกอบด้วยไอซี 8255 สามตัว ทำหน้าที่เป็นอินพุทพอร์ท (input port) 8 บิต และเอาท์พุทพอร์ท (output port) 8 บิต การ์ดนี้จะเสียบกับ สล็อตของคอมพิวเตอรื ET-PC8255 เป็นการ์ด (card) ต่อขยายระบบเครื่องคอมพิวเตอรื ให้มีส่วนพอร์ทอินพุท (input port) และพอร์ทเอาท์พุท (output port) ใช้งานมากขึ้น โดยมีจำนวน 9 พอร์ท หรือ 72 bit I/O (TTL 0-5 V) การ์ดนี้จะเสียบกับสล็อตแบบ ISA (ISA slot)

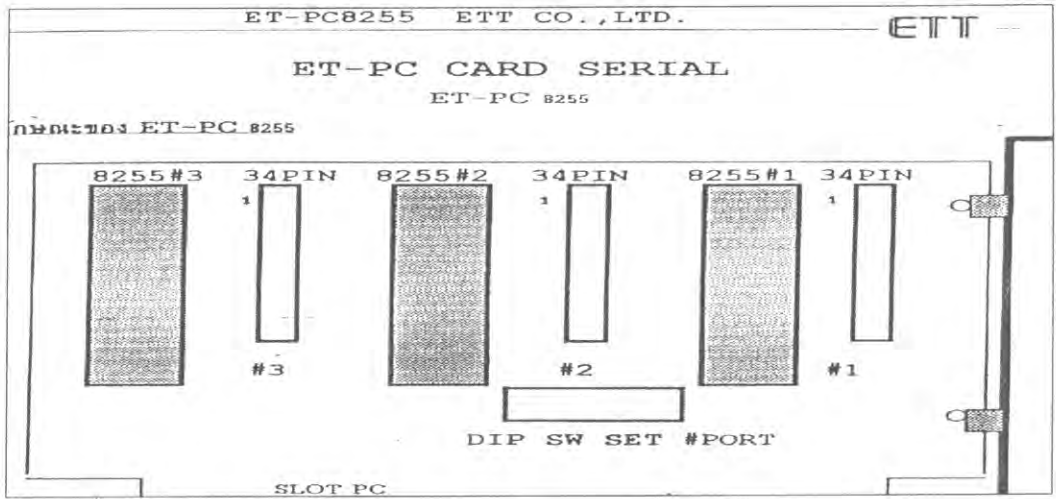
IC8255 แต่ละตัวจะมี 40 ขา ประกอบด้วย Port A, B, C, Control Port

Data bus ของพอร์ท A, B, C คือ PA7 PA6 PA5 PA4 PA3 PA2 PA1 PA0

PB7 PB6 PB5 PB4 PB3 PB2 PB1 PB0

PC7 PC6 PC5 PC4 PC3 PC2 PC1 PC0

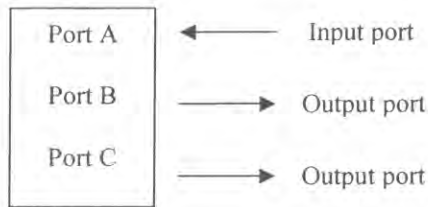
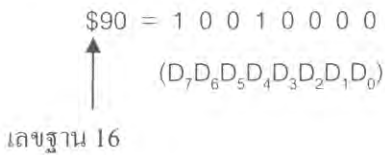
ข้อมูล (Data) เป็นแบบ 8 บิต คือ $D_7, D_6, D_5, D_4, D_3, D_2, D_1, D_0$



รูปที่ 0.2.1.3 แสดงลักษณะของ ET-PC8255 Card

Control Word

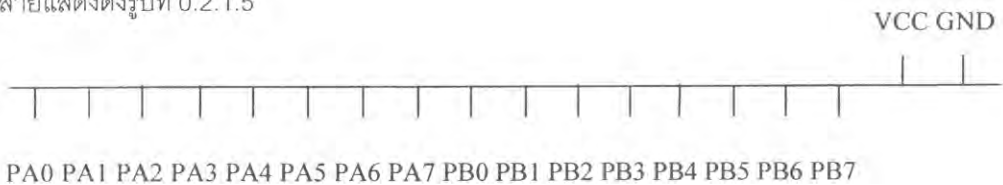
Control Word ใช้ \$90 เพื่อให้พอร์ต A เป็นอินพุตพอร์ต พอร์ต B เป็นเอาต์พุตพอร์ตและพอร์ต C เป็นเอาต์พุตพอร์ต พอร์ต A,B และ C แสดงดังรูปที่ 0.2.1.4



รูปที่ 0.2.1.4 พอร์ต A,B และ C

ขั้วพิกสาย

ขั้วพิกสายแสดงดังรูปที่ 0.2.1.5



รูปที่ 0.2.1.5 ขั้วพิกสาย

หัวข้อ 34 ขา

หัวข้อ 34 ขา ของการ์ด ET-PC8255 แสดงดังรูปที่ 0.2.1.6

PA0	00	PA1
PA2	00	PA3
PA4	00	PA5
PA6	00	PA7
PB0	00	PB1
PB2	00	PB3
PB4	00	PB5
PB6	00	PB7
PC0	00	PC1
PC2	00	PC3
PC4	00	PC5
PC6	00	PC7
VCC	00	
GND	00	

รูปที่ 0.2.1.6 หัวข้อ 34 ขา ของการ์ด ET-PC8255 (ET-PC8255 Card)

การติดตั้ง ET-PC8255 Card กับคอมพิวเตอร์

ปิดสวิตช์ POWER ของคอมพิวเตอร์

เปิดฝาเครื่องคอมพิวเตอร์

เช็ด Dip Switch เพื่อกำหนดตำแหน่งของ ET-PC8255 Card ไม่ให้ตรงกับตำแหน่งของพอร์ทของการ์ดอื่นๆ

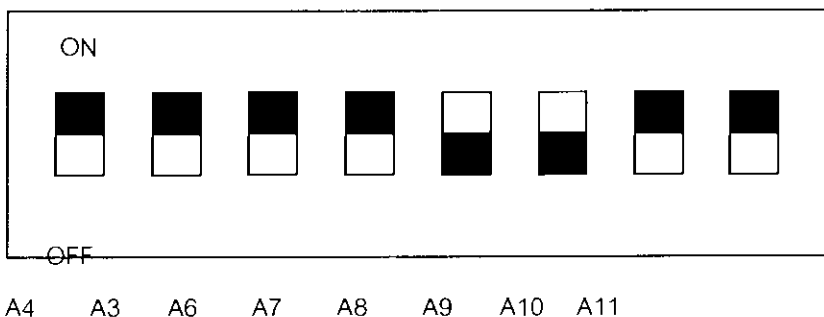
นำการ์ดใส่เข้าไปยังคอมพิวเตอร์ทาง Slot PC 62 pin

ถ้ามีการต่อสายแพร์จาก 34 pin ไปใช้งานก็ให้ต่อก่อนให้เรียบร้อย

เปิดสวิตช์ POWER ของคอมพิวเตอร์

การเช็ด Dip Switch

สวิตช์ทำหน้าที่กำหนดที่อยู่ของพอร์ท จะต้องจัดดังรูปที่ 0.2.1.7



รูปที่ 0.2.1.7 การจัดตำแหน่งของสวิตช์

ที่อยู่ (Address) ของพอร์ท

ตัวอย่าง Address ของ 8255 ตัวที่ 1 ของ ET-PC8255 CARD

0300H = PORT PA ของ 8255

0301H = PORT PB ของ 8255

0302H = PORT PC ของ 8255

0303H = PORT CONTROL ของ 8255

ตัวอย่าง Address ของ 8255 ตัวที่ 2 ของ ET-PC8255 CARD

0304H = PORT PA ของ 8255

0305H = PORT PB ของ 8255

0306H = PORT PC ของ 8255

0307H = PORT CONTROL ของ 8255

ตัวอย่าง Address ของ 8255 ตัวที่ 3 ของ ET-PC8255 CARD

0308H = PORT PA ของ 8255

0309H = PORT PB ของ 8255

030AH = PORT PC ของ 8255

030BH = PORT CONTROL ของ 8255

การใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆของ ETT

เราสามารถต่อ connector 34 pin ของ ET-PC8255 Card ไปยังบอร์ด (board) ต่างๆ ของ ETT ได้ เช่น ต่อใช้งานกับ ET-SSRAC ซึ่งเป็นบอร์ดควบคุมไฟฟ้า 220 V

ไฟล์พิเศษที่ใช้โปรแกรม VB สำหรับ ET-PC8255

โดยทั่วไป Visual Basic ไม่มีคำสั่ง Inp และ Out ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มไฟล์ Inpout32.dll สำหรับการติดตั้ง inpout32.dll นั้นสามารถทำได้โดย download หรือ copy จากแผ่น CDROM ของ ET-PC8255 หรือ ET-PCDIO เราจะต้อง copy ไฟล์ Inpout32.dll ใน Directory System

Windows 95, 98 ให้ copy ไว้ที่โฟลเดอร์ C:\Windows\System

Windows Me, 2000, XP ให้ copy ไว้ที่โฟลเดอร์ C:\Windows\System32

ในการเรียกใช้งานของไฟล์ Inpout32.dll นั้น เราจะต้องประกาศฟังก์ชันที่หน้าต่างของ Code Window เสียก่อน การประกาศฟังก์ชันเพื่อเรียกใช้งานของไฟล์ Inpout32.dll สำหรับการส่งข้อมูล ทำได้ดังนี้

```
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

การประกาศฟังก์ชันเพื่อเรียกใช้งานของไฟล์ Inpout32.dll สำหรับการรับข้อมูล ทำได้ดังนี้

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
```

0.2.2 ความเข้าใจวงจรเชื่อมต่อกอมพิวเตอร์และการ์ดเชื่อมต่อ (ET-PCDIO Card)

จัดเตรียมแผงวงจรเชื่อมต่อกอมพิวเตอร์และเขียนโปรแกรมสำหรับการวัดและความคุมทั่วไปโดยให้สามารถอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า ทำได้โดยการประกอบวงจรการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลพร้อมกับบัฟเฟอร์ลงบนโปรโตบอร์ดแล้วทดสอบจนใช้ได้ นำแผงวงจรที่

ทำได้ประกอบเข้ากับการ์ดเชื่อมต่อ (interface card) และคอมพิวเตอร์ทางสลอต (slot) เขียนโปรแกรมแล้วทดสอบจนใช้ได้ แผนวงจรนี้จะนำไปใช้ทดสอบ

บล็อกโตะแกรมของการเชื่อมต่อแผนวงจรกับคอมพิวเตอร์

บล็อกโตะแกรมของการเชื่อมต่อแผนวงจรกับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง ET-PCDIO Card เหมือนรูปที่ 0.2.1.1 อุปกรณ์อินพุทให้ส่งแรงดันไฟฟ้ามาเข้า ADC0809 อุปกรณ์เอาท์พุทจะรับแรงดันไฟฟ้าที่มาจาก ADC0809 หัววัด (sensor) ทำหน้าที่แปลงปริมาณทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า วงจรขยาย (amplifier) ทำหน้าที่ขยายแรงดันไฟฟ้า วงจรเรียงกระแส (rectifier) ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าสลับเป็นไฟฟ้าตรง วงจรกรองแรงดัน (filter) ทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าคงที่ ADC 0809 ทำหน้าที่แปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) บัฟเฟอร์ทำหน้าที่คั่นวงจรไฟฟ้าเพื่อป้องกันการรบกวนกันของแรงดันไฟฟ้า ET-PCDIO Card ทำหน้าที่จัดทางเข้าและทางออกของแรงดันไฟฟ้าที่เข้าสู่หรือออกจากคอมพิวเตอร์ สลอตแบบไอซา (ISA Slot) เป็นข้อต่อสำหรับให้แรงดันไฟฟ้าเข้าสู่หรือออกจากคอมพิวเตอร์

วงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ ET-PCDIO Card และคอมพิวเตอร์

วงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ ET-PCDIO Card และคอมพิวเตอร์เหมือนรูปที่ 0.2.1.2 แรงดันไฟฟ้าจากหัววัดจะมาเข้าที่อินพุทของ ADC0809 ซึ่งมีทั้งหมด 8 อินพุทด้วยกัน คือ I7, I6, I5, I4, I3, I2, I1, I0 การที่จะให้แรงดันไฟฟ้าเข้าทางอินพุทใดจะถูกกำหนดโดยการป้อนแรงดันไฟฟ้าหรือคำสั่งเข้าที่ขา C, B, A (23,24,25) ของไอซี ADC0809 จะแปลงแรงดันอินพุท (AV) ให้เป็นแรงดันเอาท์พุท (DV) แรงดันเอาท์พุทเป็นแรงดันดิจิทัลขนาด 8 บิต คือ D7, D6, D5, D4, D3, D2, D1, D0 แรงดัน D7-D0 จะถูกส่งผ่านบัฟเฟอร์ การ์ด ET-PC8255 และสลอตแบบ ISA แล้วเข้าคอมพิวเตอร์

การประกอบวงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์

นำไอซี LM335, ADC0809 และ 74LS244 เสียบลงบนบอร์ดทดลองตามรูปแบบวงจรการทดลอง จากนั้นนำตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ, LED เสียบลงบนบอร์ดทดลอง เชื่อมต่อสายโดยต่อสาย +5V และ GND ก่อน เชื่อมต่อสายโดยต่อสายไฟที่เหลืออื่นๆ LED ใช้ขึ้นบอกแรงดันดิจิทัลของบิตต่างๆ เช่น D₇, D₆, D₅...D₁, D₀ ถ้า K ของ LED ได้รับไบอัสตรง LED จะติด ถ้าได้รับ 5 V LED จะดับ D₀ = 0 หมายถึง 0 V D₀ = 1 หมายถึง 5V 0 V LED จะติดทุกตัว, 5 V LED จะดับทุกตัว การประกอบวงจรของ LED เหมือนรูปที่ 0.2.1.3

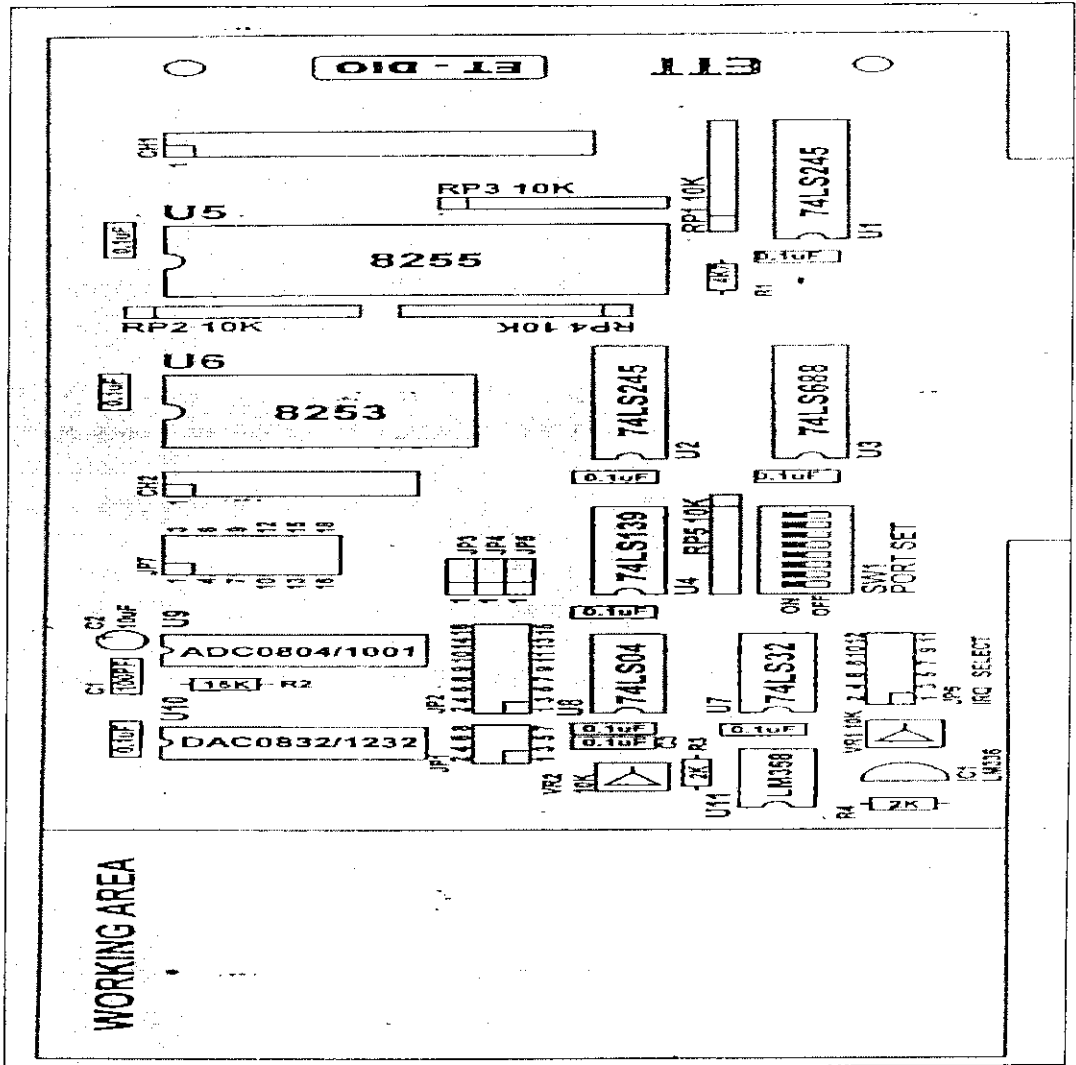
การตรวจสอบวงจรที่ต่อ

ป้อนแรงดันไฟฟ้า 5 V ให้แก่วงจร หมุนตัวต้านปรับค่าได้ 10 k Ω แรงดันไฟฟ้าที่ I₀ (ขา 26) จะเปลี่ยนแปลง AD0809 จะแปลง AV เป็น DV แสดงผลด้วย LED ขณะหมุน แรงดัน DV ที่ LED จะเปลี่ยนแปลง การติด-ดับของ LED จะเปลี่ยนแปลง 0 V LED จะติดทุกตัว 5 V LED จะดับทุกตัว (ดูตารางที่ 0.2.1.1)

การ์ดที่ใช้เชื่อมต่อ

ส่วนการ์ด ET-PCDIO (ET-PCDIO Card) แสดงดังรูปที่ 0.2.2.1 การ์ด ET-PCDIO นี้ประกอบด้วยไอซี 8255 หนึ่งตัว ทำหน้าที่เป็นอินพุทพอร์ท (input port) 8 บิต และเอาท์พุทพอร์ท (output port) 8 บิต การ์ดนี้จะเสียบกับสลอตของคอมพิวเตอร์ ET-PCDIO CARD มีอุปกรณ์รวมและมีจุดเด่นๆของมันเองดังนี้คือ มี IC 8255 (Programmable Peripheral Interface) จำนวน 1 ตัว ซึ่งสามารถที่จะใช้โปรแกรมให้เป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุทตามความต้องการของผู้ใช้เองได้ทั้งหมด 3 พอร์ท หรือ 24 Bits I/O ในรูปของสัญญาณ Digital การ์ดนี้จะเสียบกับสลอตแบบ ISA (ISA slot)

***การ์ดที่ใช้ทดลองนี้ซื้อมาจากบริษัท อีทีที จำกัด (ETT CO., LTD) [Http://www.ett.co.th](http://www.ett.co.th) 1108/32 ถนนสุขุมวิท แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพฯ โทร 712-1123 ดังนั้นรายละเอียดการใช้งานของการ์ดและเทคนิคของโปรแกรมให้ดูจากคู่มือของบริษัท



รูปที่ 0.2.2.1 โครงสร้างของ ET-PCDIO CARD

พอร์ทของ 8255 และบัสข้อมูล (Data bus)

IC8255 แต่ละตัวจะมี 40 ขา ประกอบด้วย Port A, B, C, Control Port

บัสข้อมูล (Data bus) เป็นทางเดินของข้อมูลหรือแรงดันไฟฟ้า

Data bus ของพอร์ท A, B, C คือ PA7 PA6 PA5 PA4 PA3 PA2 PA1 PA0

PB7 PB6 PB5 PB4 PB3 PB2 PB1 PB0

PC7 PC6 PC5 PC4 PC3 PC2 PC1 PC0

ข้อมูล (Data) เป็นแบบ 8 บิต คือ D₇D₆D₅D₄D₃D₂D₁D₀

พอร์ทควบคุม (Control port)

Control port เป็นทางเข้าของ Control Word ซึ่งทำหน้าที่กำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของข้อมูลที่เข้าคอมพิวเตอร์ หรือออกจากคอมพิวเตอร์

Control Word

Control Word ใช้ \$90 เพื่อให้พอร์ท A เป็นอินพุทพอร์ท พอร์ท B เป็นเอาต์พุทพอร์ทและพอร์ท C เป็นเอาต์พุทพอร์ท พอร์ท A,B และ C และทิศทางการเคลื่อนที่ของข้อมูลที่เข้าคอมพิวเตอร์หรือออกจากคอมพิวเตอร์

(ดูรูปที่ 0.2.1.5)

$$\begin{array}{c} \$90 = 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0 \\ \uparrow \\ (D_7, D_6, D_5, D_4, D_3, D_2, D_1, D_0) \\ \text{เลขฐาน 16} \end{array}$$

ขั้วพักสาย

ขั้วพักสายเหมือนรูปที่ 0.2.1.6

ขั้วต่อ 34 ขา

ขั้วต่อ 34 ขา ของการ์ด ET-PCDIO เหมือนรูปที่ 0.2.1.7

การติดตั้ง ET-PCDIO Card กับคอมพิวเตอร์

ปิดสวิทช์ POWER ของคอมพิวเตอร์

เปิดฝาเครื่องคอมพิวเตอร์

เช็ด Dip Switch เพื่อกำหนดตำแหน่งของ ET-PCDIO Card ไม่ให้ตรงกับตำแหน่งของพอร์ทของการ์ดอื่นๆ

นำการ์ดใส่เข้าไปยังคอมพิวเตอร์ทาง Slot PC 62 pin

ถ้ามีการต่อสายแพร์จาก 34 pin ไปใช้งานก็ให้ต่อก่อนให้เรียบร้อย

เปิดสวิทช์ POWER ของคอมพิวเตอร์

การเช็ด Dip Switch

สวิทช์ทำหน้าที่กำหนดที่อยู่ของพอร์ท จะต้องจัดเหมือนรูปที่ 0.2.1.8

ที่อยู่ (address) ของพอร์ท

Port A	: 0300&H
Port B	: 0301&H
Port C	: 0302&H
Control Port	: 0303&H

การทำงานของวงจรขณะทดสอบวัสดุ

การประกอบวงจรเพื่อทดสอบวัสดุเหมือนรูปที่ 0.2.1.9 ปลั๊กกระแสไฟฟ้า (I) จากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5V ผ่าน R_L และสาร ลง GND มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเท่ากับ V ซึ่งวัดได้ด้วยโวลท์มิเตอร์ แรงดันไฟฟ้าคร่อมสาร (V) เป็นแรงดันอนาล็อก (AV) ส่งเข้า ADC0809 เพื่อแปลง AV ให้เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) ขนาด 8 บิต ซึ่งคือ $D_7, D_6, D_5, D_4, D_3, D_2, D_1, D_0$ ผ่านบัฟเฟอร์ 74LS244 ผ่าน ET-PCDIO Card ผ่านพอร์ท A ของ ET-PCDIO Card เข้าไปใน RAM แล้วส่งไปแสดงผลที่จอภาพในรูปของค่าแรงดันไฟฟ้าหรือเส้นกราฟในรูปของค่า

แรงดันไฟฟ้าหรือเส้นกราฟแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับเวลา (V vs t) โปรแกรมของการวัดที่ใช้ คือ Microsoft Visual Basic 6.0

ไฟล์พิเศษที่ใช้โปรแกรม VB สำหรับ ET-PCDIO

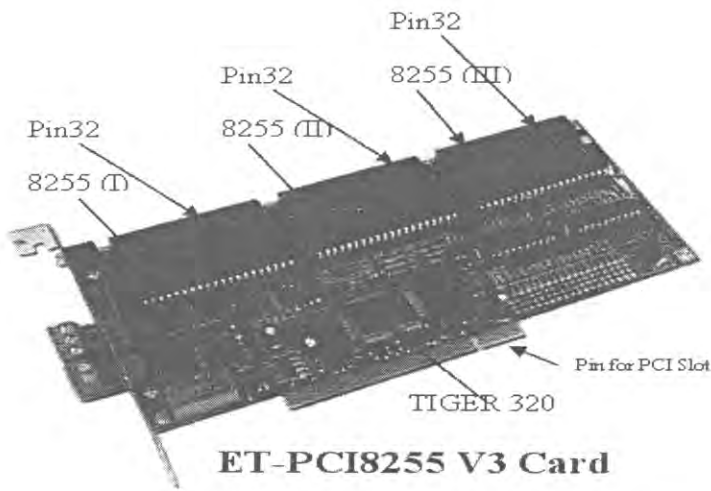
เหมือนกับ ET-PC8255 Card

0.2.2 ET-PCI8255 Card

ลักษณะของ ET-PCI8255 Card

ET-PCI8255 Card คือ PCI Bus I/O Interface หรือ การ์ดต่อขยาย 72 I/O สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ PC

ET-PCI8255 Card ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์รับส่งสัญญาณดิจิทัลกับอุปกรณ์ภายนอก ลักษณะของ ET-PCI8255 Card แสดงดังรูปที่ 0.2.2.1



รูปที่ 0.2.2.1 ลักษณะของ ET-PCI8255 Card

การติดตั้ง ET-PCI8255 Card กับคอมพิวเตอร์และหมายเลขพอร์ท

ทำได้ดังนี้

รันโปรแกรม PCI32.ex จากแผ่น CDROM ที่ให้มากับ ET-PCI8255 Card เพื่อหา address ที่ว่างสำหรับการ์ดนี้ Shut down windows และปิดสวิทช์คอมพิวเตอร์ เปิดฝา เสียบการ์ดลงบนสล๊อต ยึดการ์ดด้วยน็อต เปิดสวิทช์คอมพิวเตอร์ LED ทั้งสองดวงบนการ์ดควรจะติด

IC8255 เป็นไอซีประเภท CMOS Programmable Peripheral Interface ก่อนใช้งานจะต้องเลือกให้ 8255 เป็น อินพุทหรือเอาต์พุทก่อนทุกครั้งหลังจากเปิด switch POWER การเลือก คือ การส่ง Control Word ไปยัง Control Port หมายเลขพอร์ทของการ์ดนี้มีทั้งหมด 9 พอร์ท หลังจากเลือก dip switch แล้วก็จะได้หมายเลขพอร์ท

Control port ของ 8255#1 คือ F30C

Control port ของ 8255#2 คือ F31C

Control port ของ 8255#3 คือ F32C

ขั้วต่อ 34 ขา (34 pin)

ขั้วต่อ 34 ขา (34 pin) ของ ET-PCI8255 Card จะเหมือนกันกับขั้วต่อ 34 ขา ของการ์ด ET-PCDIO (รูป 0.2.1.7)

การติดตั้ง driver และการใช้งาน Library

Library ที่มีอยู่บนแผ่น CDROM มีทั้งหมด 3 ไฟล์ เนื่องจากไฟล์ทั้งสามเป็น System File ผู้ใช้จะต้องทำการตั้งค่าให้ Windows Explorer มองเห็นไฟล์ System จึงจะสามารถ Copy ไฟล์จากแผ่น CDROM ได้

Klibdrv.VXD เป็นไฟล์สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows 95, 98, me

Klibdrv.SYS เป็นไฟล์สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows NT4, 2000, XP

Klibdrv.DLL เป็นไฟล์สำหรับคอมพิวเตอรืของแต่ละโปรแกรม (Visual C, Visual Basic, Delphi)

ทำการเซตค่าให้มองเห็น System File สำหรับ Windows 95, 98

ทำการ Copy ไฟล์ลงใน System Directory

สำหรับ Windows 95, Windows 98, Windows me ให้ copy ไฟล์ Klibdrv.VXD ไปที่ System Directory ในกรณี

ติดตั้งไว้ที่ Drive C, C:\Windows\System\

สำหรับ Windows NT4, Windows 2000, Windows XP ให้ copy ไฟล์ Klibdrv.SYS ไปที่ System Directory ใน

กรณี ติดตั้งไว้ที่ Drive C, C:\Windows\System32\Driver\

การทำงานของ ET-PCI8255 Card

ET-PCI8255 Card ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของ IC8255 ซึ่งทำหน้าที่เป็นอินพุตและเอาต์พุต ส่วนของวงจร Decoder ทำหน้าที่ถอดรหัสโปรโตคอลของ PCI bus ได้แก่ ไอซี PLD XC95108 เมื่อเกิดกระบวนการอ่านและเขียนข้อมูล ไอซีตัวนี้จะทำการตรวจลำดับและรูปแบบของสัญญาณ จากนั้นจะสร้าง Cycle และส่งสัญญาณที่จำเป็นในการอ่านและเขียน 8255 แก่ CS, A0-A1, RD, WR ให้กับไอซี 8255 เป็นการถ่ายโอนข้อมูลระหว่าง PCI data bus กับ IO ภายนอก

ไฟล์พิเศษที่ใช้โปรแกรม VB สำหรับ ET-PCI8255 card

โดยทั่วไป Visual Basic ไม่มีคำสั่ง Inp และ Out ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มไฟล์ Inpout32.dll สำหรับการติดตั้ง Inpout32.dll นั้นสามารถทำได้โดย download หรือ copy จากแผ่น CDROM ของ ET-PC8255 หรือ ET-PCDIO เราจะต้อง copy ไฟล์ Inpout32.dll ใน Directory System

Windows 95, 98 ให้ copy ไว้ที่โฟลเดอร์ C:\Windows\System

Windows Me, 2000, XP ให้ copy ไว้ที่โฟลเดอร์ C:\Windows\System32

ในการเรียกใช้งานของไฟล์ Inpout32.dll นั้น เราจะต้องประกาศฟังก์ชันที่หน้าต่างของ Code Window เสียก่อน การประกาศฟังก์ชันเพื่อเรียกใช้งานของไฟล์ Inpout32.dll สำหรับการส่งข้อมูล ทำได้ดังนี้

```
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

การประกาศฟังก์ชันเพื่อเรียกใช้งานของไฟล์ Inpout32.dll สำหรับการรับข้อมูล ทำได้ดังนี้

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
```

สิ่งที่ต้อง copy ใน Directory System ใน Windows สำหรับ ET-PCI8255 card

มีดังนี้

Inpout32.dll

File ทั้งหมดใน pcitree

Install_98 หรือ Install_xp

Klibdrv.VXD เป็นไฟล์สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows 95, 98, me

Klibdrv.SYS เป็นไฟล์สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows NT4, 2000, XP

Klibdrv.DLL เป็นไฟล์สำหรับคอมพิวเตอรืของแต่ละโปรแกรม (Visual C, Visual Basic, Delphi)

Wd_utils.dll

ET_PCI8255V3_VB_LIB

ET_PCI8255V3_Test

ไฟล์ที่ต้อง Run สำหรับ ET-PCI8255 card

Install_98 หรือ Install_xp

pcitree

***การ์ดที่ใช้ทดลองนี้ซื้อมาจากบริษัท อีทีที จำกัด (ETT CO., LTD) [Http://www.ett.co.th](http://www.ett.co.th) 1108/32 ถนนสุขุมวิท แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพฯ โทร 712-1123 ดังนั้นรายละเอียดการใช้งานของการ์ดและเทคนิคของโปรแกรมให้ดูจากคู่มือของบริษัท

0.2.3 ET-PCI8255V3 Card

ลักษณะของ ET-PCI8255V3 Card

รูปร่างหน้าตาของ ET-PCI8255V3 Card มีลักษณะคล้ายรูปที่ 0.2.2.1 ET-PCI8255V3 Card เป็นการ์ด Programmable Input/Output แบบ TTL Logic ขนาด 72 bit โดยได้รับการออกแบบและพัฒนาให้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ PC ด้วยระบบ PCI bus ผ่านทาง PCI Slot โดยในส่วนของวงจรการเชื่อมต่อนั้น ทีมงานอีทีทีได้เลือกชิพเบอร์ TIGER320 ของ Tiger Jt Network Inc ET-PCI8255V3 Card ทำหน้าที่เป็นการ์ด Input/Output แบบ TTL Logic ให้สำหรับขยายจำนวน Input/Output ให้กับคอมพิวเตอร์ PC โดยในส่วนของ Inpt/Output ของการ์ดนั้น อีทีทีจะเลือกชิพไอซีประเภท PIO (Programmable Inout/Output) เบอร์ 8255 จำนวน 3 ตัว โดยที่ชิพ 8255 แต่ละตัวจะมีจำนวนพอร์ต Input/Output ขนาด 8 บิต จำนวน 3 พอร์ต (24 bit I/O) โดยแต่ละพอร์ตสามารถโปรแกรมหน้าที่การใช้งานได้อย่างอิสระว่าจะให้ทำหน้าที่เป็น Input หรือ Output ดังนั้นจึงทำให้การ์ด ET-PCI8255V3 มีจำนวนพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต จำนวน 9 พอร์ต (72 bit I/O) ชิพ 8255 ทั้ง 3 ตัว ของการ์ดนี้จะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ทางระบบ PCI bus โดยผ่านชิพ PCI Decoder TIGER320 อีกชิ้นหนึ่ง IC8255 จะถูกจัดวางให้เชื่อมต่อกับระบบ PCI bus ในระดับชั้นของ I/O port โดยชิพ TIGER320 จะใช้สำหรับทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมต่อระหว่าง PCI bus และ IC8255 ผ่านทางชั้น I/O Port ของ PCI Function อีกต่อหนึ่ง

พื้นฐานการใช้งานของ I/O port 8255

ชิพ PIO เบอร์ 8255 จัดเป็นอุปกรณ์ I/O ขนาด 8 บิต ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ เกี่ยวกับอินพุท/เอาต์พุท ได้เป็นอย่างดี IC8255 สามารถโปรแกรมให้ทำงานได้ถึง 3 โหมด และในแต่ละพอร์ตของ IC8255 เองก็ยังสามารถโปรแกรมให้เป็นอินพุทหรือเอาต์พุทก็ได้ IC8255 จะมีพอร์ตขนาด 8 บิต จำนวน 3 ชุด และมีพอร์ตควบคุมการทำงานอีก 1 ชุด เราสามารถติดต่อสั่งงาน อ่านหรือเขียน และใช้งาน 8255 ทางพอร์ตต่างๆโดยเลือกจากตำแหน่งรีจิสเตอร์ภายในของ 8255 เองได้ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง เมื่อกำหนดให้การ์ด ET-PCI8255V3 ทำงานร่วมกับ Chip PCI Decoder นั้น จะต้องออกแบบวงจรในส่วนที่เชื่อมต่อกับ 8255 โดยการถอดรหัสตำแหน่ง Address เพื่อทำการอ่าน/เขียน 8255

ตำแหน่ง Address ของพอร์ท

ตำแหน่ง 8255	พอร์ท	ตำแหน่งหรือ Address
IC 8255 #1	PA	14C0
	PB	14C4
	PC	14C8
	PCC	14CC
IC 8255 #2	PA	14D0
	PB	14D4
	PC	14D8
	PCC	14DC
IC 8255 #3	PA	14E0
	PB	14E4
	PC	14E8
	PCC	14EC
ตำแหน่ง 8255	พอร์ท	ตำแหน่งหรือ Address
IC 8255 #1	PA	C8C0
	PB	C8C4
	PC	C8C8
	PCC	C8CC
IC 8255 #2	PA	C8D0
	PB	C8D4
	PC	C8D8
	PCC	C8DC
IC 8255 #3	PA	C8E0
	PB	C8E4
	PC	C8E8
	PCC	C8EC

14C0 = Base Address+C0 ; Base Address = 1400

C8C0 = Base Address+C0 ; Base Address = C800

Base Address หมายถึง ค่า I/O Base Address หรือ I/O Address Range ซึ่งเป็นตำแหน่งแอดเดรสพื้นฐานสำหรับติดต่อกับ I/O ของการ์ด ซึ่งได้รับการจัดสรรตำแหน่งจาก BIOS และก่อนที่จะทำการติดต่อสั่งงาน 8255 ในการ์ด ET-PC8255V3 ได้นั้น จะต้องทำการกำหนดหน้าที่ของสัญญาณ AUX0 ให้ทำหน้าที่เป็น Outout Port และมีค่าสถานะทาง Output เป็น 0 ไว้ก่อน จึงจะสามารถสั่งหรือเขียนค่าให้กับ 8255 ได้

การติดตั้งการ์ด ET-PC8255V3 card

ในการติดตั้งการ์ด ET-PC8255V3 เข้ากับ Slot PCI ของคอมพิวเตอร์นั้น สามารถทำได้ดังนี้

- 1) เปิดฝา Case ของคอมพิวเตอร์ออกมาและทำการเสียบการ์ด ET-PCI8255V3 เข้ากับ Slot PCI จากนั้นก็ยึดสกรูให้แน่น
- 2) ทำการติดตั้ง Driver ให้กับการ์ด ซึ่งจะกระทำเพียงครั้งแรกและครั้งเดียวเท่านั้น สำหรับผู้ที่ใช้งานคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows นั้นปกติแล้วในขั้นตอนการ boot นั้น Windows จะทำการตรวจสอบหาอุปกรณ์ที่ได้รับการติดตั้งเพิ่มเติมใหม่ให้อยู่แล้ว บอร์ด ET-PCI8255V3 นั้น ได้จัดเตรียม Driver ของการ์ดให้อยู่แล้ว การติดตั้ง Driver นั้น จะมีขั้นตอนเหมือนกัน

การติดตั้ง Driver มี 2 วิธี

วิธีที่ 1 Windows จะทำการค้นหา driver เองแบบอัตโนมัติ

วิธีที่ 2 เป็นวิธีการแบบ Manual โดยให้เลือก driver จากแผ่น CDROM ที่เก็บไฟล์ Driver ของการ์ดเอง

Windows จะแสดงข้อความว่ามีการตรวจพบฮาร์ดแวร์ใหม่และถามหา driver ของการ์ด เลือกหัวข้อ Install from a list or specific location (Advance) คลิก Next เลือก Browse พร้อมกับกำหนดตำแหน่งที่อยู่ของ Driver ของการ์ดใน CDROM โปรแกรมก็จะเริ่มต้นทำการติดตั้ง Driver ของการ์ดกับ Windows ทันที รอจนเสร็จแล้วเลือก Finish เป็นการเสร็จสิ้นขั้นตอนของการติดตั้ง Driver

การติดตั้ง Library Driver

หลังจากทำการติดตั้ง Driver ของการ์ดเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการติดตั้ง Library Driver สำหรับใช้ในการติดตั้งและพัฒนาโปรแกรมของการ์ดเพิ่มเติม โดยการ Run ไฟล์สำหรับติดตั้ง Library Driver ของการ์ด Run ไฟล์

install-98.bat สำหรับ Windows 95/98/Me Run ไฟล์ install-xp.bat สำหรับ Windows NT/2000/XP โดยการ Double Click ที่ไอคอนของไฟล์

หลังจากที่ได้ติดตั้ง Driver แล้ว เมื่อเปิดคอมพิวเตอร์ครั้งถัดไป คอมพิวเตอร์ก็สามารถตรวจพบการ์ดในระบบได้โดยอัตโนมัติและพร้อมใช้งานของการ์ดได้ทันที

ถ้าต้องการติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่ออื่นๆให้กับการ์ด เช่น Relay board, DC Motor board, Stepping Motor Board ก็สามารถทำได้โดยการสั่ง Shut down windows เพื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆนี้ได้ตามต้องการ

การตรวจสอบตำแหน่งของการ์ด

หลังจากที่ได้ติดตั้ง Driver ให้กับการ์ดแล้ว เราสามารถเข้าไปตรวจสอบการทำงานของการ์ดได้ โดยเข้าไปที่ Control Panel – System—Hardware—Device Manager ให้ทำการ double click ที่รายชื่อของการ์ดเพื่อแสดงรายการ Properties ของการ์ด จากนั้นให้เลือก Resources เพื่อตรวจสอบตำแหน่งการทำงานของการ์ด

ขั้ว 34 ขา (34 pin)

สัญญาณ I/O ของ 8255 ทั้ง 3 ตัว นั้นจะถูกเชื่อมต่อออกไปยังขั้วต่อแบบ IDE ขนาด 34 pin จำนวน 3 ชุด โดยแยกออกเป็นของ 8255 แต่ละตัว การจัดเรียงสัญญาณของ 8255 นั้นจะเหมือนกันทั้ง 3 ชุด ผู้ใช้สามารถใช้สายแพร์ขนาด 34 pin มาต่อเข้ากับขั้ว IDE ของ 8255 ตัวที่ต้องการได้ทันทีเมื่อต้องการต่อใช้งาน ขั้วต่อ 34 ขา (34 pin) ของ ET-PCI8255V3 Card จะเหมือนกันกับขั้วต่อ 34 ขา ของการ์ด ET-PCDIO (รูป 0.2.1.7)

ไฟล์พิเศษที่ใช้โปรแกรม VB สำหรับ ET-PCI8255V3 card

โดยทั่วไป Visual Basic ไม่มีคำสั่ง Inp และ Out ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มไฟล์ Inpout32.dll สำหรับการติดตั้ง Inpout32.dll นั้นสามารถทำได้โดย download หรือ copy จากแผ่น CDROM ของ ET-PC8255 หรือ ET-PCDIO เราจะต้อง copy ไฟล์ Inpout32.dll ใน Directory System

Windows 95, 98 ให้ copy ไว้ที่โฟลเดอร์ C:\Windows\System

Windows Me, 2000, XP ให้ copy ไว้ที่โฟลเดอร์ C:\Windows\System32

ในการเรียกใช้งานของไฟล์ Inpout32.dll นั้น เราจะต้องประกาศฟังก์ชันที่หน้าต่างของ Code Window เสียก่อน การประกาศฟังก์ชันเพื่อเรียกใช้งานของไฟล์ inpout32.dll สำหรับการส่งข้อมูล ทำได้ดังนี้

```
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

การประกาศฟังก์ชันเพื่อเรียกใช้งานของไฟล์ Inpout32.dll สำหรับการรับข้อมูล ทำได้ดังนี้

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
```

สิ่งที่ต้อง copy ไว้ใน Directory System ใน Windows สำหรับ ET-PCI8255V3 card

มีดังนี้

Inpout32.dll

File ทั้งหมดใน pcitree

Install_98 หรือ Install_xp

Klibdrv.VXD เป็นไฟล์สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows 95, 98, me

Klibdrv.SYS เป็นไฟล์สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows NT4, 2000, XP

Klibdrv.DLL เป็นไฟล์สำหรับคอมพิวเตอรืของแต่ละโปรแกรม (Visual C, Visual Basic, Delphi)

Wd_utils.dll

ET_PCI8255V3_VB_LIB

ET_PCI8255V3_Test

ไฟล์ที่ต้อง Run สำหรับ ET-PCI8255V3 card

Install_98 หรือ Install_xp

pcitree

ET_PCI8255V3_Test

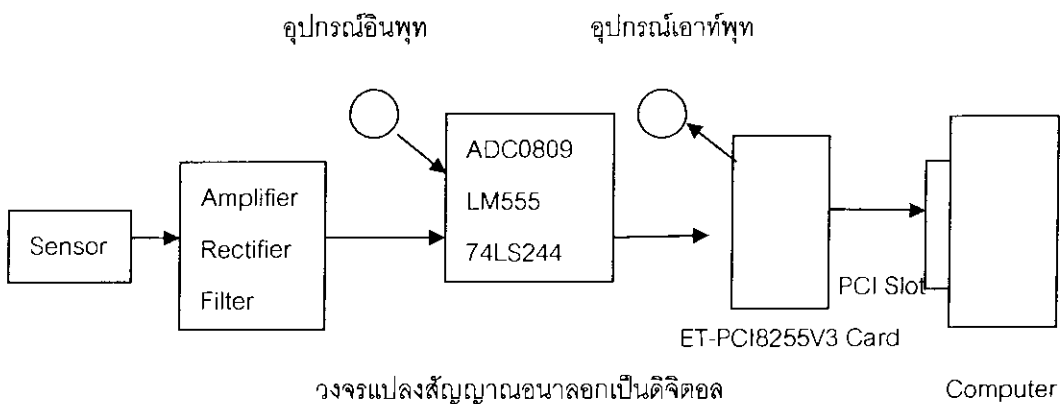
วิธีการโดยสรุปจากผู้เขียน

- 1) Copy ไฟล์ต่างๆจากแผ่น CDROM ที่ได้มาพร้อมกับการ์ด ET-PCI8255V3 เช่น Inpout32.dll , File ทั้งหมดใน pcitree , Install_98 หรือ Install_xp , Klibdrv.VXD เป็นไฟล์สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows 95, 98, me , Klibdrv.SYS เป็นไฟล์สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows NT4, 2000, XP , Klibdrv.DLL เป็นไฟล์สำหรับคอมพิวเตอรืของแต่ละโปรแกรม (Visual C, Visual Basic, Delphi) ,Wd_utils.dll , ET_PCI8255V3_VB_LIB , ET_PCI8255V3_Test ไว้ที่โฟลเดอร์ C:\Windows\System สำหรับคอมพิวเตอรืที่ใช้ Windows 95, 98 ไว้ที่โฟลเดอร์ C:\Windows\System32 สำหรับคอมพิวเตอรืที่ใช้ Windows Me, 2000, XP
- 2) ปิดคอมพิวเตอรื ติดตั้ง ET-PCI8255Ve Card ไว้ที่ PCI Slot แล้วเปิดคอมพิวเตอรื
- 3) การเขียนโปรแกรมสำหรับการทดลองให้ทำไฟล์เดอรืสำหรับเก็บไฟล์ของงานที่ทดลอง แล้วให้ copy ET_PCI8255V3_Test ไว้ที่โฟลเดอรืนี้
- 4) ทำการเช็ดชุดทดลอง ติดตั้งสารตัวอย่างที่จะวัด
- 5) เข้าไปใน My Computer แล้วทำ Self test ด้วย ET_PCI8255V3_Test เปิดโปรแกรม Visual Basic หลังจากนั้นก็ทำการเขียนโปรแกรมที่จะทดลองแล้วสั่ง Run คอมพิวเตอรืจึงจะทำงานตามโปรแกรมที่เขียน

***การ์ดที่ใช้ทดลองนี้ซื้อมาจากบริษัท อีทีที จำกัด (ETT CO., LTD) [Http://www.ett.co.th](http://www.ett.co.th) 1108/32 ถนนสุขุมวิท แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพฯ โทร 712-1123 ดังนั้นรายละเอียดการใช้งานของการ์ดและเทคนิคของโปรแกรมให้ดูจากคู่มือของบริษัท

ความเข้าใจวงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และการ์ด ET-PCI8255V3 Card

บล็อกไดอะแกรมของการเชื่อมต่อแผงวงจรกับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง ET-PCI8255V3 Card แสดงดังรูปที่ 0.2.3.2 อุปกรณ์อินพุตให้ส่งแรงดันไฟฟ้ามาเข้า ADC0809 อุปกรณ์เอาต์พุตจะรับแรงดันไฟฟ้าที่มาจาก ADC0809 หัววัด (sensor) ทำหน้าที่แปลงปริมาณทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า วงจรขยาย (amplifier) ทำหน้าที่ขยายแรงดันไฟฟ้า วงจรเรียงกระแส (rectifier) ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าสลับเป็นไฟฟ้าตรง วงจรกรองแรงดัน (filter) ทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าคงที่ ADC 0809 ทำหน้าที่แปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) บัฟเฟอร์ทำหน้าที่คั่นวงจรไฟฟ้าเพื่อป้องกันการรบกวนกันของแรงดันไฟฟ้า ET-PCI8255V3 Card ทำหน้าที่จัดทางเข้าและทางออกของแรงดันไฟฟ้าที่เข้าสู่หรือออกจากคอมพิวเตอร์ สล็อตแบบพีซีไอ (PCI Slot) เป็นขั้วต่อสำหรับให้แรงดันไฟฟ้าเข้าสู่หรือออกจากคอมพิวเตอร์



รูปที่ 0.2.3.2 บล็อกไดอะแกรมของการเชื่อมต่อแผงวงจรกับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง ET-PCDIO Card

วงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ ET-PCI8255V3 Card และคอมพิวเตอร์มีลักษณะเหมือนรูปที่ 0.2.2.2 การประกอบวงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และการตรวจสอบวงจรที่ต่อจะเหมือนกรณีของ ET-PCDIO Card IC8255 แต่ละตัวจะมี 40 ขา ประกอบด้วย Port A, B, C, Control Port บัสข้อมูล (Data bus) เป็นทางเดินของข้อมูลหรือแรงดันไฟฟ้า Data bus ของพอร์ท A, B, C คือ PA7 PA6 PA5 PA4 PA3 PA2 PA1 PA0 ; PB7 PB6 PB5 PB4 PB3 PB2 PB1 PB0 และ PC7 PC6 PC5 PC4 PC3 PC2 PC1 PC0 ข้อมูล (Data) เป็นแบบ 8 บิต คือ $D_7, D_6, D_5, D_4, D_3, D_2, D_1, D_0$ Control port เป็นทางเข้าของ Control Word ซึ่งทำหน้าที่กำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของข้อมูลที่เข้าคอมพิวเตอร์หรือออกจากคอมพิวเตอร์ Control Word ใช้ \$90 เพื่อให้พอร์ท A เป็นอินพุตพอร์ท พอร์ท B เป็นเอาต์พุตพอร์ท และพอร์ท C เป็นเอาต์พุตพอร์ท พอร์ท A, B และ C และทิศทางการเคลื่อนที่ของข้อมูลที่เข้าคอมพิวเตอร์หรือออกจากคอมพิวเตอร์ ขั้วพักสายเหมือนรูปที่ 0.2.1.5 ขั้วต่อ 34 ขา ของการ์ด ET-PCI8255V3 เหมือนรูปที่ 0.2.2.7 การทำงานของวงจรขณะทดสอบวัสดุเหมือนรูปที่ 0.2.2.9 โปรแกรมของการวัดที่ใช้ คือ Visual Basic 6.0

0.3 การใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual Basic)

1) การติดตั้งโปรแกรม

ใส่แผ่นซีดีรอมชุดติดตั้ง Visual Basic 6.0 ในไดรว์ซีดีรอม รอสักครู่โปรแกรมติดตั้งจะเริ่มทำงานอัตโนมัติ (AutoRun) ให้คลิกปุ่ม Next

จะปรากฏไดอะล็อก End User License Agreement ให้คลิกเลือก I accept the agreement แล้วคลิกปุ่ม Next ลงทะเบียนพร้อมทั้งกรอกข้อมูลต่างๆให้เรียบร้อย แล้วคลิกปุ่ม Next

เลือกติดตั้งแบบ Custom แล้วคลิก Next

เลือกตำแหน่งของไฟล์เดสก์ท็อปที่จะติดตั้ง Common Files ซึ่งเป็นที่เก็บไฟล์เครื่องมือต่างๆ แล้วคลิกปุ่ม Next

ชุดติดตั้งจะ Copy ไฟล์ต่างๆลงในคอมพิวเตอร์ เมื่อติดตั้งเรียบร้อย ให้ Restart เครื่องใหม่

เมื่อบูตเครื่องขึ้นมาอีกครั้ง ชุดติดตั้งจะเรียกชุดติดตั้ง MSDN ก็ให้ใส่แผ่นเข้าไป แล้วคลิกปุ่ม Next

เลือกติดตั้งแบบ Custom

จากนั้นชุดติดตั้งจะ Copy ไฟล์ต่างๆลงไปเครื่อง

2) ส่วนต่างๆของโปรแกรม

หลังจากติดตั้ง Visual Basic เสร็จแล้ว ก็เรียกใช้งาน เมื่อเข้าไปในโปรแกรมก็จะเห็นไดอะล็อก New Project คลิกเลือก Standard.exe คลิกปุ่ม Open จากนั้นก็จะพบหน้าจอการทำงาน หน้าจอประกอบด้วย Menu Bar, Tool Bar, Tool Box, Properties Window, Form layout, Code Window

New Project เป็นงานที่จะสร้างขึ้นมาใหม่

Standard exe เป็นงานที่สร้างแล้วได้ไฟล์ชนิด .exe

ActiveX Control เป็นงานที่สร้างแล้วได้ไฟล์ชนิด .ocx

Menu bar เป็นส่วนที่รับคำสั่งในรูปแบบเมนู มีลักษณะเป็นศูนย์กลางที่ควบคุมการสร้างแอปพลิเคชัน

Tool bar เป็นคีย์ลัดที่ใช้สั่งงาน

Form Designer หรือ Form เป็นส่วนที่เรามองเห็นในขณะที่ออกแบบแอปพลิเคชันหรือเป็นหน้าต่างที่ใช้แสดงผล

Toolbox เป็นกล่องเก็บ ActiveX Control ซึ่งเราจะนำมาประกอบเป็นส่วนต่างๆของแอปพลิเคชัน

Object เป็น Active X Control ที่อยู่บน Form หรือ Form Designer ซึ่งประกอบกันเป็นแอปพลิเคชัน

Code window เป็นส่วนที่ใช้เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของแอปพลิเคชัน

Properties window เป็นส่วนที่ใช้กำหนด Properties ให้แก่ Object ต่างๆ

ActiveX Control ที่อยู่ใน Toolbox ได้แก่

TextBox เป็นช่องให้ผู้ใช้งานกรอกข้อความ

label เป็นแถบข้อความ ใช้เขียนหรือแสดงข้อความให้อ่านอย่างเดียว

CommandButton เป็นปุ่มกดให้ผู้ใช้งานกดปุ่ม

OptionButton เป็นปุ่มให้ผู้ใช้งานคลิกเลือก

Timer เป็นตัวจับเวลา

ListBox เป็นรายการข้อมูลให้ผู้ใช้งานเลือก

HscrollBar เป็นแถบเลื่อนตามแนวนอน

VscrollBar เป็นแถบเลื่อนตามแนวตั้ง

frame เป็นกรอบที่จัดกลุ่มคอนโทรลต่างๆ (คอนโทรล คือ ActiveX Control)
 PictureBox เป็นคอนโทรลที่ใช้แสดงรูปภาพกราฟิกหรือวิธีการทางกราฟิก
 Line เป็นคอนโทรลที่ใช้เขียนหรือวาดรูปเส้น
 shape เป็นคอนโทรลที่ใช้วาดรูปทรง
 circle เป็นคอนโทรลที่ใช้วาดรูปวงกลม
 tool box อื่นๆ

Properties ของ Object ต่างๆใน Properties window ได้แก่ Name, caption, font, value, interval

Name เป็น properties ที่ใช้กำหนดชื่อของฟอร์ม (Form)

Caption เป็น properties ที่ใช้กำหนดข้อความที่แสดงที่ไตเติลบาร์ของฟอร์ม

Font เป็น properties ที่ใช้กำหนดรูปแบบของตัวอักษร

Value เป็น properties ที่ใช้กำหนดค่าต่างๆ

interval เป็น properties ที่ใช้กำหนดช่วงเวลา

Border Style เป็น properties ที่ใช้กำหนดลักษณะขอบของฟอร์ม

BackColor เป็น properties ที่ใช้กำหนดสีพื้นของฟอร์ม

ForeColor เป็น properties ที่ใช้กำหนดสีของตัวอักษรที่อยู่บนฟอร์ม

Min เป็น properties ที่ใช้กำหนดค่าต่ำสุด

Max เป็น properties ที่ใช้กำหนดค่าสูงสุด

Enabled เป็น properties ที่ใช้กำหนดจริงและเท็จ

ถ้ากำหนดเป็น True มันจะทำงาน ถ้ากำหนดเป็น False มันจะไม่ทำงาน

3) รายละเอียดที่ใช้เขียนโปรแกรม

- 1) ที่ new project คลิก Standard.exe
- 2) ดับเบิลคลิกที่ไอคอนของ ToolBox นำ control ใน tool box ไปวางใน form designer ก็จะเห็น Object บน Form Designer
- 3) ดับเบิลคลิกที่ไอคอนของ Window properties แล้วกำหนด properties ให้แก่ Object ซึ่งได้แก่
 name, caption
 Form1 ที่ Properties Window ตั้งชื่อ Name ตั้งชื่อ Caption ตั้ง Draw Width เซ็ต
 BackColor, BorderStyle, Font, Enable : True,
 Timer1 ที่ Properties Window เซ็ต Interval 100 Enable : True,
- 4) คลิก View ที่ Menu เลือก Code แล้วเขียน code หรือคำสั่งเกี่ยวกับการทำงาน
 ลักษณะของ Code หรือโปรแกรม มีดังนี้

-Declaration

```
private declare function inp.lib
```

```
private declare sub out lib
```

-Integer (ตัวแปร)

Byte เป็นข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนเต็มในช่วง 0 ถึง 255

Boolean เป็นข้อมูลทางตรรก : จริง (True), เท็จ (False)

integer เป็นข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนเต็มในช่วง -32,768 ถึง 32,767

single เป็นข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนจริง

double เป็นข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนจริง

date เป็นข้อมูลที่เป็นวันที่

string เป็นข้อมูลที่เป็นตัวอักษรหรือข้อความ

ต.ย Dim myVar As Integer

-Constant (ค่าคงที่)

ต.ย Dim ชื่อค่าคงที่ As ชนิดข้อมูล

-command (คำสั่ง)

public...as...

private sub form_load

private sub command_click()

private sub timer_timer()

private sub

end sub " "

out เป็นคำสั่งให้นำข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์

inp เป็นคำสั่งให้นำข้อมูลเข้าไปในคอมพิวเตอร์

call เป็นคำสั่งเรียกโปรแกรมย่อย

call delay เป็นคำสั่งเรียกโปรแกรมย่อยเพื่อหน่วงเวลา

beep เป็นคำสั่งให้ส่งเสียงดัง

& n เป็นค่าที่อยู่ในตัวแปร n

label.Caption เป็นคำสั่งที่เกี่ยวกับการแสดงข้อความบนฟอร์ม

command.Caption เป็นคำสั่งที่เกี่ยวกับการกดปุ่มบนฟอร์ม

text.Caption เป็นคำสั่งที่เกี่ยวกับการให้พิมพ์ค่าหรือกรอกข้อความ

if ...then...else เป็นคำสั่งที่ใช้ในการตัดสินใจเมื่อมีทางเลือกให้เลือก 2 ทาง

select...case เป็นคำสั่งที่ใช้ตัดสินใจเลือกมากกว่า 2 ทางเลือก

for...next เป็นการวนซ้ำด้วยจำนวนรอบที่แน่นอน

now เป็นฟังก์ชันที่ใช้อนุทินปัจจุบันและเวลา

date เป็นฟังก์ชันที่ใช้อนุทินปัจจุบัน

time เป็นฟังก์ชันที่ใช้อนุทินปัจจุบัน

abs เป็นฟังก์ชันที่ใช้หาค่าสัมบูรณ์ของตัวเลขที่กำหนดให้

sqr เป็นฟังก์ชันที่ใช้หาค่ารากที่สองของตัวเลขที่กำหนดให้

int เป็นฟังก์ชันที่ใช้หาค่าของเลขจำนวนเต็มของตัวเลขจุดทศนิยมที่กำหนดให้

round เป็นฟังก์ชันที่ใช้หาค่าโดยมีการปัดเศษให้เป็นเลขจำนวนเต็ม

sin เป็นฟังก์ชันที่ใช้หาค่า sin ของตัวเลขที่กำหนดให้

cos เป็นฟังก์ชันที่ใช้หาค่า cos ของตัวเลขที่กำหนดให้

log เป็นฟังก์ชันที่ใช้หาค่า log ของตัวเลขที่กำหนดให้

exp เป็นฟังก์ชันที่ใช้หาค่า exp ของตัวเลขที่กำหนดให้

hex เป็นฟังก์ชันที่ใช้หาค่า hex ของตัวเลขที่กำหนดให้

rnd เป็นฟังก์ชันที่ใช้สุ่มค่าตั้งแต่ 0 ถึงค่าน้อยกว่า 1

debug.print เป็นคำสั่งให้พิมพ์ข้อความที่แสดงปริมาณและปริมาณที่หาได้

ต.ย Debug.Print "Sin(1.7)=" & Sin(1.7)

MessageBox ใช้บอกข้อมูลให้แก่ผู้ใช้งานแล้วให้ผู้ใช้งานเลือกกระทำอย่างไรอย่างหนึ่ง

เช่น การยืนยันการปิดโปรแกรมหรือเตือนให้ผู้ใช้งานทราบเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ผิดพลาด

MsgBox Prompt [,Buttons] [,Title]

Prompt เป็นข้อความที่ปรากฏใน MessageBox ซึ่งเป็นข้อความที่ต้องการบอกแก่ผู้ใช้งาน

Buttons เป็นปุ่มหรือรูปภาพที่เราต้องการให้ปรากฏใน MessageBox ซึ่งปุ่มต่าง ๆ นั้น จะให้ผู้ใช้งานเลือกคลิก

Title เป็นข้อความบนแถบด้านบนของ MessageBox

เช่น MsgBox "คุณต้องการบันทึกผลการทำงานหรือไม่", vbYesNo+vbInformation, "My Application"

ค่าคงที่ของปุ่ม	ปุ่มที่ปรากฏ
vbOkOnly	OK
vbOkCancel	OK Cancel
vbYesNo	Yes No
vbYesNoCancel	Yes No Cancel
vbAbortRetryIgnore	Abort Retry Ignore
vbRetryCancel	Retry Cancel

InputDialog ใช้ขอข้อมูลจากผู้ใช้งานโดยใช้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลแล้วคลิกปุ่ม OK

4) ทดสอบการทำงาน (run)

set break point เป็นการให้หยุดการทำงานในตำแหน่งที่ต้องการ

step info เป็นการสั่งให้ทำงาน (run) ทีละคำสั่ง

step over เป็นการสั่งให้ทำงาน (run) โดยถือว่าโปรแกรมย่อยเป็นโปรแกรมเดียว

step out เป็นการสั่งให้ทำงาน (run) โดยให้ทำคำสั่งที่เหลือในโปรแกรมย่อยให้เป็นคำสั่งเดียว

immediate window เป็นหน้าต่างที่ยอมให้มีการแก้ไขค่าตัวแปรและดูค่าที่ได้

5) บันทึกเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ (save new project) /// open project for running or editing

ไฟล์ที่ถูกเก็บเป็นชนิด .frm

0.4 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม Visual Basic 6.0 สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ใช้ ET-PCDIO Card

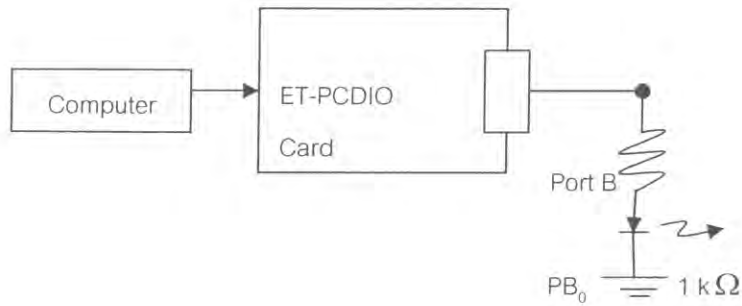
ตัวอย่างที่ 1 การนำแรงดันไฟฟ้าออกนอกคอมพิวเตอร์

วัสดุและอุปกรณ์

คอมพิวเตอร์ Visual Basic 6.0 อุปกรณ์สำหรับประกอบแผงวงจรเชื่อมต่อ ET-PC DIO Card

วิธีการทดลอง

1. จัดวงจรดังรูปที่ 1)



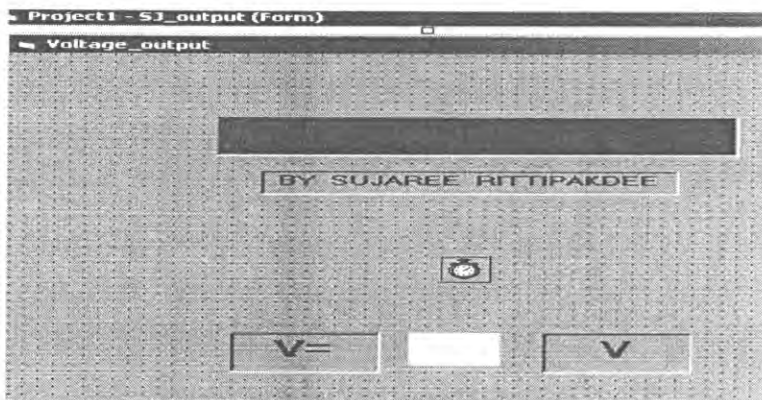
รูปที่ 2) แสดงการจัดวงจรเพื่อศึกษาการนำแรงดันไฟฟ้าออกนอกคอมพิวเตอร์

เข้า Microsoft Visual Basic 6.0 Program เพื่อสร้าง Object ดังรูปที่ 2) และเขียน Code และ Properties Window ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมให้แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าออกนอกคอมพิวเตอร์

3. สั่ง RUN คอมพิวเตอร์จะส่งแรงดันไฟฟ้า 5V หรือ 0 V ผ่าน Port B ของ ET-PCDIO Card แรงดัน D_0 เคลื่อนที่ผ่าน DATA Bus PB_0 มาที่ Project board ใช้ LED แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่มา 5V LED จะติด แต่ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่มา 0 V LED จะดับ คอมพิวเตอร์จะแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกนอกคอมพิวเตอร์ปรากฏให้เห็นบนจอภาพโดยใช้ Microsoft Visual Basic 6.0 Program

โปรแกรม Microsoft Visual Basic V6.0 สำหรับให้คอมพิวเตอร์แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกนอกคอมพิวเตอร์

Object



รูปที่ 2) แสดงภาพของ Object ที่สร้างขึ้นเพื่อให้เห็นค่าแรงดันไฟฟ้าออกนอกคอมพิวเตอร์ซึ่งเขียนขึ้นด้วย Microsoft Visual Basic V6.0 Program

Code

'Output Voltage Program by Falsh with ET-PCDIO Card

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Dim V As Integer
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Out &H303, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    For i = 1 To 1000
```

```
        V = &H0
```

```
        Out &H301, V
```

```
        VW.Caption = V
```

```
        Call delay
```

```
        V = &H1
```

```
        Out &H301, V
```

```
        VW.Caption = 5 * V
```

```
        Call delay
```

```
    Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
    For j = 1 To 5000
```

```
        DoEvents
```

```
    Next j
```

```
End Sub
```

Properties Window

ที่ Form SJ_output มีการตั้ง BackColor = &H80000016& ; BorderStyle = 3 'Fixed Dialog และ

Caption = "Voltage_output"

ที่ Timer มีการตั้ง Interval = 100

ที่ Property Font มีการตั้ง Name = "MS Sans Serif"

ที่ Label มีการตั้ง BackColor = &H80000014&

ตัวอย่างที่ 2 การนำแรงดันไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์

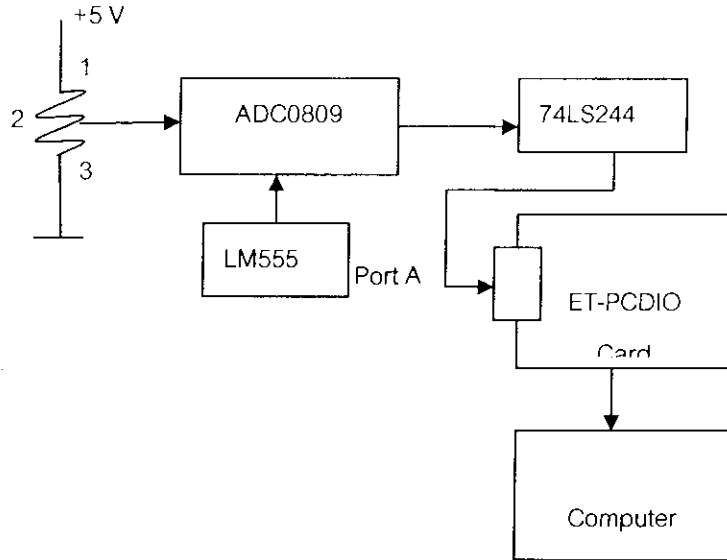
วัสดุและอุปกรณ์

คอมพิวเตอร์ โปรแกรม Microsoft Visual Basic V6.0 อุปกรณ์สำหรับประกอบแผงวงจรเชื่อมต่อ

ET-PC DIO Card 74LS244 LM555

วิธีการทดลอง

จัดวงจรดังรูปที่ 1)



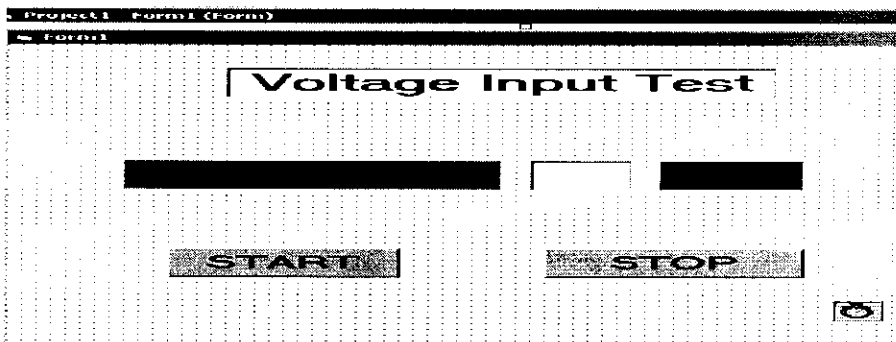
รูปที่ 1) แสดงการจัดวงจรเพื่อศึกษาการนำแรงดันไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์

เข้า Microsoft Visual Basic 6.0 Program เพื่อสร้าง Object และเขียน Code และ Properties Window ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมให้แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เข้าไปในคอมพิวเตอร์

สั่ง RUN คอมพิวเตอร์จะรับแรงดันไฟฟ้า V ผ่าน ADC0809 ผ่านบัฟเฟอร์ 74LS244 ผ่าน Port A ของ ET-PCDIO Card เข้าคอมพิวเตอร์ แล้วคอมพิวเตอร์จะแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าปรากฏให้เห็นบนจอภาพโดยใช้ Microsoft Visual Basic 6.0 Program

โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 สำหรับให้คอมพิวเตอร์แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เข้าไปในคอมพิวเตอร์

Object



รูปที่ 2) แสดงภาพของ Object ที่สร้างขึ้นเพื่อให้เห็นค่าแรงดันไฟฟ้าที่เข้าไปในคอมพิวเตอร์ซึ่งเขียนขึ้นด้วย Microsoft Visual Basic 6.0 Program

Code

```
'Data Input Test With E-PCDIO Card
```

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
```

```
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Out &H303, &H90
```

```
    Timer1.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Start_Click()
```

```
    Timer1.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Stop_Click()
```

```
    Timer1.Enabled = False
```

```
    Input_Voltage.Caption = ""
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    V = Inp(&H300) 'V=AV
```

```
    Input_Voltage.Caption = (5 / 255) * V '(5/255)*V=AV
```

```
    Call delay
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
    For j = 1 To 50000
```

```
        DoEvents
```

```
    Next j
```

```
End Sub
```

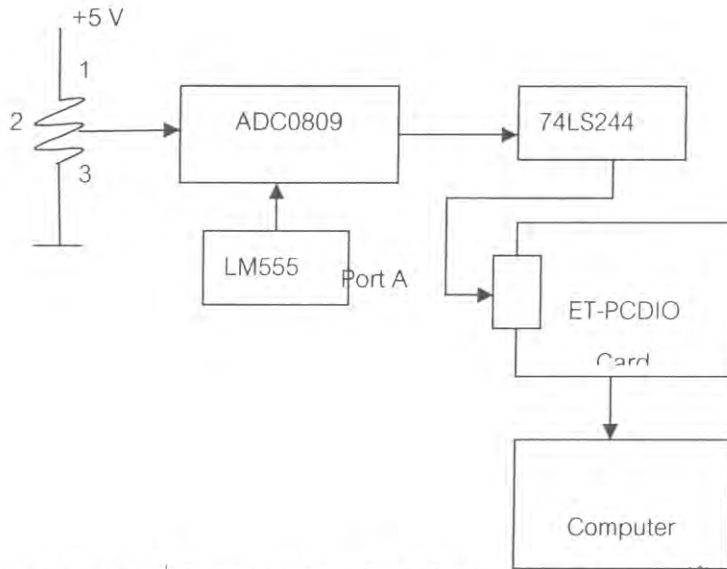
ตัวอย่างที่ 3 การแสดงกราฟแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับเวลา วัสดุและอุปกรณ์

คอมพิวเตอร์ โปรแกรม Microsoft Visual Basic V6.0 อุปกรณ์สำหรับประกอบแผงวงจรเชื่อมต่อ

ET-PC DIO Card 74LS244 LM555

วิธีการทดลอง

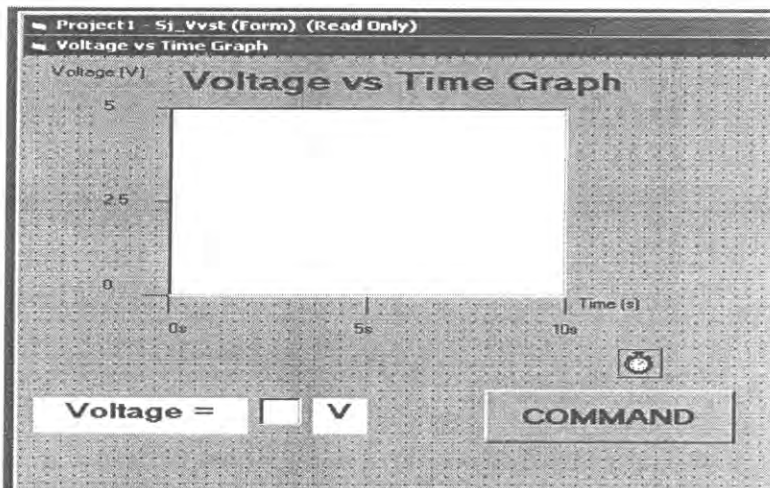
จัดวงจรดังรูปที่ 1)



รูปที่ 1) แสดงการจัดวงจรเพื่อศึกษาการให้คอมพิวเตอร์แสดงกราฟแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับเวลา

เข้า Microsoft Visual Basic 6.0 Program เพื่อสร้าง Object ดังรูปที่ 2) เขียน Code และ Properties Window ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์แสดงกราฟแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับเวลา สั่ง RUN คอมพิวเตอร์ จะรับแรงดันไฟฟ้า V ผ่าน ADC0809 ผ่านบัฟเฟอร์ 74LS244 ผ่าน Port A ของ ET-PCDIO Card เข้าคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะแสดงค่ากราฟแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับเวลาเห็นบนจอภาพโดยใช้ Microsoft Visual Basic 6.0 Program

โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 สำหรับให้คอมพิวเตอร์แสดงกราฟแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กัเวลา Object



รูปที่ 2) แสดงภาพของ Object ที่สร้างขึ้นเพื่อให้แสดงกราฟแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับเวลา ด้วย Microsoft Visual Basic 6.0 Program

Code

'Voltage vs Time Graph

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
```

```
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Public toggle As Boolean
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
    If toggle = True Then
```

```
        Timer1.Enabled = False
```

```
        toggle = False
```

```
        Command1.Caption = "STOP"
```

```
    Else
```

```
        Timer1.Enabled = True
```

```
        toggle = True
```

```
        Command1.Caption = "START"
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Picture1.DrawWidth = 2
```

```
    toggle = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
        Out &H303, &H90
```

```
        V = Inp(&H300)
```

```
        X = i
```

```
        Y = 10*(255-V)
```

```
        Picture1.PSet (X, Y), vbRed
```

```
        Label3.Caption = (5/255) * V
```

```
        Call delay
```

```
    Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay ()  
    For i = 1 To 700  
        DoEvents  
        Label8.Caption = Timer  
    Next i  
End Sub
```

1. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้า และอุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลว

Applications of conductive ceramics for the operation of electrical resistor and liquid level control device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ¹
Thongchai Panmatarith¹

สุจารี ฤทธิภักดี²
Sujaree Rittipakdee²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารเซรามิกส์ตัวนำจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244) , การ์ด ET-PCDIO, การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิชาลเบสิก ตัวต้านทานไฟฟ้าที่ได้รับการศึกษา ได้แก่ สาร $ZnSb_2O_4$ มีความต้านทาน $5.69\text{ k}\Omega$ ค่าความต้านทานของสารมีค่าต่ำในย่าน $\text{k}\Omega$ ความต้านทานของสารนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามเวลาซึ่งแสดงเสถียรภาพทางไฟฟ้าที่ดีของสาร ความต้านทานของสารนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิซึ่งแสดงเสถียรภาพทางความร้อนที่ดีของสาร สารมีลักษณะเป็นเซรามิกส์ตัวนำ ตัวต้านทานเชิงการค่า $1\text{ M}\Omega$ สามารถนำไปประยุกต์ทำเป็นอุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลว คำสำคัญ: เซรามิกส์ตัวนำ ตัวต้านทานไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลว วิชาลเบสิก

Abstract

This project involved sample preparation from starting material in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCDIO Card and Visual Basic. The $ZnSb_2O_4$ sample was studied and resistances was $5.69\text{ k}\Omega$. The resistance value of the samples were a low value in $\text{k}\Omega$ region. The samples showed good electrical stability due to the independence of resistance with time. The samples showed good thermal stability due to the independence of resistance with temperature. Samples were conductive ceramics. The samples had can be used as electrical resistor. Commercial resistor of $1\text{ M}\Omega$ can be used as liquid level control device.

Keyword : conductive ceramics , resistor , liquid level control device , Visual Basic

¹รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหาหน้า

ตัวนำเซรามิกส์เป็นตัวต้านทานที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำซึ่งอยู่ในย่านตัวนำ ตัวต้านทานโอห์มมิกเป็นมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานไฟฟ้าต่ำโดยมีความต้านทานไฟฟ้าอยู่ในช่วง 10^3 - $10^6 \Omega$ ทำมาจากส่วนผสมของตัวนำกับฉนวนหรือชั้นบางของตัวนำซึ่งถูกเคลือบลงบนฐานรองฉนวน ตัวต้านทานโอห์มมิกมีรูปร่างเป็นแท่งฟิล์มหนาหรือฟิล์มบาง (A. J. Moulson และ J.M. Herbert, 1990) มีผู้เตรียมอุปกรณ์ที่เป็นฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำ SnO_2 ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดหลายอันที่อยู่เรียงกันเป็นแถว (sensor array) สำหรับใช้ทดสอบก๊าซและควัน (gas and smoke) ที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ แหล่งกำเนิดควันที่ใช้เป็นกระดาษ ไม้ บุหรี่ พลาสติก เส้นผม ที่ถูกไหม้ หัววัดนี้มีความไวต่อก๊าซ H_2 และ CO สัญญาณจากหัววัดซึ่งบอกความเข้มข้นของควัน มีผู้เตรียมตัวต้านทาน RuO_2 แบบฟิล์มบางโดยสเป็คเตอรึงแมกนีตรอนแบบไฟฟ้ากระแสตรงไวปฏิกิริยา (reactive d.c. magnetron sputtering) วัดสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน (TCR) เพื่อศึกษาเสถียรภาพต่อความร้อนพบว่า $\text{TCR} = \pm 20 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ RuO_2 แบบฟิล์มบางนี้ใช้ทำตัวต้านทาน (Jiao, K. L. 1993) มีผู้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสมบัติเชิงไฟฟ้าและสมบัติเชิงเสถียรภาพและการขึ้นลักษณะของไมโครสโคปอุลตราโซนิกส์ของตัวต้านทานเซรามิกส์ที่มีการเผาพร้อม (LTCC) ได้ศึกษาอิทธิพลของขนาดที่มีต่อผลต่อความต้านทาน เสถียรภาพทางความร้อนยาวนานและความทนทานต่อการรับพัลส์แรงดันสูงขนาดไมโครวินาทีหรือนาโนวินาที (Andrzej Dziedzic, 2001)

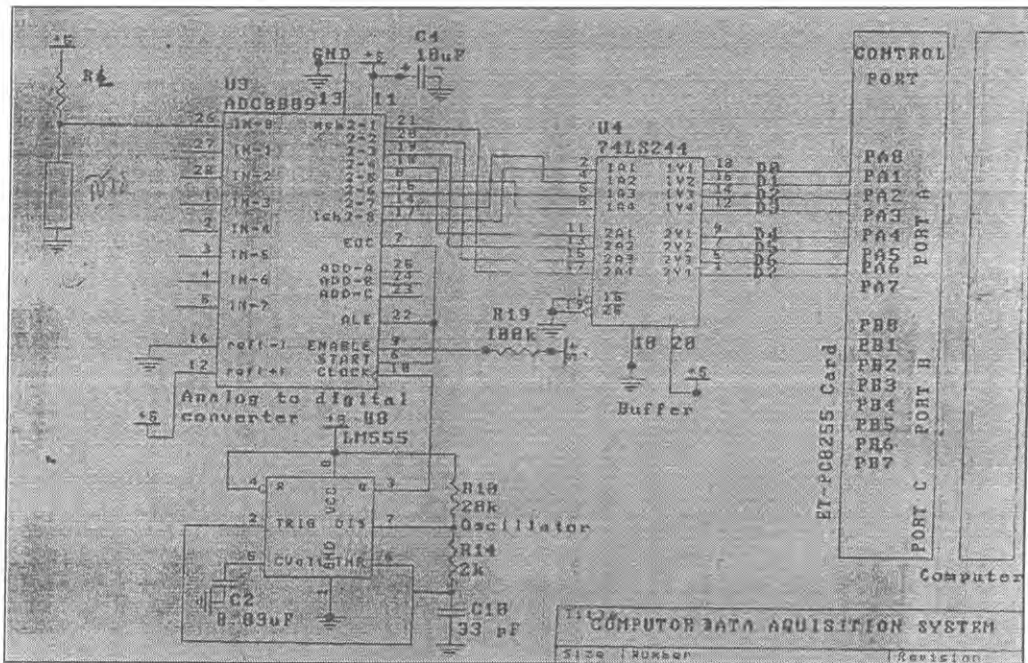
บทความนี้เป็นการศึกษาประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลวด้วย Visual Basic

วัตถุประสงค์และวิธีการ

1.1 การประยุกต์ใช้เป็นตัวต้านทานไฟฟ้า

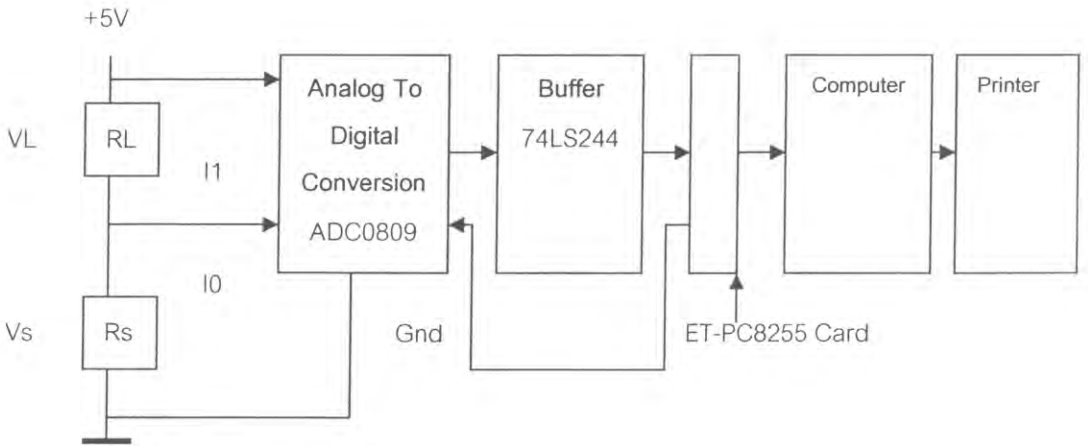
- 1) เลือกสูตรของสารที่เป็นเซรามิกส์ตัวนำสำหรับใช้ในการทดลองโดยการวัดค่าตัวต้านทานที่อุณหภูมิห้องด้วยมัลติมิเตอร์มีค่าเท่าใด (เลือกในย่าน Ω และ $\text{k}\Omega$) ความต้านทานของสารจะต้องน้อยกว่า $1 \text{ k}\Omega$ วัดดูว่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือไม่ด้วยมัลติมิเตอร์ (Fluke 45 Dual Display Multimeter) และวัดดูว่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิหรือไม่ด้วยมัลติมิเตอร์
- 2) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำที่ใช้ทำเป็นตัวต้านทานไฟฟ้า

ประกอบวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการทดลองสารดังแสดงในรูปที่ 1.1.1

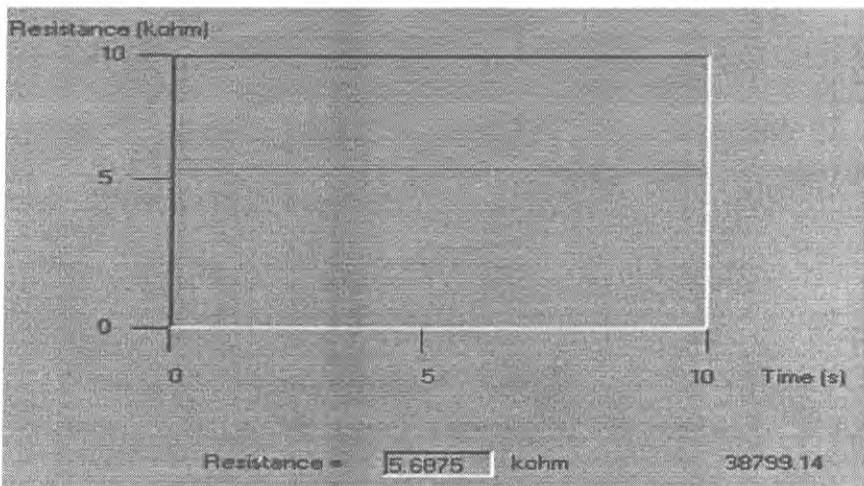


รูปที่ 1.1.1 วงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์สำหรับการทดลองสารด้วย Visual Basic

3) จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำ $ZnSb_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้าด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 1.1.2 สร้าง Form สำหรับการทดสอบประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำ $ZnSb_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้าด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 1.1.3 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ $ZnSb_2O_4$ กระแสไฟฟ้าจากขั้ว +5V ของ DC Power Supply ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 10 k Ω และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ใช้คำสั่ง Out &H301, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 0 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H301, &H1 เพื่อกำหนดให้ V_L เข้าทางอินพุต 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (I0) และ analog input 1 (I1) ของ ADC0809 ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน 74LS244 เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) ผ่าน ET-PCDIO และ ISA Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_s = \text{Inp}(\&H300)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ คอมพิวเตอร์จะคำนวณ $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ ให้กระแสไฟฟ้าสาร (I_s) = I_L คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ แปลงหน่วยของ R จาก Ω มาเป็น k Ω ด้วยคำสั่ง $R = (V_s / I_L) / 1000$ แสดงค่าความต้านทาน (R) บนจอด้วยคำสั่ง LabelR.Caption = R กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 10) * R$ สำหรับแสดงกราฟ R vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbGreen หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรมเพื่อแสดงกราฟของ แสดง R vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 1.1.2 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำ $ZnSb_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้าด้วย Visual Basic



รูปที่ 1.1.3 Form และภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำ $ZnSb_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้าด้วย Visual Basic

Code

```
'Electrical Stability (R vs t) of  $ZnSb_2O_4$  ชื่อการทดลอง
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
เป็นคำสั่งให้ Visual Basic ทำคำสั่ง Input และ Output ได้
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

กำหนดตำแหน่งของขอบซ้ายของกราฟ

```
Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

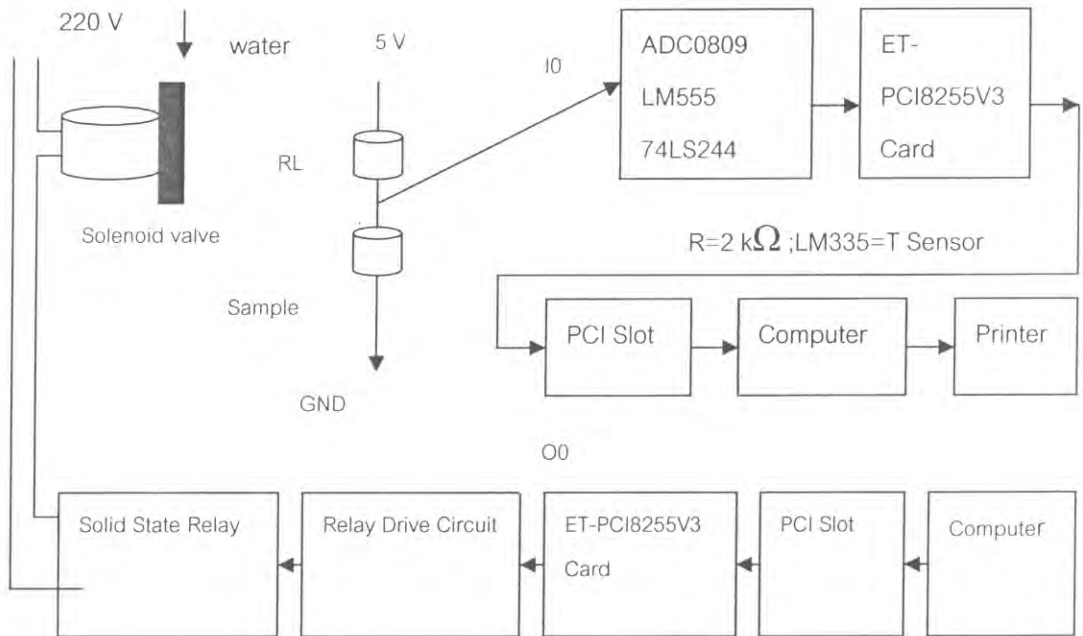
กำหนดตำแหน่งของขอบบนสุดของกราฟ

```
Out &H303, &H90
```

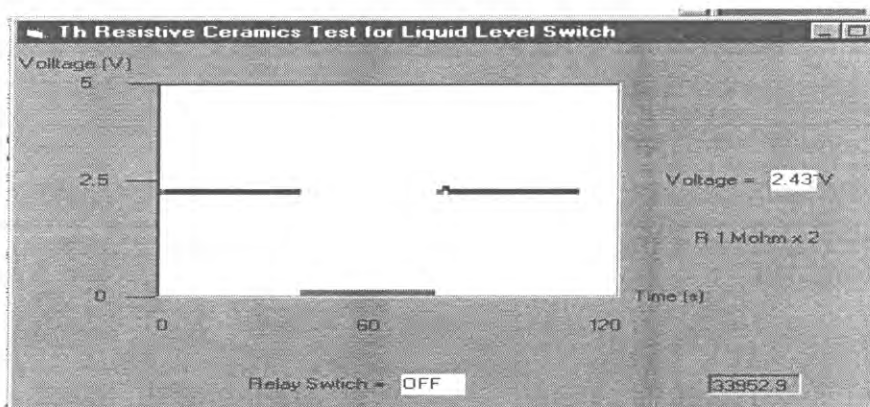
นำ Control word &H90 ไปไว้ที่ Address 0303

1.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลว

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้ตัวต้านทานค่าคงที่ขนาด $1\text{ M}\Omega$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลวด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 1.2.1 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์ใช้ตัวต้านทานค่าคงที่ขนาด $1\text{ M}\Omega$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลวด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 1.2.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ตัวต้านทานค่าคงที่ขนาด $1\text{ M}\Omega$ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 V จากขา 5 V ของ ET-PCI8255V3 Card โหลดผ่านสารตัวอย่าง ($R\ 1\text{ M}\Omega$) ที่มีความต้านทาน R_s และตัวต้านทานโหลด R_L ($1\text{ M}\Omega$) ลง GND มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L เท่ากับ V แรงดันไฟฟ้า V จะมาเข้าที่ I0 ของ ADC0809 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card เข้าคอมพิวเตอร์ $V_0 = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output แปลง V_0 เป็น V_s ด้วยคำสั่ง $V_s = (5 / 255) * V_0$ แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (V_s) บนจอด้วยคำสั่ง LabelVs.Caption = V_s กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 5) * V_s$ สำหรับแสดงกราฟ V_s vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet ($x, 10 * y$), vbBlue หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V_s vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า V_s กับ Setting Voltage (2.3 V) แล้วส่งผลการเปรียบเทียบค่านี้ออกทางพอร์ต B ของ ET-PCI8255V3 Card มาเข้าที่วงจรรับรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดปิดสวิทช์ ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อส่ง 0 V ออกทางพอร์ต B (Oo) ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อส่ง 5 V ออกทางพอร์ต B (Oo) ถ้า $V_s > 2.3\text{ V}$ แรงดัน 5 V ที่ออกทางพอร์ต B (Oo) จะมาเข้าที่วงจรรับรีเลย์ รีเลย์มีอำนาจมาเหล็ก สวิทช์ข้อ 3 ต่อกับข้อ 5 ซึ่งจะควบคุมการปิดแรงดันไฟฟ้าที่มาจากอินพุทของโซลินอยด์รีเลย์ เอาท์พุทของโซลินอยด์รีเลย์จะให้ไฟฟ้า 220 V ผ่านมาเข้าที่โซลินอยด์วาล์ว (solenoid valve) (coil KT09 9 W , $220\text{V} \sim 50\text{ Hz}$) โซลินอยด์วาล์วจะเปิด ของเหลวจะไหล เมื่อระดับของของเหลวสูงขึ้น สารตัวอย่าง ($R_s\ 1\text{ M}\Omega$) จะสัมผัสกับของเหลว แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s จะลดลงต่ำกว่า 2.3 V ผลการเปรียบเทียบจะส่งแรงดัน 0 V ออกทางพอร์ต B (Oo) แล้วมาเข้าที่วงจรรับรีเลย์ รีเลย์ไม่มีอำนาจมาเหล็ก สวิทช์ข้อ 3 ไม่ต่อกับข้อ 5 ซึ่งจะควบคุมไม่ให้ไฟฟ้าที่มาจากโซลินอยด์วาล์ว โซลินอยด์วาล์วจะปิด การทำงานแบบนี้จะเป็นการทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลว ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 1.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้การประยุกต์ใช้ตัวต้านทาน $1\text{ M}\Omega$
ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลวด้วย Visual Basic



รูปที่ 1.2.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์ใช้ตัวต้านทาน $1\text{ M}\Omega$
ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลวด้วย Visual Basic

Code

'Resistive Ceramics Test for Liquid Level control switch

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```

Left = (Screen.Width - Width) / 2
Top = (Screen.Height - Height) / 2
Out &H14CC, &H90

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```

Picture1.Cls
For i = 20 To 3500 Step 50
    If Vs > 2.3 Then
        Out &H14C4, &H0
        LabelVoltage.Caption = "OFF"    'SW 3-4
        Call delay
        V0 = Inp(&H14C0)
        Vs = (5 / 255) * V0
        LabelVs.Caption = Vs
        x = i
        y = 255 - (255 / 5) * Vs
        Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
    Else
        Beep
    End If

    If Vs < 2.3 Then
        Out &H14C4, &H1
        LabelVoltage.Caption = "ON"    'SW 3-4
        Call delay
        V0 = Inp(&H14C0)
        Vs = (5 / 255) * V0
        LabelVs.Caption = Vs
        x = i
        y = 255 - (255 / 5) * Vs
        Picture1.PSet (x, 10 * y), vbGreen
    Else
        Beep
    End If
Next i

```

End Sub

Sub delay()

For i = 1 To 12000 '120s

 DoEvents

 Label8.Caption = Timer

Next i

End Sub

ผลและวิเคราะห์ผล

1) ตัวต้านทานไฟฟ้า

สารที่คัดเลือกได้ คือ $ZnSb_2O_4$ สารนี้มีความต้านทานที่อุณหภูมิห้อง (R) ซึ่งวัดได้ด้วยมัลติมิเตอร์และที่วัดได้ด้วยคอมพิวเตอร์เท่ากับ $7.3\text{ k}\Omega$ และ $5.69\text{ k}\Omega$ ค่าความต้านทานของสารมีค่าต่ำในย่าน $\text{k}\Omega$ ความต้านทานของสารทั้งสองนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิซึ่งแสดงเสถียรภาพทางความร้อนที่ดีของสาร จากการวัดเสถียรภาพทางไฟฟ้าของสารนี้โดยการวัดความต้านทาน (R) ที่ขึ้นกับเวลา (t) จะได้กราฟเป็นเส้นตรง จากกราฟพบว่าความต้านทานของสารนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามเวลาซึ่งแสดงเสถียรภาพทางไฟฟ้าที่ดีของสาร สารมีลักษณะเป็นเซรามิกส์ตัวนำ

2) อุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลว

ผลการประยุกต์ใช้ตัวต้านทานค่าคงที่ขนาด $1\text{ M}\Omega$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลวแสดงดังรูปที่ 1.2.2 จากกราฟพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่างนี้เมื่อระดับน้ำอยู่ต่ำจะมีค่าสูงและแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่างนี้เมื่อระดับน้ำอยู่สูงจะมีค่าต่ำ เมื่อพิจารณาแรงดันไฟฟ้านี้ก็สามารถควบคุมระดับของของเหลวได้

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร $ZnSb_2O_4$ ใช้ทำเป็นตัวต้านทานไฟฟ้าได้
- 2) ตัวต้านทานค่าคงที่ขนาด $1\text{ M}\Omega$ สามารถนำไปประยุกต์ทำเป็นอุปกรณ์ควบคุมระดับของของเหลว
- 3) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย Visual Basic, ET-PCDIO Card และ ET-PCI8255V3 Card

เอกสารอ้างอิง

- Andrzej Dziedzic, 2001, Electrical and stability properties and ultrasonic microscope characterisation of low temperature co-fired ceramics resistors, *Microelectronics Reliability*, 41(5): 669-676.
- Jiao, K. L., 1993, Development and fabrication of RuO_2 thin film resistors, *Materials Science and Engineering B*, 18(3) 220-225.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.

2. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีให้ทำหน้าที่เป็น หัววัดอุณหภูมิและการสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้า

Applications of NTC ceramics for the operation of temperature sensor and the construction of oven temperature control system

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์¹
Thongchai Panmatarith¹

สุจารี ฤทธิภักดี²
Sujaree Rittipakdee²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับเตรียมก่อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้หาการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244) , การ์ด ET-PCDIO, การ์ด ET-PC8255 และ วิชาลเบสิก สาร $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ เป็นเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีที่มีความต้านทานลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบ (α) ของสารที่คำนวณได้โดยอาศัยข้อมูลจากการวัดมีค่า = $-8.72 \text{ \%}/^\circ\text{C}$ สารนี้มีค่าความต้านทาน $52 \text{ k}\Omega$ แสดงสมบัติเอ็นทีซี ได้ทำการทดลองพบว่าสารนี้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิได้ สารนี้สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์เอ็นทีซีและสมการความสัมพันธ์ $T = -1.3524V^2 - 10.528V + 100.03$ ได้สร้างและทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดอุณหภูมิและวิชาลเบสิกเป็นโปรแกรมควบคุมเป็นผลสำเร็จ ระบบที่ได้สร้างขึ้นนี้จะนำไปใช้สำหรับการทดสอบวัสดุในเรื่องอื่นๆ ในย่าน $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ถึง $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ต่อไป

คำสำคัญ : หัววัดอุณหภูมิ อุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิ วิชาลเบสิก

Abstract

This project involved sample preparation from starting material in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCDIO Card, ET-PC8255 Card and Visual Basic. $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ was NTC ceramics that resistance decreased as temperature increasing. The negative values of the temperature coefficient of resistance (α) of the samples that was calculated by measuring data was $-8.72 \text{ \%}/^\circ\text{C}$. The resistances of this sample was $52 \text{ k}\Omega$ and showed NTC properties. This sample can be used as temperature sensor by using the NTC effect and the relation of $T = -1.3524V^2 - 10.528V + 100.03$. Oven temperature control system was constructed and tested with LM335 temperature sensor and Visual Basic Program, successfully. This system will be further used for other topics of material testing in the temperature range of $25 \text{ }^\circ\text{C} - 100 \text{ }^\circ\text{C}$

Keyword : temperature sensor , temperatre measurement and control sensor , Visual Basic

¹รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหาหน้า

F. A. S. Soliman (1993) ได้ศึกษาเทอร์มิสเตอร์ในทางการค้าซึ่งเตรียมมาจากส่วนผสมของ NiO, Mn₂O₃ และ Co₂O₃ แล้ววัดความต้านทานของสารที่อุณหภูมิต่างๆ M. L. Martinez Sarrion (1995) ได้เตรียม Fe_{2.18}Mn_{0.21}Ni_{0.61}O₄ ซึ่งเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC สารสูตรนี้อยู่ในกลุ่มเฟอร์ไรต์ วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ส่วนผสมต่างๆ ศึกษาเสถียรภาพทางไฟฟ้า (electrical stability) โดยการวัดการแปรค่าความต้านทานกับเวลา มีผู้เตรียมสารประกอบจากแผนภาพเทอร์นารี Y₂O₃-Mn₂O₃-Cr₂O₃ ทดสอบเอ็นทีซี (NTC test) โดยการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิ ความต้านทานที่อุณหภูมิห้องมีค่าหลายร้อยโอห์ม ความต้านทานที่ 1000 °C อุณหภูมิห้องมีค่าหลายโอห์ม สารที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นตัวต้านทานเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีและสามารถประยุกต์ใช้เป็นตัวต้านทานเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีอุณหภูมิสูงในย่านอุณหภูมิของบริเวณที่อยู่รอบๆ ถึง 1000 °C (David Houivet, 2004) มีผู้เตรียม Cu_{1-x}Zn_xTi_yFe_{2-y}O₄, 0.5 ≤ x ≤ 0.6, 0.00 ≤ y ≤ 0.05 วัดสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็กที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (χ_m vs T) ประยุกต์ใช้เป็นหัววัดอุณหภูมิโดยอาศัยแม่เหล็กและเทอร์โมสตัท (thermostat) หรืออุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature control device) (Miclea, C., 2005) มีผู้เตรียมฟิล์มบาง NiO วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (ρ vs T) วัดสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน (TCR) ด้วยสูตร $TCR = (\Delta R/R_0) \Delta T$ วัดเสถียรภาพของความต้านทานยาวนาน (long-term resistance stability) นำหัววัดนี้ไปใช้งานเป็นหัววัดการไหล (flow sensor) (Sangsoo Noh, 2006)

Reznikov ได้ศึกษาการควบคุมอุณหภูมิที่โปรแกรมได้ในเตาไฟฟ้าสำหรับการเผาจนหมดควันในห้องปฏิบัติการที่ใช้เครื่องควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ (Reznikov, 1997) ความแม่นยำ 10.5% ทำได้โดยใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิที่โปรแกรมได้ซึ่งใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นฐาน (microprocessor-based programmable temperature controller) สำหรับเตาไฟฟ้า (electric furnace) สำหรับการเผาจนหมดควัน (laboratory coking) มันสามารถถูกโปรแกรม (program) สำหรับวงจรรอบ (cycle) ที่ใช้เวลา 259 นาที มันควบคุมอุณหภูมิทั้งที่ผนัง (wall) และภายใน (inside)

Stankovic ได้ศึกษาระบบการวัดที่ควบคุมได้ด้วยคอมพิวเตอร์อันประสงค์สำหรับลักษณะสมบัติแรงดัน-กระแสของหัววัดความต้านทานจำนวนมาก (Stankovic, 1994) ได้บรรยายระบบการวัดที่ควบคุมได้ด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างลักษณะสมบัติของแรงดันสถิตที่ขึ้นกับกระแส (V-I) ของหัววัดความต้านทานจำนวนมาก สามารถคำนวณค่าคงที่การสูญเสีย (dissipation constant) ของหัววัดโดยอาศัยข้อมูลที่วัดได้ ได้ทำการทดลองโดยใช้ซอฟต์แวร์ที่ใช้ทดลองโดยใช้หัววัดความต้านทานหลายแบบที่มีลักษณะสมบัติ V-I ที่ควบคุมได้ด้วยกระแสไฟฟ้า ได้ดำเนินการทดลองโดยใช้เทอร์มิสเตอร์ที่มีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นลบ [negative temperature coefficient (NTC) thermistor] หัววัดอัตราเร็วลมที่ทำมาจากลวดโลหะและฟิล์มโลหะ (metal wire and metal film anemometer sensor) และหัววัดอุณหภูมิซิลิกอนที่มีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นบวก [positive temperature coefficient (PTC) silicon temperature sensor] ระบบที่ควบคุมได้ด้วยคอมพิวเตอร์สร้างความเป็นไปได้เกี่ยวกับการสร้างที่แม่นยำของลักษณะสมบัติ V-I สถิต (static V-I characteristics) ในการ

ทดลองช่วงสั้นโดยปราศจากความจำเป็นที่จะต้องทราบค่าคงที่เวลาของหัววัด (sensor time constant) ความเสียหายสุดท้าย (eventual damage) ที่มีต่อหัววัดในระหว่างการทดสอบซึ่งเกิดขึ้นบ่อยในการวัดที่ควบคุมด้วยมือ (manually controlled measurement) สามารถป้องกันได้ด้วยซอฟต์แวร์ที่เหมาะสม (appropriate software) เมื่อพิจารณาโดยการศึกษาลักษณะสมบัติ V-I ของหัววัดอุณหภูมิซิลิกอนแบบ PTC (PTC silicon temperature sensor) ที่อัตราเร็วของอากาศ (air speed) ต่างๆ ได้แสดงว่าหัววัดเหล่านี้มีความเหมาะสมมากสำหรับการวัดอัตราเร็วของอากาศ (air speed measurement) ซึ่งมีความไวสูง มีความแข็งแรงและการตอบสนองต่อเวลาช้า (slow time response)

Rakovszky ได้ศึกษาระบบเบเนอเรเตอร์ที่มีไมโครคอมพิวเตอร์เป็นฐาน (Microcomputer-based generator control systems) (Rakovszky, 1998) ได้พัฒนาระบบการกระตุ้นที่ควบคุมได้ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์แบบใหม่ (new microcomputer controlled excitation system) สำหรับเบเนอเรเตอร์แบบซินโครนัสต้นกำลัง (power plant synchronous generator) บทความนี้ได้กล่าวเกี่ยวกับลักษณะสมบัติที่เป็นหลักของระบบการกระตุ้น (excitation system) ซึ่งประกอบด้วยโครงร่างของระบบ (system configuration) ฟังก์ชันควบคุมและโครงสร้าง (control function and structure) ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ (microcomputer system) เครื่องมือเชื่อมต่อกับเครื่องจักรระดับสูงและวินิจฉัย (high-level man-machine interface and diagnostic tool) ได้แสดงประสบการณ์ภาคสนามในบทความนี้ที่มีความน่าสนใจต่อฟังก์ชันที่เสถียรของระบบกำลัง (power system stabiliser function)

บทความนี้เกี่ยวข้องกับประยุกต์ใช้เซรามิกส์แบบเอ็นทีซีให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิและการสร้างเครื่องมือทดสอบวัสดุ ได้แก่ การจัดเตรียมระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบ (25-100 °C)

วัตถุประสงค์และวิธีการ

2.1 การประยุกต์ใช้เป็นหัววัดอุณหภูมิ

- 1) คัดเลือกสารที่เป็นเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีที่มีความต้านทานอยู่ในย่าน $k\Omega$ โดยการวัดความต้านทานที่อุณหภูมิห้อง วัดความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วยมัลติมิเตอร์ (Fluke 87 True RMS Multimeter) และความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิด้วยมัลติมิเตอร์
- 2) จัดเครื่องมือสำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 2.1.1 สร้าง Form สำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 2.1.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $10 k\Omega$ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ใช้คำสั่ง Out &H301, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 0 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H301, &H1 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (I0) และ analog input 1 (I1) ของ ADC0809 ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน 74LS244 เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) ผ่าน ET-PCDIO และ ISA Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_s = \text{Inp}(\&H300)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ คอมพิวเตอร์จะคำนวณ $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ ให้กระแสไฟฟ้าสาร (I_s) = I_L คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร

Code

'NTC thermistor Test of SnO₂+0.01Dy₂O₃

Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer

Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)

Private Sub Form_Load()

 Left = (Screen.Width - Width) / 2

 Top = (Screen.Height - Height) / 2

 Out &H303, &H90

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()

 Picture1.Cls

 For i = 1 To 25500

 Out &H301, &H0 'I0

 Call delay

 Vs = Inp(&H300)

 Out &H301, &H1 'I1

 Call delay

 VLs = Inp(&H300)

 VL = VLs - Vs

 RL = 100 'kohm

 IL = VL / RL 'mA

 R = Vs / IL 'kohm

 LabelR.Caption = R

 Out &H301, &H2 'I2

 Call delay

 V = Inp(&H300)

 VT = (5 / 255) * V

 T = (VT - 2.73) / (0.01)

 LabelT.Caption = T

 x = (510 / 100) * T

 y = 255 - (255 / 60) * R

 Picture1.PSet (10 * x, 10 * y), vbRed

Call delay

Next i

End Sub

Sub delay()

For i = 1 To 1000

DoEvents

Label8.Caption = Timer

Next i

End Sub

3) การประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดอุณหภูมิ

ดัดแปลง Form และ Code ของรูปที่ 2.1.2 ให้แสดงแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่าง (V_s) ที่ขึ้นกับอุณหภูมิ T และแสดงข้อมูล V_s และ T บนจอ ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่วัดได้จากคอมพิวเตอรื (T_{true}) กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (V_s) ของสาร $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ แสดงดังรูปที่ 2.1.3 สั่ง Run โปรแกรม เขียนกราฟ $T=f(V_s)$ และแสดงสมการด้วย EXCEL สมการที่ได้ คือ $T = -1.3524V_s^2 - 10.528V_s + 100.03$

จัดเครื่องมือสำหรับการวัดเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิจริงที่อ่านได้จาก LM335 (T_{true}) และอุณหภูมิที่วัดได้เมื่อใช้สารตัวอย่าง $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ เป็นหัววัด ($T_{measure}$) (เหมือนรูป 2.1.1) สร้าง Form สำหรับการวัดอุณหภูมิที่หัววัดอุณหภูมิ LM335 อ่านได้ (T_{true}) กับอุณหภูมิที่คอมพิวเตอรือ่านได้โดยใช้สาร $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ เป็นหัววัดอุณหภูมิ ($T_{measure}$) (เหมือนรูปที่ 2.1.2) สั่ง Run ให้คอมพิวเตอรืแสดง T_{true} และ $T_{measure}$ สั่งพิมพ์ Form และ Code ด้วย Printer

รูปที่ 2.1.3 Form สำหรับทำหน้าที่วัดอุณหภูมิที่วัดได้จากคอมพิวเตอรื (T_{true})

กับอุณหภูมิที่สาร $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ วัดได้ ($T_{measure}$) ด้วย Visual Basic

Code

'NTC T Sensor Test for Tmeasure measurement

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
    Out &H303, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    For i = 1 To 25500
        Out &H301, &H0 'I0
        Call delay
        V = Inp(&H300)
        Vs = V * (5 / 255)
        Label1Vs.Caption = Vs
```

```
        Out &H301, &H1 'I1
```

```
        Call delay
```

```
        V = Inp(&H300)
```

```
        VT = (5 / 255) * V
```

```
        Ttrue = (VT - 273) / 0.01
```

```
        Label1Ttrue.Caption = Ttrue
```

```
        Tmeasure = -1.3524 * Vs * Vs - 10.528 * Vs + 100.03
```

```
        Label1Tmeasure.Caption = Tmeasure
```

```
        Call delay
```

```
    Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
    For i = 1 To 700
```

```
        DoEvents
```

```
    Next i
```

```
End Sub
```

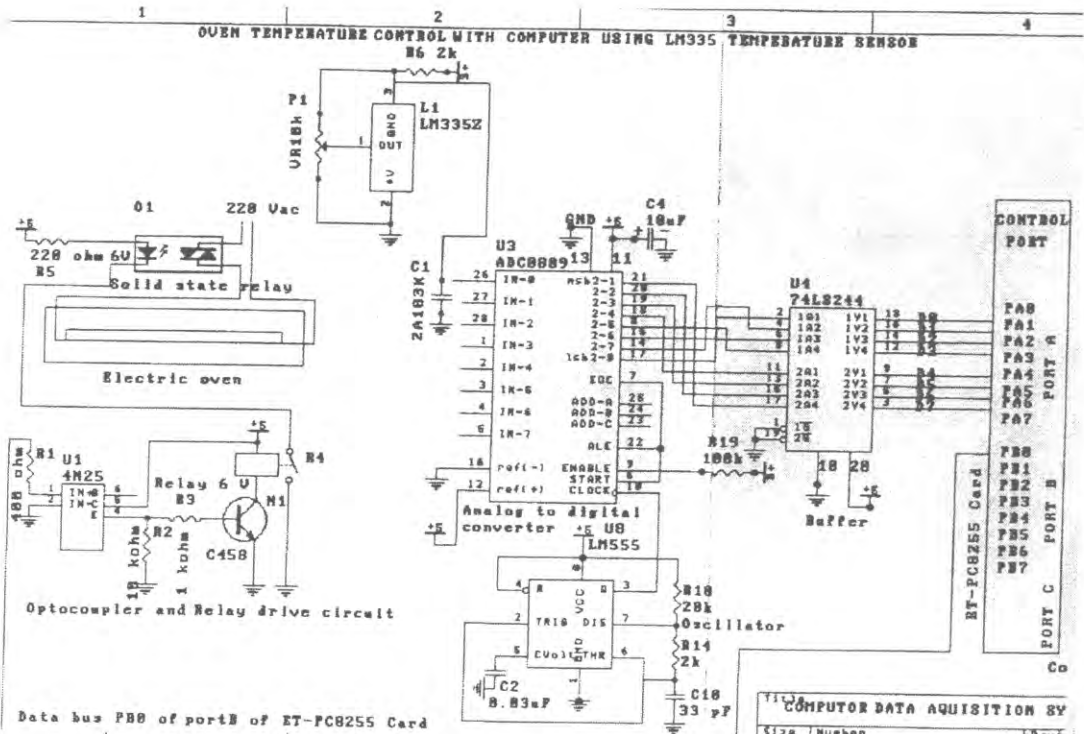
2.2 การสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้า

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 2.2.1 สร้าง Form สำหรับการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 2.2.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่าง คือ LM335 นำ LM335 ยึดด้วยขาตั้งและอยู่เหนือเตาอบเล็กน้อยเพื่ออ่านอุณหภูมิของเตาอบ LM335 จะแปลงความร้อนเป็นแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก (V) แรงดัน V จะมาเข้าที่ Io (ขา 26) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดัน AV เป็น DV ส่งผ่านบัฟเฟอร์ (buffer) 74LS244 ผ่านพอร์ท A ของ ET- PC8255 Card และผ่าน ISA Slot เข้าคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า V ด้วยคำสั่ง $V = \text{Inp}(\&H304)$ เปลี่ยน V เป็น V_T ด้วยคำสั่ง $V_T = (5/255) * V$ เมื่อ V เป็นแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่เป็นเลขฐานสองและ V_T เป็นแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่เป็นเลขฐานสิบ ใช้คำสั่ง $T = (V_T - 2.73) / (0.01)$ เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า V_T ให้เป็นอุณหภูมิ T แสดงอุณหภูมิ T บนจอด้วยคำสั่ง `Label1.Caption = T` แสดงกราฟของอุณหภูมิ T ที่ขึ้นกับเวลา t บนจอด้วยคำสั่ง `Picture1.Pset(x, 10*y), vbBlue`

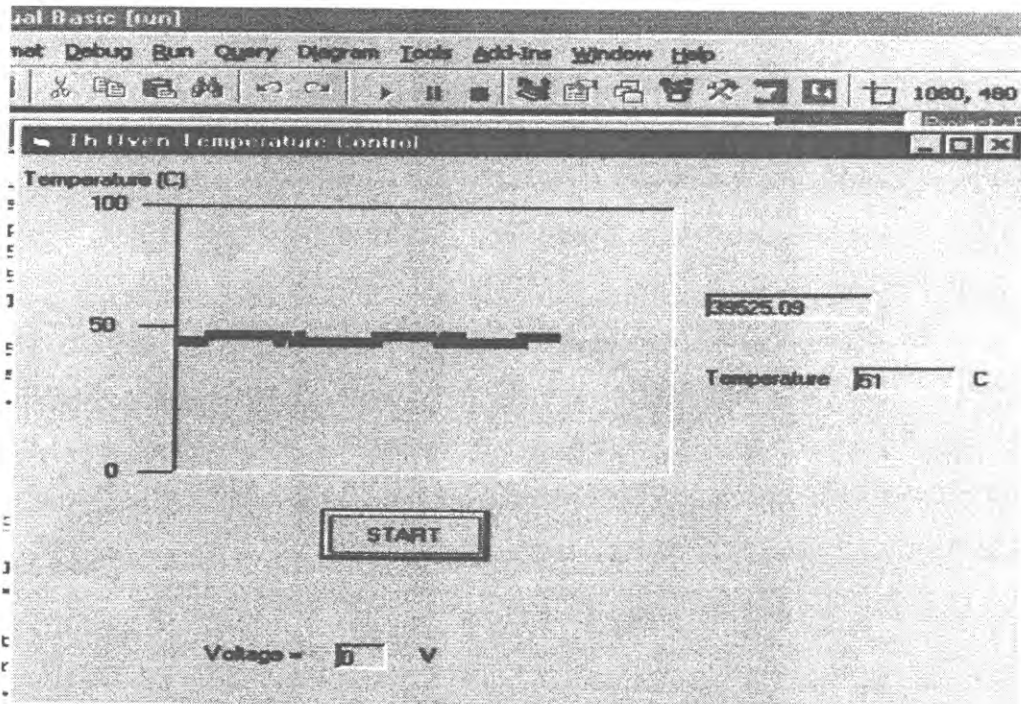
วงรอบการทำงานมี 2 กรณี ดังนี้

- 1) วงรอบการทำงานกรณีที่ $T < 50^\circ\text{C}$ จะมีการส่ง 1 ออกทางพอร์ท B ของ 8255 ตัวที่ 2 ด้วยคำสั่ง `Out &H305, &H1` เพื่อให้แรงดันไฟฟ้า 5 V มาเข้าที่วงจรรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดสวิตช์ รีเลย์มีอำนาจแม่เหล็ก ดึงดูดให้สวิตช์ขั้ว 3 ต่อกับขั้ว 4 สวิตช์ขั้ว 3 และ 4 จะควบคุมการให้แรงดันไฟฟ้าที่มาจากอินพุทของโซลิดสเตทรีเลย์ เอาท์พุทของโซลิดสเตทรีเลย์จะควบคุมให้ไฟฟ้า 220 V มาเข้าที่เตาอบไฟฟ้า เตาอบจะร้อนขึ้น อุณหภูมิ T ของเตาอบจะเพิ่มขึ้น
- 2) วงรอบการทำงานกรณีที่ $T > 50^\circ\text{C}$ จะมีการส่ง 0 ออกทางพอร์ท B ของ 8255 ตัวที่ 2 ด้วยคำสั่ง `Out &H305, &H0` เพื่อให้แรงดันไฟฟ้า 0 V มาเข้าที่วงจรรีเลย์เพื่อควบคุมการปิดสวิตช์ รีเลย์ไม่มีอำนาจแม่เหล็ก ดึงดูดให้สวิตช์ขั้ว 3 ไม่ต่อกับขั้ว 4 สวิตช์ขั้ว 3 และ 4 จะควบคุมการตัดแรงดันไฟฟ้าที่มาจากอินพุทของโซลิดสเตทรีเลย์ เอาท์พุทของโซลิดสเตทรีเลย์จะควบคุมไม่ให้ไฟฟ้า 220 V มาเข้าที่เตาอบไฟฟ้า เตาอบจะเย็นลง อุณหภูมิ T ที่มาเข้าที่เตาอบจะลดลง

การทำงานของโปรแกรมจะวนซ้ำไปมาด้วยคำสั่ง `For..Next` ซึ่งจะทำงานโดยการให้ไฟฟ้ามายังเข้าที่เตาอบ ถ้าอุณหภูมิของเตาอบต่ำกว่าที่ตั้งไว้และจะไฟฟ้ามายังเข้าที่เตาอบถ้าอุณหภูมิของเตาอบสูงถึงที่ตั้งไว้ อุณหภูมิที่ตั้งไว้ในโปรแกรม คือ 50°C การทำงานแบบนี้จะเป็นการวัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้า การที่จะให้เตาอบร้อนเร็วและเย็นเร็วทำได้โดยการหน่วงเวลาด้วยคำสั่ง `Call delay` ดังนั้นคอมพิวเตอร์ก็สามารถวัดและควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดได้



รูปที่ 2.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นด้วย Visual Basic



รูปที่ 2.2.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นด้วย Visual Basic

Code

```

'Oven Temperature Control      ชื่อโปรแกรมหรือชื่อการทดลอง
Private Declare Function Inp Lib "Inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
                                ประกาศใช้คำสั่ง input
Private Declare Sub Out Lib "Inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer As Integer, ByVal Value As Integer)
                                ประกาศใช้คำสั่ง output
Public toggle As Boolean        ให้ toggle เป็น Boolean

Private Sub Form_Load()
    Left = (Screen.Width - Width)/2      จัดตำแหน่งขอบซ้ายสุดของภาพบนจอ
    Top = (Screen.Height - Height)/2     จัดตำแหน่งขอบบนสุดของภาพบนจอ
    Picture1.DrawWidth = 5               กำหนดขนาดของเส้นกราฟ
    Timer1.Enabled = False               ให้นำฬิกาไม่ทำงาน
    Out &H307, &H90                      สั่งให้เอา control word &H90 ไปที่พอร์ทควบคุมซึ่งมี address เป็น &H307
End Sub

Private Sub Command1_Click()
    Timer1.Enabled = True               ให้นำฬิกาไม่ทำงาน
    Form1.Refresh                       ทำการ Refresh กับ Form1
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    Picture1.Cls                        ล้างภาพบนจอ
    Dim T As Long                       ให้ T เป็นเลขชนิด Long
    For i=20 To 3500 Step 50            สั่งให้ทำงานแบบวนซ้ำเป็นรอบๆ
    If T<50 Then                        วงรอบการทำงานกรณีที่ T<50 °C
        Out &H305, &H1                  สั่งให้ส่ง 1 ออกทางพอร์ท B ของ 8255 ตัวที่ 2
        LabelVoltage.Caption = 1        สั่งให้แสดง Voltage = 1 บนจอภาพ
        Call Delay                       สั่งให้หน่วงเวลา
        V=Inp(&H304)                    สั่งให้รับแรงดันไฟฟ้าจากหัววัดอุณหภูมิ LM335
        VT=(5/255)*V                    แปลงแรงดันดิจิตอล V ให้เป็นแรงดันอนาล็อก VT
        T=(VT-2.73)/(0.01)              เปลี่ยนแรงดัน VT ให้เป็นอุณหภูมิ T
        x=i                              ให้ i เป็นแกน x
        y=255-(255/100)*T              ให้ T เป็นแกน y
        Picture1.Pset(x,10*y), vbBlue   สั่งให้แสดงภาพ T vs t บนจอคอมพิวเตอร์
        LabelT.Caption = T              สั่งให้แสดงอุณหภูมิบนจอคอมพิวเตอร์
    End If
    End For
End Sub

```

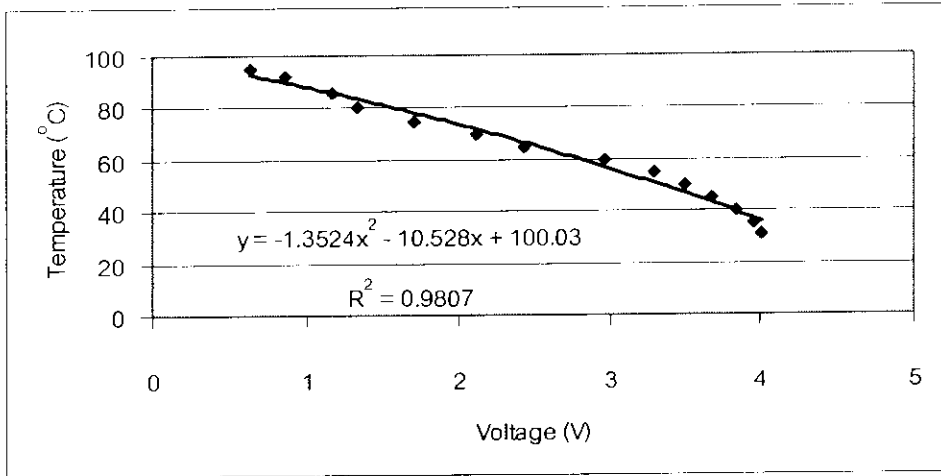
Else	ให้เลือกอันใดอันหนึ่ง
Beep	สั่งให้คอมพิวเตอร์ส่งเสียงออกมา
End If	จบคำสั่ง IF..then
If T>50 Then	วงรอบการทำงานกรณีที่ T>50 °C
Out &H305, &H0	สั่งให้ส่ง 0 ออกทางพอร์ต B ของ 8255 ตัวที่ 2
LabelVoltage.Caption = 0	สั่งให้แสดง Voltage =0 บนจอภาพ
Call Delay	สั่งให้หน่วงเวลา
V=Inp(&H304)	สั่งให้รับแรงดันไฟฟ้าจากหัววัดอุณหภูมิ LM335
VT=(5/255)*V	แปลงแรงดันดิจิตอล V ให้เป็นแรงดันอนาล็อก VT
T=(VT-2.73)/(0.01)	เปลี่ยนแรงดัน VT ให้เป็นอุณหภูมิ T
x=i	ให้ i เป็นแกน x
y=255-(255/100)*T	ให้ T เป็นแกน y
Picture1.Pset(x,10*y), vbBlue	สั่งให้แสดงภาพ T vs t บนจอคอมพิวเตอร์
LabelT.Caption = T	สั่งให้แสดงอุณหภูมิบนจอคอมพิวเตอร์
Else	ให้เลือกอันใดอันหนึ่ง
Beep	สั่งให้คอมพิวเตอร์ส่งเสียงออกมา
End If	จบคำสั่ง IF..then
Next i	
End Sub	จบโปรแกรมย่อยนี้
Sub delay()	โปรแกรมย่อยสำหรับการหน่วงเวลา
Times=Timer	
Do	
DoEvents	
Loop Until Timer >=Times+0.45	
Label8.Caption = Timer	
End Sub	

ผลและวิเคราะห์ผล

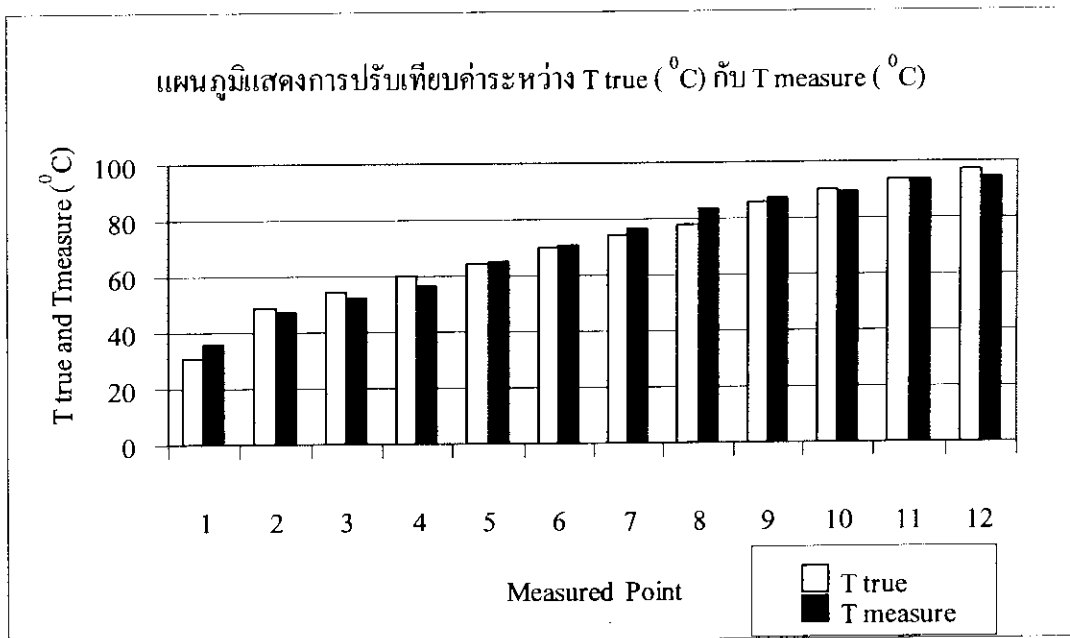
1) หัววัดอุณหภูมิ

ผลการจัดเครื่องมือสำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ ด้วย Visual Basic แสดงดัง รูปที่ 2.1.1 ผลการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 2.1.2 ความต้านทานของสารนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามเวลา จากกราฟผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิของสารเพิ่มขึ้นค่าความต้านของสารจะลดลง ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบ (α) ที่คำนวณได้ของ $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ มีค่า $-8.72\% / ^\circ\text{C}$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้รับรายงานโดย Moulson ซึ่งมีค่า -1 ถึง $-7\% / ^\circ\text{C}$ พบว่าสาร $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ อยู่ในกลุ่มเทอร์มิเตอร์แบบเอ็นทีซี (Moulson, 1990) อุณหภูมิที่วัดได้จากคอมพิวเตอร์ (True) กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม

สาร (Vs) ของสาร $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ (รูปที่ 2.1.3) ใช้สำหรับการปรับเทียบเพื่อให้สารทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิ ผลการวัดอุณหภูมิที่หัววัดอุณหภูมิ LM335 อ่านได้ (T_{true}) กับอุณหภูมิที่คอมพิวเตอร์อ่านได้โดยใช้สาร $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ เป็นหัววัดอุณหภูมิ (T_{measure}) (รูปที่ 2.1.4) พบว่ามีค่าใกล้เคียง ดังนั้นสารจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิสำหรับใช้งานทั่วไป



รูปที่ 2.1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง T_{true} กับ Voltage



รูปที่ 2.1.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า T_{true} ที่อ่านได้จากเครื่องอ่านอุณหภูมิ กับ T_{measure} ที่สาร $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ อ่านได้

2) ระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้า

ผลการจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 2.2.1 ผลการประยุกต์ใช้ LM335 ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 2.2.2 LM335 ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์เอ็นทีซี

วงจรขั้วปรีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ โซลิดสเตทรีเลย์จะควบคุมการจ่ายไฟฟ้าเข้าเตาอบไฟฟ้า การควบคุมอุณหภูมิจะอาศัยหลักการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิที่ได้ตั้งไว้ในโปรแกรมกับอุณหภูมิที่ LM335 อ่านได้ การทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าที่จะใช้ ET-PC8255 Card และ Visual Basic

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร $\text{SnO}_2 + 0.01\text{Dy}_2\text{O}_3$ มีค่าความต้านทาน $52 \text{ k}\Omega$ แสดงสมบัติเอ็นทีซี ได้ทำการทดลองพบว่าสารนี้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิได้
- 2) ได้สร้างและทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดอุณหภูมิเป็นผลสำเร็จ ระบบที่ได้สร้างขึ้นนี้จะนำไปใช้สำหรับการทดสอบวัสดุในเรื่องอื่นๆต่อไป
- 3) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย Visual Basic และ ET-PC8255 Card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- David Houivet, 2004, High temperature NTC ceramic resistors ambient -1000 °C, Journal of European Ceramic Society, 24(6) 1237-1241.
- Martinez Sarrion, M. L., 1995. Preparation and characterization of NTC thermistors based on Fe-Mn-Ni-O₄. J. Mater. Sci., 30, 2610-2615.
- Miclea, C., 2005, Soft ferrite materials for magnetic temperature transducers and applications, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 290-291 (2): 1506-1509.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Rakovszky, Gy., 1998. Ganz Ansaldo's microcomputer-based generator control systems. Mechatronics. 8: 13-20.
- Reznikov, Y. A., 1997. Programmable temperature control in an electric furnace for laboratory coking based on a microprocessor controller. Fuel and Energy Abstracts. 38: 219
- Sangsoo Noh, 2006, Electrical properties of nickel oxide thin films for flow sensor application, Sensors and Actuators A: Physical, 125(2): 363-366.
- Stankovic, D., 1994. A versatile computer controlled measuring system for recording voltage-current characteristics of various resistance sensors. Sensors and Actuators A: Physical. 42: 612-616.

3. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

Application of thermoelectric ceramics for the operation of thermoelectric device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์¹
Thongchai Panmatarith¹

สุจารี ฤทธิภักดี²
Sujaree Rittipakdee²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้หาการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809, LM555 และ 74LS244) , การ์ด ET-PCDIO และ วิซวล เมื่อให้ความร้อนแก่ผิวหนึ่งสาร $ZnSb_2O_4$ ปรากฏว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีการเปลี่ยนแปลงแสดงว่ามีการเคลื่อนที่ของพาหะไฟฟ้า ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (α) ของสารนี้มีค่า $0.0125 \text{ V/}^\circ\text{C}$ สารจึงสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกได้ คำสำคัญ : เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก วิซวลเบสิก

Abstract

This project involved sample preparation from starting material in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809, LM555 and 74LS244), ET-PCDIO Card and Visual Basic. When the one surface of $ZnSb_2O_4$ was heated, thermoelectric voltage changed which showed the electrical carrier movement. The Seebeck coefficient value of this sample was $0.0125 \text{ V/}^\circ\text{C}$. This sample can used as thermoelectric device. Keyword : thermoelectric ceramics , Visual Basic

¹รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

Ravinder (1994) ได้เตรียม Mn-Zn ferrite ซึ่งมีสูตร $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ ($x=0.0, 0.2, 0.6,$ และ 0.8) เมาที่อุณหภูมิ 1200°C วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า-ความร้อน (thermo-emf) ที่อุณหภูมิต่างๆ หลังจากผ่านการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคหรือกำลังไฟฟ้าความร้อนพบว่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (α) มีค่าลดลงในขณะที่อุณหภูมิ (T) เพิ่มขึ้น และยังได้วัดความสัมพันธ์ซีเบคของสารที่มีส่วนผสมต่างกันด้วย Pujar (1996) ได้เตรียม $Zn_xMg_{1-x+y}Zr_yFe_{2-2y}O_4$ ($x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$; $y=0.01, 0.03, 0.05, 0.07$) แล้วนำสารไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของ

รังสีเอกซ์ (XRD) ศึกษาการนำไฟฟ้าความร้อนโดยการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบคตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึง 973 °ซ ผลการวัดพบว่าสารมีสภาพนำไฟฟ้าชนิดเอ็น (n-type conductivity) และสัมประสิทธิ์ซีเบคมีค่าลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น Bosman ได้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคกับพลังงานเฟอร์มิ คือ $E_f = e\alpha T - A k_B T$ เมื่อ E_f เป็นพลังงานเฟอร์มิ e เป็นประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน α เป็นสัมประสิทธิ์ซีเบค T เป็นอุณหภูมิสัมบูรณ์ A เป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน และ k_B เป็นค่าคงที่โบลต์ซมาน Seok (1995) ได้เตรียม La_2CuO_4 เพื่อทำเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก La_2CuO_4 เป็นฉนวนแม่เหล็กแอนติเฟอร์โร (antiferromagnetic insulator) $La_2CuO_{4,\delta}$ ที่มีออกซิเจนเกินจะแสดงกำลังไฟฟ้าความร้อนและสภาพนำไฟฟ้าที่มีค่าสูง สารที่เตรียมเพื่อทดสอบ อาทิ $La_2Cu_{0.9}Mn_{0.1}O_4$, $La_2Cu_{0.9}Fe_{0.1}O_4$, $La_2Cu_{0.9}Co_{0.1}O_4$ และ $La_2Cu_{0.9}Ni_{0.1}O_4$ มีผู้เตรียมสาร $(Fe_{1-x}M_x)_2O_3$ เมื่อ $M=Ti, Sn$; $x=0-0.03$ วัดสภาพการนำไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (σ vs T) วัดสัมประสิทธิ์ซีเบคที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (S vs T) วัดสภาพการนำความร้อนที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (K vs T) (Hiroaki Muta, 2002) มีผู้เตรียมฟิล์มบาง $YBa_2Cu_3O_{7,\delta}$ ใช้พัลส์เลเซอร์ (laser pulse) และการให้ความร้อนแบบไดนามิกส์ (dynamic heating) เพื่อวัดแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่ขึ้นกับเวลา (V vs t) หาเวลาการตอบสนองของเทอร์โมอิเล็กทริกจากความสัมพันธ์ V vs t (Zahner, Th., 1999) เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกแสดงปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริก ปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริก คือ ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่เกิดขึ้นในขณะที่สารอยู่ในสนามแม่เหล็ก

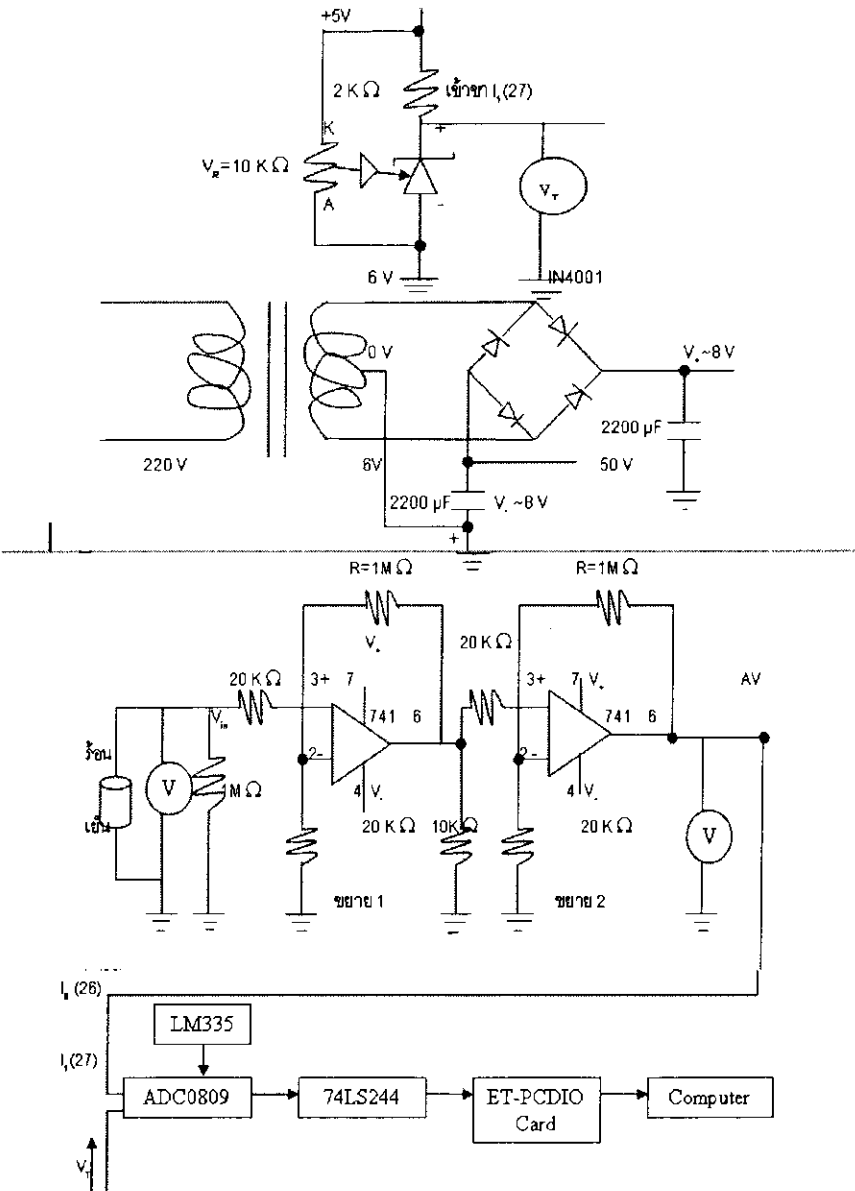
บทความนี้เกี่ยวข้องกับ การประยุกต์ใช้เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

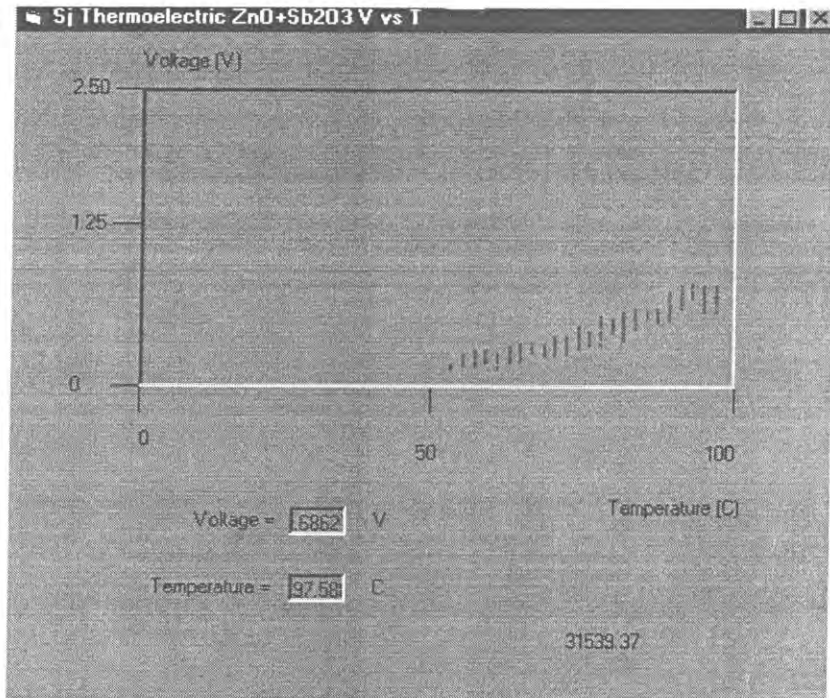
3.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

จัดเครื่องมือสำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก $ZnSb_2O_4$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 2.1.1 สร้าง Form และเขียน Code และกำหนด Properties Window สำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก $ZnSb_2O_4$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 2.1.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ $ZnSb_2O_4$ หม้อแปลงไฟฟ้าจะแปลงไฟฟ้า 220 V เป็น 6 V ไดโอดจะแปลง 6 V ไฟสลับเป็น 6 V ไฟตรง ตัวเก็บประจุจะกรองแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ แรงดันที่ออกจากแหล่งจ่ายคือ V_r กับ V_i ป้อนเข้าขา 7 ของออปแอมป์ และ V_i ป้อนเข้าขา 4 ของออปแอมป์ ใช้คำสั่ง Out &H301, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_0 เข้าทางอินพุต 0 (I_0) ใช้คำสั่ง Out &H301, &H1 เพื่อกำหนดให้ V_i เข้าทางอินพุต 1 (I_1) สารเทอร์โมอิเล็กทริกจะแปลงความร้อนเป็นไฟฟ้า แรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก (V_0) เป็น mV ใช้ออปแอมป์ขยายแรงดันไฟฟ้านี้ให้มีหน่วยเป็น V ส่งเข้า Input 0 (I_0) ขา 26 ส่วนแรงดัน V_r จาก LM335 เข้าขา Input 1 (I_1) ขา 27 ของ ADC0809 ADC0809 จะแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) ให้เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) LM555 ส่งแรงดันรูปสี่เหลี่ยมเข้า ADC0809 เพื่อให้ IC ทำงาน V_0 และ V_r จะผ่าน ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) ผ่านบัฟเฟอร์ ผ่าน ET-PCDIO และ ISA Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_0 = \text{Inp}(\&H300)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง input และ Output ได้ แปลง V_0 เป็น V_{in} ด้วย $V_{in} = V_0 * (5 / 255)$

แสดงแรงดันไฟฟ้า (V_{in}) บนจอด้วยคำสั่ง LabelV.Caption = V_{in} ให้สารรับความร้อนจากเตาไฟฟ้า LM335 จะวัดอุณหภูมิของสารตัวอย่างโดยการแปลงความร้อนเป็นแรงดันเทอร์มิโอเล็กตริก V_T แปลง V_T เป็น V_T ด้วย $V_T = (5 / 255) * V_T$ ให้แปลงแรงดัน V_T ให้เป็นอุณหภูมิ T โดยใช้สูตร $T = (V_T - 2.73) / (0.01)$ แสดงค่าความต้านทาน (T) บนจอด้วยคำสั่ง LabelT.Caption = T กำหนดพิกัด $x = (510 / 100) * T$ และ $y = 255 - (255 / 2.5) * V_{in}$ สำหรับแสดงกราฟ V vs. T บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (10 * x, 10 * y), vbGreen หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆ กันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดงแรงดันไฟฟ้า V ที่ขึ้นกับอุณหภูมิ T บนจอคอมพิวเตอร์ ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (α) ของสาร $ZnO + Sb_2O_3$ จากสูตร $\alpha = \Delta V / \Delta T$



รูปที่ 3.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการวัดปรากฏการณ์เทอร์มิโอเล็กตริกของเซรามิกส์เทอร์มิโอเล็กตริก $ZnSb_2O_4$ ด้วย Visual Basic



รูปที่ 3.1.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการวัดปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก ZnSb_2O_4 ด้วย Visual Basic

Code

'V vs T of Thermoelectric Material

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H303, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    For i = 1 To 1000
```

```
        Out &H301, 0 'Io
```

```
        Call delay
```

```
        V0 = Inp(&H300) 'V
```

```

Vth = V0 * (5 / 255)
LabelV.Caption = Vth
Call delay

Out &H301, 1 'I1
Call delay
V1 = Inp(&H300)
VT = (5 / 255) * V1 'V
T = (VT - 2.73) / (0.01) 'oC
LabelT.Caption = T
x = (510 / 100) * T
y = 255 - (255 / 2.5) * Vtm 'V
Picture1.PSet (10 * x, 10 * y), vbGreen
Call delay

Next i

```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```

For j = 1 To 1000
    DoEvents
    Label8.Caption = Timer
Next j

```

```
End Sub
```

ผลและวิเคราะห์ผล

ผลการวัดแรงดันไฟฟ้า (V_T) ที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (T) ของสาร $ZnO + Sb_2O_3$ แสดงดังรูปที่ 3.1.2 พบว่าแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ผลจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (α) ของสารนี้

$$\alpha = \frac{\Delta V}{\Delta T} = (V_2 - V_1) / (T_2 - T_1) = (0.8 - 0.3) / (95 - 55) = 0.0125 \text{ V/}^\circ\text{C}$$

เนื่องจากแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกผ่านการขยายด้วย Op Amp 741 แล้ว ดังนั้นค่า α ที่ได้นี้มาจากผลของปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกและผ่านการขยายด้วยวงจรขยายเมื่อให้ความร้อนที่ผิวหนึ่งของสารที่ต่อกับสายกราวด์ (สายสีดำ) แล้วปรากฏว่ามีแรงดันไฟฟ้าค่าลบ (-) เกิดขึ้น แสดงว่าพาหะไฟฟ้ามีประจุไฟฟ้าเป็นลบซึ่งก็คืออิเล็กตรอน สารนี้มีลักษณะเป็นวัสดุชนิดเอ็น (n-type material)

เมื่อความร้อนที่ให้แก่ผิวหน้าของสารมีการเปลี่ยนทิศทาง เครื่องหมายของแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกมีการเปลี่ยนเป็นตรงข้าม แสดงว่าสารสามารถบอกทิศทางการไหลของความร้อน สารจะนำไปประยุกต์ใช้เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อน

สรุปผลการทดลอง

สาร ZnSb_2O_4 สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกได้ ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย Visual Basic และ ET-PCDIO Card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Hiroaki Muta, 2002, Thermoelectric properties of Ti- and Sn-doped α - Fe_2O_3 ,
Journal of Alloys and compounds, 335(1-2): 202-202.
- Pujar, R. B. (1996). Electrical properties of Zr^{4+} -substituted Mg-Zn ferrites. J. Mater. Sci. Lett. 15:1605-1607.
- Ravinder, D. (1994). Electrical conductivity of Mn-Zn ferrites. J. Appl. Phys. 75 (10):6118-6120.
- Seok, S. I. (1995). The effect of Cu-sites doping on electrical properties of La_2CuO_4 as thermoelectric material. J. Mater. Sci. : Mater. Elect. 6:140-143.
- Tanaka, Y. (1997). Thermoelectric properties of ZnO-based materials. J. Mater. Sci. Lett. 16:155-157.
- Zahner, Th., 1999, Picosecond thermoelectric response of thin $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ films, Superconductivity, 313(1-2): 37-40.

บทความ การให้วิชาลเบสิกทำหน้าที่วัดวงรอบเทอร์โมอิเล็กทริก บทนำ

Tanaka (1997) ได้เตรียมวัสดุที่ทำมาจากสังกะสีออกไซด์ (ZnO-based materials) สำหรับศึกษาคุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric properties) การเกิดเทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric generation) เป็นการแปลงพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า (thermal energy-to-electrical energy) ประสิทธิภาพของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก (the efficiency of the thermoelectric materials, Z) สอดคล้องตามสมการ $Z = \alpha^2 \sigma / k$ เมื่อ α เป็นสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck coefficient) σ เป็นสภาพนำไฟฟ้า (electric conductivity) และ k เป็นสภาพนำความร้อน (thermal conductivity) สำหรับวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่ดี Z , α กับ σ มีค่ามาก และ k มีค่าน้อย วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์กำเนิดเทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric generator) จะต้องมีค่า Z มาก ตัวอย่างสารที่ใช้ทำวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่อุณหภูมิสูง (high temperature thermoelectric material) ได้แก่ FeSi_2 , CrSi_2 , SiC และ B_4C ZnO เป็นสารที่มีสภาพนำไฟฟ้าดีในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง ZnO ที่ได้เติมสารได้ลงไปสามารถทำเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก สารนี้เตรียมขึ้นโดยวิธีเทคนิคเซรามิกส์มาตรฐานจากส่วนผสมของสาร $\text{ZnO}+0.01\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}+0.01\text{TiO}_2$, $\text{ZnO}+0.01\text{Nb}_2\text{O}_5$ และ $\text{ZnO}+0.01\text{MoO}_3$

โดยเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1100 °C ชั่วไฟฟ้าทำจากกาวทองคำขาว (platinum paste) ได้วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า ความร้อน (thermoelectric motive force) ที่อุณหภูมิต่างๆ และคำนวณสัมประสิทธิ์ซีเบคที่อุณหภูมิต่างๆ

Ravinder (1994) ได้เตรียม Mn-Zn ferrite ซึ่งมีสูตร $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ ($x=0.0, 0.2, 0.6,$ และ 0.8) เผาที่อุณหภูมิ 1200 °C วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า-ความร้อน (thermo-emf) ที่อุณหภูมิต่างๆ หลังจากผ่านการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคหรือกำลังไฟฟ้าความร้อนพบว่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (α) มีค่าลดลงในขณะที่อุณหภูมิ (T) เพิ่มขึ้น Seok (1995) ได้เตรียม La_2CuO_4 เพื่อทำเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก La_2CuO_4 เป็นฉนวนแม่เหล็กแอนติเฟอร์โร (antiferromagnetic insulator) $La_2CuO_4 + \delta$ ที่มีออกซิเจนเกินจะแสดงกำลังไฟฟ้าความร้อนและสภาพนำไฟฟ้าที่มีค่าสูง สารที่เตรียมเพื่อทดสอบ อาทิ $La_2Cu_{0.9}Mn_{0.1}O_4$, $La_2Cu_{0.9}Fe_{0.1}O_4$, $La_2Cu_{0.9}Co_{0.1}O_4$ และ $La_2Cu_{0.9}Ni_{0.1}O_4$

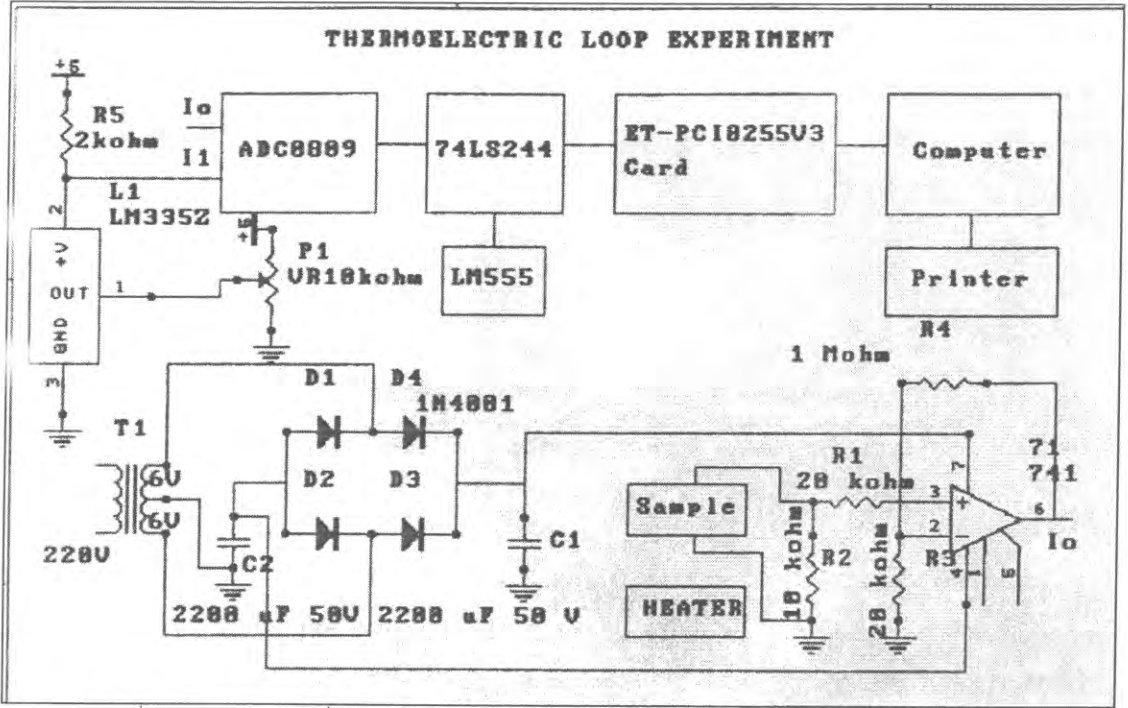
วัสดุและอุปกรณ์

สาร $ZnAlO_4$ เตาไฟฟ้า ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ใช้ ET-PCI8255V3 Card Printer โปรแกรมวิซวลเบสิก

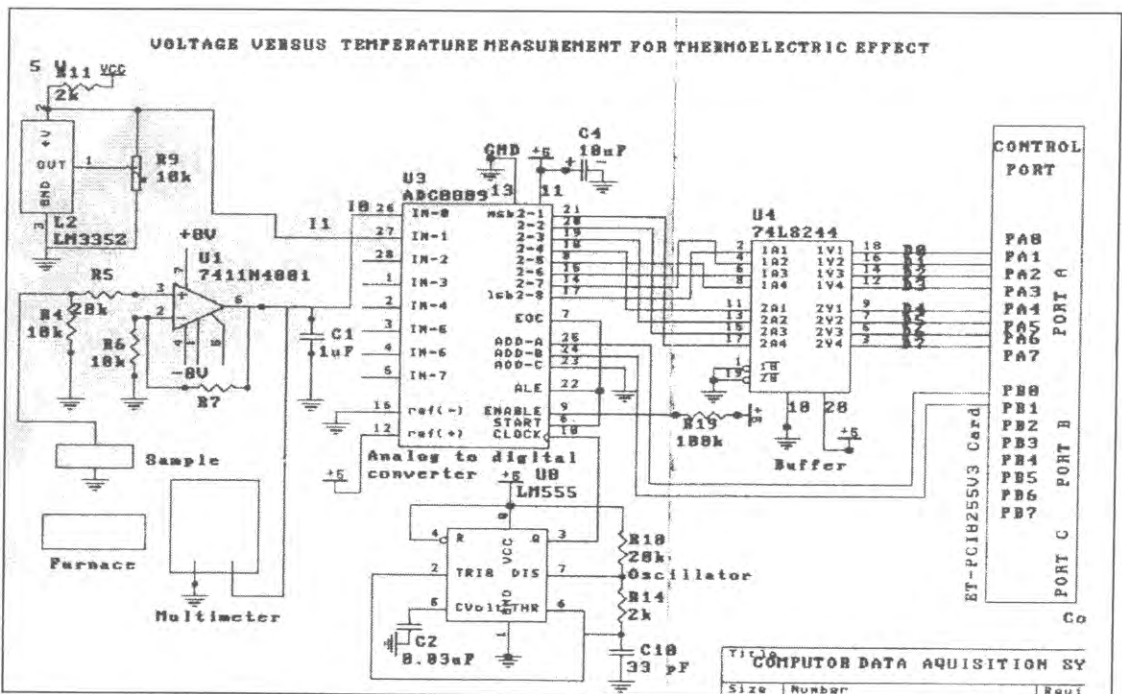
วิธีการ

จัดเครื่องมือสำหรับสาริตวงรอบเทอร์โมอิเล็กทริกของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก $ZnAlO_4$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 3.1.3 และ 3.1.4 สร้าง Form และเขียน Code และกำหนด Properties Window สำหรับสาริตวงรอบเทอร์โมอิเล็กทริกของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก $ZnAlO_4$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 3.1.5 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ $ZnAlO_4$ หม้อแปลงไฟฟ้าจะแปลงไฟฟ้า 220 V เป็น 6 V ไดโอดจะแปลง 6 V ไฟสลับ เป็น 6 V ไฟตรง ตัวเก็บประจุจะกรองแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ แรงดันที่ออกจากแหล่งจ่ายคือ V_1 กับ V_2 บ้อน V_3 เข้าขา 7 ของออปแอมป์ และบ้อน V_4 เข้าขา 4 ของออปแอมป์ ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_{th2} เข้าทางอินพุต 0 (I_0) ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อกำหนดให้ V เข้าทางอินพุต 1 (I_1) สารเทอร์โมอิเล็กทริก จะแปลงความร้อนเป็นไฟฟ้า แรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก (V_{th}) เป็น mV ใช้ออปแอมป์ขยายแรงดันไฟฟ้านี้ให้มีหน่วยเป็น V_{th2} แล้วส่งเข้า Input 0 (I_0) ขา 26 ส่วนแรงดัน V จาก LM335 เข้าขา Input 1 (I_1) ขา 27 ของ ADC0809 ADC0809 จะแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) ให้เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) LM555 ส่งแรงดันรูปสี่เหลี่ยมเข้า ADC0809 เพื่อให้ IC ทำงาน V_{in2} และ V จะผ่าน ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) ผ่านบัฟเฟอร์ ผ่าน ET-PCI82455 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_{in2} = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซวลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ แปลง V_{th2} เป็น V_{in210} ด้วย $V_{in210} = V_{th2} * (5 / 255)$ แสดงแรงดันไฟฟ้า (V_{th210}) บนจอด้วยคำสั่ง LabelV.Caption = V_{in210} แต่เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าถูกขยายด้วยออปแอมป์ 54.3 เท่า ดังนั้นแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกที่เกิดขึ้นจริงมีค่า V_{th} ซึ่งสามารถคำนวณด้วยคำสั่ง $V_{in} = V_{in210} / 54.3$ ให้สารรับความร้อนจากเตาไฟฟ้า LM335 จะวัดอุณหภูมิของสารตัวอย่างโดยการแปลงความร้อนเป็นแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก V แปลง V เป็น VT ด้วย $V_T = (5 / 255) * V$ ให้แปลงแรงดัน VT ให้เป็นอุณหภูมิ T โดยใช้สูตร $T = (V_T - 2.73) / (0.01)$ แสดงค่าความต้านทาน (T) บนจอด้วยคำสั่ง LabelT.Caption = T กำหนดพิกัด $x = (510 / 100) * T$ และ $y = 255 - (255 / 0.5) * V_{in210}$ สำหรับแสดงกราฟ V_{in210} vs. T บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (10 * x, 10 * y), vbBlack หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next

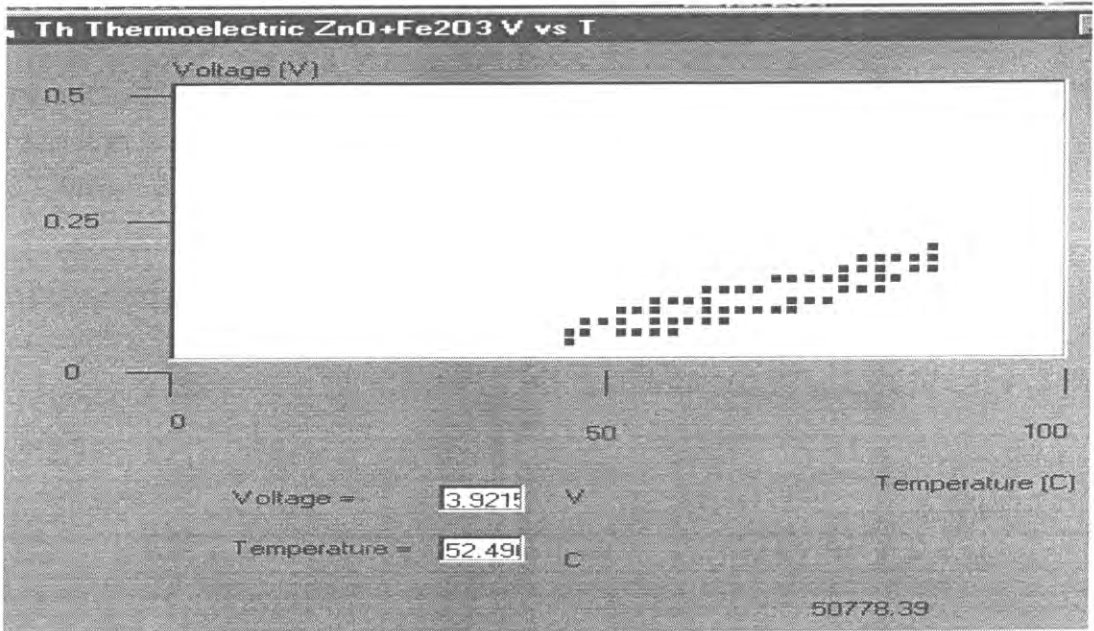
Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดงแรงดันไฟฟ้า V ที่ขึ้นกับอุณหภูมิ T บนจอคอมพิวเตอร์ ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 3.1.3 การจัดเครื่องมือสำหรับสาธิตวงจรเทอร์โมอิเล็กทริกของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก ZnAlO₄ ด้วย Visual Basic



รูปที่ 3.1.4 แผนผังวงจรสำหรับสาธิตวงจรเทอร์โมอิเล็กทริกของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก ZnAlO₄ ด้วย Visual Basic



รูปที่ 3.1.5 Form และเขียน Code และกำหนด Properties Window สำหรับสาธิต

วงจรเทอร์โมอิเล็กทริกของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก $ZnAlO_4$ ด้วย Visual Basic

Code

'V vs T of Thermolectric Material

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    For i = 20 To 90000 Step 50
```

```
        Out &H14C4, 0 'lo
```

```
        Call delay
```

```
        Vth2 = Inp(&H14C0) 'V
```

```
        Vth210 = Vth2 * (5 / 255)
```

```
        Vth = Vth210 / 54.3 'Voltage gain = =Vo/Vi=54.3
```

```

LabelV.Caption = Vth210
Call delay

Out &H14C4, 1 '1
Call delay
V = Inp(&H14C0)
VT = (5 / 255) * V 'V
T = (VT - 2.73) / (0.01) 'oC
LabelT.Caption = T
x = (510 / 100) * T
y = 255 - (255 / 0.5) * Vth210 'V
Picture1.PSet (10 * x, 10 * y), vbBlack
Call delay

Next i
End Sub

Sub delay()
    For j = 1 To 1700
        DoEvents
        Label8.Caption = Timer
    Next j
End Sub

```

ผลการทดลอง

ผลการจัดเครื่องมือสำหรับสารตัวรอบเทอร์โมอิเล็กทริกของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก $ZnAlO_4$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 3.1.3 และ 3.1.4 ผลการสร้าง Form และเขียน Code และกำหนด Properties Window สำหรับสารตัวรอบเทอร์โมอิเล็กทริกของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก $ZnAlO_4$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 3.1.5 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก $ZnAlO_4$ แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นและการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกในขณะที่อุณหภูมิลดลงจะไม่ทับเส้นทางกัน

วิเคราะห์ผลการทดลอง

สาร $ZnAlO_4$ แสดงปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกได้ เมื่อควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย Visual Basic และ ET-PCI8255V3 Card การที่เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก $ZnAlO_4$ แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นและการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริกในขณะที่อุณหภูมิลดลงในลักษณะที่ไม่ทับเส้นทางกันแสดงว่าสาร $ZnAlO_4$ แสดงวงรอบเทอร์โมอิเล็กทริก

4. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศและอุปกรณ์ทำน้ำร้อน

Applications of heating ceramics for the operation of demonstrative device for heating effect, air flow measuring device and hot water device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์¹

สุจารี ฤทธิภักดี²

Thongchai Panmatarith¹

Sujaree Rittipakdee²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้หาการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244), การ์ด ET-PCDIO, การ์ด ET-PCI8255V3 และวิซวลเบสิก เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านสาร ZnO+0.05TiO₂ นานขึ้น สารจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 30 °C ถึง 90 °C โดยใช้เวลา 2 นาที ดังนั้นสารนี้จะนำไปทำเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน เมื่อแรงดันไฟฟ้าสลับ 9 V ให้แก่สาร ZnO+0.02TiO₂ ที่ต่ออนุกรมกับโหลด (RL) 39/2 Ω พบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารให้ความร้อนนี้จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 3.8 V ถึง 4.0 V โดยใช้เวลา 29 วินาที ในขณะที่มีอากาศจากพัดลมเคลื่อนที่ผ่าน ดังนั้นสารให้ความร้อนนี้จะทำหน้าที่เป็นหัววัดความเร็วการไหลของอากาศหรืออุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ เมื่อปล่อยแรงดันไฟฟ้าสลับ 12 V โหลดผ่านสาร ZnO+0.02TiO₂ พบว่าอุณหภูมิของสารนี้เพิ่มขึ้นจาก 30 °C ไปเป็น 46.6 °C โดยใช้เวลา 2 นาที ดังนั้นสารจึงทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนได้

คำสำคัญ: เซรามิกส์ให้ความร้อน ปรากฏการณ์ให้ความร้อน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ
อุปกรณ์ทำน้ำร้อน เครื่องทำน้ำร้อนขนาดเล็ก วิซวลเบสิก

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCDIO Card, ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. When current of 24 V flowed through the ZnO + 0.05TiO₂ samples for 2 min, this sample will heat from 30 °C to 90 °C. So, this sample will be used as heating device. When ac voltage of 9 V flowed through the series connection of load 39/2 Ω and the ZnO+0.02TiO₂ sample, voltage drop across on heating material will change in the interval of 3.8 V - 4.0 V as air flowing. The changing voltage across on heating material will be relative to air flow velocity. So, the sample can be operate as air flow velocity sensor or air flow measuring device. When ac voltage of 12 V flowed through the ZnO+0.02TiO₂ sample, found that the water temperature increased from 30 °C to 46.6 °C for 2 min. So, this sample can be used as hot water device.

Keyword : heating ceramics, heating material , air flow velocity sensor , small hot water device ,

Visual Basic

¹รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of
Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

สารให้ความร้อน (heating element) เป็นสารที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนได้ดี ใช้ทำ
ขดลวดของเตาหลอม (furnace element) ตัวอย่างของสารให้ความร้อน อาทิเช่น แกรไฟต์ (graphite), โมดิบ
เดนิม (Mo), ทังสเตน (W), ทองคำขาว (Pt), SiC (1650°C) และ MoSi₂ (1500°C) Das Gupta (1996) ใน
ประเทศแคนาดา ได้รายงานว่าเกี่ยวกับสารที่ใช้ทำสารให้ความร้อนซึ่งได้แก่ MoSi₂, SiC, แกรไฟต์ (graphite) และ
BaTiO₃ Reznikov (1997) ได้สร้างตัวควบคุมอุณหภูมิที่โปรแกรมได้จากไมโครโปรเซสเซอร์ สำหรับใช้งานกับเตา
หลอมไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ Pelissier (1998) ในประเทศฝรั่งเศสได้ศึกษาสภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพการ
นำความร้อนของสารให้ความร้อนที่ทำมาจากซิลิกอนคาร์ไบด์ Ogawa (1998) ในประเทศญี่ปุ่น ได้สร้างฟิล์มบาง
BaTiO₃ แล้วประยุกต์ใช้เป็นแผ่นความร้อนที่สามารถให้ความร้อนสม่ำเสมอ Hayashi (2001) ในประเทศญี่ปุ่น ได้
เตรียมฟิล์มบางของ LaCrO₃-Ca โดยมีขั้วเป็น Pt และหาลักษณะสมบัติการให้ความร้อน (heating
characteristics) ความต้านทานของฟิล์มบางให้ความร้อนมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นลบและอุณหภูมิให้ความ
ร้อนสูงสุด 1100°C Meier (2001) ในประเทศอังกฤษ ได้ศึกษาสารให้ความร้อนที่ทำมาจากเทอร์มิสเตอร์แบบ
PTC ซึ่งสามารถทำงานที่อุณหภูมิเกือบคงที่ มีผู้เตรียม LaCrO₃ วัดสมบัติเชิงไฟฟ้าและสมบัติเชิงแม่เหล็ก
ทดสอบการให้ความร้อน (heating test) อุณหภูมิการทำงาน (working temperature) มีค่า 2000-2100 °C
(Song, S.T., 1984) มีผู้เตรียมสาร La_{1-x}Ba_xCoO₃ วัดสภาพต้านทานไฟฟ้า ρ ที่ขึ้นกับสัดส่วนผสม x พบว่า
 $x=0.5$ มีค่า ρ ต่ำสุด ได้ทดสอบการดูดกลืนอินฟราเรด (infrared absorption test) ได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับ
กลไกการนำไฟฟ้า (conducting mechanism) (Mingshan Xiao, 1998) มีผู้ทดลองโดยปล่อยกระแสไฟฟ้าสลับ
ไหลผ่านลวดทองคำขาว (platinum wire) วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (V) วัดอุณหภูมิของลวด (T) วัดอัตราเร็ว
(velocity) คำนวณอัตราการไหลของลม (wind flow rate) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วกับอุณหภูมิของลวด
ทองคำขาวจะนำไปประยุกต์เป็นหัววัดอัตราเร็วของลม (Seunghyun Kim, 2004) มีผู้ศึกษาความสามารถในการ
กดอัด (compressibility) ของ MgCO₃ ด้วยค่าการดูดกลืนอินฟราเรด (infrared absorbance) ในย่านเลขคลื่น
100-1800 cm⁻¹ ได้บรรยายการประยุกต์ใช้ของการสั่นแบบยืดออกของ C-O ที่ไม่สมมาตรของกลุ่มคาร์บอนใน
ลักษณะของเกจความดัน (pressure gauge) สำหรับการส่งผ่านอินฟราเรดที่ได้รับการศึกษาในเซลล์เพชร
(Andrzej Grzechnik, 1999)

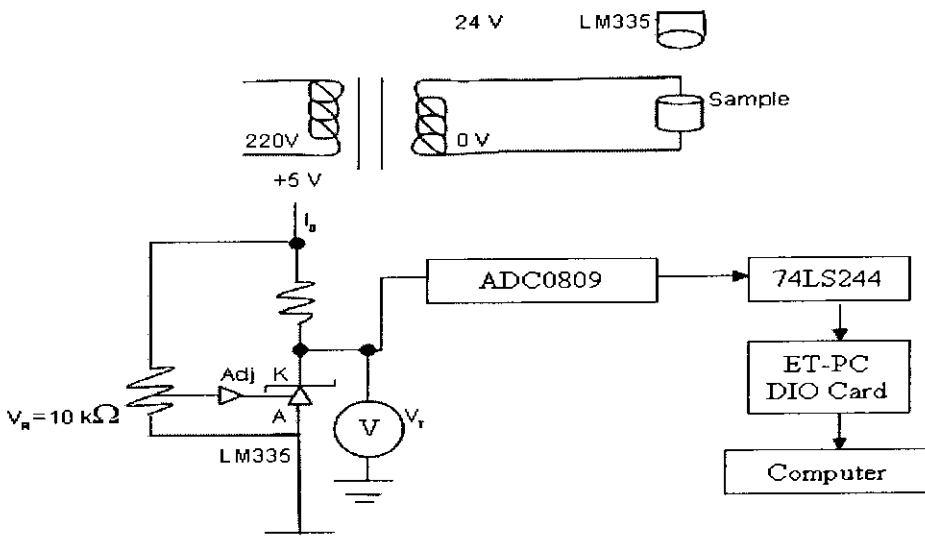
บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เซรามิกส์ให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์
ให้ความร้อน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศและอุปกรณ์ทำน้ำร้อน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

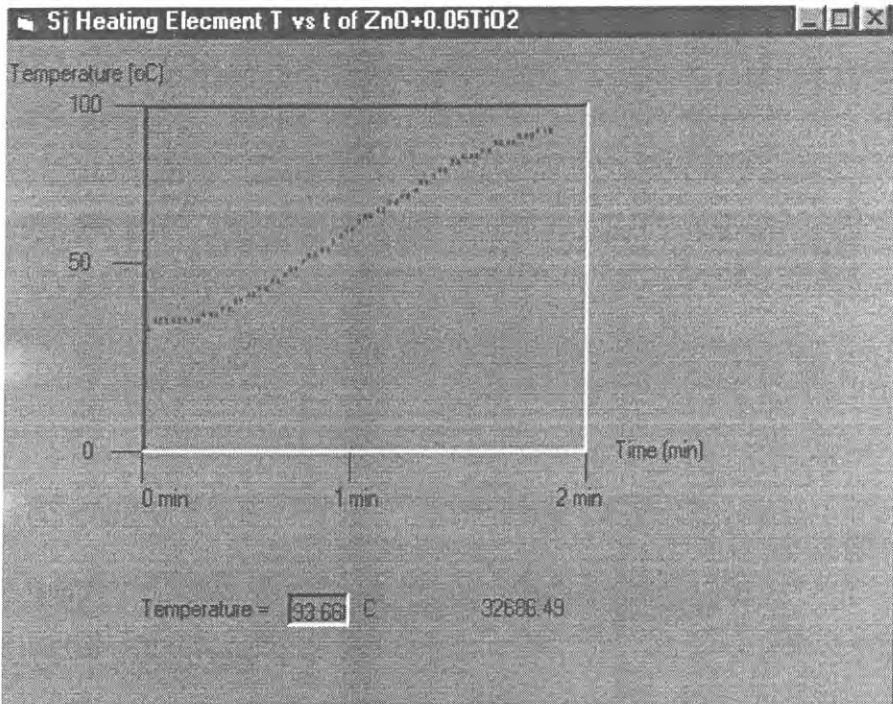
4.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน

1) คัดเลือกสารที่แสดงสมบัติให้ความร้อนที่มีความต้านทานในย่านกิโลโอห์ม (k Ω)

2) จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบประยุกต์ใช้ของเซรามิกสึให้ความร้อน $ZnO + 0.05TiO_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 1.1.2 สร้าง Form สำหรับการทดสอบประยุกต์ใช้ของเซรามิกสึให้ความร้อน $ZnO + 0.05TiO_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 1.1.3 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ $ZnO + 0.05TiO_2$ กระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้าขั้ว 24 V ไหลผ่านและสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s มีค่า V_s สารจะแปลงไฟฟ้าเป็นความร้อน LM335 จะวัดอุณหภูมิของสารตัวอย่างโดยการแปลงความร้อนเป็นแรงดันเทอร์มิอิเล็กทริก V และ V จะเข้าไปที่ analog input 0 (I0) V จะผ่าน 74LS244 เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) ผ่าน ET-PCDIO และ ISA Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V = \text{Inp}(\&H300)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ `inpout32.dll` เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ แปลง V เป็น V_T ด้วย $V_T = (5 / 255) * V$ คอมพิวเตอร์จะให้แปลงแรงดัน V_T ให้เป็นอุณหภูมิ T โดยใช้สูตร $T = (V_T - 2.73) / (0.01)$ แสดงค่าความต้านทาน (T) บนจอด้วยคำสั่ง `LabelT.Caption = T` กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 100) * T$ สำหรับแสดงกราฟ T vs. t บนจอด้วยคำสั่ง `Picture1.PSet (x, 10 * y), vbGreen` หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง `Call Delay` คำสั่ง `For...Next Loop` จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง T vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ ใช้คำสั่ง `Print Screen` เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 4.1.1 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบการประยุกต์ใช้งานของสารให้ความร้อน $ZnO + 0.05TiO_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนด้วย Visual Basic



รูปที่ 4.1.2 Form สำหรับการแสดงการวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับเวลาของสาร ZnO + 0.05TiO₂ ด้วย Visual Basic

Code

Temperature vs Time of heating material (ZnO+0.05TiO₂) for heating effect

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H303, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
        V = Inp(&H300)
```

```
        VT = (5 / 255) * V
```

```
        T = (VT - 2.73) / (0.01)
```



```

LabelT.Caption = T
x = i
y = 255 - (255 / 100) * T
Picture1.PSet (x, 10 * y), vbGreen
Call delay

```

```
Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
For i = 1 To 15000
```

```
DoEvents
```

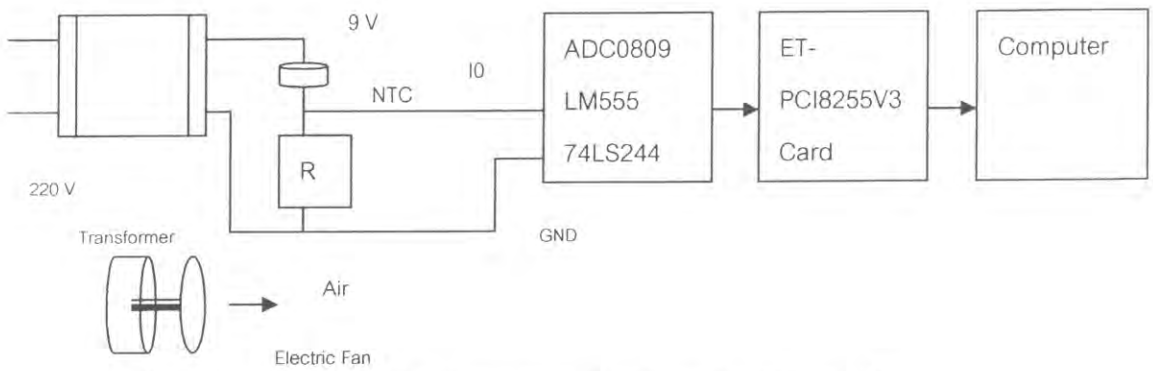
```
Label8.Caption = Timer
```

```
Next i
```

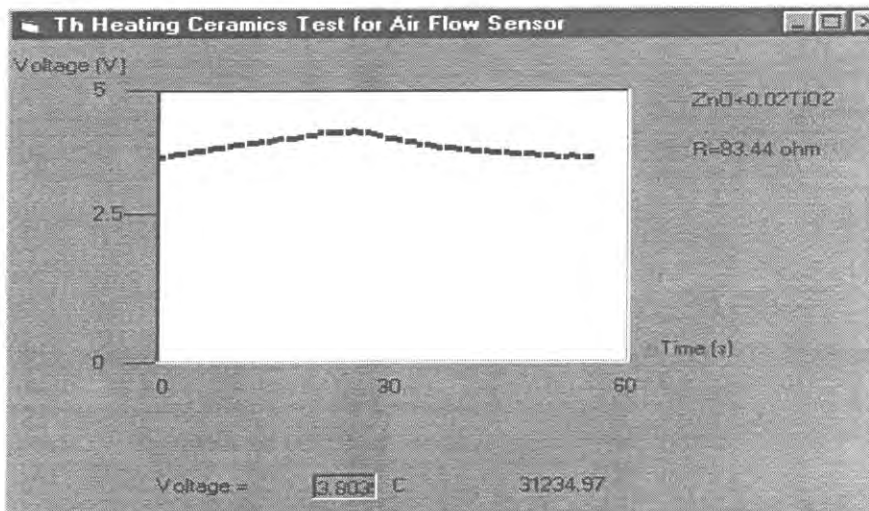
```
End Sub
```

4.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สารให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 4.2.1 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์สารให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 4.2.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ $ZnO + 0.02TiO_2$ ปล่องไฟบ้าน 220 V เข้าทางขดปฐมภูมิ (ขด 1) ของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าจะแปลงแรงดันไฟฟ้าออกทางขดทุติยภูมิ (ขด 2) แรงดันไฟฟ้าที่ขด 2 นี้ มี 9 V แรงดันไฟฟ้าที่ขด 2 นี้ จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารให้ความร้อน $ZnO + 0.02TiO_2$ และตัวต้านทานโหลด $R_L = 39/2 \Omega$ สารจะแปลงไฟฟ้าเป็นความร้อน ใช้ Voltmeter วัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานโหลด R_L (V) แรงดันไฟฟ้า V_L หรือ V_{air} ถูกส่งเข้า I0 (Analog Input0) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) V จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_{air} = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ แปลง V_{air} เป็น V แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (V) บนจอด้วยคำสั่ง LabelV.Caption = V กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 5) * V$ สำหรับแสดงกราฟ V vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbGreen หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ ปล่องกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสาร แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดมีค่าเพิ่มขึ้น เปิดพัดลม แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดมีค่าลดลง ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 4.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สารให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศด้วย Visual Basic



รูปที่ 4.2.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์สารให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศด้วย Visual Basic

Code

'Voltage vs Time of heating material (ZnO+0.05TiO₂) for air flow sensor test

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H307, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
Picture1.Cls
```

```
For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
    Vair = Inp(&H300)
```

```
    V = (5 / 255) * Vair
```

```
    LabelV.Caption = V
```

```
    x = i
```

```
    y = 255 - (255 / 5) * V
```

```
    Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
```

```
    Call delay
```

```
Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
For i = 1 To 15000
```

```
    DoEvents
```

```
    Label8.Caption = Timer
```

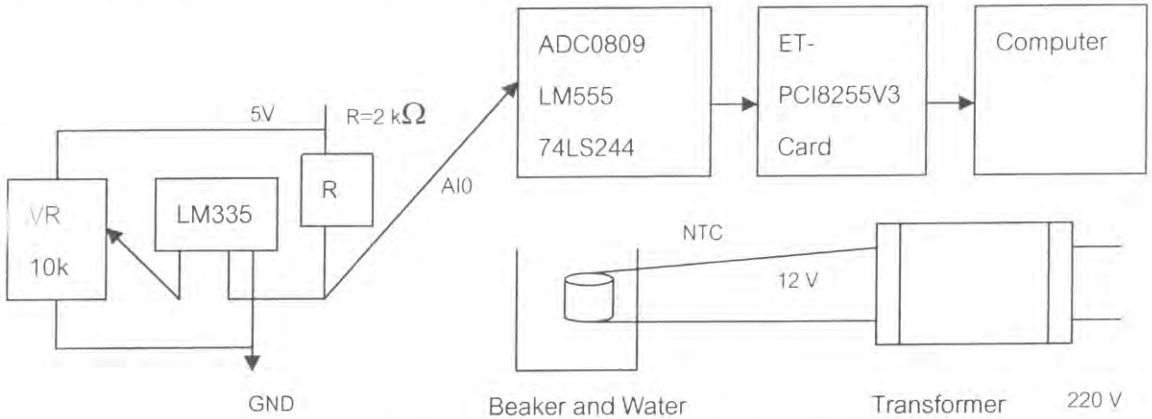
```
Next i
```

```
End Sub
```

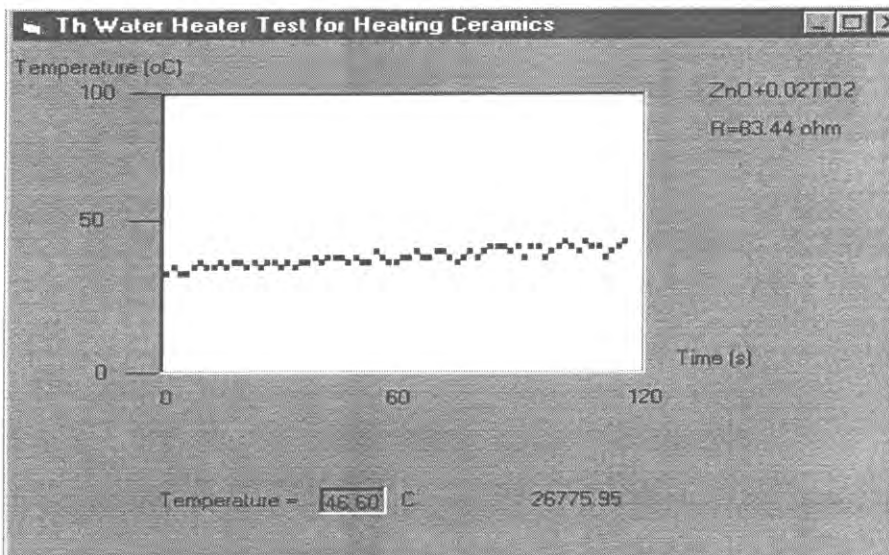
4.3 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อน

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สารให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 4.3.1 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์สารให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 4.3.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง ปล่องไฟบ้าน 220 V เข้าทางขดปฐมภูมิ (ขด 1) ของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าจะแปลงแรงดันไฟฟ้าออกทางขดทุติยภูมิ (ขด 2) แรงดันไฟฟ้าที่ขด 2 นี้จะใช้ 12 V สารให้ความร้อนที่ใช้ทดลอง คือ $ZnO + 0.02TiO_2$ มีความต้านทานที่อุณหภูมิห้อง 83.44Ω มีความหนา 2.75 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 13.39 mm กระจกประเภททรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของฐาน 3.8 mm มีความสูง และเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 cm บรรจุน้ำที่มีความสูง 1.5 cm ดังนั้นจะต้องเลือกแรงดันไฟฟ้าที่ขด 2 ซึ่งจะถูกป้อนให้แก่สารที่เหมาะสม สารจึงสามารถแปลงไฟฟ้าเป็นความร้อนได้ดี ปล่องไฟแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมไปยังสารที่จุ่มอยู่ในน้ำภายในกระป๋องพลาสติก สารจะแปลงไฟฟ้าเป็นความร้อน อย่าให้สารร้อนเกินเพราะขั้ว Ag จะหลุด ใช้ LM335 แปลงอุณหภูมิของน้ำให้เป็นแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก (V) ส่งแรงดัน V มาเข้าที่ analog input 0 (I0) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) V จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซัลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ เปลี่ยน V เป็น V_T ด้วยสูตร $V_T = (5/255) * V$ แปลงแรงดัน V_T มาเป็นอุณหภูมิด้วยสูตร $T = (V_T - 2.73) / (0.01)$ แสดงค่าอุณหภูมิ (T) บนจอด้วยคำสั่ง LabelT.Caption = T กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 100) * T$ สำหรับ

แสดงกราฟ v vs. t บนจอด้วยคำสั่ง `Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue` หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง `Call Delay` คำสั่ง `For...Next Loop` จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง `Run` โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง T vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ ช่วงเวลาที่ใช้นั้นที่ผล คือ 120 วินาที ใช้คำสั่ง `Print Screen` เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน `working area` ของ `Microsoft word` สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย `Printer`



รูปที่ 4.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สารให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนด้วย Visual Basic



รูปที่ 4.3.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์สารให้ความร้อน $ZnO + 0.02TiO_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนด้วย Visual Basic

Code

"Temperature vs Time of heating material ($ZnO+0.05TiO_2$) for hot water device

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```

Left = (Screen.Width - Width) / 2
Top = (Screen.Height - Height) / 2
Out &H307, &H90

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```

    Picture1.Cls
    For i = 20 To 3500 Step 50
        V = Inp(&H300)
        VT = (5 / 255) * V
        T = (VT - 2.73) / (0.01)
        LabelT.Caption = T
        x = i
        y = 255 - (255 / 100) * T
        Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
        Call delay
    
```

```
Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```

For i = 1 To 15000
    DoEvents
    Label8.Caption = Timer

```

```
Next i
```

```
End Sub
```

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์ให้ความร้อน

ผลการวัดอุณหภูมิ (T) ที่ขึ้นกับเวลา (t) ของสาร $\text{ZnO} + 0.05\text{TiO}_2$ เพื่อประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน แสดงดังรูปที่ 4.1.2 พบว่าเมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านสารนานขึ้น สารจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 30°C ถึง 90°C โดยใช้เวลา 2 นาที สารนี้จะนำไปทำเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน

2) อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ

ผลการทดสอบ $\text{ZnO} + 0.02\text{TiO}_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 4.2.2 เมื่อแรงดันไฟฟ้าสลับ 9 V ให้แก่สารนี้ที่ต่ออนุกรมกับโหลด (R_L) $39/2 \Omega$ พบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารให้ความร้อนนี้จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 3.8 V ถึง 4.0 V โดยใช้เวลา 29 วินาที ในขณะที่มีอากาศจากพัดลมเคลื่อนที่ผ่าน การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมนี้มีความเกี่ยวข้องกับสมบัติเอ็นทีซี แรงดันไฟฟ้าตก

คร่อมสารให้ความร้อนนี้ที่เปลี่ยนแปลงนี้จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วการไหลของอากาศ (air flow velocity) การเคลื่อนที่ของอากาศที่ผ่านสารที่ทำให้ความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนเนื่องจากความร้อนในตัวสารเปลี่ยนแปลงมีความเกี่ยวข้องกับสมบัติให้ความร้อน ถ้าใช้ Commercial Air Flow Sensor ทำการเปรียบเทียบ สารให้ความร้อนนี้ก็จะทำหน้าที่เป็นหัววัดความเร็วการไหลของอากาศหรืออุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ แต่อย่างไรก็ตาม ขณะนี้ยังไม่มีหัววัดการไหลของอากาศเชิงการค้า (commercial air flow sensor) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ดังนั้นจึงเป็นการวัดเพียงแค่แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารให้ความร้อนในขณะที่เปิดพัดลม เท่านั้น สารที่จะใช้ทดสอบเพื่อประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศนั้นจะต้องมีสมบัติให้ความร้อนและเย็นที่

3) อุปกรณ์ทำน้ำร้อนขนาดเล็ก

ผลการประยุกต์สารให้ความร้อน $ZnO + 0.02TiO_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 4.3.2 เครื่องทำความร้อนแก่น้ำด้วยไฟฟ้ามีโครงสร้างที่ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่ให้แรงดันไฟฟ้า 12 V_{ac} สารให้ความร้อน $ZnO+0.02TiO_2$ และกระเบื้องบรรจุน้ำ เครื่องทำความร้อนที่ได้ออกแบบขึ้นนี้เป็นเครื่องทำความร้อนขนาดเล็ก (micro-heater) เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารนี้พบว่าอุณหภูมิของสารที่ทดลองจะเพิ่มขึ้นตามเวลา (T vs t) เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านสารนี้เป็นเวลา 20 นาที พบว่าอุณหภูมิของสารนี้เพิ่มขึ้นจาก 30 °C ไปเป็น 46.6 °C ดังนั้นสารจึงทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนได้

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร $ZnO + 0.05TiO_2$ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนได้
- 2) สาร $ZnO + 0.02TiO_2$ สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศได้
- 3) สาร $ZnO + 0.02TiO_2$ แสดงสมบัติให้ความร้อนและสามารถทำหน้าที่เป็นสารให้ความร้อนในเครื่องทำน้ำร้อน ใช้สำหรับการทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุ
- 4) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย Visual Basic และ ET-PCI8255V3 Card

เอกสารอ้างอิง

- Andrzej Grzechnik, 1999, An infrared study of $MgCO_3$ at high pressure. *Physica B: Condensed Matter*, 262(1-2): 67-73.
- Cieffi, C. 2000. Temperature controlled oven for low noise measurement systems. *IEEE transactions on instrumentation and measurement.*, 49, 546-549.
- Das Gupta, S. 1996. Heating elements and electrically conducting ceramics. *Key Engineering Materials.*, 122, 279-282.
- Hayashi, S. 2001. Fabrication and evaluation of $LaCrO_3$ thin films electric heaters. *Key Engineering Materials.*, 216, 105-108.
- Kaliyugavaraden, S. 1997. Microcontroller-based programmable temperature controller. *IECON Preceedings (industrial Electronics Conference).*, 1, 155-158.
- Meier, K. 2001. PTC thermistor heating elements. *Appliance.*, 58, 64-66.
- Mingshan Xiao, 1998, Conductivity and infrared absorption of $La_{1-x}Ba_xCoO_3$ conductive ceramics, *Journal of Solid State Chemistry*, 137(2): 211-313.

- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Ogawa, 1998. T. Sol-gel PTC BaTiO₃ thin films – application of PTC film to heater plate. IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics., 101-104.
- Pelissier, K. 1998. Silicon carbide heating elements. Ceramics international., 24, 371-377.
- Reznikov, Y. A. 1997. Programmable temperature control in an electric furnace for laboratory coking based on a microprocessor controller. Fuel and Energy Abstracts., 38, 219.
- Seuinghyun Kim, 2004, Measurement of flow direction and velocity using micromachined flow sensor, Sensors and Actuators A: Physical, 115(2-3) :312-318.
- Song, S. T., 1984, Synthesis, properties and application of high conductive LaCrO₃-based ceramic-materials, Ceramics International, 10(4): 143-146.

5. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีสำหรับระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมคอปเปิลเป็นหัววัด

บทความ การให้วีชวลเบสิกทำหน้าที่วัดและควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอมไฟฟ้า

Furnace temperature control using Visual Basic with thermocouple temperature sensor

การจัดเครื่องมือเพื่อศึกษาการใช้วีชวลเบสิกควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมคอปเปิลเป็นหัววัดแสดงดังรูปที่ 5.1 Form สำหรับการให้วีชวลเบสิกควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมคอปเปิลเป็นหัววัดแสดงดังรูปที่ 5.2 เริ่มจากการตั้งชื่อโปรแกรมเป็น 'Furnace Temperature Control Using Thermocouple' เขียนโปรแกรมเพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำงานอินพุทและเอาท์พุท

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" _Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" _Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

กำหนดบริเวณบนจอที่จะแสดง Form ในขณะ Run ด้วยคำสั่ง $Left = (Screen.Width - Width) / 2$ และ $Top = (Screen.Height - Height) / 2$ กำหนด address ของพอร์ตควบคุมด้วยคำสั่ง $Out \&H14CC, \&H90$ Picture1.Cls ทำหน้าที่ล้างจอภาพ เทอร์โมคอปเปิลจะแปลงความร้อนเป็นแรงดันไฟฟ้า แต่แรงดันไฟฟ้ามีค่าต่ำในย่าน mV ดังนั้นจึงต้องใช้วงจรขยายที่ใช้ Op Amp 741 ขยายแรงดันไฟฟ้านี้ ส่งแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านการขยาย (V) ที่มีหน่วยเป็นโวลต์เข้า Input I0 ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอกเป็นแรงดันดิจิตอล ส่งผ่านบัฟเฟอร์ 74LS244 ส่งผ่าน ET-PCI 8255 Card เข้าคอมพิวเตอร์ ปริมาณแสดงบนจอคือ V ใช้คำสั่ง $V_T = (5 / 255) * V$ เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้าเลขฐานสอง (V) เป็นแรงดันไฟฟ้าเลขฐานสิบ (V_T) $V = Inp(\&H14C0)$ ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าในรูปเลขฐานสองเข้าทางพอร์ต A $V_T = (5 / 255) * V$ ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าจากเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบ $LabelV_T.Caption = V_T$ ทำหน้าที่แสดงแรงดันไฟฟ้า V_T บนจอ แปลงแรงดันไฟฟ้า V_T ให้เป็นอุณหภูมิ T ด้วยคำสั่ง $T = 452.58 * V_T + 20.333$ $LabelT.Caption = T$ ทำหน้าที่แสดงอุณหภูมิ T บนจอ มีการตั้งอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าที่โปรแกรม อุณหภูมิที่ตั้ง คือ T-Set มีค่า 300 °C T เป็นอุณหภูมิที่เทอร์โมคอปเปิลอ่านได้ เมื่อ T น้อยกว่า T-Set เตาจะไม่ร้อนถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้

เขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์ทำงานวนเป็นวงรอบได้ดังนี้

For i = 20 To 3500 Step 50

.....

Next i

เขียนโปรแกรมเงื่อนไขเพื่อควบคุมอุณหภูมิ

If T < 300 Then

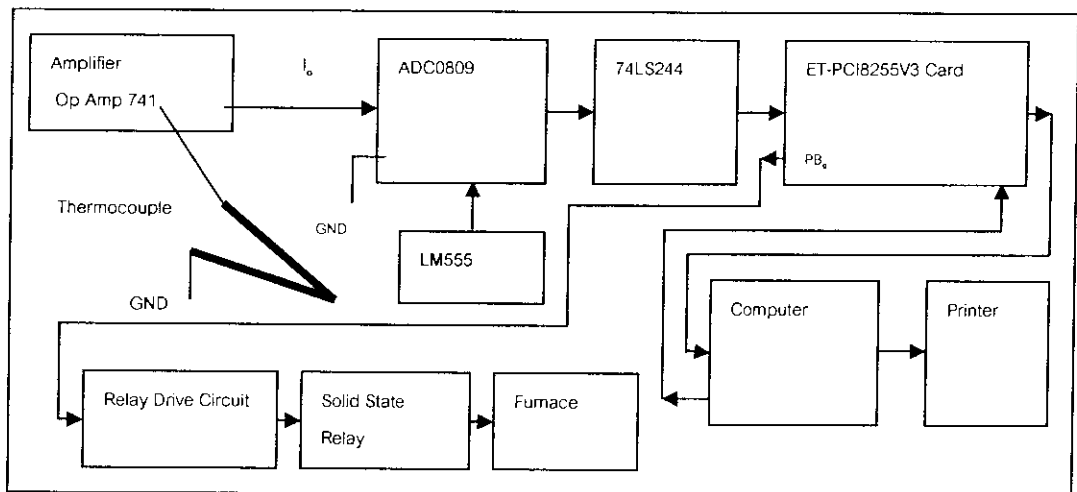
.....

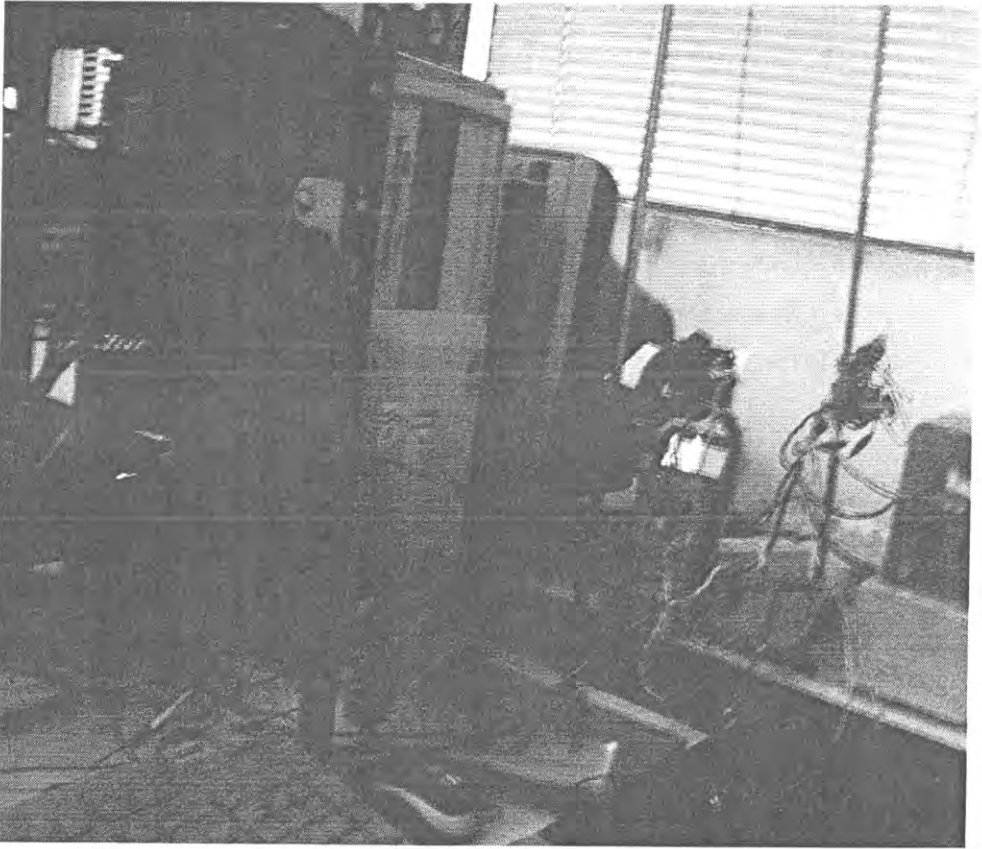
Else

End If

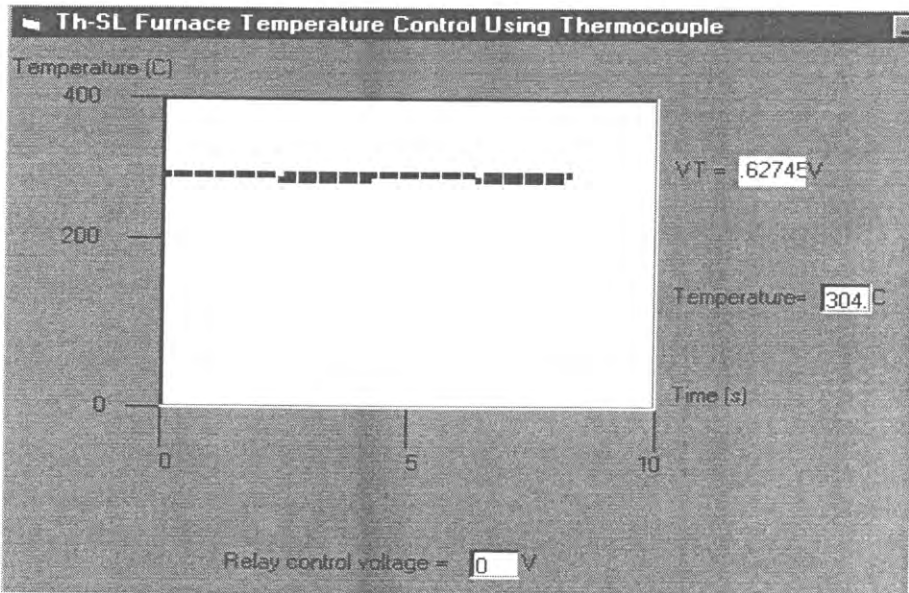
คอมพิวเตอร์จะจ่ายแรงดัน 5 V ออกทางพอร์ต B ออกทาง PB0 เข้ามาที่วงจรขับรีเลย์เพื่อให้ optocoupler และ transistor เบอร์ C458 ทำงาน สวิตช์ 3 กับ 4 จะเปิด ไฟฟ้าเข้าอินพุทของซิลิคอนเตทรีเลย์ ซิลิคอนเตทรีเลย์นำกระแสไฟฟ้า ไฟฟ้า 220V เข้าคอมพิวเตอร์ เต่าจะร้อนขึ้น Out &H14C4, &H1 ทำหน้าที่ส่งแรงดันไฟฟ้า 5 V ออกทางพอร์ต B labelVoltage.Caption = "5" ทำหน้าที่แสดงแรงดันไฟฟ้า 5 V Call delay เป็นคำสั่งหน่วงเวลา

เมื่ออุณหภูมิของเต่า (T) มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่ตั้ง (T-Set) คอมพิวเตอร์จะส่งแรงดัน 0 V ออกทางพอร์ต B มายังวงจรขับรีเลย์ optocoupler และ transistor ไม่ทำงาน สวิตช์ 3 กับ 4 จะปิด ซิลิคอนเตทรีเลย์ไม่ทำงาน ไฟฟ้าไม่เข้าเต่าอบไฟฟ้า Out &H14C4, &H0 ทำหน้าที่ส่งแรงดันไฟฟ้า 0 V ออกทางพอร์ต B labelVoltage.Caption = "0" ทำหน้าที่แสดงแรงดันไฟฟ้า 0 V Call delay เป็นคำสั่งหน่วงเวลา กำหนดพิกัด x และ y ด้วยสูตร $x = I$ และ $y = 255 - (255 / 400) * T$ Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlack ทำหน้าที่ลากเส้นกราฟ T vs. t Beep ใช้ส่งเสียง





รูปที่ 5.1 การจัดเครื่องมือเพื่อศึกษาการใช้วงจรเบสิกควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอมไฟฟ้า โดยใช้เทอร์โมคอปเปิลเป็นหัววัด



รูปที่ 5.2 Form สำหรับการศึกษาการใช้วงจรเบสิกควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอมไฟฟ้า โดยใช้เทอร์โมคอปเปิลเป็นหัววัด

Code สำหรับการใช้วิซวลเบสิกควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมคอปเปิลเป็นหัววัด

'Furnace Temperature Control Using Thermocouple

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" _Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" _Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
        If T < 300 Then
```

```
            Out &H14C4, &H1
```

```
            labelVoltage.Caption = "5"
```

```
            Call delay
```

```
            V = Inp(&H14C0)
```

```
            VT = (5 / 255) * V
```

```
            LabelVT.Caption = VT
```

```
            T = 452.58 * VT + 20.333
```

```
            x = i
```

```
            y = 255 - (255 / 400) * T
```

```
            Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlack
```

```
            LabelT.Caption = T
```

```
        Else
```

```
            Beep
```

```
        End If
```

```
    If T > 300 Then
```

```
        Out &H14C4, &H0
```

```
        labelVoltage.Caption = "0"
```

```
        Call delay
```

```
        V = Inp(&H14C0)
```

```
VT = (5 / 255) * V
LabelVT.Caption = VT
T = 452.58 * VT + 20.333
x = i
y = 255 - (255 / 400) * T
Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
LabelT.Caption = T
```

```
Else
Beep
End If
```

```
Next i
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
For j = 0 To 50000
DoEvents
```

```
Next j
```

```
End Sub
```

6. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์พีทีซีให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริต ปรากฏการณ์พีทีซี อุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน อุปกรณ์อุณหภูมิคงที่ และอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลา

Applications of PTC ceramics for operation of PTC effect demonstrative device, overtemperature protection device, constant temperature device and time-delayed switch device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์¹

สุจารี ฤทธิภักดี²

Thongchai Panmatarith¹

Sujaree Rittipakdee²

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้หาการประยุกต์ใช้งานของอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้า ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244) , การ์ด ET-PCDIO การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิซวลเบสิก อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าเป็นเซรามิกส์พีทีซีที่มีความต้านทานเพิ่มขึ้นในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นบวก (α) ของอุปกรณ์ที่คำนวณได้โดยอาศัยข้อมูลจากการวัดมีค่า = 16.665 %/°C อุปกรณ์นี้มีความต้านทาน 311.1 Ω และแสดงสมบัติพีทีซี การประยุกต์ใช้งานของอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดป้องกันอุณหภูมิเกินนั้นจะอาศัยผลของความต้านทานที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิซึ่งจะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ใช้หลักการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ได้ตั้งไว้กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร ผลที่ได้จะไปควบคุมวงจรขับรีเลย์ สวิตช์ของรีเลย์จะเปลี่ยนแปลงแบบเปิดปิดซึ่งจะไปควบคุมการทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์ จะควบคุมการจ่ายกำลังงานไปยังโหลด เช่น พัดลม เป็นต้น การทดลองครั้งนี้ได้แสดงการควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไม่ให้เกิน 95 °C อุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่และอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลาของอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าจะอาศัยหลักการของปรากฏการณ์พีทีซีซึ่งเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของความต้านทานตามอุณหภูมิ การทดลองในครั้งนี้ได้แสดงการควบคุมอุณหภูมิคงที่ที่ 46.60 °C เมื่อพิจารณาพบว่าอุปกรณ์สามารถทำหน้าที่เป็นสวิตช์หน่วงเวลาได้โดยมีเวลาหน่วง 40 วินาที

คำสำคัญ : อุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์พีทีซี อุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน อุปกรณ์อุณหภูมิคงที่
อุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลา วิซวลเบสิก

Abstract

This project involved the measurement of physical properties of the commercial PTC device were measured. Applications of this device was determined. Instruments for sample testing was constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCDIO Card, ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. The resistances of PTC commercial device increased as temperature increasing. The positive temperature coefficient of resistance (α) of this device was

16.665 %/°C and Curie temperatures (T_c) was 90 °C. The resistance of this device was 311.1 Ω and showed PTC effect. Applications of commercial PTC device for overtemperature protection device involved the temperature dependence of resistance which voltage drop across on the sample increased with temperature. The principle between the setting voltage and voltage drop across on the sample was compared. The output result will control relay circuit. Relay switch will change on state and off state which will control the operation of solid state relay. Solid state relay will control power supplying to load such as fan, etc. The over temperature control for 95 °C was shown in this experiment. Application for being constant temperature heating device and delayed-time device of commercial PTC device involved PTC effect which resistance increasing with temperature. The constant temperature control at 46.60 °C for this experiment. This sample can time delay with the delayed time of 40 second.

Keyword : PTC effect demonstrative device, overtemperature protection device ,
constant temperature device , time-delayed switch device , Visual Basic

รองศาสตราจารย์ ศึกษานิเทศศาสตร์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of
Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

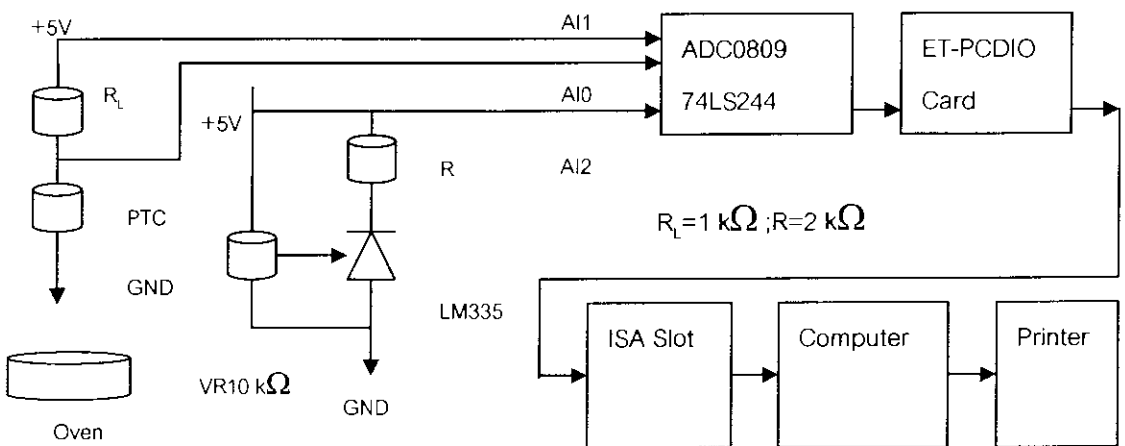
Masalu Miyayama ได้เตรียม $(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)(\text{Nb}_{0.003}\text{Ti}_{0.997})\text{O}_3 + 1 \text{ mol\% TiO}_2 + 0.07 \text{ mol\% MnO}$ ($x=0, 0.2$) ทำซ้ำด้วยกาเงิน วัดความต้านทานที่อุณหภูมิต่างๆ ประยุกต์เป็นตัวตรวจวัดรังสีอินฟราเรด P. Padmini (1994) ได้เตรียม $\text{BaTiO}_3 + 0.3 \text{ at\% Nb}_2\text{O}_5$; $\text{BaTiO}_3 + 0.3 \text{ at\% Nb}_2\text{O}_5 + 0.2 \text{ at\% Bi}_2\text{O}_3$ วัดความสัมพันธ์ระหว่างสภาพต้านทานไฟฟ้ากับปริมาณของตัวได๊ปและความสัมพันธ์ระหว่างสภาพต้านทานไฟฟ้าและค่าคงที่ได้ไอเล็กทริกกับอุณหภูมิ Horng-Yi Chang (1997) ได้เตรียม $(\text{Sr}_{0.2}\text{Ba}_{0.8})\text{TiO}_3$ ทดสอบสารเพื่อแสดง PTC effect วัดอุณหภูมิคูรี (T_c) D. J. Wang (1997) ได้เตรียม $(\text{Sr,Pb})\text{TiO}_3$ วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ วัดอุณหภูมิคูรี แล้วคำนวณค่า PTCR หรือ α S. Shibagaki (1997) ได้เตรียม Ca-doped SrTiO_3 capacitor แล้ววัดค่า α มีผู้เตรียมสาร BCST วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิ สภาพต้านทานไฟฟ้าสูงสุดมีค่า $10^7 \Omega\text{cm}$ สภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำสุดมีค่า $5 \Omega\text{cm}$ อัตราส่วนของสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงสุดกับสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำสุดมีค่า 3.2×10^6 สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่ไม่เป็นเชิงเส้นมีค่า $+20.4 \text{ \%}/^\circ\text{C}$ ทดสอบการป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน (Chih-Kuo Liang, 2005)

บทความนี้เกี่ยวข้องกับประยุกต์ใช้เซรามิกส์พีซีทีให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำปรากฏการณ์พีซีที อุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน อุปกรณ์อุณหภูมิคงที่และอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลา

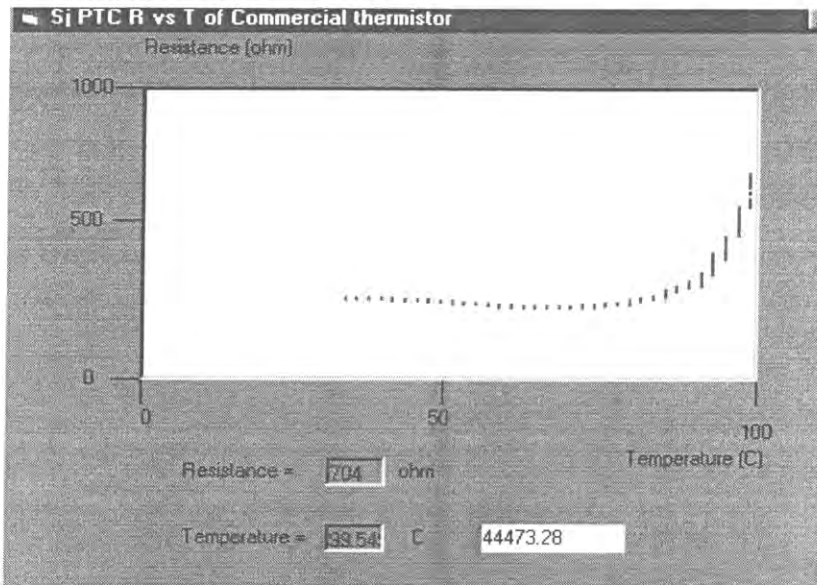
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

6.1 ประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำปรากฏการณ์พีซีที

1) จัดเครื่องมือสำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของอุปกรณ์พีซีซีเชิงการคำนวณด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 6.1.1 สร้าง Form สำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของอุปกรณ์พีซีซีเชิงการคำนวณด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 6.1.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ อุปกรณ์พีซีซีเชิงการคำนวณ กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 1 k Ω และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ใช้คำสั่ง Out &H301, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 0 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H301, &H1 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ R_s+R_L มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (I0) และ analog input 1 (I1) ของ ADC0809 ตามลำดับ V_s และ V_{Ls} จะผ่าน 74LS244 เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) ผ่าน ET-PCDIO และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_s = \text{Inp}(\&H300)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inport32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมมีขั้วเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ คอมพิวเตอร์จะคำนวณ $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ ให้กระแสไฟฟ้าสาร (I_s) = I_L คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ แปลงหน่วยของ R จาก Ω มาเป็น k Ω ด้วยคำสั่ง $R = (V_s / I_L) / 1000$ แสดงค่าความต้านทาน (R) บนจอด้วยคำสั่ง LabelR.Caption = R ให้สารรับความร้อนจากเตาไฟฟ้า LM335 จะวัดอุณหภูมิของสารตัวอย่างโดยการแปลงความร้อนเป็นแรงดันเทอร์มิสติก VT ให้แปลงแรงดัน VT ให้เป็นอุณหภูมิ T โดยใช้สูตร $T = (V_T - 2.73) / (0.01)$ แสดงค่าความต้านทาน (T) บนจอด้วยคำสั่ง LabelT.Caption = T กำหนดพิกัด $x = (510 / 100) * T$ และ $y = 255 - (255 / 60) * R$ สำหรับแสดงกราฟ R vs. T บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (10 * x, 10 * y), vbGreen หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานของโปรแกรมซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง R vs. T บนจอคอมพิวเตอร์ ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer คำนวณสัมประสิทธิ์ความต้านทานที่เป็นลบโดยอาศัยเส้นกราฟในรูปที่ 6.1.2 และใช้สูตร $\alpha = (1/R_1)(R_2 - R_1) / (T_2 - T_1) \times 100$



รูปที่ 6.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของอุปกรณ์พีซีซีเชิงการคำนวณด้วย Visual Basic



รูปที่ 6.1.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของอุปกรณ์พีทีซีเชิงการคำนวณด้วย Visual Basic

Code

'PTC thermistor Test of Commercial thermistor

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
    Out &H303, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
    For i = 1 To 25500
        Out &H301, &H0 'lo
        Call delay
        Vs = Inp(&H300)

        Out &H301, &H1 'l1
        Call delay
```

```

VLs = Inp(&H300)
VL = VLs - Vs
RL = 300 'ohm
IL = VL / RL 'A
R = Vs / IL 'ohm
LabelR.Caption = R

Out &H301, &H2 '12
Call delay
V = Inp(&H300)
VT = (5 / 255) * V
T = (VT - 2.73) / (0.01)
LabelT.Caption = T
x = (510 / 100) * T
y = 255 - (255 / 1000) * R
Picture1.PSet (10 * x, 10 * y), vbGreen
Call delay

```

```
Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
For i = 1 To 700
```

```
DoEvents
```

```
Label8.Caption = Timer
```

```
Next i
```

```
End Sub
```

6.2 ประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน

จัดเครื่องมือเพื่อทดสอบการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน แสดงดังรูปที่ 6.2.1 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกินแสดงดังรูปที่ 6.2.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่าง คือ อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำ กระแสไฟฟ้าจากขั้วไฟฟ้า 5 V ของ ADC0809 ไหลผ่านตัวต้านทาน โหลด (RL) 1 k Ω และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้า V_0 จะเข้าไปที่ analog input 0 (I0) ของ ADC0809 แรงดันไฟฟ้า V_s จะผ่าน 74LS244 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) ผ่าน ET-PCI8255V3 และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า V_s ด้วยคำสั่ง $V_0 = \text{Inp}(\&H14C0)$ เปลี่ยน V_0 เป็น V_s ด้วยคำสั่ง $V_s = (5/255) * V_0$ เมื่อ V_0 เป็นแรงดันที่เป็นเลขฐานสองและ V_s

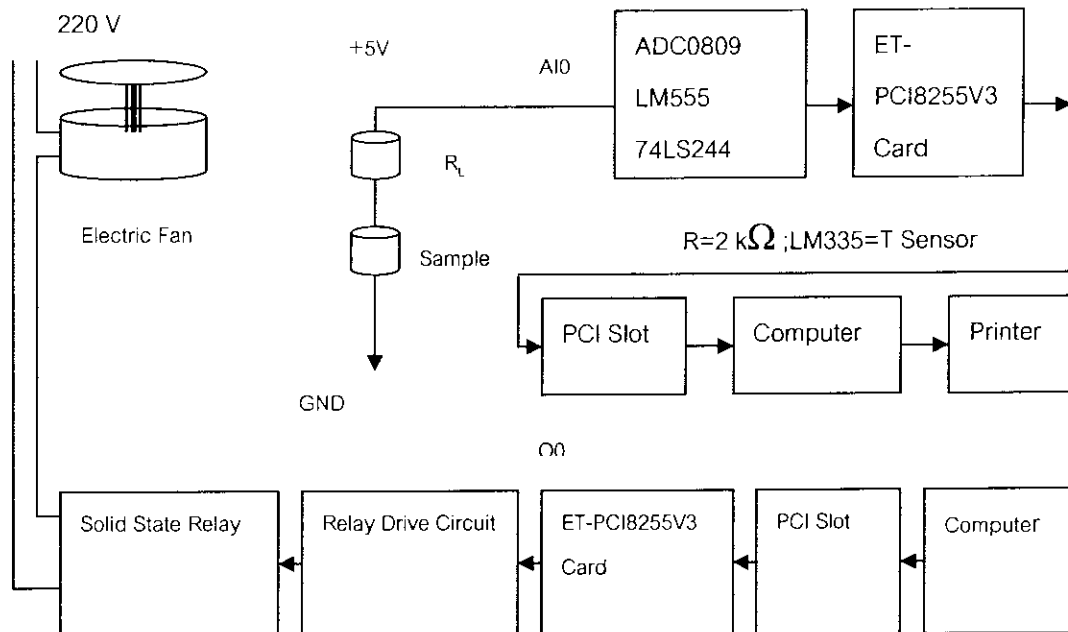
เป็นแรงดันที่เป็นเลขฐานสิบ แสดงแรงดัน V_s บนจอด้วยคำสั่ง LabelVs.Caption = V_s แสดงกราฟของอุณหภูมิ V_s ที่ขึ้นกับเวลา t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.Pset(x,10*y), vbBlue

วงรอบการทำงานมี 2 กรณี ดังนี้

1) วงรอบการทำงานกรณีที่แรงดัน $V_s < 3$ V จะมีการส่ง 0 ออกทางพอร์ท B ของ 8255 ด้วยคำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อให้แรงดันไฟฟ้า 0 V มาเข้าที่วงจรรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดสวิตช์ รีเลย์ไม่มีอำนาจแม่เหล็ก สวิตช์ข้อ 3 ไม่ต่อกับข้อ 4 สวิตช์ข้อ 3 และ 4 จะควบคุมการตัดแรงดันไฟฟ้าที่มาจากอินพุทของโซลิดสเตทรีเลย์ เอาท์พุทของโซลิดสเตทรีเลย์จะควบคุมไม่ให้ไฟฟ้า 220 V มาเข้าที่พัดลมไฟฟ้า พัดลมไม่หมุน

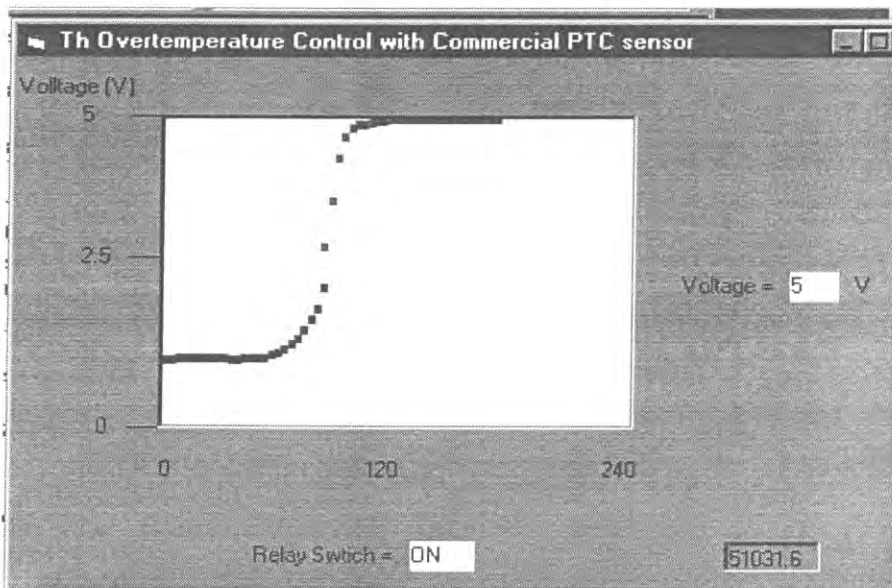
2) วงรอบการทำงานกรณีที่แรงดัน $V_s > 3$ V จะมีการส่ง 1 ออกทางพอร์ท B ของ 8255 ด้วยคำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อให้แรงดันไฟฟ้า 5 V มาเข้าที่วงจรรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดสวิตช์ รีเลย์มีอำนาจแม่เหล็ก ดึงดูดให้สวิตช์ข้อ 3 ต่อกับข้อ 4 สวิตช์ข้อ 3 และ 4 จะควบคุมการให้แรงดันไฟฟ้าที่มาจากอินพุทของโซลิดสเตทรีเลย์ เอาท์พุทของโซลิดสเตทรีเลย์จะควบคุมให้ไฟฟ้า 220 V มาเข้าที่พัดลมไฟฟ้า พัดลมหมุน

การทำงานของโปรแกรมจะวนซ้ำไปมาด้วยคำสั่ง For..Next ซึ่งจะทำงานโดยการให้ไฟฟ้าไม่มาเข้าที่พัดลมถ้าแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าที่ตั้งไว้และไฟฟ้าจะมาเข้าที่พัดลมถ้าแรงดันไฟฟ้าสูงถึงที่ตั้งไว้ แรงดันไฟฟ้าที่ตั้งไว้ในโปรแกรม คือ 3 V การทำงานแบบนี้จะเป็นการควบคุมการหมุนของพัดลมไฟฟ้า การทำงานของโปรแกรมจะเร็วหรือช้าทำได้โดยการหน่วงเวลาด้วยคำสั่ง Call delay ดังนั้นคอมพิวเตอร์ก็สามารถควบคุมพัดลมไฟฟ้าโดยใช้อุปกรณ์พีซีที่เป็นหัวใจได้



รูปที่ 6.2.1 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบการประยุกต์อุปกรณ์พีซีซึ่งการคำให้ทำหน้าที่เป็น

อุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน



รูปที่ 6.2.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้า
ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน

Code

'Overtemperature Control with Commercial PTC thermistor

Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer

Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)

Public toggle As Boolean

Private Sub Form_Load()

Left = (Screen.Width - Width) / 2

Top = (Screen.Height - Height) / 2

Timer1.Enabled = False

Out &H14CC, &H90

End Sub

Private Sub Command1_Click()

Timer1.Enabled = True

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()

Picture1.Cls

For i = 20 To 3500 Step 50

```

If Vs < 2 Then
Out &H14C4, &H0
LabelVoltage.Caption = "OFF"      'SW 3-4
Call delay
V0 = Inp(&H14C0)
Vs = (5 / 255) * V0
LabelVs.Caption = Vs
x = i
y = 255 - (255 / 5) * Vs
Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
Else
Beep
End If

```

```

If Vs > 2 Then
Out &H14C4, &H1
LabelVoltage.Caption = "ON"      'SW 3-4
Call delay
V0 = Inp(&H14C0)
Vs = (5 / 255) * V0
LabelVs.Caption = Vs
x = i
y = 255 - (255 / 5) * Vs
Picture1.PSet (x, 10 * y), vbGreen
Else
Beep
End If

```

```
Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```

For i = 1 To 24000      '240s
DoEvents
Label8.Caption = Timer

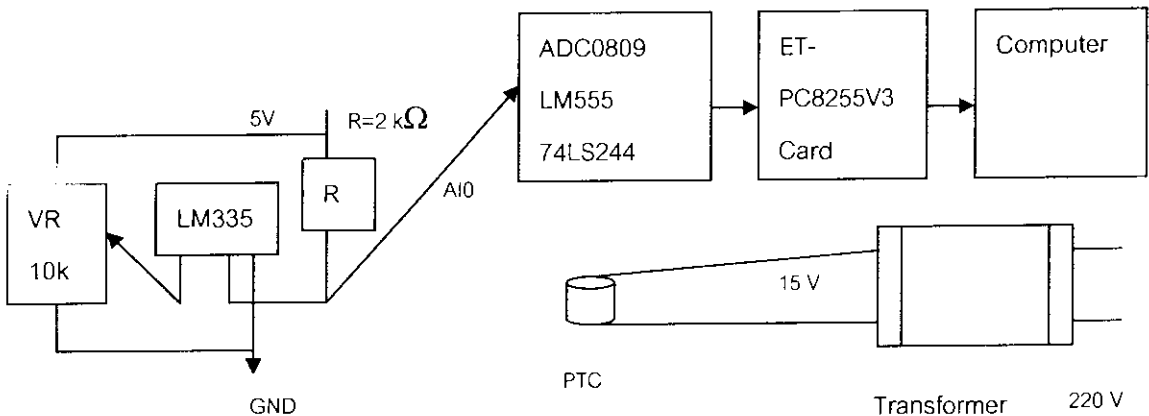
```

```
Next i
```

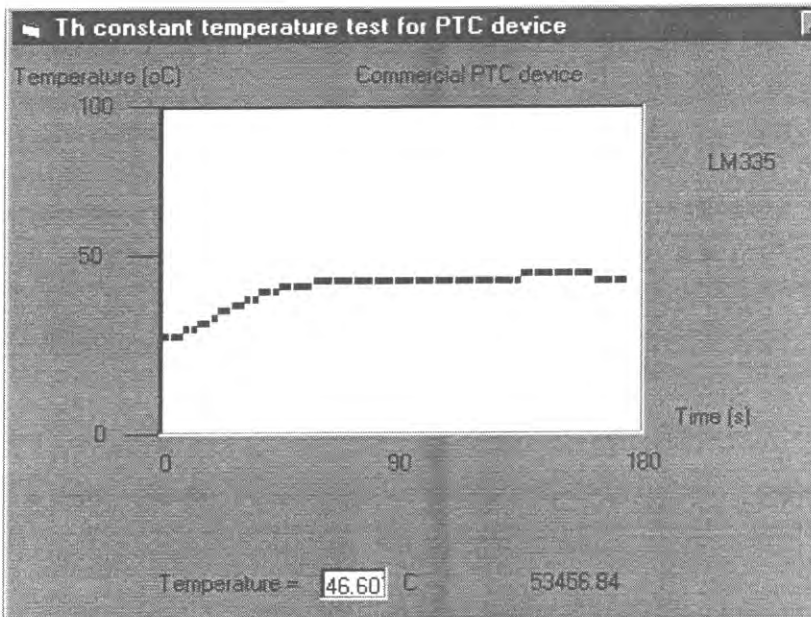
```
End Sub
```

6.3 ประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์อุณหภูมิคงที่

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์อุณหภูมิคงที่ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 6.3.1 สร้าง Form สำหรับการทดสอบอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์อุณหภูมิคงที่ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 6.3.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 15 V จ่ายกระแสไฟฟ้าแก่สารตัวอย่างที่เป็นอุปกรณ์พีทีซี ใช้ LM335 วัดอุณหภูมิของอุปกรณ์นี้โดยการนำไปแตะในขณะวัด LM335 จะแปลงความร้อนเป็นแรงดันไฟฟ้า V แร่งดัน V จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (i0) V จะผ่าน 74LS244 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) ผ่าน ET-PCI8255V3 และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ V = Inp(&H14C0) เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมมิชเชลลิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ แปลง V เป็น V_T ด้วย $V_T = (5 / 255) * V$ คอมพิวเตอร์จะให้แปลงแรงดัน V_T ให้เป็นอุณหภูมิ T โดยใช้สูตร $T = (V_T - 2.73) / (0.01)$ แสดงค่าความต้านทาน (T) บนจอด้วยคำสั่ง LabelT.Caption = T กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 100) * T$ สำหรับแสดงกราฟ T vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue หนึ่งวงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง T vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์กราฟนี้ด้วย Printer



รูปที่ 6.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์อุณหภูมิคงที่ด้วย Visual Basic



รูปที่ 6.3.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบอุปกรณ์พีทีซีเชิงการคำนวณค่าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์อุณหภูมิคงที่ด้วย Visual Basic

Code

'Temperature vs Time measurement of Commercial PTC thermistor for constant temperature Test

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
        V = Inp(&H14C0)
```

```
        VT = (5 / 255) * V
```

```
        T = (VT - 2.73) / (0.01)
```

```
        LabelT.Caption = T
```

```

x = i
y = 255 - (255 / 100) * T
Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
Call delay
Next i
End Sub

Sub delay()
For i = 1 To 21600 '180s
DoEvents
Label8.Caption = Timer
Next i
End Sub

```

6.4 ประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลา

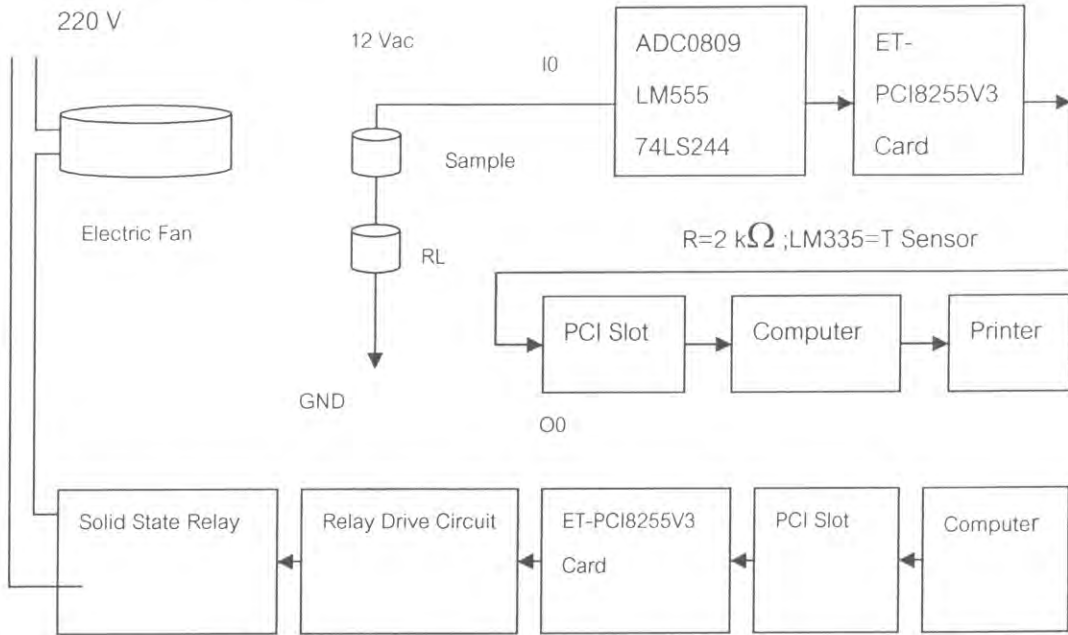
จัดเครื่องมือเพื่อทดสอบการประยุกต์อุปกรณ์พีซีซีเชิงการคำนวณให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลาด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 6.4.1 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์พีซีซีเชิงการคำนวณให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลาด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 6.4.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง กระแสไฟฟ้าจากขั้วไฟฟ้า 5 V ของ ADC0809 ไหลผ่านอุปกรณ์ และโหลด $R_L = 39 \Omega$ มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดนี้เท่ากับ V แรงดัน V จะมาเข้าที่ I_0 (ขา 26) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดัน AV เป็น DV ส่ง ผ่านบัฟเฟอร์ (buffer) 74LS244 ผ่านพอร์ท A ของ ET- PCI8255V3 Card และผ่าน PCI Slot เข้าคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า V_0 ด้วยคำสั่ง $V_0 = \text{Inp}(\&H14C0)$ เปลี่ยน V_0 เป็น V_s ด้วยคำสั่ง $V_s = (5/255) * V_0$ เมื่อ V_0 เป็นแรงดันที่เป็นเลขฐานสองและ V_s เป็นแรงดันที่เป็นเลขฐานสิบ แสดงแรงดัน V_s บนจอด้วยคำสั่ง $\text{LabelVs.Caption} = V_s$ แสดงกราฟของอนุกรม V_s ที่ขึ้นกับเวลา t บนจอด้วยคำสั่ง $\text{Picture1.Pset}(x, 10 * y), \text{vbBlue}$

วงรอบการทำงานมี 2 กรณี ดังนี้

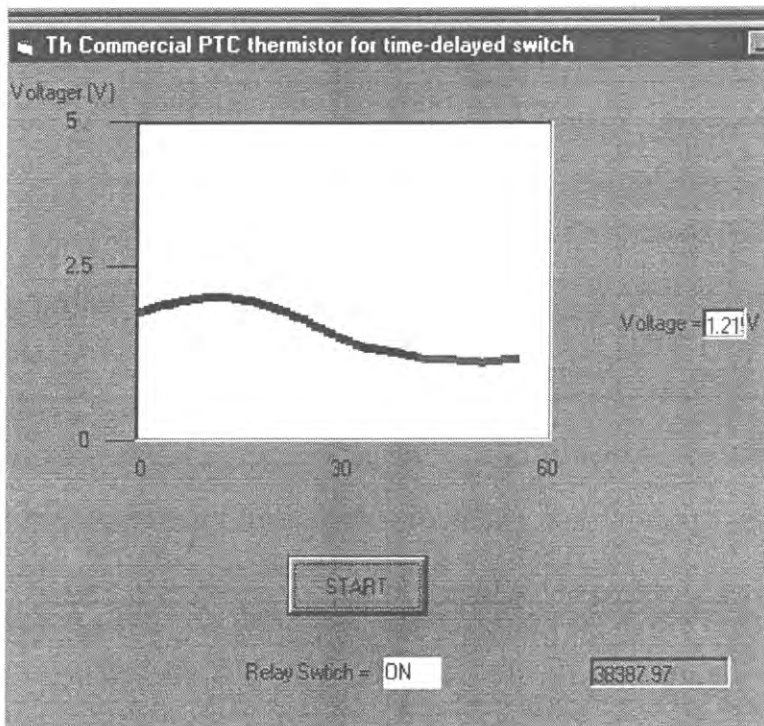
- 1) วงรอบการทำงานกรณีที่ $V_s > 1.25 \text{ V}$ จะมีการส่ง 0 ออกทางพอร์ท B ของ 8255 ด้วยคำสั่ง $\text{Out } \&H14C4, \&H1$ เพื่อให้แรงดันไฟฟ้า 0 V มาเข้าที่วงจรขั้วรีเลย์เพื่อควบคุมการปิดสวิตช์ รีเลย์ไม่มีอำนาจแม่เหล็ก สวิตช์ขั้ว 3 ไม่ต่อกับขั้ว 4 สวิตช์ขั้ว 3 และ 4 จะควบคุมการตัดแรงดันไฟฟ้าที่เข้าที่อินพุทของซิลิคอสเตทรีเลย์ เอาท์พุทของซิลิคอสเตทรีเลย์จะควบคุมไม่ให้ไฟฟ้า 220 V มาเข้าที่พัดลมไฟฟ้า พัดลมไม่หมุน
- 2) วงรอบการทำงานกรณีที่ $V_s < 1.25 \text{ V}$ จะมีการส่ง 1 ออกทางพอร์ท B ของ 8255 ด้วยคำสั่ง $\text{Out } \&H14C4, \&H1$ เพื่อให้แรงดันไฟฟ้า 5 V มาเข้าที่วงจรขั้วรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดสวิตช์ รีเลย์มีอำนาจแม่เหล็ก ดึงดูดให้สวิตช์ขั้ว 3 ต่อกับขั้ว 4 สวิตช์ขั้ว 3 และ 4 จะควบคุมการให้แรงดันไฟฟ้าที่เข้าที่อินพุทของซิลิคอสเตทรีเลย์ เอาท์พุทของซิลิคอสเตทรีเลย์จะควบคุมให้ไฟฟ้า 220 V มาเข้าที่พัดลมไฟฟ้า พัดลมจะหมุน

การทำงานของโปรแกรมจะวนซ้ำไปมาด้วยคำสั่ง $\text{For} \dots \text{Next}$ ซึ่งจะทำงานโดยการให้ไฟฟ้ามาเข้าที่พัดลมไฟฟ้าถ้าแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าที่ตั้งไว้และจะไฟฟ้าไม่ให้นำเข้าที่พัดลมถ้าแรงดันไฟฟ้าสูงถึงที่ตั้งไว้ แรงดันไฟฟ้า

ที่ตั้งไว้ในโปรแกรม คือ 1.25 V การทำงานแบบนี้จะเป็นควบคุมพัลลัมไฟฟ้า การทำงานของโปรแกรมจะเร็วหรือช้าทำได้โดยการหนดเวลาด้วยคำสั่ง Call delay ดังนั้นคอมพิวเตอร์ก็สามารถควบคุมการหมุนของพัลลัมโดยใช้อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำเป็นหัววัดได้



รูปที่ 6.5.1 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำเป็นให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตซ์หน่วงเวลาด้วย Visual Basic



รูปที่ 6.5.2 Form และภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำเป็นให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตซ์หน่วงเวลาด้วย Visual Basic

Code

'Commercial PTC thermistor for delayed time switch

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Public toggle As Boolean
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Timer1.Enabled = False
```

```
    Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
    Timer1.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    Dim T As Long
```

```
    For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
        If Vs > 1.25 Then
```

```
            Out &H14C4, &H0
```

```
            LabelVoltage.Caption = "OFF"
```

```
            Call delay
```

```
            V0 = Inp(&H14C0)
```

```
            Vs = (5 / 255) * V0
```

```
            x = i
```

```
            y = 255 - (255 / 5) * Vs
```

```
            Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
```

```
            LabelV.Caption = Vs
```

```
        Else
```

```
            Beep
```

```
        End If
```



```

If Vs < 1.25 Then
  Out &H14C4, &H1
  LabelVoltage.Caption = "ON"

  Call delay
  V0 = Inp(&H14C0)
  Vs = (5 / 255) * V0
  x = i
  y = 255 - (255 / 5) * Vs
  Picture1.PSet (x, 10 * y), vbGreen
  LabelV.Caption = Vs
Else
  Beep
End If

```

```
Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```

  For i = 1 To 6000 '60s
    DoEvents
    Label8.Caption = Timer
  
```

```
Next i
```

```
End Sub
```

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอุณหภูมิพีทีซี

ผลการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบพีทีซี PTC ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 6.1.2 ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์พีทีซี จากสูตร $\alpha = (1/R)(dR/dT)$, $\alpha = (1/R_1)(R_2 - R_1)/(T_2 - T_1) \times 100$ มีค่า $\alpha = (1/300)(700 - 300)/(95 - 87) = 16.665 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$ ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นบวก (α) ที่คำนวณได้มีค่า 16.665 $\text{\%/}^{\circ}\text{C}$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า α ของเทอร์มิสเตอร์พีทีซี จากรายงานของ Moulson พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงของ 10 ถึง 100 $\text{\%/}^{\circ}\text{C}$ (25-100 $^{\circ}\text{C}$) (Moulson, 1990) ผลการเปรียบเทียบพบว่าเทอร์มิสเตอร์พีทีซีเชิงการค้าที่ใช้ทดลอง มีลักษณะเป็นเซรามิกส์พีทีซีซึ่งเหมาะสำหรับทำเป็นหัววัดอุณหภูมิและอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน

2) อุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน

--- การประยุกต์ใช้งานของสารให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดป้องกันอุณหภูมิเกิน

ผลการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกินแสดงดังรูปที่ 6.2.2

สวิตช์ของรีเลย์จะเปลี่ยนแปลงแบบเปิดปิด การเปิดปิดของรีเลย์จะไปควบคุมการทำงานของเตาอบ การทดลองครั้งนี้ได้แสดงการควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไม่ให้เกิน 95 °C

3) อุปกรณ์อุณหภูมิคงที่

ผลการทดสอบอุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์อุณหภูมิคงที่ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 6.3.2 เมื่อพิจารณาเส้นกราฟพบว่าความสารจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในตอนแรก หลังจากนั้นอุณหภูมิจะคงที่ การทดลองในครั้งนี้ได้แสดงการควบคุมอุณหภูมิคงที่ที่ 46.60 °C การทำงานของอุปกรณ์จะเป็นไปตามปรากฏการณ์พีทีซี นั่นก็คือ ความต้านทานของอุปกรณ์จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้านทานของอุปกรณ์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้านทานของอุปกรณ์เพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอุปกรณ์ลดลง อุปกรณ์จะเย็นลง เมื่ออุปกรณ์เย็นลง ความต้านทานของอุปกรณ์จะลดลง กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอุปกรณ์ลดลง การทำงานในลักษณะแบบนี้จะเป็นสาเหตุที่อุปกรณ์สามารถทำงานเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่

4) อุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลา

ผลการประยุกต์อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลาด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 6.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง คือ อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำ ความต้านทานของอุปกรณ์ที่อุณหภูมิห้องมีค่า 311.1 Ω เมื่อพิจารณาพบว่าอุปกรณ์สามารถทำหน้าที่เป็นสวิตช์หน่วงเวลาได้โดยมีเวลาหน่วง 40 วินาที

สรุปผลการทดลอง

- 1) อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำแสดงสมบัติพีทีซีซึ่งมีสัมประสิทธิ์ของความต้านทานเป็นบวกเท่ากับ 16.665 %/°C
- 2) อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกินได้
- 3) อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์อุณหภูมิคงที่
- 4) อุปกรณ์พีทีซีเชิงการค้ำสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลา
- 5) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย Visual Basic และ ET-PCI8255V3 Card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Buchanan Relva, C., 1991., Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Chih-Kuo Liang, 2005, Evaluation of a novel PTC thermistor for telecom overcurrent protection, 121(2): 443-449.
- Hornng-Yi Chang. 1995. Electrical characteristics of $(\text{Sr}_{0.2}\text{Ba}_{0.8})\text{TiO}_3$ positive temperature coefficient of resistivity materials prepared by microwave sintering. J. Appl. Phys., 78 (1), 423-427.
- Masalu Miyayama., 1992. Infrared sensing properties of positive temperature coefficient thermistors with large temperature coefficient of resistivity. J. Mater. Sci., 27, 127-132.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.

- Padmini, P. 1994. Influence of Bi^{3+} ions in enhancing the magnitude of positive temperature coefficients of resistance in n- BaTiO_3 ceramics. *J. Mater. Sci. : Mater. In Elect.*, 5, 203-209.
- Shibagaki, S., 1997. Calcium-doping effect on temperature coefficients of dielectric constants in SrTiO_3 capacitors. *J. Mater. Sci.*, 32, 1449-1453.
- Wang, D. J. 1997. Preparation and electrical properties of semiconducting strontium-lead titanate PTCR ceramics. *J. Mater. Sci. : Mater. In Elect.*, 8, 271-276.

7. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริกเป็นอุปกรณ์เก็บและคายประจุไฟฟ้า อุปกรณ์การกรองแรงดันไฟฟ้า อุปกรณ์คอปปลิ่ง อุปกรณ์เลือกความถี่และอุปกรณ์เฟอร์โรอีลาสติก

Application of ferroelectric ceramics for the operation of charge and discharge device, high pass filter, coupling device, frequency selection device and ferroelastic device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัสดุสมบัติเชิงพีลิกส์และไดอิเล็กตริก การประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244) , การ์ด ET-PCDIO, การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิชาลเบสิก การที่ตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการคำนวณขนาด $0.1 \mu\text{F}$ แสดงการเก็บและคายประจุไฟฟ้าแสดงว่าตัวเก็บประจุไฟฟ้ามีลักษณะเป็นไดอิเล็กตริกหรือเฟอร์โรอิเล็กตริก สาร $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่สูงผ่านได้ในย่านความถี่ 1.3 kHz ถึง 67.2 kHz สาร $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์คอปปลิ่งที่ความถี่ 11.8 kHz ได้ สารตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอุปกรณ์เลือกความถี่ คือ $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ และบัลลัสต์ สาร $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ แสดงการกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน บัลลัสต์แสดงการกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่าน ดังนั้นวัสดุทั้งสองทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ เมื่อหมุนไมโครมิเตอร์ให้ขดลวดในช่วงหนึ่งเพื่อให้เกิดแรงกดอัดสาร ZnO พบว่าความต้านทานไฟฟ้า (R) เกิดการเปลี่ยนแปลงจาก $300 \text{ k}\Omega$ ไปเป็น $38 \text{ k}\Omega$ ซึ่งเป็นผลของการเกิดปรากฏการณ์เฟอร์โรอีลาสติก คำสำคัญ : อุปกรณ์เก็บและคายประจุไฟฟ้า อุปกรณ์การกรองแรงดันไฟฟ้า อุปกรณ์คอปปลิ่ง อุปกรณ์เลือกความถี่ อุปกรณ์เฟอร์โรอีลาสติก วิชาลเบสิก

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCDIO Card, ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. The commercial capacitor of $0.1 \mu\text{F}$ showed charge and discharge and this capacitor was a dielectrics or ferroelectrics. The $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ sample can be used as high pass filter in the frequency range of 1.3 kHz- 67.2 kHz. The $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ sample can be used as coupling device at frequency of kHz. Samples used for frequency selection experimentation were $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ and ballast. $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ showed high pass filtering. Ballast showed low pass filtering. So, both samples can be used as frequency selection device. When

micrometer was moved to press ZnO pellet, found that sample resistance (R) changed from 300 k Ω to 38 k Ω due to ferroelastic effect.

Keyword : charge and discharge device, high pass filter, coupling device, frequency selection device , ferroelastic device , Visual Basic

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหาหน้า

J. L. Zhang (1992) ได้เตรียม Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ ทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้า Liqin Zhou (1992) ได้เตรียมตัวเก็บประจุแบบหลายชั้น Sr_{0.7}Ba_{0.3}TiO₃ แล้ววัดสภาพต้านทานไฟฟ้า ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและตัวประกอบการสูญเสียที่สัมพันธ์กับความถี่ Shail Upadhyay (1997) ได้เตรียม BaSnO₃ วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ความถี่และอุณหภูมิต่างๆสำหรับนำไปใช้ทำอุปกรณ์ไดอิเล็กตริก (dielectric device) มีผู้เตรียมสาร ZnNb₂O₆ จากส่วนผสมของ ZnO+Nb₂O₅ แล้ววัดสมบัติเชิงไฟฟ้าย่านไมโครเวฟ เช่น ϵ_r และ Q และประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ไมโครเวฟ (microwave device) (Ying Chun Zhang, 2003) มีผู้เตรียมสาร (Ba_{1-x}Sr_x)TiO₃ (BST75) เมื่อ x=0.75 วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกได้ $\epsilon_r=3.43$ และตัวประกอบการสูญเสียได้ $\tan\delta=0.08\%$ (1 kHz) และ 0.18% (1 GHz) แล้วนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ไมโครเวฟ (microwave device) (Alexandru, H. V., 2004) BaTiO₃ เป็นวัสดุเฟอร์โรอิเล็กตริกที่มีโครงสร้างแบบเพอโรฟสไกต์แสดงไฟฟ้าเฟอร์โรและสมบัติไดอิเล็กตริกจะเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ (Benlahrache, M. T., 2006) BaTiO₃ เป็นวัสดุเฟอร์โรอิเล็กตริกที่มีโครงสร้างแบบเพอโรฟสไกต์แสดงสมบัติไดอิเล็กตริกจะเป็นฟังก์ชันกับความถี่ (Benlahrache, M. T., 2006)

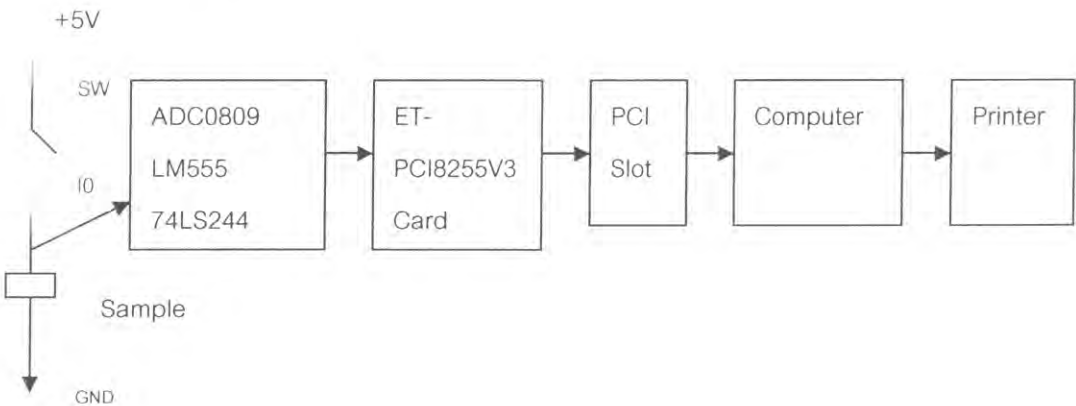
บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เก็บและคายประจุไฟฟ้า อุปกรณ์การกรองแรงดันไฟฟ้า อุปกรณ์การเลื่อนเฟส อุปกรณ์เลือกความถี่และอุปกรณ์เฟอร์โรอีลาสติก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

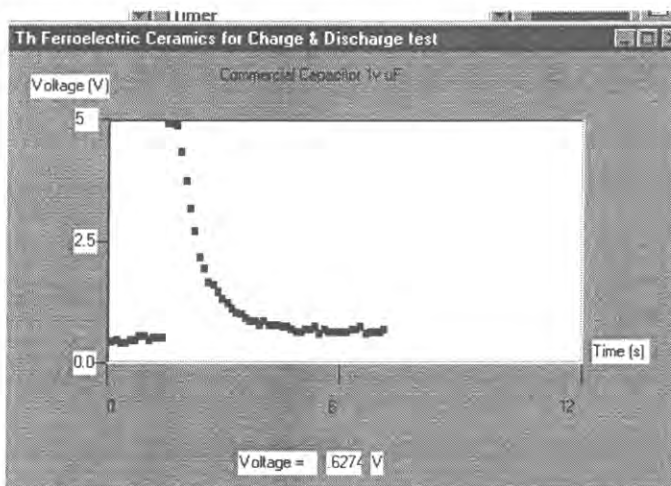
7.1 การทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้า

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการค้ำด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.1.1 Form สำหรับการทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการค้ำด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.1.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการค้ำขนาด 1 μF กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านสวิตช์ SW และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s เกิดการเก็บประจุไฟฟ้า (สวิตช์เปิด) มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเท่ากับ V_s หรือ V_{bin} และจะมาเข้าไปที่ analog input 0 (I0) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) V_{bin} จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ V_{bin}=Inp(&H14C0) เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปใน

คอมพิวเตอร์ inport32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ แปลง V_{bin} ไปเป็น V_{dec} ด้วยคำสั่ง $V_{dec} = (5 / 255) * V_{bin}$ แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (V_{dec}) บนจอด้วยคำสั่ง Label7.Caption = V_{dec} แปลง V_{bin} ไปเป็น V_{pic} ด้วยคำสั่ง $V_{pic} = (255 - V_{bin})$ กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 10 * V_{pic}$ สำหรับแสดงกราฟ V vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (i, $10 * V_{pic}$), vbBlue หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง R vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ กดสวิทช์แล้วปล่อย ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 7.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการค้ำด้วย Visual Basic



รูปที่ 7.1.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการค้ำ (0.1 μ F) ด้วย Visual Basic

Code

'Voltage vs Time Graph of FE Ceramics for Charge c& Discharge Test

```

Private Declare Function Inp Lib "inport32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inport32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
    
```

```

Private Sub Form_Load()
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
    Out &H14CC, &H90
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    Picture1.Cls
    For i = 20 To 3500 Step 50
        Vbin = Inp(&H14C0)

        Vdec = (5 / 255) * Vbin
        Vpic = (255 - Vbin)
        Picture1.PSet (i, (10 * Vpic)), vbBlue
        Label7.Caption = Vdec
        Call delay
    Next i
End Sub

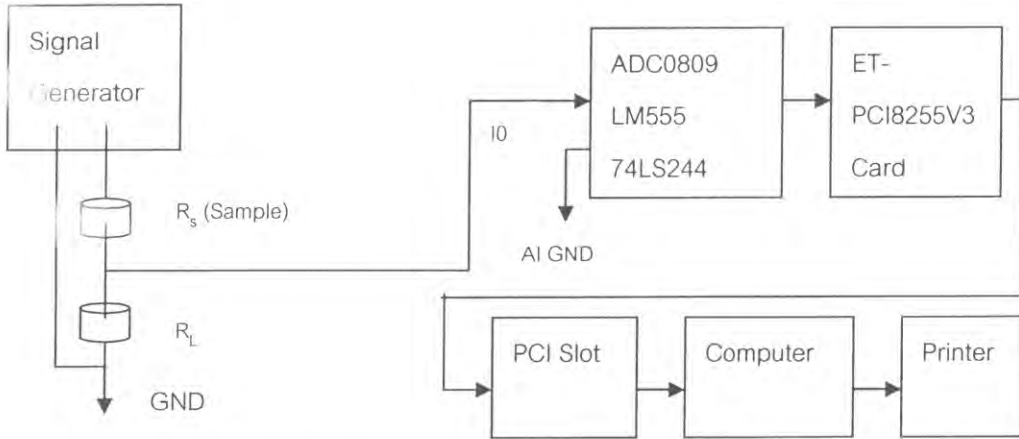
Sub delay()
    For i = 1 To 5000 '6 s
        DoEvents
    Next i
End Sub

```

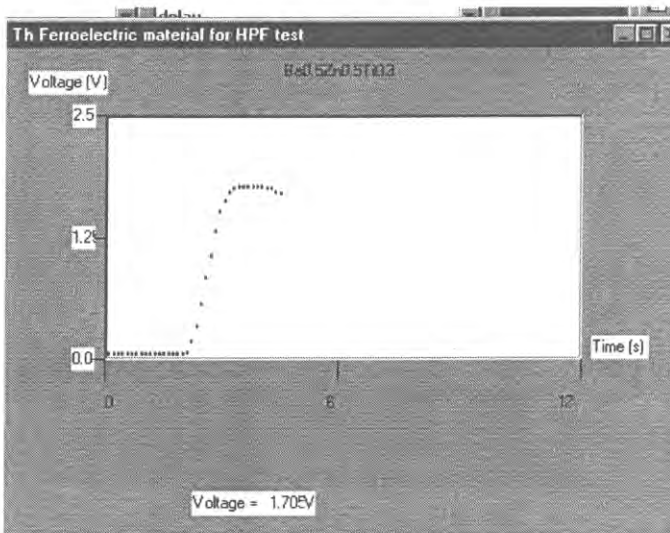
7.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้า

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร $Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูง ผ่านด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.2.1 สร้าง Form สำหรับทดสอบสาร $Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO_3$ ให้ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.2.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหล ผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 1 M Ω และสารตัวอย่าง ($Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO_3$) ที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตก คร่อม R_s มีค่า V_s และจะเข้าไปที่ ส่งแรงดันไฟฟ้าจากสาร (V_{bin}) ไปเข้าที่ analog input 0 (I0) ของ ADC0809 เพื่อ แปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) V_{bin} จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PC18255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_{bin} = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อ เข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ ได้ แปลง V_{bin} ไปเป็น V_{dec} ด้วยคำสั่ง $V_{dec} = (5 / 255) * V_{bin}$ แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (V_{dec}) บนจอด้วยคำสั่ง

Label7.Caption = V_{dec} แปลง V_{bin} ไปเป็น V_{pic} ด้วยคำสั่ง $V_{pic} = (255 - V_{bin})$ กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 10 * V_{pic}$ สำหรับแสดงกราฟ V vs. t บนจอด้วยคำสั่ง `Picture1.PSet (i, 10 * Vpic), vbBlue` หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง `Call Delay` คำสั่ง `For...Next Loop` จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง `Run` โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ แล้วเพิ่มความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าในช่วงหนึ่ง ใช้คำสั่ง `Print Screen` เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 7.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร $Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย Visual Basic



รูปที่ 7.2.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับทดสอบสาร $Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย Visual Basic

Code

'Voltage vs Time Graph of Ferroelectric material for HPF Test

Private Declare Function Inp Lib "inport32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer


```
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
        Vbin = Inp(&H14C0)
```

```
        Vdec = (5 / 255) * Vbin
```

```
        Vpic = (255 - Vbin * 2)
```

```
        Picture1.PSet (i, (10 * Vpic)), vbBlue
```

```
        Label7.Caption = Vdec
```

```
        Call delay
```

```
    Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
    For i = 1 To 10000 '12 s
```

```
        DoEvents
```

```
    Next i
```

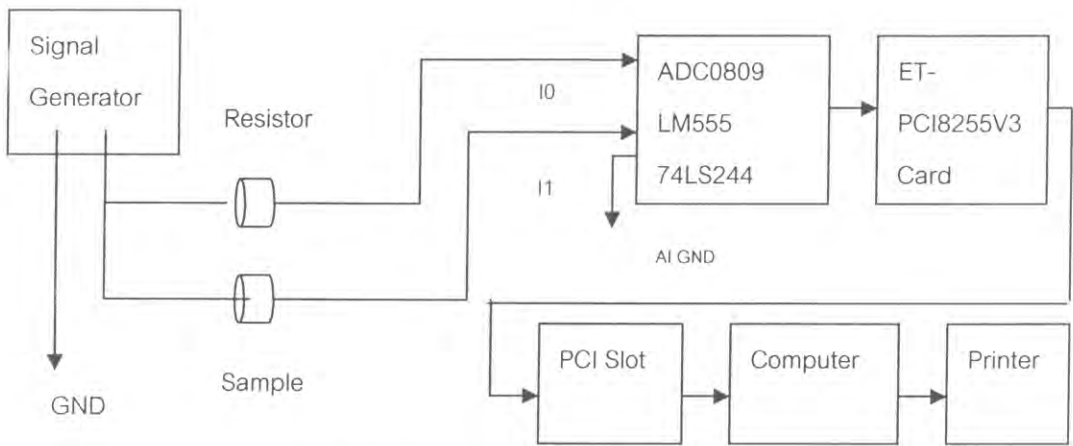
```
End Sub
```

7.3 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์คอปปลิ่ง

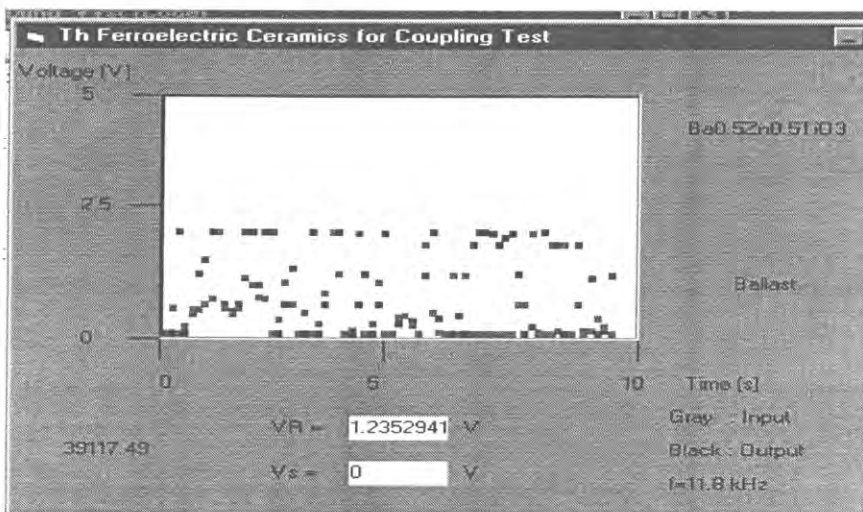
การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์คอปปลิ่งของสาร $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.3.1 Form สำหรับทดสอบอุปกรณ์คอปปลิ่งของสาร $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.3.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่าง คือ สาร $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าอินพุต V_0 และแรงดันเอาท์พุท V_1 จะเข้าไปที่ input 0 (I0) และ input 1 (I1) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) V_0 และ V_1 จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_0 = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ

Output ได้ แปลง V_0 เป็น V_R ด้วยคำสั่ง $V_R = (5 / 255) * V_0$ แสดงแรงดันไฟฟ้า (V_R) บนจอสำหรับอินพุตด้วยคำสั่ง LabelVR.Caption = V_R $V_1 = \ln p(\&H14C0)$ แปลง V_1 เป็น V_S ด้วยคำสั่ง $V_S = (5 / 255) * V_1$ แสดงแรงดันไฟฟ้า (V_S) บนจอสำหรับอินพุตด้วยคำสั่ง LabelVs.Caption = V_S กำหนดพิกัด $x_0 = i$ และ $y_0 = 255 - V_0$ สำหรับแสดงกราฟ V_0 vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet ($x_0, 10 * y_0$), vbBlue กำหนดพิกัด $x_1 = i$ และ $y_1 = 255 - V_1$ สำหรับแสดงกราฟ V_1 vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet ($x_1, 10 * y_1$), vbGreen

ช่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V_0 vs. t และ V_1 vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ แล้วปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าที่ค่าหนึ่ง ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working space ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 7.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์คอปปลิงของสาร $Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO_3$ ด้วย Visual Basic



รูปที่ 7.3.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับทดสอบอุปกรณ์คอปปลิงของสาร $Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO_3$ ด้วย Visual Basic

Code

'Capacitor coupling Test for Ferroelectric Ceramics

```

Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)

Private Sub Form_Load()
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
    Out &H14CC, &H90
End Sub

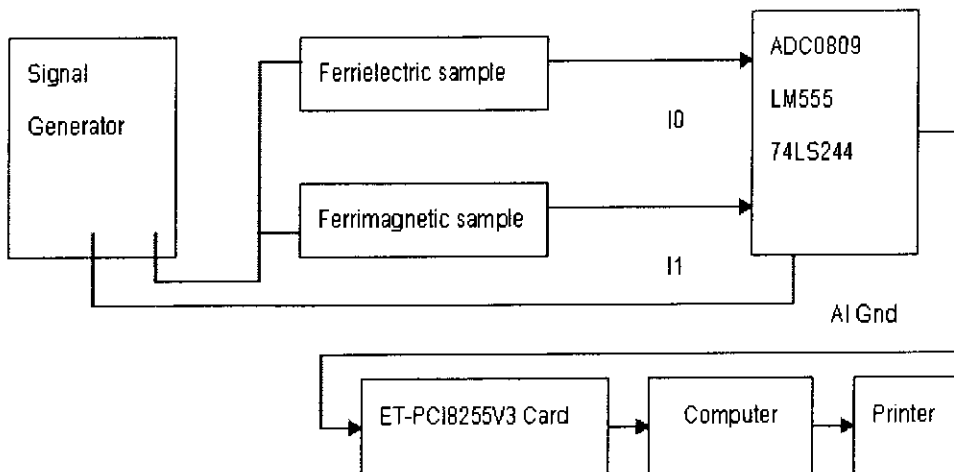
Private Sub Timer1_Timer()
    Picture1.Cls
    For i = 20 To 3500 Step 50
        Out &H14C4, &H0 'lo
        Call delay
        V0 = Inp(&H14C0)
        VR = (5 / 255) * V0 'V
        LabelVR.Caption = VR
        Out &H14C4, &H1 'l1
        Call delay
        V1 = Inp(&H14C0)
        Vs = (5 / 255) * V1
        LabelVs.Caption = Vs
        x0 = i
        y0 = 255 - V0
        X1 = i
        Y1 = 255 - V1
        Picture1.PSet (x0, 10 * y0), vbBlue
        Picture1.PSet (X1, 10 * Y1), vbGreen
    Next i
End Sub

Sub delay()
    For j = 1 To 700 '10 s
        DoEvents
        Label8.Caption = Timer
    Next j
End Sub

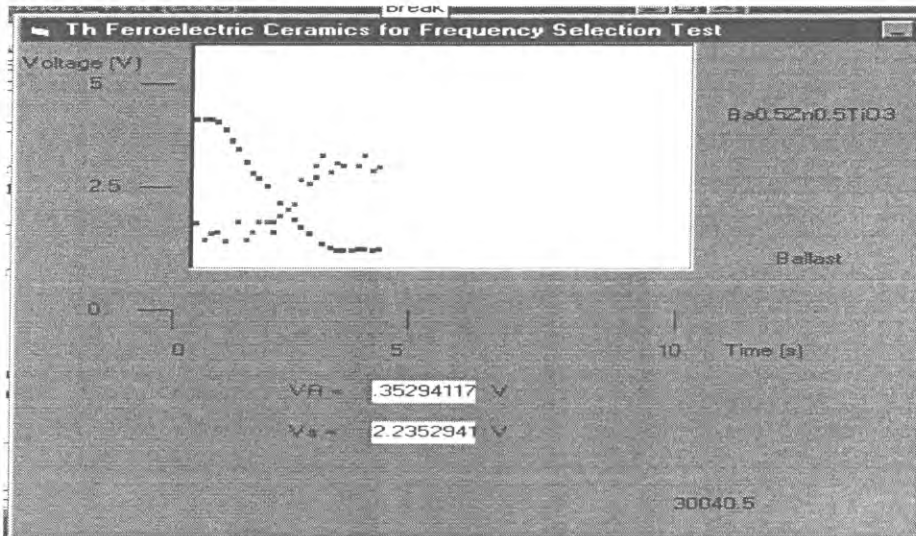
```

7.4 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร $Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO_3$ และ บัลลาสต์ (ballast) ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.4.1 สร้าง Form สำหรับการทดสอบสาร $Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO_3$ และ บัลลาสต์ (ballast) ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.4.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง แรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจะมาถึง บัลลาสต์ (ballast) ที่มีความต้านทาน R_L และสารตัวอย่าง $Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO_3$ ที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าอินพุต V_0 และแรงดันเอาต์พุต V_1 จะเข้าไปที่ input 0 (I0) และ input 1 (I1) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) V_0 และ V_1 จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_0 = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inport32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซัลเบสิกทำตามคำสั่ง Input และ Output ได้ แปลง V_0 เป็น V_R ด้วยคำสั่ง $V_R = (5 / 255) * V_0$ แสดงแรงดันไฟฟ้า (V_R) บนจอสำหรับอินพุตด้วยคำสั่ง LabelVR.Caption = V_R $V_1 = \text{Inp}(\&H14C0)$ แปลง V_1 เป็น V_s ด้วยคำสั่ง $V_s = (5 / 255) * V_1$ แสดงแรงดันไฟฟ้า (V_s) บนจอสำหรับอินพุตด้วยคำสั่ง LabelVs.Caption = V_s กำหนดพิกัด $x_0 = i$ และ $y_0 = 255 - V_0$ สำหรับแสดงกราฟ V_0 vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x_0 , $10 * y_0$), vbBlue กำหนดพิกัด $x_1 = i$ และ $y_1 = 255 - V_1$ สำหรับแสดงกราฟ V_1 vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x_1 , $10 * y_1$), vbGreen หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V_R vs. t และ V_s vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ ปลดปล่อยแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเข้าไป ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 7.4.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร $Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO_3$ และ บัลลาสต์ (ballast) ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ด้วย Visual Basic



รูปที่ 7.4.2 Form และภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบสาร $Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO_3$ และ บัลลาสต์
ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ด้วย Visual Basic

Code

'Frequency Selection Test for Ferroelectric Ceramics

Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer

Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)

Private Sub Form_Load()

Left = (Screen.Width - Width) / 2

Top = (Screen.Height - Height) / 2

Out &H14CC, &H90

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()

Picture1.Cls

For i = 20 To 3500 Step 50

Out &H14C4, &H0 'lo

Call delay

V0 = Inp(&H14C0)

VR = (5 / 255) * V0 'V

LabelIVR.Caption = VR

Out &H14C4, &H1 'l1

Call delay

V1 = Inp(&H14C0)

```

Vs = (5 / 255) * V1
LabelVs.Caption = Vs
x0 = i
y0 = 255 - V0
X1 = i
Y1 = 255 - V1
Picture1.PSet (x0, 10 * y0), vbBlue
Picture1.PSet (X1, 10 * Y1), vbGreen

```

```
Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```

For j = 1 To 700      '10 s
    DoEvents
    Label8.Caption = Timer
Next j

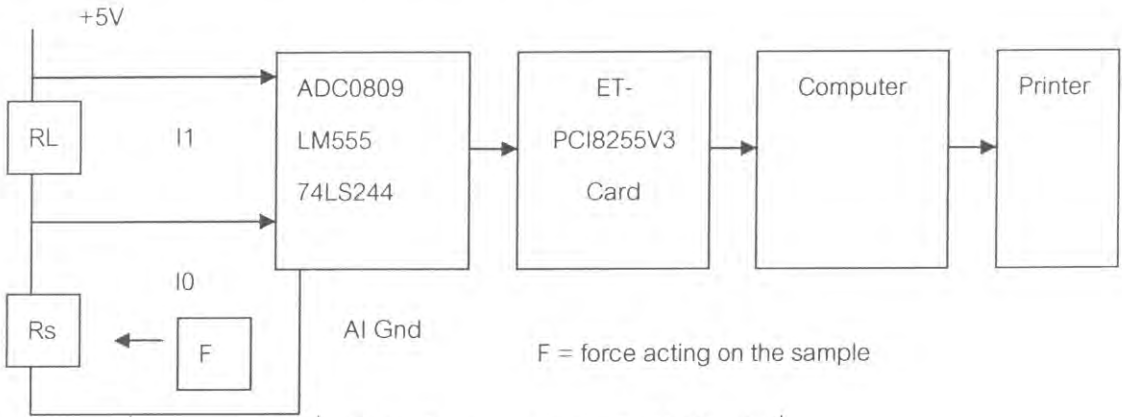
```

```
End Sub
```

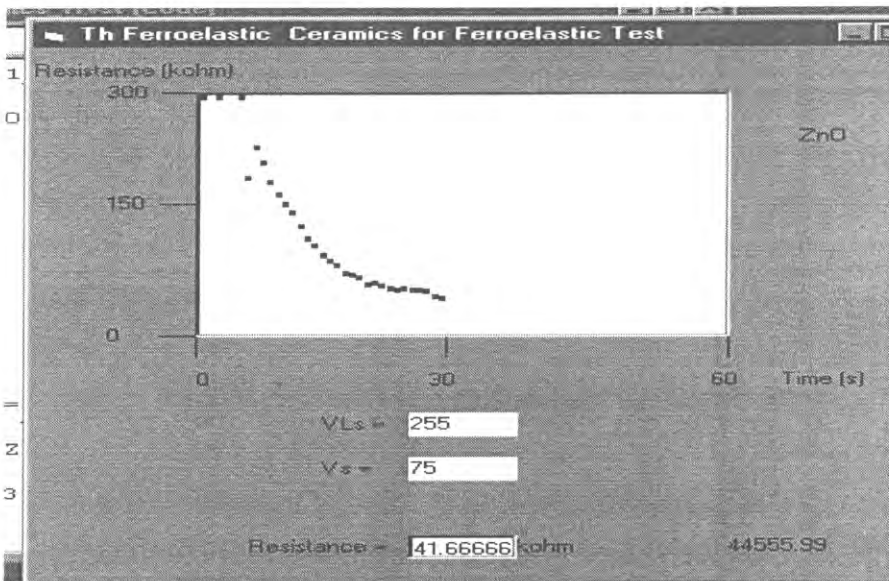
7.5 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร ZnO ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.5.1 สร้าง Form สำหรับการทดสอบสาร ZnO ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.5.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารที่ใช้ทดลอง คือ ZnO กระแสไฟฟ้าจากขั้ว +5 V ของ DC Power Supply ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 1 M Ω และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 0 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_{L_s} และ V_{L_s} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (I0) และ analog input 1 (I1) ของ ADC0809 ตามลำดับ เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) V_s และ V_{L_s} จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_s = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซัลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ คอมพิวเตอร์จะคำนวณ $V_L = V_{L_s} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ ให้กระแสไฟฟ้าสาร (I_s) = I_L คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ แสดงค่าความต้านทาน (R) บนจอด้วยคำสั่ง LabelR.Caption = R กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 300) * R$ สำหรับแสดงกราฟ R vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbGreen หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง R vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ หมุนไมโครมิเตอร์เพื่อให้เกิดแรงกดอัดสาร ความต้านทานไฟฟ้า (R_s) เกิดการเปลี่ยนแปลงในขณะที่สารได้รับแรงกดอัดซึ่งเป็นผลของการเกิดปรากฏการณ์

อิเล็กทรอนิกส์ของอิเล็กทรอนิกส์เซรามิกส์ ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 7.5.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร ZnO ให้ทำหน้าที่ เป็นอุปกรณ์สาธิตอิเล็กทรอนิกส์ด้วย Visual Basic



รูปที่ 7.5.2 Form และภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบสาร ZnO ให้ทำหน้าที่ เป็นอุปกรณ์สาธิตอิเล็กทรอนิกส์ด้วย Visual Basic

Code

'Electroelastic Test for Electroelastic Ceramics

Private Declare Function Inp Lib "inport32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer

Private Declare Sub Out Lib "inport32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)

Private Sub Form_Load()

Left = (Screen.Width - Width) / 2

Top = (Screen.Height - Height) / 2

Out &H14CC, &H90

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()

Picture1.Cls

For i = 20 To 3500 Step 50

Out &H14C4, &H0 'lo

Call delay

Vs = Inp(&H14C0)

Out &H14C4, &H1 'l1

Call delay

VLs = Inp(&H14C0)

VL = VLs - Vs

RL = 100 'kohm

IL = VL / RL 'mA

R = (Vs / IL) 'kohm

LabelVLs.Caption = VLs

LabelVs.Caption = Vs

LabelR.Caption = R

x = i

y = 255 - (255 / 300) * (i)

Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue

Next i

End Sub

Sub delay()

For j = 1 To 4200 '60 s

DoEvents

Label8.Caption = Timer

Next j

End Sub

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์การเก็บและคายประจุไฟฟ้า

ผลการทดลองการทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้าด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.1.2 ถ้าปล่อยกระแสไฟฟ้าที่มีแรงดัน 5 V ให้ไหลผ่านตัวเก็บประจุไฟฟ้าเชิงการค้ำขนาด $0.1 \mu\text{F}$ เมื่อเปิดสวิตช์กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเก็บประจุไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าก็จะเก็บอยู่ในตัวเก็บประจุไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้นตามเวลา ($0.45 \text{ V} - 5 \text{ V}$) แต่พอปิดสวิตช์ไม่ไห้กระแสไหลผ่านตัวเก็บประจุไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าที่อยู่ในตัวเก็บประจุไฟฟ้าก็จะคายออกมา แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลงตามเวลา ($5 \text{ V} - 0.5 \text{ V}$) ตัวเก็บประจุไฟฟ้าจะเก็บและคายประจุได้เร็วเนื่องจากมีความจุไฟฟ้าต่ำ การที่สารแสดงการเก็บและคายประจุไฟฟ้าแสดงว่าตัวเก็บประจุไฟฟ้ามีลักษณะเป็นไดอิเล็กตริกหรือเฟอร์โรอิเล็กตริกซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้า

2) อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน

ผลการทดลองการทดสอบประยุกต์สาร $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.2.2 ถ้านำสารไปอยู่ในวงจรไฟฟ้าเมื่อปรับความถี่ของแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 1.3 KHz ถึง 67.2 KHz พบว่าอิมพีแดนซ์ของสารลดลง กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 0.1 V ถึง 1.37 V สารยอมให้แรงดันไฟฟ้าในย่านความถี่สูงผ่านไปได้ดี สารทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านได้ การที่อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าลดลงในขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้นแสดงว่าสารแสดงสมบัติที่ขึ้นกับความถี่ จึงสามารถนำไปประยุกต์เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน (HPF) อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านเป็นอุปกรณ์ที่ยอมให้แรงดันไฟฟ้าในย่านความถี่ต่ำผ่านได้ไม่ดี แต่จะยอมให้แรงดันไฟฟ้าในย่านความถี่สูงผ่านได้ดี อุปกรณ์ชนิดนี้สามารถนำไปแยกสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ต่างกัน 2 ย่านออกจากกัน เช่น การแยกสัญญาณเสียงกับภาพออกจากกันในโทรทัศน์ คือสัญญาณเสียงไปที่ลำโพงและสัญญาณภาพไปที่จอโทรทัศน์

3) อุปกรณ์คอปปลิ่ง

ผลการประยุกต์เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์คอปปลิ่งของสาร $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.3.2 จากรูปจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ผ่านสาร $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ ได้ดี แสดงว่าสารทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์คอปปลิ่ง การที่แรงดันไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสารได้ที่ความถี่ 11.8 KHz ก็เพราะว่าความถี่ของแรงดันไฟฟ้าทำให้ความต้านทานความจุ (X_C) ลดลง อิมพีแดนซ์ของสารมีค่า $z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ มีค่าลดลง แรงดันไฟฟ้าจึงเคลื่อนที่ผ่านสารนี้ได้ ดังนั้นสารจึงทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์คอปปลิ่ง

4) อุปกรณ์เลือกความถี่

ผลการทดสอบสาร $\text{Ba}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{TiO}_3$ และ บัลลาสต์ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.4.2 สารเฟอร์โรอิเล็กตริกทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์การกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน (high pass filter) บัลลาสต์ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์การกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่าน (low pass filter) เมื่อพิจารณากราฟของ V vs. t ทางด้านความถี่สูงและทางด้านความถี่ต่ำพบว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้ของสารไฟฟ้าและสารแม่เหล็กให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แยกความถี่ของแรงดันไฟฟ้าสำหรับลำโพงเสียงแหลมและลำโพงเสียงทุ้ม ดังนั้นสารที่ทดลองสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ของแรงดันไฟฟ้าได้

5) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ผลการทดสอบสาร ZnO ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.5.2 เมื่อหมุนไมโครมิเตอร์ให้ขีดเลื่อนในช่วงหนึ่งเพื่อให้เกิดแรงกดอัดสาร พบว่าความต้านทานไฟฟ้า (R) เกิด

การเปลี่ยนแปลงจาก 300 k Ω ไปเป็น 38 k Ω ซึ่งเป็นผลของการเกิดปรากฏการณ์เฟอร์โรอิเล็กทริกของ เฟอร์โรอิเล็กทริกของเซรามิกส์ ถ้าแรงกดอัดสารมากขึ้น ความต้านทานไฟฟ้าจะลดลง การศึกษาเรื่อง "ปรากฏการณ์เฟอร์โรอิเล็กทริก" จะเป็นพื้นฐานนำไปใช้ศึกษาเรื่อง "วัสดุฉลาด"

สรุปผลการทดลอง

- 1) สารที่ทดลอง คือ ตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนาด 0.1 μ F สารแสดงการเก็บและคายประจุไฟฟ้า
- 2) เมื่อเพิ่มความถี่ของแรงดันไฟฟ้าแก่สาร Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO₃ พบว่าอิมพีแดนซ์ของสารมีค่าลดลง ความนำไฟฟ้าของสารมีค่าเพิ่มขึ้น สารทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่สูงผ่านและอุปกรณ์ความถี่สูง
- 3) สาร Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO₃ สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์คอปปลิ่งได้
- 4) สาร Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO₃ และ บัลลัสต์ แสดงสมบัติที่ขึ้นกับความถี่และสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ของแรงดันไฟฟ้า
- 5) สาร ZnO สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตติเล็กไดรอสติก
- 6) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย ET-PCI8255V3 Card และ Visual Basic

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Alexandru, H. V., 2004, Oxides ferroelectrics (Ba,Sr)TiO₃ for microwave devices, Materials Science and Engineering B, 109(1-3): 152-159.
- Benlahrache, M. T., 2006, Influence of polarization electric field on the dielectric properties of BaTiO₃-based ceramics, Materials Science in Semiconductor Processing, 9(6): 1115-1118.
- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Liqin Zhou. 1992. Sr_{0.7}Ba_{0.3}TiO₃-based multilayer boundary-layer capacitors. J. Mater. Sci. Lett., 11, 1134-1136.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Shail Upadhyay. 1997. Preparation and characterization of barium stannate BaSnO₃. J. Mater. Sci. Lett., 16, 1330-1332.
- Ying Chun Zhang, Effects of additives on microstructures and microwave electrical properties of ZnNb₂O₆ ceramics, Materials Science and Engineering B, 99(1-3): 282-285.
- Zhang J. L. 1992. Electrical conduction of Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ ceramics under d.c. voltage. J. Mater. Sci. Lett., 11, 294-295.

8. การประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดการสั่น อุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำ

Applications of commercial piezoelectric device for the operation of vibration sensor, transmitted and received water wave device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการหาการประยุกต์ใช้งานของอุปกรณ์ PZT เชิงการค้า ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244) , การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิชาลเบสิก อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าที่สามารถประยุกต์ใช้เป็นโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบตรง ได้แก่ หัววัดการสั่น อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าสามารถประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำ การส่งคลื่นทำงานโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบอ้อมและการรับคลื่นทำงานโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบตรงของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก

คำสำคัญ : หัววัดการสั่น อุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำ วิชาลเบสิก

Abstract

This project involved the determination of application of the commercial PZT sample. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. Commercial piezoelectric device which can be applied by direct effect were vibration sensor. Commercial piezoelectric device can be use as transmitted and received water wave device. Wave transmission involved indirect effect and wave receiving involved direct effect of piezoelectric ceramics.

Keyword : vibration sensor, transmitted and received water wave device , Visual Basic

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

R.P. Tandon (1992) ได้เตรียมวัสดุผสมระหว่าง $PbTiO_3 + 0.01Nb_2O_5$ กับ Araldite ทำซ้ำไฟฟ้าด้วยภาวเงิน ทำการโพลิง ($BE=50$ kV/cm) วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก วัดค่า d_{33} ใช้ high potential breakdown tester วัดความแข็งแรงการเบรคตาวนไดอิเล็กตริก ทดสอบเป็นไฮโดรโฟน R.P. Tandon (1993) ได้เตรียม $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$ ที่ผสมกับ commercial chloroprene rubber ทำซ้ำ ทำการโพลิง วัด acoustic sensitivity ที่

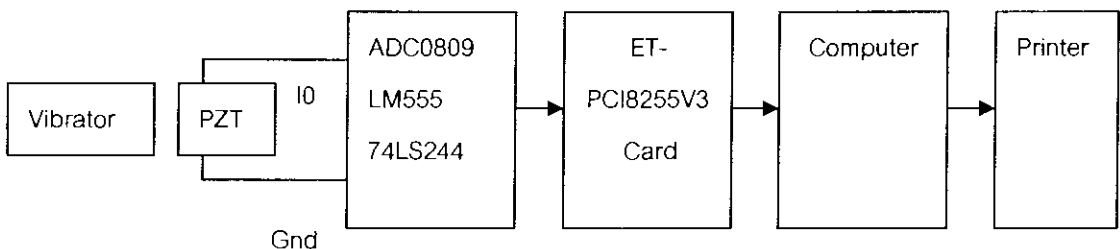
สัมพันธ์กับ frequency N. Iwasawa (1993) ได้เตรียมสียืดโซอิเล็คตริก (PZT powder+30 wt % epoxy solution) ทำโพลิง (200 kV/cm) วัด charge vs frequency ทดสอบเป็นหัววัดการสั่น มีผู้เตรียมอุปกรณ์พีเซดที่ (PZT device) ทดสอบให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดความดัน (pressure sensor) โดยการวัดแรงดันไฟฟ้าเป็นฟังก์ชันของความดัน (Juhyun Yoo, 2005) มีผู้ทดลองจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้อุปกรณ์ PZT ตัวส่ง เกิดคลื่นอุลตราโซนิคส์ (UV wave) คลื่น UV นี้เข้าชนอุปกรณ์ PZT ตัวรับมีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้น แสดงแรงดันไฟฟ้าทั้งสองด้วยออสซิลโลสโคป (Naboru Ichinose, 2004)

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เซรามิกสียืดโซอิเล็คตริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) หัววัดการสั่น หัววัดความดัน อุปกรณ์สาริตการส่งและการรับคลื่นน้ำ

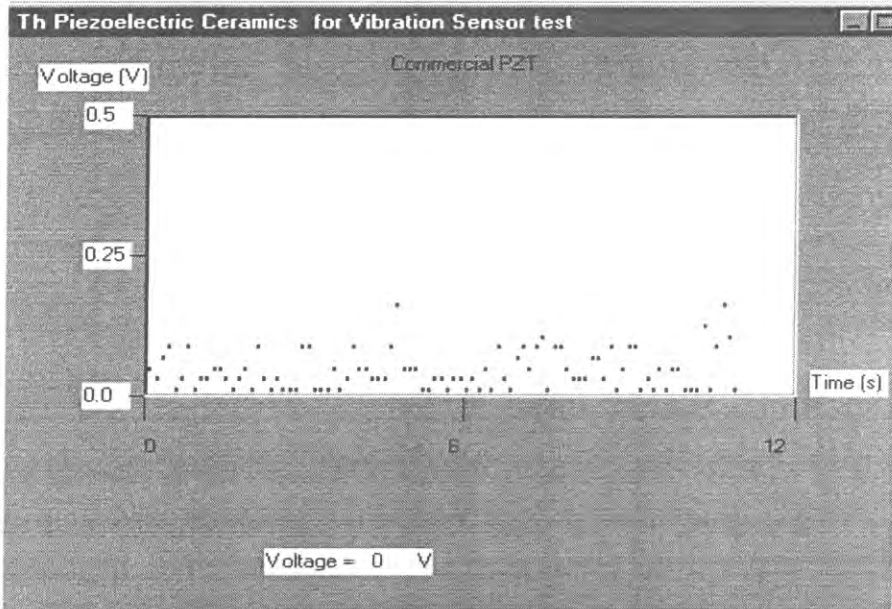
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

8.1 การประยุกต์ใช้เป็นหัววัดการสั่น

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็คตริกเชิงการคำนวณให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดการสั่นด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 8.1.1 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็คตริกเชิงการคำนวณให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดการสั่นด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 8.1.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านมอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าจะสั่น สารตัวอย่างมีความต้านทาน R_s เกิดการแปลงแรงสั่นเชิงกลเป็นแรงดันไฟฟ้า (V) แรงดันไฟฟ้า V จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (I0) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) แรงดัน V จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V = V_{bin} = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ แปลง Vbin ให้เป็น Vdec ด้วยคำสั่ง $V_{dec} = (5 / 255) * V_{bin}$ แปลง Vbin ให้เป็น V_{pic} ด้วยคำสั่ง $V_{pic} = (255 - V_{bin} * 10)$ ขยายแรงดันไฟฟ้าขึ้น 10 เท่าโดยการคูณด้วย 10 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (V) บนจอด้วยคำสั่ง Label7.Caption = V_{dec} กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 5) * V$ สำหรับแสดงกราฟ V vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ ให้อุปกรณ์รับแรงสั่น ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 8.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็คตริกเชิงการคำนวณให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดการสั่นด้วย Visual Basic



รูปที่ 8.1.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้า
ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดการสั่นด้วย Visual Basic

Code

'Voltage vs Time of Piezoelectric Ceramics for Vibration Sensor Test

Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer

Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)

Private Sub Form_Load()

Left = (Screen.Width - Width) / 2

Top = (Screen.Height - Height) / 2

Out &H14CC, &H90

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()

Picture1.Cls

For i = 20 To 5400 Step 50

Vbin = Inp(&H14C0)

Vdec = (5 / 255) * Vbin

Vpic = (255 - Vbin * 10) ' Voltage*10

Picture1.PSet (i, (10 * Vpic)), vbBlue

Label7.Caption = Vdec

Call delay

Next i

End Sub

Sub delay()

For i = 1 To 10000 '12 s

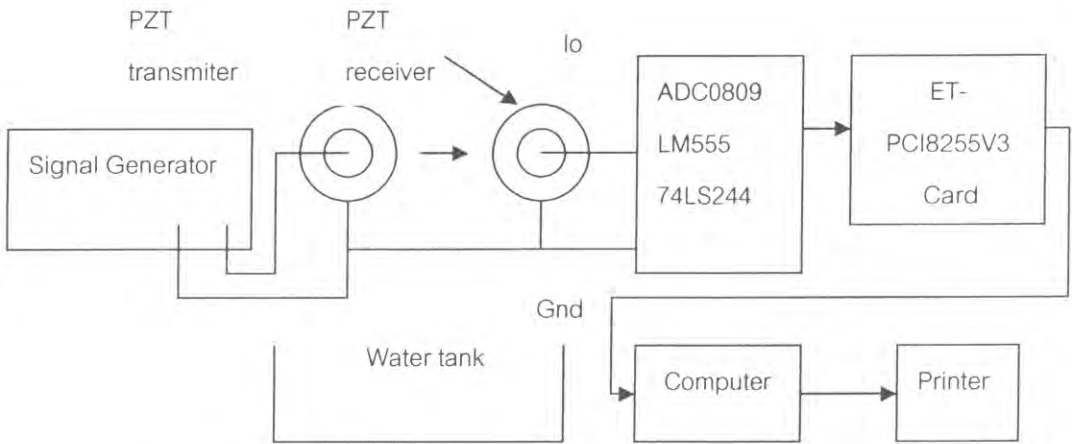
DoEvents

Next i

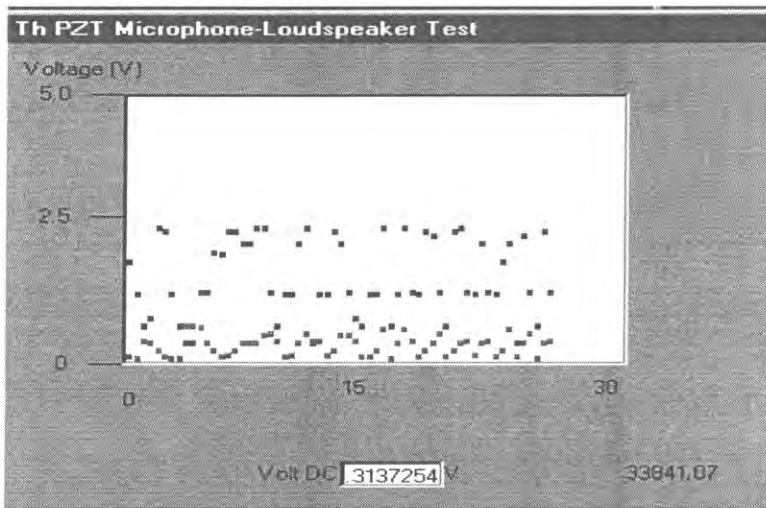
End Sub

8.2 การประยุกต์ใช้ เป็นอุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำ

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 8.2.1 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 8.2.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง ปล่องแรงดันไฟฟ้า V_0 จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไปยัง PZT transmitter เกิดการแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นแรงสั่นเชิงกล คลื่นเคลื่อนที่ไปตกกระทบ PZT receiver เกิดการแปลงแรงชนให้เป็นแรงดันไฟฟ้า V_1 ส่งแรงดันไฟฟ้า V_0 และ V_1 มาเข้าที่ I₀ และ I₁ ของพอร์ท A ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) แรงดันไฟฟ้า V_0 จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_0 = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซัลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ แสดงแรงดันไฟฟ้า (V_0) บนจอด้วยคำสั่ง Label7.Caption = (5 / 255) * V_0 กำหนดพิกัด $x_0 = i$ และ $d_0 = 255 - V_0$ สำหรับแสดงกราฟ V_0 vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x_0 , $10 * d_0$), vbBlue แรงดันไฟฟ้า V_1 จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_1 = \text{Inp}(\&H14C0)$ แสดงแรงดันไฟฟ้า (V_0) บนจอด้วยคำสั่ง Label7.Caption = (5 / 255) * V_1 กำหนดพิกัด $x_1 = i$ และ $d_1 = 255 - V_0$ สำหรับแสดงกราฟ V_0 vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x_1 , $10 * d_1$), vbGreen ระยะเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ ทำการส่งและการรับคลื่นน้ำ ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 8.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการด้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำด้วย Visual Basic



รูปที่ 8.2.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการด้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำด้วย Visual Basic

Code

'PZT Microphone-Speaker Test

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```

Private Sub Timer1_Timer()
    Picture1.Cls
    For I = 20 To 3500 Step 50
        Out &H14C4, &H0
        Call delay
        V0 = Inp(&H14C0)
        d0 = (255 - V0)
        Picture1.PSet (i, 10 * d0), vbBlue
        Label7.Caption = (5 / 255) * V0

        Out &H14C4, &H1
        Call delay
        V1 = Inp(&H14C0)
        d1 = (255 - V1)
        Picture1.PSet (i, 10 * d1), vbGreen
        Label7.Caption = (5 / 255) * V1
    Next I
End Sub

delay()
For I = 1 To 2100
    DoEvents
    Label8.Caption = Timer
Next I
End Sub

```

ผลและวิเคราะห์ผล

1) หัววัดการสั่น

ผลการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดการสั่นด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 8.1.2 แรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาเกิดขึ้นเนื่องจากผลของปรากฏการณ์แบบตรง (direct effect) ของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก

2) อุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำ

ผลการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 8.2.2 อุปกรณ์การส่งคลื่นทำงานโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบอ้อม (indirect effect) ของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก อุปกรณ์การรับคลื่นทำงานโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์แบบตรง (direct effect) ของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก

สรุปผลการทดลอง

- 1) อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการคำนวณประยุกต์ใช้เป็นหัววัดการสิ้น
- 2) อุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการคำนวณประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์การส่งและการรับคลื่นน้ำ
- 3) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย ET-PCI8255V3 Card และ Visual Basic

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Juhyun Yoo, 2005, Piezoelectric and dielectric properties of $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Bi}(\text{Na,K})\text{TiO}_3\text{-SrTiO}_3$ ceramics for pressure sensor application, Sensors and Actuators A: Physical.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Naboru Ichinose, 2004, Ultrasonic transducers with piezoelectric ceramics, Journal of European Ceramic Society, 24(6): 1681-1685.
- Tandon, R.P., 1992, Ferroelectric properties of lead titanate/polymer composite and its application in hydrophone, J. Mater. Sci. Lett. 11 : 883-885.
- Tandon, R.P., 1993, Dielectric, piezoelectric and acoustic properties of high performance piezorubber composite hydrophone, J. Mater. Sci. Lett. 12 : 1182-1184.

9. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์ให้ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์วัดสนามแม่เหล็ก

Applications of ferromagnetic ceramics for the operation of magnetic field measuring device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ¹

Thongchai Panmatarith¹

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244), การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิชาลเบสิก แท่งแม่เหล็กทำมาจาก CoFe_2O_4 โดยใช้สนามแม่เหล็กที่มีความแรง $1.315 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ เมื่อความถี่การหมุนของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1 Hz ไปเป็น 22 Hz พบว่าสนามแม่เหล็กที่วัดได้มีค่า 0.0188 Wb/m^2 หรือ 18.8 mWb/m^2

คำสำคัญ : อุปกรณ์วัดสนามแม่เหล็ก วิชวลเบสิก

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical property of the sample was measured. Application of the samples was determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. Permanent magnet was made from CoFe_2O_4 ceramics by using the magnetic field strength of $1.315 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$. When rotational frequency of CoFe_2O_4 ceramic magnet increased from 1 Hz to 22 Hz. The measured magnetic field was 0.0188 Wb/m^2 or 18.8 mWb/m^2 .

Keyword : magnetic field measuring device , Visual Basic

¹รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษาฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

T. Tsuchiya (1992) ได้เตรียม CoFe_2O_4 thin film ซึ่งเป็นวัสดุเฟอร์ไรต์แบบอ่อน (soft ferrite material) ได้วัดวงการล้าแม่เหล็ก (magnetic hysteresis loop) ใช้เครื่อง Vibrating sample type magnetization meter วัดสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็กที่อุณหภูมิต่างๆ (magnetic susceptibility vs temperature) M.K. Fayek (1992) ได้เตรียม $\text{CoMn}_x\text{Fe}_{2-x}\text{O}_4$ วัดสภาพการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆและวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลการเลี้ยวเบนของนิวตรอนด้วยเครื่อง Neutron diffraction spectrometer Akimitsu Morisako (1996) ได้เตรียม Ba-ferrite films สำหรับทำอุปกรณ์บันทึกแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นสูง (high-density magnetic recording media) และได้วัด M-H loop S. Yamamoto (1996) ได้เตรียม $\text{Co-}\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ film สำหรับทำอุปกรณ์บันทึกแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นสูงพิเศษ R.C. Pullar (1997) ได้เตรียม $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ fibres และ $\text{Ba}_2\text{Co}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ fibres สำหรับทำแท่งแม่เหล็กและที่บ่งลักษณะของสารด้วยเครื่อง XRD และ SEM G. Elwin (1997) ได้เตรียม $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ สำหรับทำแท่งแม่เหล็กถาวร และได้วัด M vs H loop J. G. Na (1997) ได้เตรียม CoFe_2O_4 thin film สำหรับทำอุปกรณ์บันทึกข้อมูลด้วยแม่เหล็ก (magnetic recording media) และได้วัดสภาพการนำไฟฟ้า (electrical resistivity) กับสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck coefficient)

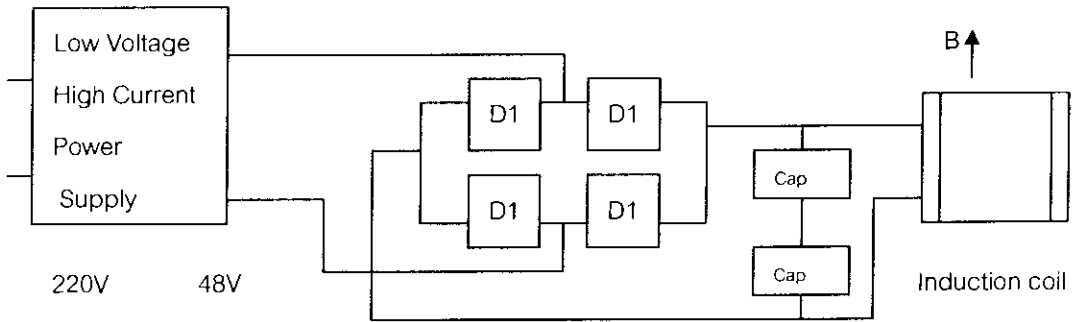
บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โรให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์การวัดสนามแม่เหล็ก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

9.1 การสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง

จัดเครื่องมือเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง (high strength magnetic field) ดังแสดงในรูปที่ 9.1 ปลอຍไฟบ้าน 220 V มายังหม้อแปลงไฟฟ้า 220 V-48 V หม้อแปลงไฟฟ้านี้จะแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 V นี้ให้เป็น 48

V ส่งไปยังไดโอดที่ต่อแบบบริดจ์เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ส่งมายังวงจรกรองกระแสไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุไฟฟ้า 2 ตัว เพื่อกรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบหรือมีค่าคงที่ แรงดันที่ได้มีค่าประมาณ 54 V จะถูกส่งไปยังขดลวดเหนี่ยวนำ มีสนามแม่เหล็ก (B) เกิดขึ้นตามกฎของแอมแปร์ $B = \mu_0 NI/L$ สนามแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมีขนาด $1.314 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ (ภายในแกนเหล็ก) สนามแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมีขนาด 0.26 Wb/m^2 (ที่ผ่านสารตัวอย่าง)



รูปที่ 9.1 การจัดเครื่องมือเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง

9.2 การวัดสนามแม่เหล็กของเซรามิกส์แม่เหล็กด้วย Visual Basic

ใช้เครื่องสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง (รูปที่ 9.1) ทำการเหนี่ยวนำเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ให้กลายเป็นแท่งแม่เหล็กถาวร จัดเครื่องมือสำหรับการวัดสนามแม่เหล็กของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 9.2.1 สร้าง Form สำหรับการวัดสนามแม่เหล็กของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 9.2.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ เซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ที่มีความหนา 2.48 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.73 mm การหาสูตรคำนวณสนามแม่เหล็ก

กระแสไฟฟ้า I จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่มีจำนวนรอบ N รอบ และมีความยาวแกน L จะมีสนามแม่เหล็ก (B) เกิดขึ้น

$$B = \mu NI/L = \mu_0 \mu_r (N/L_{\text{core}}) I \quad (1)$$

เมื่อ μ เป็นค่าสภาพขั้วแม่เหล็กของแกนของขดลวด สภาพขั้วแม่เหล็กของสุญญากาศและค่าสภาพขั้วแม่เหล็กได้สัมพันธ์มีค่า

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/Am} \quad \mu_r = 397 \quad (2)$$

คำนวณความยาวของขดลวด (L_{wire}) จากสูตร

$$R = \rho L/A ; L = L_{\text{wire}} = RA/\rho ; R = R_{\text{wire}} = 373.9 \Omega ; \rho = 1.7 \times 10^8 \Omega \text{m} ; A = \pi d^2/4 ; d = 0.47 \times 10^{-3} \text{ m} ; A = 0.174 \times 10^{-6} \text{ m}^2 ;$$

เมื่อ R เป็นความต้านทานของขดลวด ρ เป็นสภาพต้านทานไฟฟ้าของขดลวด A เป็นพื้นที่หน้าตัดของขดลวด และ d เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของขดลวด

$$L_{\text{wire}} = 3826.9 \text{ m}$$

เมื่อ L_{wire} เป็นความยาวทั้งหมดของลวดและ $L_{1\text{turn}}$ เป็นความยาวของขดลวด 1 รอบ

$$L_{1\text{turn}} = \pi d = (22/7)(5.15 \times 10^{-3} \text{ m}) = 0.016171 \text{ m}$$

จำนวนรอบของขดลวด (N) มีค่า

$$N = L_{\text{wire}} / L_{1\text{turn}} = 236436.9 \text{ turns} \quad (3)$$

$$L_{\text{core}} = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m} \quad (4)$$

จำนวนรอบของขดลวด (N) ต่อหนึ่งหน่วยความยาวของแกน (N/L') มีค่า

$$N / L_{\text{core}} = 2364.369 \text{ turns/m} \quad (5)$$

ค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดได้จากอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลด RL และความต้านทานของโหลด R_L ดังสมการ

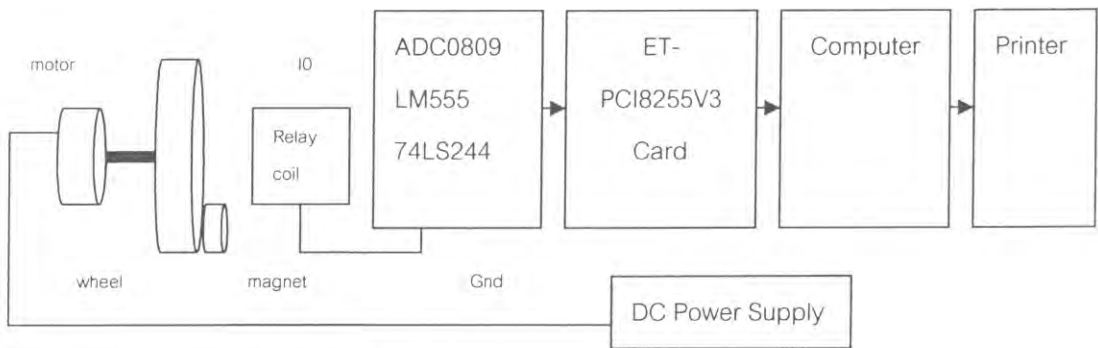
$$I = V_L / R_L = V / R_L = V / 1000000 \quad (6)$$

เมื่อ $R = R_L = 3 \text{ k}\Omega$

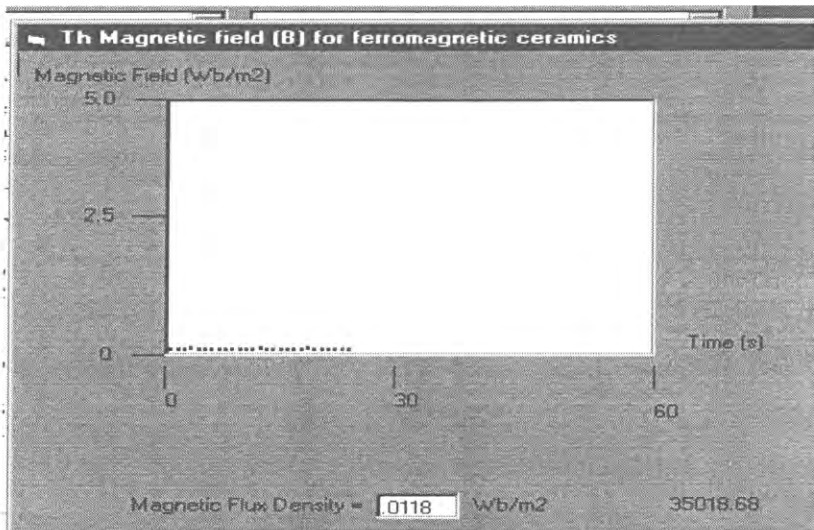
$$B = 1.18 \times 10^4 (V / 1000000) \quad (7)$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลด (V) จะถูกป้อนเข้าคอมพิวเตอร์และจะนำไปคำนวณหาค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่ขดลวด

กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (dc motor) พัดลมจะหมุนและแท่งแม่เหล็กจะเคลื่อนที่ ขดลวดของรีเลย์ได้รับสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (V) เกิดขึ้น แรงดันไฟฟ้า V จะมาเข้าไปที่ analog input 0 (I0) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) แรงดัน V จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ `inpout32.dll` เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำตามคำสั่ง Input และ Output ได้ แสดงแรงดันไฟฟ้า (V) บนจอด้วยคำสั่ง `LabelV.Caption = V` แปลงแรงดัน (V) ให้เป็นสนามแม่เหล็ก (B) ด้วย Formula และใช้สมการ $B = f(V)$ ซึ่งก็คือ $B = 1.18 \times 10^4 (V / 1000000)$ ความถี่ของสนามแม่เหล็ก (ความถี่ของมอเตอร์, f) อยู่ในช่วงหนึ่ง อ่านความถี่ f ที่หน้าปัดของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า แสดงสนามแม่เหล็ก (B) บนจอด้วยคำสั่ง `LabelB.Caption = B` แสดงความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็กที่ขึ้นกับความถี่ (B vs f) บนจอ กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 5) * B$ สำหรับแสดงกราฟ B vs. t บนจอด้วยคำสั่ง `Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue` หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง `Call Delay` คำสั่ง `For...Next Loop` จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง B vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ ทำการวัดสนามแม่เหล็ก ใช้คำสั่ง `Print Screen` เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 9.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการวัดสนามแม่เหล็กของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ด้วย Visual Basic



รูปที่ 9.2.2 Form และภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์สำหรับการวัดสนามแม่เหล็กของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ด้วย Visual Basic

Code

'Magnetic field measurement for ferromagnetic material

Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer

Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)

Private Sub Form_Load()

Left = (Screen.Width - Width) / 2

Top = (Screen.Height - Height) / 2

Out &H14CC, &H90

End Sub

```

Private Sub Timer1_Timer()
    Picture1.Cls
    For i = 20 To 3500 Step 50
        V = Inp(&H14C0)
        R = 1000000 'ohm
        B = ((1.18 * 10000) / R) * V
        LabelB.Caption = B
        x = i
        y = 255 - (255 / 5) * B
        Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
        Call delay
    Next i
End Sub

Sub delay()
    For j = 1 To 700
        DoEvents
        Label8.Caption = Timer
    Next j

```

ผลและวิเคราะห์ผล

ได้สร้างแท่งแม่เหล็กถาวรจากเซรามิกส์ CoFe_2O_4 ผลการวัดสนามแม่เหล็กของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 ด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 9.2.2 เมื่อความถี่การหมุนของเซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1 Hz ไปเป็น 22 Hz พบว่าสนามแม่เหล็กที่วัดได้มีค่า 0.0188Wb/m^2 หรือ 18.8 mWb/m^2

สรุปผลการทดลอง

- 1) เซรามิกส์แม่เหล็ก CoFe_2O_4 สามารถใช้ในการสาธิตการวัดสนามแม่เหล็กได้
- 2) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย ET-PCI8255V3 Card และ Visual Basic

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

Akimitsu, 1996, Sputtered hexagonal Ba-ferrite films for high-density magnetic recording media, J. Appl. Phys. 79 (8), 15 April.

- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Merce! Dekker Inc., New York.
- Elwin, G., 1997, Self propagating high-temperature synthesis of $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ from reactions of strontium superoxide, iron metal and iron oxide powders, *J.Mater. Sci. Lett.* 16 :1237-1239.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Pullar, R.C., 1997, Novel aqueous sol-gel preparation and characterization of barium M ferrite, $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ fibres, *J. Mater. Sci* 32 : 349-352.
- Pullar, R.C., 1997, Magnetic Co_2Y ferrite, $\text{Ba}_2\text{Co}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ fibres produced by a blow spun process, *J. Mater. Sci* 32 : 365-368.
- Tsuchiya, T., 1992, Preparation of spinel-type ferrite thin films by dip-coating process and measured magnetic properties, *J. Mater. Sci.* 27 : 3645-3650.
- Yamamoto, S., 1996, Recording characteristics of Co-(Fe 2O_3 perpendicular magnetic recording media, *J. Appl. Phys.* 79 (8), 15 April.

10. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริเป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้า อุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดชนิดของวัสดุ อุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดรูของแท่งโลหะและอุปกรณ์สำหรับการออสซิลเลตแบบหน่วง

Applications of ferrimagnetic ceramics for the operation of high pass filter, material type detection device , metal hole detection device and and damped oscillation device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัสดุสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244) , การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิชวลเบสิก สารตัวอย่าง คือ ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน ถ้านำสารตัวอย่างนี้ไปอยู่ในวงจรไฟฟ้าสลับและเพิ่มความถี่ในช่วง 4.2 kHz ถึง 66.8 kHz พบว่าอิมพีแดนซ์ของสารตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นสารทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่สูงผ่านได้ เมื่อทำการทดสอบโดยใช้ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนเป็นสารตัวอย่างและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดลองเป็น 30.5 kHz และแล้วนำแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนวางบนขดลวดที่มีสารนี้เป็นแกนพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดมีค่าสูง แต่เมื่อนำแท่งเหล็กวางบนขดลวดที่มีสารนี้เป็นแกนพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดมีค่าต่ำ ดังนั้นขดลวดที่มีสารนี้เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของวัสดุซึ่งสามารถแยกแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนออกจากแท่งเหล็กได้

เมื่อทำการทดสอบโดยใช้ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนเป็นสารตัวอย่างและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดลอง คือ 45.6 kHz เมื่อเลื่อนแท่งทองเหลืองบริเวณที่ไม่มีอยู่บนขดลวดที่มีสารนี้เป็นแกนพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวด (V) บนจอยมีค่า 3.41176 V แต่ถ้าเลื่อนแท่งทองเหลืองบริเวณที่มีอยู่บนขดลวดที่มีสารนี้เป็นแกน พบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวด (V) บนจอย มีค่า 3.47058 V ความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าทำให้สามารถหารูในแท่งทองเหลืองได้ ขดลวดที่มีสารนี้สามารถทำหน้าที่เป็นแกนอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งทองเหลือง

เมื่อทำการทดสอบโดยใช้สารตัวอย่างเป็นขดลวดที่มีเฟอร์ไรต์อ่อนของคอยล์อากาศวิทยุเอเอ็มเป็นแกนและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้เป็น 3.5 kHz ดึงแท่งเหล็กที่ผูกติดกับแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนที่ถูกผูกติดกับสปริงแล้วปล่อย แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดมีค่าลดลงเนื่องจากผลของแรงเสียดทานในระบบ ดังนั้นขดลวดที่มีเฟอร์ไรต์อ่อนของคอยล์อากาศวิทยุเอเอ็มเป็นแกนสามารถนำไปใช้ในการสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วง

คำสำคัญ : อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้า อุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดชนิดของโลหะ วิชวลเบสิก

อุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดรูของแท่งโลหะ อุปกรณ์สำหรับการออสซิลเลตแบบหน่วง

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. The sample was inductor with $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ core. If This sample was in ac electric field and changed the frequency from 4.2 kHz to 66.8 kHz, found that impedance decreased as frequency increasing. So, this sample can be used as high pass filter.

When inductor with $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ core was tested and voltage frequency was 30.5 kHz, and then placed soft ferrite bar on this inductor with this core, found that voltage drop across this inductor was a higher value. But, the iron bar was placed on this, found that voltage drop across on it was a lower value. So, this inductor with this core can be used as device in metal kind detection apparatus which can split soft ferrite bar from iron bar.

When inductor with $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ core was tested and voltage frequency was 45.6 kHz. Brass bar with no hole was placed on this inductor with this core, found that voltage drop across this inductor on screen was 3.41176 V. But, brass bar with hole was placed on this inductor with this core, found that voltage drop across this inductor on screen was 3.47058 V. The difference between these two voltage can determine the hole on brass. So, inductor with $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ core can be used as device in brass hole detection apparatus.

When inductor with soft ferrite core of AM radio was test and voltage frequency was 3.5 kHz. The iron bar which attached with soft ferrite bar and hold with spring was pulled and released, found that voltage drop across on this inductor with this core decreased due to friction effect in the system. So, inductor with soft ferrite core of AM radio can be used as damped oscillation demonstrative device.

Keyword : high pass filter, metal type detection device , metal hole detection device ,

damped oscillation demonstrative device , Visual Basic

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหาหน้า

D. Ravinder (1994) ได้เตรียม Mn-Zn ferrite วัดสภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ A.A. Sattar (1996) ได้เตรียมผลึกเดี่ยว Mn-Zn ferrite วัดการขึ้นกับอุณหภูมิของสภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็ก K.H. RaO (1996) ได้เตรียม Ni-Zn ferrite วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (dielectric constant) แทนเจนต์การสูญเสียเชิงไดอิเล็กตริก (dielectric loss tangent) ตัวประกอบการสูญเสียเชิงแม่เหล็ก (magnetic loss factor) ที่ขึ้นกับความถี่ มีผู้ทดลองโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิด

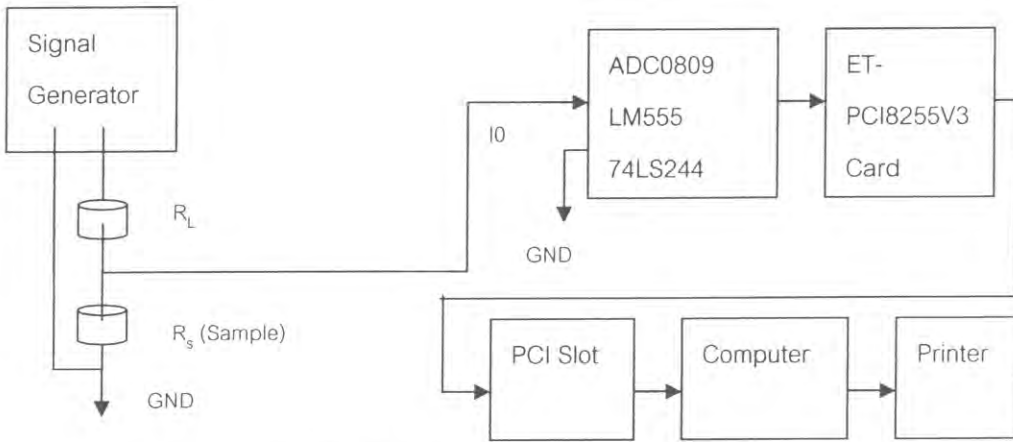
สัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับค่าสภาพซาบซิมผ่าน (μ) ของสารที่ใช้ทำแกนของขดลวด เมื่อเลื่อนหัววัดนี้ไปมาบนแผ่นของสาร เมื่อพบรอยแตกค่า μ ของแกนของขดลวดจะเปลี่ยนแปลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดจะเปลี่ยนแปลง เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดกับระยะทางที่ขดลวดเคลื่อนที่ (V vs d) ก็จะทราบตำแหน่งของรอยแตกนี้ (Chong H. Ahn, 2001) M.H. Abdullah (1997) ได้เตรียม Mg-Zn ferrites วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและตัวประกอบการสูญเสียที่ความถี่ต่างๆ

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน อุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดชนิดของโลหะ อุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดรูของแท่งโลหะและอุปกรณ์สำหรับการออสซิลเลตแบบหมุนง

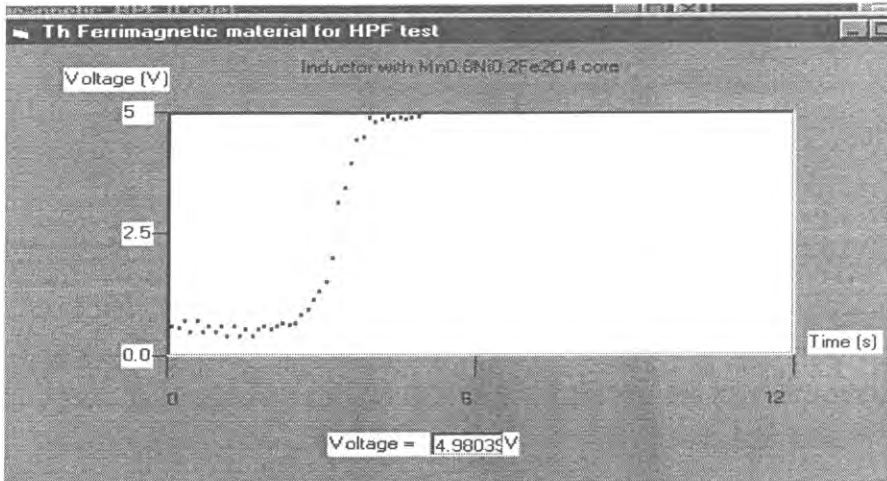
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

10.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 10.1.1 สร้าง Form สำหรับทดสอบขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 10.1.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน แกนของขดลวดเป็นขดลวดขดขมของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้ามีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65 Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6 Ω กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 300 Ω และสารตัวอย่าง (ขดลวดที่มีสารเป็นแกน) ที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s มีค่า V_s และจะเข้าไปที่ input 0 (I0) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) V_s หรือ V_{bin} จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_{bin} = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inport32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำตามคำสั่ง Input และ Output ได้ ได้ แปลง V_{bin} ไปเป็น V_{dec} ด้วยคำสั่ง $V_{dec} = (5 / 255) * V_{bin}$ แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (V_{dec}) บนจอด้วยคำสั่ง Label7.Caption = V_{dec} แปลง V_{bin} ไปเป็น V_{pic} ด้วยคำสั่ง $V_{pic} = (255 - V_{bin})$ กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 10 * V_{pic}$ สำหรับแสดงกราฟ V vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (i, 10 * V_{pic}), vbBlue หนึ่งวงเวลาการทำงาน ของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ แล้วเพิ่มความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า ในช่วง 4.2 kHz ถึง 66.8 kHz ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 10.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย Visual Basic



รูปที่ 10.1.2 Form และภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์สำหรับทดสอบขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย Visual Basic

Code

'Voltage vs Time Graph of Inductor with Ferrimagnetic core for HPF Test

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

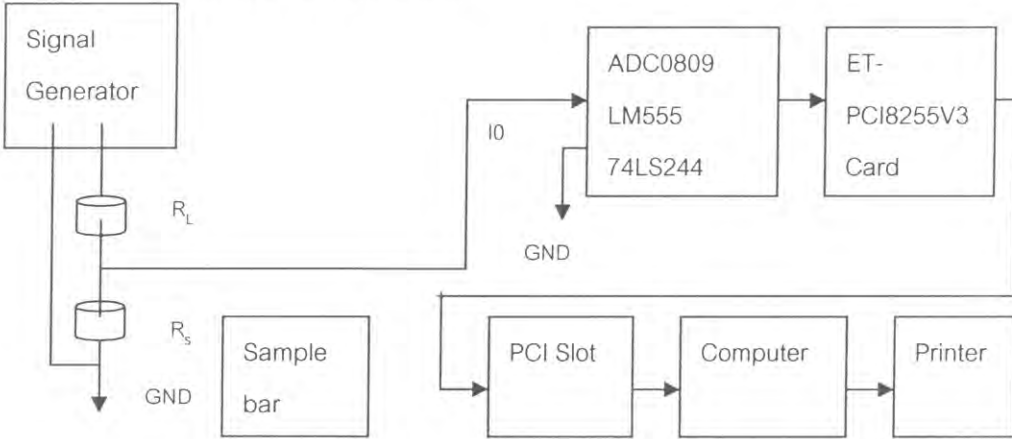
```
Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

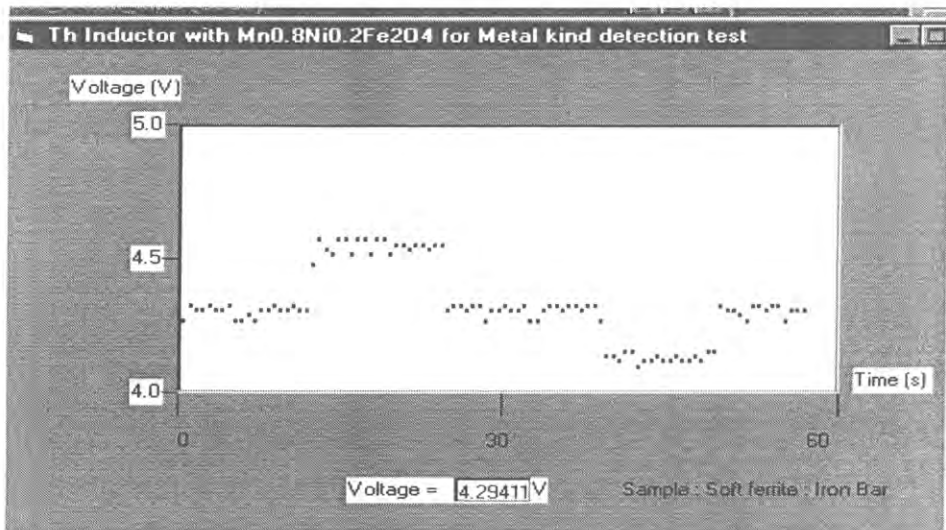
```
Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```


คำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ แล้วตั้งความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเป็น 30.5 kHz วางแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนไว้บนขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ วัด V vs. t บนจอ วางแท่งเหล็กไว้บนขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ วัด V vs. t บนจอ ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 10.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของวัสดุด้วย Visual Basic



รูปที่ 10.2.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของวัสดุด้วย Visual Basic

Code

Voltage vs Time Graph of Inductor for metal kind detection Test

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
Private Sub Form_Load()
```

```

Left = (Screen.Width - Width) / 2
Top = (Screen.Height - Height) / 2
Out &H14CC, &H90

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```

Picture1.Cls
For i = 20 To 5500 Step 50
    Vbin = Inp(&H14C0)
    Vdec = (5 / 255) * Vbin
    Vpic = (255 - (Vbin - 204) * 5)
    Picture1.PSet (i, (10 * Vpic)), vbBlue
    Label7.Caption = Vdec
    Call delay
Next i

```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```

For i = 1 To 50000    '60 s
    DoEvents
Next i

```

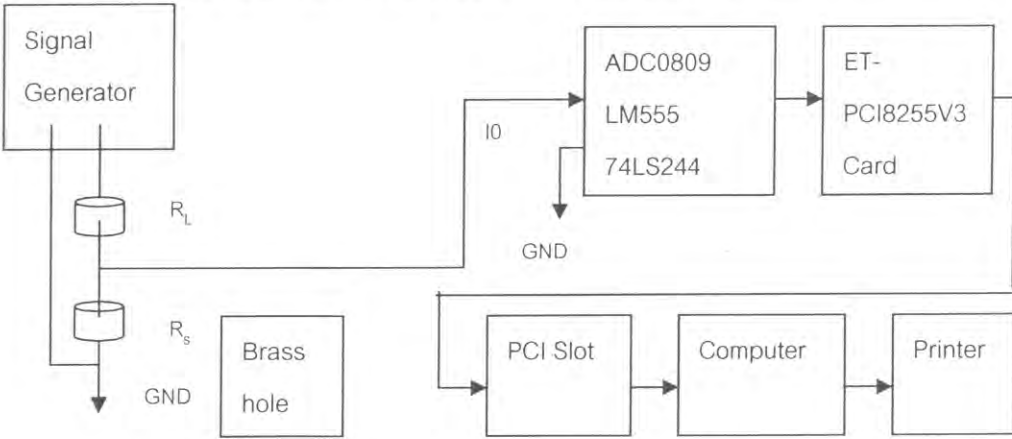
```
End Sub
```

10.3 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูปของแท่งโลหะ

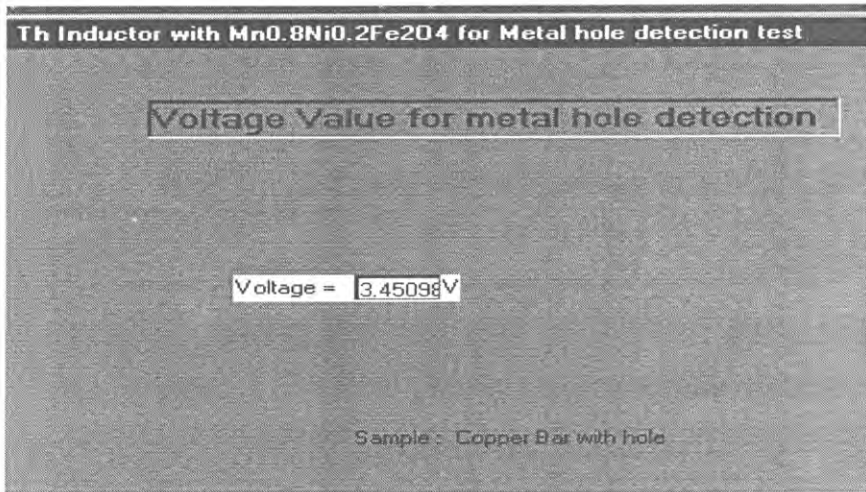
จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูปของแท่งโลหะด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 10.3.1 สร้าง Form สำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูปของแท่งโลหะด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 10.3.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลองคือ ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน แกนของขดลวดเป็นขดหุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้ามีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω แท่งโลหะที่จะศึกษา คือ แท่งทองเหลือง (brass) กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 39Ω และสารตัวอย่าง (ขดลวดที่มีสารเป็นแกน) ที่มีความต้านทาน R_s แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s มีค่า V_s และจะเข้าไปที่ input 0 (I0) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) V_s หรือ V_{bin} จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_{bin} = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ แปลง V_{bin} ไปเป็น V_{dec} ด้วยคำสั่ง $V_{dec} = (5 / 255) * V_{bin}$

แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (Vdec) บนจอด้วยคำสั่ง Label7.Caption = V_{dec} แปลง V_{bin} ไปเป็น V_{pic} ด้วยคำสั่ง V_{pic} = (255 - V_{bin}) แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นด้วยคำสั่ง V_{pic} = (255 - (V_{bin} - 51 - 51 / 4) * 10)

ช่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดง V บนจอคอมพิวเตอร์ แล้วตั้งความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเป็น 45.6 kHz เลื่อนแท่งเลื่อนบริเวณที่ไม่มีรูอยู่บนขดลวดที่มีสาร Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe₂O₄ เป็นแกน แล้ววัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวด (V) บนจอ เลื่อนแท่งเลื่อนบริเวณที่มีรูอยู่บนขดลวดที่มีสาร Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe₂O₄ เป็นแกน แล้ววัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวด (V) บนจอ ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวด ด้วย Printer



รูปที่ 10.3.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe₂O₄ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งโลหะด้วย Visual Basic



รูปที่ 10.3.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe₂O₄ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งโลหะด้วย Visual Basic

Code

'Voltage Value of Inductor for metal hole detection Test

Private Declare Function Inp Lib "inport32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer

```
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
    Out &H14CC, &H90
End Sub
```

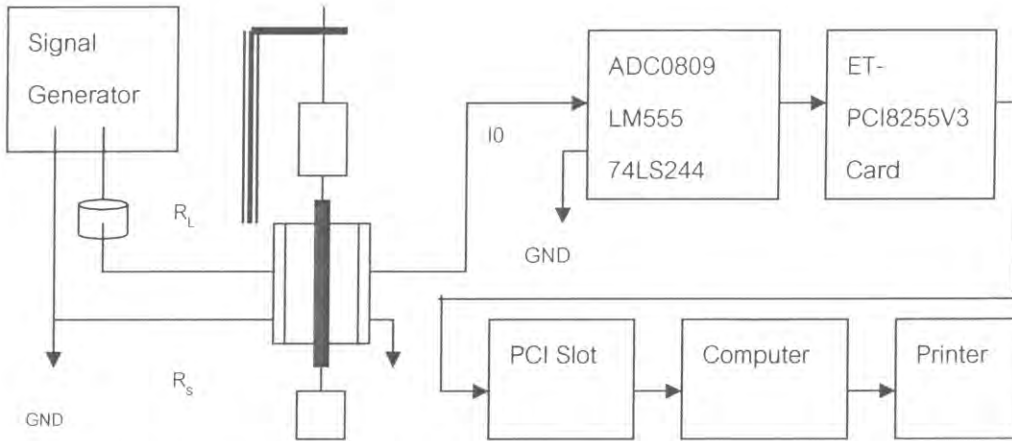
```
Private Sub Timer1_Timer()
    For i = 20 To 5500 Step 50
        Vbin = Inp(&H14C0)
        Vdec = (5 / 255) * Vbin
        Vpic = (255 - (Vbin - 51 - 51 / 4) * 10)
        Label7.Caption = Vdec
        Call delay
    Next i
End Sub
```

```
Sub delay()
    For i = 1 To 50000 '60 s
        DoEvents
    Next i
End Sub
```

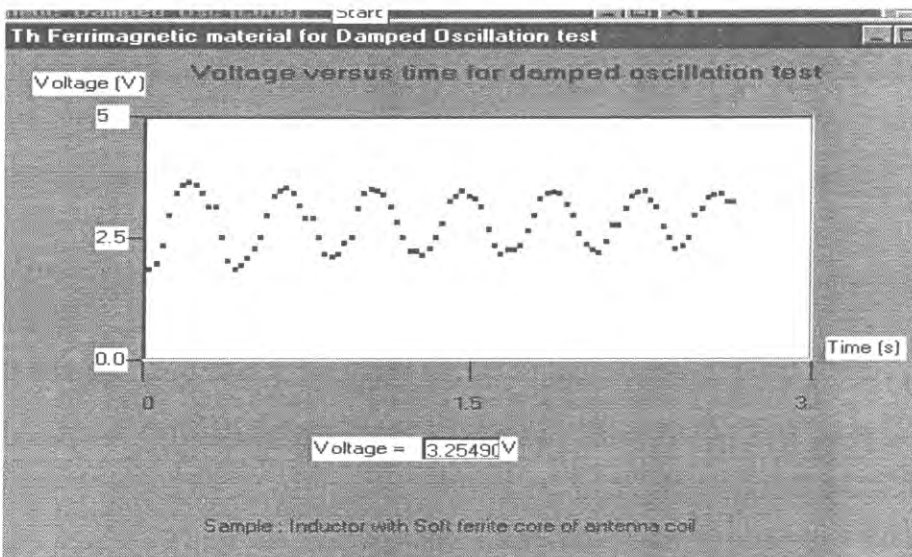
10.4 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วง

จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนของคอยล์อากาศวิทยุเอเอ็มเป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วงด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 10.4.1 สร้าง Form สำหรับทดสอบขดลวดที่มีเฟอร์ไรต์อ่อนของคอยล์อากาศวิทยุเอเอ็มเป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วงด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 10.4.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ขดลวดที่มีเฟอร์ไรต์อ่อนของคอยล์อากาศวิทยุเอเอ็มเป็นแกน กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $1\text{ k}\Omega$ และสารตัวอย่าง (ขดลวดที่มีแท่งเฟอร์ไรต์เป็นแกน) ที่มีความต้านทาน $R_s=1\text{ k}\Omega$ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s มีค่า V_s และจะเข้าไปที่ input 0 (I0) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) V_s หรือ V_{bin} จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_{bin}=\text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ ได้ แปลง V_{bin} ไปเป็น V_{dec} ด้วยคำสั่ง $V_{dec} = (5 / 255) * V_{bin}$ แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (V_{dec}) บนจอด้วยคำสั่ง

Label7.Caption = V_{dec} แปลง V_{bin} ไปเป็น V_{pic} ด้วยคำสั่ง $V_{pic} = (255 - V_{bin})$ กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 10 * V_{pic}$ สำหรับแสดงกราฟ V vs. t บนจอด้วยคำสั่ง `Picture1.PSet (i, 10 * Vpic), vbBlue` หน่วยงานการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง `Call Delay` คำสั่ง `For...Next Loop` จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง `Run` โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ แล้วตั้งความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเป็น 3.5 kHz ดึงแท่งเหล็กที่ผูกติดกับแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนที่ถูกผูกติดกับสปริงแล้วปล่อย ใช้คำสั่ง `Print Screen` เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 10.4.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีเฟอร์ไรต์อ่อนของคอยล์จากาคติวิทยเอเอ็ม เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วงด้วย Visual Basic



รูปที่ 10.4.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับทดสอบขดลวดที่มีเฟอร์ไรต์อ่อนของคอยล์จากาคติวิทยเอเอ็มเป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วงด้วย Visual Basic

Code

'Voltage vs Time Graph of Inductor with Soft Ferrite Core for Damped Oscillation Test

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
    Out &H14CC, &H90
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
    Picture1.Cls
    For i = 20 To 5400 Step 50
        Vbin = Inp(&H14C0)
        Vdec = (5 / 255) * Vbin
        Vpic = (255 - Vbin)
        Picture1.PSet (i, (10 * Vpic)), vbBlue
        Label7.Caption = Vdec
        Call delay
    Next i
End Sub
```

```
Sub delay()
    For i = 1 To 2500 '3 s
        DoEvents
    Next i
End Sub
```

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน

ผลการทดสอบสารตัวอย่างให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7.2.2 สารตัวอย่าง คือ ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน ถ้านำสารตัวอย่างไปอยู่ในวงจรไฟฟ้าเมื่อปรับความถี่ของแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 4.2 kHz ถึง 66.8 kHz พบว่าอิมพีแดนซ์ของสารตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 0.5 V ถึง 5.0 V สารยอมให้แรงดันไฟฟ้าในย่านความถี่สูงผ่านไปได้ดี สารทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันความถี่สูงผ่านได้ การที่อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้นแสดงว่าสารแสดงสมบัติที่ขึ้นกับความถี่ จึงสามารถนำไป

ประยุกต์เป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน (HPF) อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน เป็นอุปกรณ์ที่ยอมให้แรงดันไฟฟ้าย่านความถี่ต่ำผ่านได้ไม่ดี แต่จะยอมให้แรงดันไฟฟ้าย่านความถี่สูงผ่านได้ดี อุปกรณ์ชนิดนี้สามารถนำไปแยกสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ต่างกัน 2 ย่านออกจากกัน เช่น การแยกสัญญาณเสียงกับภาพออกจากกันในโทรทัศน์ คือสัญญาณเสียงไปที่ลำโพงและสัญญาณภาพไปที่จอโทรทัศน์

2) อุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของวัสดุ

ผลการทดสอบขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของวัสดุด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 10.2.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน วัสดุที่ต้องการตรวจสอบ คือ แท่งเฟอร์ไรต์อ่อน (soft ferrite bar) ซึ่งเป็นแกนของคอยล์อากาศวิทยุเอเอ็มและแท่งเหล็ก (iron bar) ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดลอง คือ 30.5 kHz เมื่อนำแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนวางบนขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดมีค่าสูง แต่เมื่อนำแท่งเหล็กวางบนขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดมีค่าต่ำ สาเหตุที่แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดของกรณีทั้งสองมีค่าแตกต่างกันสามารถอธิบายได้ คือ เมื่อพิจารณาพบว่าแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนแสดงอำนาจแม่เหล็กเฟอร์ริ แต่แท่งเหล็กแสดงอำนาจแม่เหล็กเฟอร์โร แท่งเฟอร์ไรต์อ่อนตอบสนองต่อแรงดันไฟฟ้าในย่านความถี่สูง แต่แท่งเหล็กตอบสนองต่อแรงดันไฟฟ้าในย่านความถี่ต่ำ เครื่องตรวจนี้สามารถพิจารณาความแตกต่างระหว่างแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนและแท่งเหล็กได้

3) อุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งโลหะ

ผลการทดสอบขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งทองเหลืองด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 10.3.2 ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดลอง คือ 45.6 kHz เมื่อเลื่อนแท่งเหลืองบริเวณที่ไม่มีรูอยู่บนขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน พบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวด (V) บนจอมีค่า 3.41176 V เลื่อนแท่งเหลืองบริเวณที่มีรูอยู่บนขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกน พบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวด (V) บนจอ มีค่า 3.47058 V ความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าทำให้สามารถหารูในแท่งทองเหลืองได้ ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ สามารถทำหน้าที่เป็นแกนอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งทองเหลือง

4) อุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วง

ผลการทดสอบขดลวดที่มีเฟอร์ไรต์อ่อนของคอยล์อากาศวิทยุเอเอ็มเป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาธิตการออสซิลเลตแบบหน่วงด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 10.4.2 สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ขดลวดที่มีเฟอร์ไรต์อ่อนของคอยล์อากาศวิทยุเอเอ็มเป็นแกน แล้วตั้งความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเป็น 3.5 kHz ดึงแท่งเหล็กที่ผูกติดกับแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนที่ถูกผูกติดกับสปริงแล้วปล่อย แรงเสียดทานในระบบทำให้การสั่นมีอัมปลิจูดลดลง

สรุปผลการทดลอง

- 1) ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนสามารถประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์การกรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านได้
- 2) ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ สามารถทำหน้าที่เป็นเป็นแกนอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดชนิดของวัสดุซึ่งสามารถแยกแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนออกจากแท่งเหล็กได้
- 3) ขดลวดที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจวัดรูของแท่งทองเหลือง

- 4) ขดลวดที่มีแท่งเฟอร์ไรต์อ่อนของคอลลีกาตวิทยาเอเอ็มเป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับสาริตการอสซิลเลตแบบห่วง
- 5) ได้ควบคุมการทดลองด้วย ET-PCI8255V3 Card และ Visual Basic

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Abduilah, M.H., 1997, Frequency dependence of the complex impedances and dielectric behaviour of some Mg-Zn ferrites, *J. Mater. Sci.* 32 : 5817-5823.
- Buchanan Relva, C., 1991. *Ceramic materials for electronics*, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Chong H. Ahn, 2001, On-chip eddy current sensor for proximity sensing and crack detection, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(3): 340-345.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.
- Ravinder, G., 1994, Electrical conductivity of Mn-Zn ferrites, *J. Appl. Phys.* 75 (10) : 6118-6120.
- Sattar, A.A., 1996, Effect of magnetic order on electrical properties of Mn-Zn ferrite single crystals, *J. Mater. Sci. Lett.* 15 : 1090-1092.

11. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริเป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้า

Applications of ferrimagnetic ceramics for the operation of transformer core

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้หาการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244) , การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิชาลเบสิก สารตัวอย่างที่ใช้เป็นสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ ที่ทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้า ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในช่วง 2.2 kHz – 67.1 kHz เมื่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลา (V_0 vs. t) แรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลา (V_1 vs. t) และอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นสารนี้มีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลา (V_{Tr} vs. t) ดังนั้นหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ เป็นแกนสามารถทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามความถี่

คำสำคัญ : แกนหม้อแปลงไฟฟ้า วิชาลเบสิก

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. The used sample was transformer with $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ core. The used voltage frequency was in the interval of 2.2 kHz – 67.1 kHz. When the voltage frequency increased, found that primary coil voltage increased on time (V_0 vs. t), secondary coil voltage increased on time (V_1 vs. t) and voltage transformation ratio increased on time (V_{Tr} vs. t). So, this transformer with $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ core can be used as transformer core with voltage transformation ratio increased with frequency.

Keyword : transformer core , Visual Basic

รองศาสตราจารย์ ²นักศึกษฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

¹Assoc. Prof., ²Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

A.K. Ghatage (1996) ได้เตรียม $\text{NiFe}_{2-x}\text{Cr}_x\text{O}_4$ วัดความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการส่งผ่าน (transmittance) กับเลขคลื่น (wave number) วัดความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีโตเซชันอิ่มตัว (saturation magnetization) กับสนามแม่เหล็กที่ป้อนเข้าไป (applied magnetic field) สารสูตรนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์ไมโครเวฟ (microwave device) อุปกรณ์บันทึกข้อมูลด้วยแม่เหล็ก (magnetic recording media) ได้มีผู้เตรียมอนุภาคนาโนแมกนีเซียมเฟอร์ไรต์โดยวิธีเคมีแบบเปียก (wet chemical method) ได้ศึกษาสมบัติเชิงแม่เหล็ก เส้นโค้ง M-H ซึ่งบอกพฤติกรรมแม่เหล็กเฟอร์โร (Ichiyonagi, Y., 2006) มีผู้เตรียมผงแมกนีสโคบอลต์ออกไซด์แล้วศึกษาพฤติกรรมแม่เหล็กโดยการวัดแมกนีโตเซชันและวงรอบการล้า (Borges, F. M. M., 2006) มีผู้เตรียมอนุภาคนาโนเกิดเฟอร์ไรต์ที่มีขนาดนาโนที่ถูกสังเคราะห์โดยวิธีการเผาแบบอัตโนมัติโซลเจล วัดสมบัติเชิงแม่เหล็ก เช่น การล้าของแมกนีโตเซชัน (Azadmanjiri, J., 2006)

หัววัดตำแหน่งมี 2 แบบ หัววัดแบบที่ 1 เป็นการใช้อย่างเดียวที่ปรับค่าได้เป็นทรานซิวเซอร์วัดมุมหมุนของเพลลา แกนของเพลลาหมุนไปจะทำให้เกิดมุมที่ตัวด้านทานที่ต่อกับขาเพลลาและแบ่งค่าความต้านทานออกเป็น R_1 และ R_2 ซึ่งจะทำให้บริดจ์ไม่สมดุล วิธีที่ทำให้บริดจ์สมดุลทำได้โดยการปรับค่าเพื่อแบ่งให้เกิด R_3 และ R_4 พอเหมาะ ถ้าเราปรับแต่งให้การหมุนแล้วมีสเกลอ่านค่ามุมได้โดยตรงซึ่งจะเห็นว่าเมื่อบริดจ์สมดุล $R_3/R_4 = R_1/R_2$ นั่นก็คือ ถ้า R_1/R_2 เป็นมุม $\theta/180^\circ$ เราก็จะปรับแต่ง R_3/R_4 ตามแกนเป็นตัวเลข $\theta/180^\circ$ ด้วย หัววัดแบบที่ 2 เป็นหัววัดตำแหน่งที่ใช้อย่างเดียวที่ปรับค่าได้จะสร้างเอาท์พุทที่เป็นสัดส่วนกับตำแหน่งของหัววัดไปตามแกนที่กำหนด วัดแรงดันเอาท์พุทที่ขึ้นกับตำแหน่ง

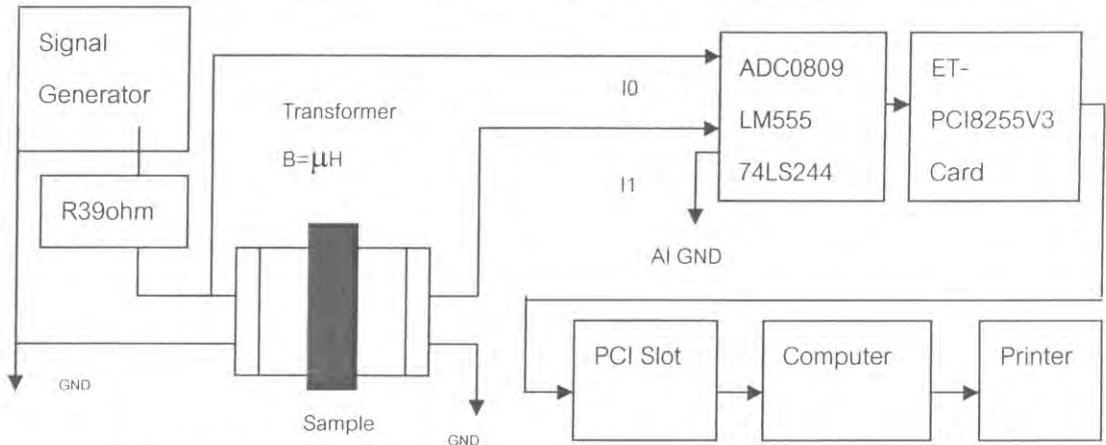
บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เป็นแกนหม้อแปลงไฟฟ้า

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

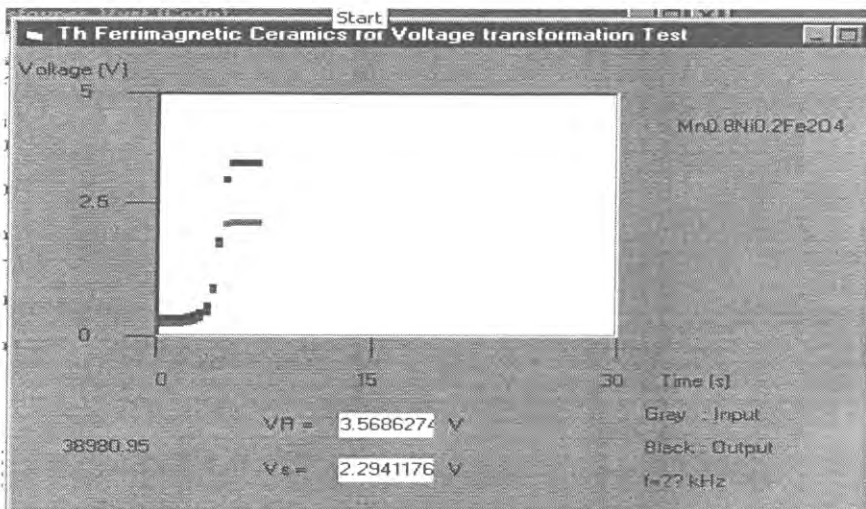
11.1 การประยุกต์ใช้เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้า

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับการวัดการแปลงแรงดันไฟฟ้าด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 11.1.1 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์ใช้สาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับการวัดการแปลงแรงดันไฟฟ้าด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 11.1.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นอากาศและหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้มีความต้านทานขดปฐมภูมิ 1.65Ω และความต้านทานขดทุติยภูมิ 1.6Ω กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด 39Ω ขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงจะแปลงแรงดันไฟฟ้านี้ออกทางขดทุติยภูมิ แรงดันไฟฟ้าที่ขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิมีค่า V_0 และ V_1 ตามลำดับ ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_0 เข้าทางอินพุท 0 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อกำหนดให้ V_1 เข้าทางอินพุท 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าอินพุท V_0 และแรงดันเอาท์พุท V_1 จะเข้าไปที่ input 0 (I0) และ input 1 (I1) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) V_0 และ V_1 จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_0 = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิชวลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ แปลง V_0 เป็น V_R ด้วยคำสั่ง $V_R = (5 / 255) * V_0$ แสดงแรงดันไฟฟ้า (V_R) บนจอสำหรับอินพุทด้วยคำสั่ง LabelVR.Caption = V_R $V_1 = \text{Inp}(\&H14C0)$ แปลง V_1 เป็น V_S ด้วยคำสั่ง $V_S = (5 / 255)$

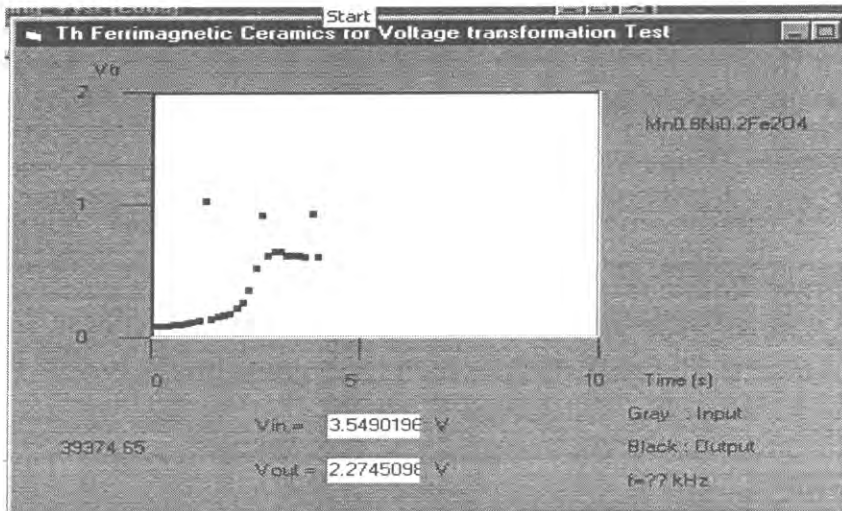
* V แสดงแรงดันไฟฟ้า (Vs) บนจอสำหรับอินพุตด้วยคำสั่ง LabelVs.Caption = Vs กำหนดพิกัด $x_0 = i$ และ $y_0 = 255 - V_0$ สำหรับแสดงกราฟ V_0 vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet ($x_0, 10 * y_0$), vbBlue กำหนดพิกัด $x_1 = i$ และ $y_1 = 255 - V_1$ สำหรับแสดงกราฟ V_1 vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet ($x_1, 10 * y_1$), vbGreen หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ V_0 vs. t และ V_1 vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ แล้วปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าในช่วง 2.2 kHz – 67.1 kHz คำนวณอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้า (V_{Tr}) = V_1/V_0 แสดงกราฟของ V_{Tr} vs. t บนจอคอมพิวเตอร์โดยใช้ช่วงความถี่ของแรงดันไฟฟ้า (f) ช่วงเดียวกัน ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 11.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับการวัดการแปลงแรงดันไฟฟ้าด้วย Visual Basic



ก) แรงดันไฟฟ้าของขดปฐมภูมิ (V_0) และแรงดันไฟฟ้าของขดทุติยภูมิ (V_1) ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (t)



ข) อัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (V_{Tr} vs t)

รูปที่ 11.1.2 Form และภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์ใช้สาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับการวัดการแปลงแรงดันไฟฟ้าด้วย Visual Basic

Code

'Transformer Test for Ferrimagnetic Ceramics

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
        Out &H14C4, &H0 'lo
```

```
        Call delay
```

```
        V0 = Inp(&H14C0)
```

```
        VR = (5 / 255) * V0 'V
```

```
        LabelVR.Caption = VR
```

```
        Out &H14C4, &H1 'l1
```


Call delay

```

V1 = Inp(&H14C0)
Vs = (5 / 255) * V1
LabelVs.Caption = Vs
x0 = i
y0 = 255 - V0
X1 = i
Y1 = 255 - V1
Picture1.PSet (x0, 10 * y0), vbBlue
Picture1.PSet (X1, 10 * Y1), vbGreen

```

Next i

End Sub

Sub delay()

```

For j = 1 To 2100 '30 s
    DoEvents
    Label8.Caption = Timer
Next j

```

End Sub

Code

'Transformer Test for Ferrimagnetic Ceramics

```

Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)

```

Private Sub Form_Load()

```

Left = (Screen.Width - Width) / 2
Top = (Screen.Height - Height) / 2
Out &H14CC, &H90

```

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()

```

Picture1.Cls
For i = 20 To 3500 Step 50

```

```

Out &H14C4, &H0    'lo
Call delay
V1 = Inp(&H14C0)
Vin = (5 / 255) * V1    'V
LabelVin.Caption = Vin
Out &H14C4, &H1    'l1
Call delay
V2 = Inp(&H14C0)
Vout = (5 / 255) * V2
LabelVout.Caption = Vout
VTr = Vout / Vin
x = i
y = 255 - (255 / 2) * VTr
Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue

```

```
Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
For j = 1 To 700 '10 s
```

```
DoEvents
```

```
Label8.Caption = Timer
```

```
Next j
```

```
End Sub
```

ผลและวิเคราะห์ผล

1) แกนของหม้อแปลงไฟฟ้า

ผลการประยุกต์ใช้สาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับการวัดการแปลงแรงดันไฟฟ้าด้วย LabVIEW แสดงดังรูปที่ 11.1.2 สารตัวอย่างที่ใช้เป็นสาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ ที่ทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้า ความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ทดลองอยู่ในช่วง 2.2 kHz – 67.1 kHz เมื่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น พบว่าปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามเวลา คือ V_0 vs. t, V_1 vs. t และ V_{Tr} vs. t อัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นสารนี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาที่ความถี่หนึ่งพบว่าอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นสารนี้จะมีค่ามากกว่าอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแกนเป็นอากาศ

สรุปผลการทดลอง

1) สาร $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ สามารถทำหน้าที่เป็นแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามความถี่

2) ได้ควบคุมการวัดเกือบทั้งหมดด้วย ET-PCI8255V3 Card และ Visual Basic

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Azadmanjiri, J., 2006, Magnetic properties of nanosize NiFe_2O_4 particles synthesized by sol-gel auto combustion method, Ceramic International.
- Borges, F. M. M., 2006, Magnetism behaviour of nanocrystalline MnCo_2O_4 spinels, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 302(2): 273-277.
- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Ghatage, A.K., 1996, X-ray, infrared and magnetic studies of chromium substituted nickel ferrite, J. Mater. Sci. Lett. 15 :1548-1550.
- Ichiyanagi, Y., 2006, Magnetic properties of Mg-ferrite nanoparticles, Journal of Magnetism and Magnetic Materials.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.

12. การประยุกต์ใช้งานให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตริซิสแตนซ์ และอุปกรณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

Applications for the operation of magnetoresistance device and magnetoimpedance device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้ทำการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244), การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิชาลเบสิก เมื่อปล่อยสนามแม่เหล็กที่มีขนาด 0.26 Wb/m^2 ให้แก่สาร $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ พบว่าความต้านทานของสารมีค่าลดลงเป็น $5.34 \text{ k}\Omega$ เนื่องจากผลของการเกิดปรากฏการณ์แมกนีโตริซิสแตนซ์ เมื่อทดลองโดยใช้สนามแม่เหล็กที่มีขนาด 0.26 Wb/m^2 อิมพีแดนซ์ของสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ มีค่าลดลงเป็น $0.52 \text{ M}\Omega$ ในสนามแม่เหล็ก

คำสำคัญ : เซรามิกส์แมกนีโตริซิสแตนซ์ เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ วิชาลเบสิก

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. When the magnetic field of 0.26 Wb/m^2 was applied to $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$, the resistances of this sample decreased to be $5.34 \text{ k}\Omega$, respectively due to the effect of magnetoresistance effect. The $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ sample can be used for demonstration the magnetoimpedance effect by impedance decreasing of $0.52 \text{ M}\Omega$ in magnetic field.

Keyword : magnetoresistance ceramics , magnetoimpedance ceramics , Visual Basic

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Physics student, Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science,
Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

ก) เซรามิกส์แมกนีโตริซิสแตนซ์

มีผู้เตรียมสาร $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ และ $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.33}\text{MnO}_3$ ทดสอบแมกนีโตรีซิสแตนซ์ (magnetoresistance test) โดยการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ $B=f(R)$ ใช้สำหรับออกแบบเป็นหัววัดสนามแม่เหล็ก (Yunhui Xu, 2001) มีผู้เตรียมสาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ วัดความนำไฟฟ้าที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก (G vs B) (Kozlova, N, 2003) มีผู้ทดลองโดยการหมุนแท่งแม่เหล็กถาวรตัดหัววัดจีเอ็มอาร์ ความต้านทานของหัววัดจะเปลี่ยนแปลง ปลอยกระแสไฟฟ้าผ่านหัววัดแล้ววัดแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่วัดได้จะนำไปประยุกต์ใช้ในการรับรู้อัตราเร็วของการหมุนและแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามมุมจะนำไปใช้ในการตรวจวัดมุม (Giebler C., 2001) มีผู้เตรียม $\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($x=0.0, 0.2, 0.4, 0.8$) วัดแมกนีโตเซชันที่ขึ้นกับความเข้มข้นสนามแม่เหล็ก (M vs H) ความต้านทานขณะที่ได้รับและไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก (R_H, R_0) จำนวนความต้านทานที่เปลี่ยนแปลง (ΔR) จำนวนอัตราส่วนแมกนีโตเซชัน ($\Delta R/R_0$) เขียนกราฟอัตราส่วนแมกนีโตเซชัน ($\Delta R/R_0$) ที่ขึ้นกับความเข้มสนามแม่เหล็ก H อัตราส่วน $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ เป็นสาเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ (Hongwei Qin, 2000) มีผู้หมุนแท่งแม่เหล็กให้ตัดหัววัดจีเอ็มอาร์ (GMR sensor) ผลการวัดพบว่าความต้านทานของหัววัดมีค่าลดลงในขณะที่สนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ของค่าการหมุนที่ขึ้นกับความเร็วจะนำไปประยุกต์ใช้เป็นหัววัดความเร็ว (velocity sensor) ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการหมุนกับความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงจะนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดมุม (angle sensor) (Treutler, C. P. O., 2001) มีผู้ศึกษาออกไซด์แม่เหล็กเฟอร์โรกึ่งโลหะ (semimetallic ferromagnetic oxides) ที่แสดงศักยภาพเด่นชัดสำหรับการพัฒนาหัววัดแมกนีโตรีซิสแตนซ์ ได้รายงานการออกแบบ การสร้างและการทดสอบหัววัดตำแหน่งแบบเปิดปิดไม่มีการสัมผัส (contact-less on-off position sensor) ที่ทำมาจากฟิล์มหนา $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ (Rubi, D., 2006) มีผู้ศึกษาสารตัวอย่าง $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ โดยการวัดแมกนีโตเซชันและความต้านทานแม่เหล็กในสนามแม่เหล็กแบบพัลส์ที่สูงถึง 50 เทสลา (Yurii Skourski, 2004) มีผู้ศึกษาหัววัดจีเอ็มอาร์สำหรับการประยุกต์ใช้ที่ความถี่ต่ำและสูง วงการลำและการตอบสนองต่อสนามแม่เหล็กมีความสำคัญ หัววัดแบบนี้ใช้แทนหัววัดฮอลล์ได้ (Fermon, C., 2006)

ข) เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

มีผู้ศึกษาโดยการปลอยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลดและสารแล้ววัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสาร (I) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (V) จำนวนอิมพีแดนซ์ของสาร (Z) ด้วยสูตร $Z=V/I$ เลื่อนสารเข้าหาสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งต่างๆกัน ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างสารกับแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กจะใช้ในการตรวจวัดตำแหน่ง หัววัดแมกนีโตอิมพีแดนซ์ (magneto-impedance sensor) ทำมาจากลวดอสัณฐาน FeCoSiB (Kentaro Totsu, 2004) มีผู้เตรียมสาร $\text{FeCoSiB}/\text{Cu}/\text{FeCoSiB}$ ศึกษาปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ โดยการวัดอิมพีแดนซ์ของสารที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก (Z vs B) ความสัมพันธ์ $B=f(Z)$ ใช้ในการประยุกต์ใช้ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดสนามแม่เหล็ก (Yamadera, H., 2000) มีผู้เตรียมสาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ผลการวัดพบว่าเมื่อเพิ่มความถี่ของแรงดันไฟฟ้า อิมพีแดนซ์ของสารลดลง เมื่อความเข้มสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าลดลง โมเมนต์เหล็กของสารลดลง (Jifan Hu, 2001) มีผู้บรรยายแนวความคิดพื้นฐานและการประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์แรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านแบบ LC (LC high pass filter) สำหรับหัววัดแมกนีโตอิมพีแดนซ์ (Seung-Dae Kim, 2006) มีผู้สังเกตพบปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ใหญ่โต (GMI effect) ในเฟอร์ไรต์แมงกานีสซึ่งที่อุณหภูมิห้อง ผลปรากฏว่าแมกนีโตอิมพีแดนซ์มีค่า -61.2 % ที่ความถี่ $f=5$ MHz ภายใต้สนาม $H=3$ kOe (Fijan Hu, 2006) มีผู้รายงานปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ใน $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.33}\text{MnO}_3$ ภายใต้

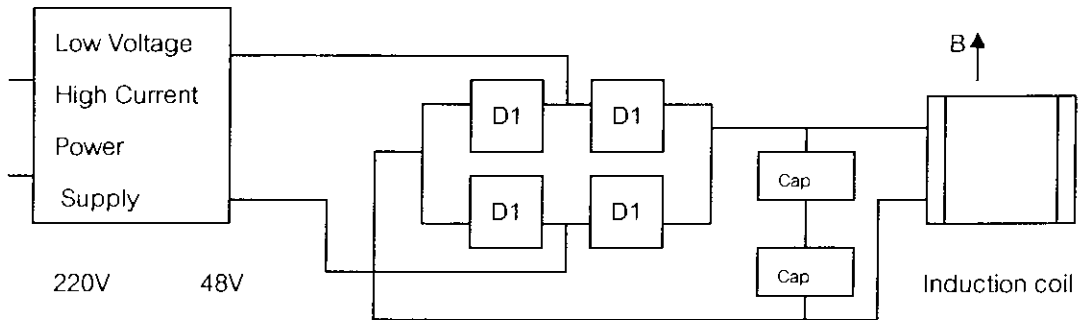
สนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าต่ำ การพบนี้ได้เปิดเผยความสัมพันธ์ระหว่างอำนาจแม่เหล็กกับการขนย้ายทางอิเล็กทรอนิกส์ (Jifan Hu, 2000)

บทความนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์และอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

18.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์

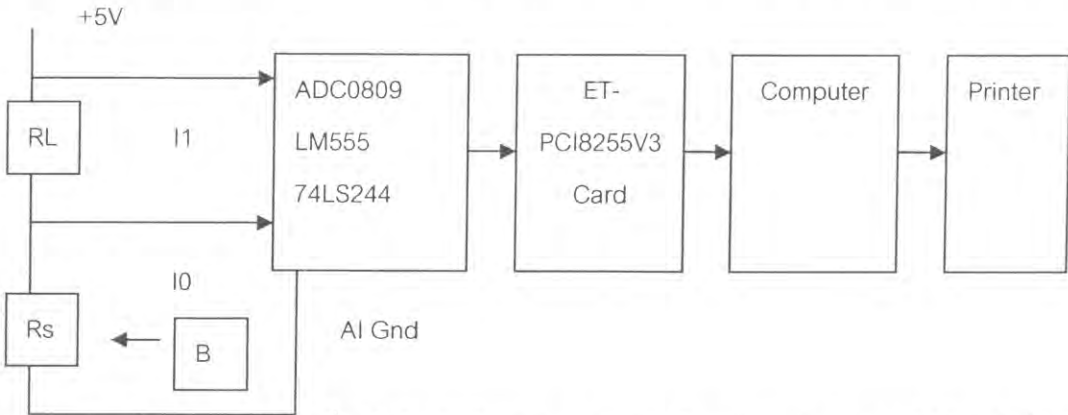
1) จัดเครื่องมือเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง (high strength magnetic field) ดังแสดงในรูปที่ 18.1.1 ปลั๊กไฟบ้าน 220 V มายังหม้อแปลงไฟฟ้า 220 V-48 V หม้อแปลงไฟฟ้านี้จะแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 V นี้ให้เป็น 48 V ส่งไปยังไดโอดที่ต่อแบบบริดจ์เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ส่งมายังวงจรกรองกระแสไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุไฟฟ้า 2 ตัว เพื่อกรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบหรือมีค่าคงที่ แรงดันที่ได้มีค่าประมาณ 54 V จะถูกส่งไปยังขดลวดเหนี่ยวนำ มีสนามแม่เหล็ก (B) เกิดขึ้นตามกฎของแอมแปร์ $B = \mu NI/L$ สนามแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมีขนาด $1.314 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ (ภายในแกนเหล็ก) สนามแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมีขนาด 0.26 Wb/m^2 (ที่ผ่านสารตัวอย่าง)



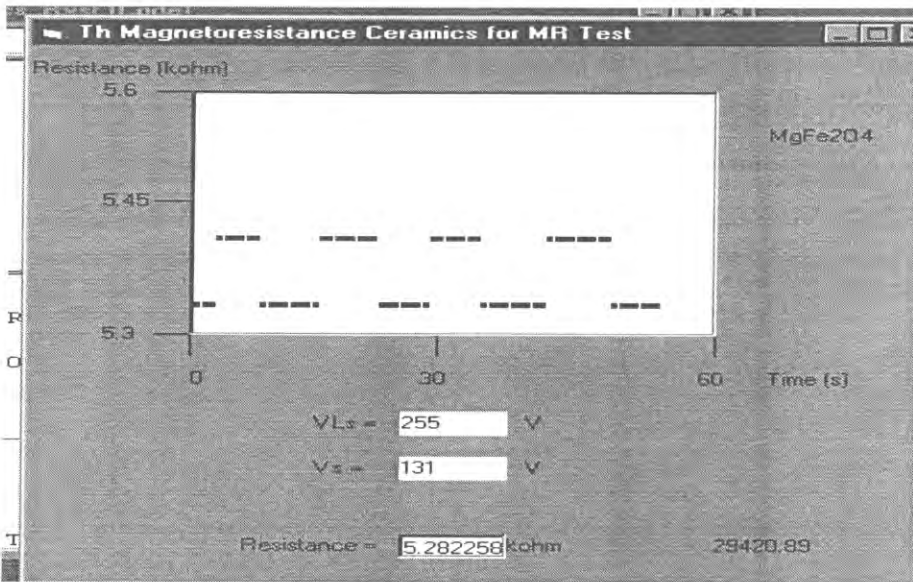
รูปที่ 18.1.1 การจัดเครื่องมือเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง

2) จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 18.1.2 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์ใช้สาร MgFe_2O_4 และ $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 18.1.3 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ กระแสไฟฟ้าจากขั้ว +5 V ของ DC Power Supply ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $100 \text{ k}\Omega$ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 0 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (I0) และ analog input 1 (I1) ของ ADC0809 ตามลำดับ เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) V_s และ V_{Ls} จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_s = \text{Inp}(\&H14C0)$ และ $V_{Ls} = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ คอมพิวเตอร์จะคำนวณ $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L/R_L$ ให้

กระแสไฟฟ้าสาร ($I_s = I_L$) คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ แสดงค่าความต้านทาน (R) บนจอด้วยคำสั่ง LabelR.Caption = R กำหนดพิกัด x = i และ y = 255 - (255 / 0.3) * (R - 5.3) สำหรับแสดงกราฟ R vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง R vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ แล้วปล่อยสนามแม่เหล็ก $B = 0.26 \text{ Wb/m}^2$ เข้าไป ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 18.1.2 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ด้วย Visual Basic



รูปที่ 18.1.3 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์ใช้สาร $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ด้วย Visual Basic

Code

'MagnetoResistance Effect Test for MagnetoResistance Ceramics

Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer

```
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
        Out &H14C4, &H0      'lo
```

```
        Call delay
```

```
        Vs = Inp(&H14C0)
```

```
        Out &H14C4, &H1      'l1
```

```
        Call delay
```

```
        VLs = Inp(&H14C0)
```

```
        VL = VLs - Vs
```

```
        RL = 5              'kohm
```

```
        IL = VL / RL       'mA
```

```
        R = (Vs / IL)     'kohm
```

```
        LabelVLs.Caption = VLs
```

```
        LabelVs.Caption = Vs
```

```
        LabelR.Caption = R
```

```
        x = i
```

```
        y = 255 - (255 / 0.3) * (R - 5.3)
```

```
        Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
```

```
    Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
    For j = 1 To 4200 '60 s
```

```
        DoEvents
```

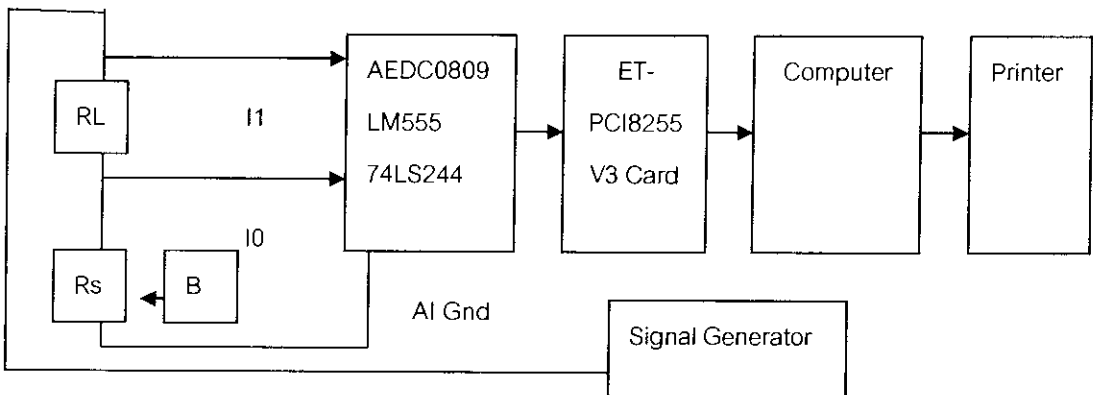
```
        Label8.Caption = Timer
```

```
    Next j
```

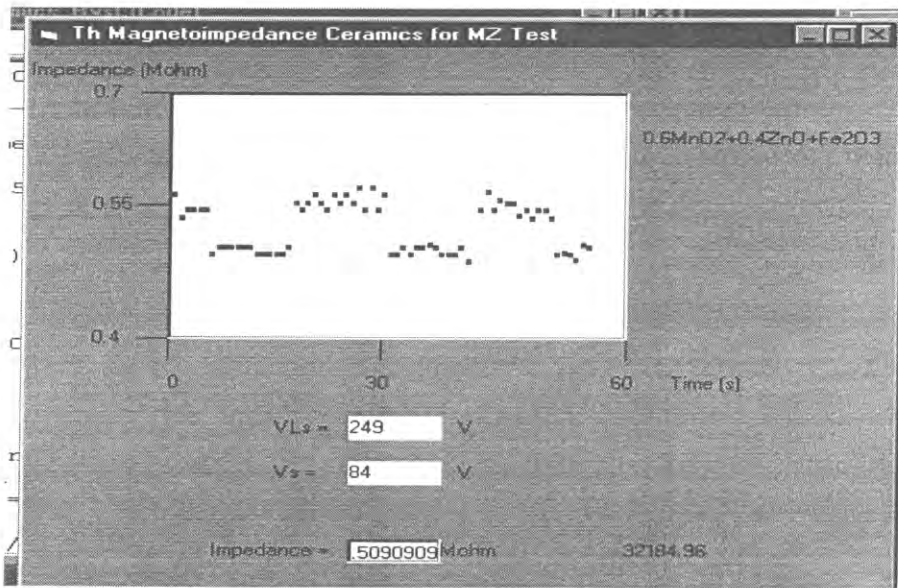

End Sub

12.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เพื่อสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 12.2.1 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เพื่อสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 12.2.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $2\text{ M}\Omega$ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม V_L และ V_s ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 0 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อกำหนดให้ V_{Ls} เข้าทางอินพุต 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับและจะเข้าไปที่ analog input 0 (I0) และ analog input 1 (I1) ของ ADC0809 ตามลำดับ เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) V_s และ V_{Ls} จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_s = \text{Inp}(\&H14C0)$ และ $V_{Ls} = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inport32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซัลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ คอมพิวเตอร์จะคำนวณ $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ ให้กระแสไฟฟ้าสาร (I_s) = I_L คำนวณอิมพีแดนซ์ของสารตัวอย่างด้วยสูตร $Z = V_s / I_s$ แสดงค่าอิมพีแดนซ์ (Z) บนจอด้วยคำสั่ง LabelZ.Caption = Z กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 0.3) * (Z - 0.4)$ สำหรับแสดงกราฟ R vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง Z vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ แล้วปล่อยสนามแม่เหล็ก $B = 0.26\text{ Wb/m}^2$ เข้าไปบันทึกความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 12.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เพื่อสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ด้วย Visual Basic



รูปที่ 12.2.2 Form และภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เพื่อสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ด้วย Visual Basic

Code

'MagnetoResistance Effect Test for MagnetoResistance Ceramics

```
Private Declare Function Inp Lib "input32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
        Out &H14C4, &H0    'lo
```

```
        Call delay
```

```
        Vs = Inp(&H14C0)
```

```
        Out &H14C4, &H1    '11
```

```

Call delay
VLs = Inp(&H14C0)
VL = VLs - Vs
RL = 1      'Mohm
IL = VL / RL  'uA
Z = (Vs / IL)  'Mohm
LabelVLs.Caption = VLs
LabelVs.Caption = Vs
LabelZ.Caption = Z
x = i
y = 255 - (255 / 0.3) * (Z - 0.4)
Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue

```

```
Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
For j = 1 To 4200 '60 s
```

```
DoEvents
```

```
Label8.Caption = Timer
```

```
Next j
```

```
End Sub
```

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์

ผลประยุกต์ใช้สาร $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 12.1.3 เมื่อทดลองโดยใช้สนามแม่เหล็กที่มีขนาด 0.26 Wb/m^2 ความต้านทานของสารมีค่าลดลงเป็น $5.34 \text{ k}\Omega$ ในขณะที่ได้รับสนามแม่เหล็ก แต่ความต้านทานของสารมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น $5.42 \text{ k}\Omega$ ในขณะที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก

2) อุปกรณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

ผลการประยุกต์สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ด้วย Visual Basic เมื่อทดลองโดยใช้ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเป็น 2600 Hz และใช้สนามแม่เหล็กที่มีขนาด 0.26 Wb/m^2 อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าลดลงเป็น $0.52 \text{ M}\Omega$ ในขณะที่ได้รับสนามแม่เหล็ก แต่อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น $0.5 \text{ M}\Omega$ ในขณะที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก

สรุปผลการทดลอง

1) สามารถประยุกต์ใช้สาร $\text{Ni}_{0.65}\text{Zn}_{0.35}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ได้

- 2) สามารถประยุกต์สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์
- 3) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย ET-PCI8255V3 Card และ Visual Basic

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Fermon, C., 2006, Optimised GMR sensors for low and high frequencies applications, *Sensors and Actuators A: Physical*, 129(1-2), 203-206.
- Fijan Hu, 2006, Giant magnetoimpedance in a MnZn ferrite, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 302(2): 375-377.
- Giebeler, C., 2001, GMR sensors for angle detection and rotation speed sensing, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 16-20.
- Hongwei Qin, 2000, Magnetic properties and magnetoresistance effects of $\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ sintered ferrites, *Solid State Communications*, 115(5): 233-235.
- Jifan Hu, 2000, Magnetoimpedance effect in $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.67}\text{MnO}_3$ under low dc magnetic fields, *Solid State Communications*, 116(3): 159-162.
- Jifan Hu, 2001, Magnetoimpedance effect in $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 234(3): 419-422.
- Kentaro Totsu, 2004, Three-axis magneto-impedance effect sensor system for detecting position, *Sensors and Actuators A: Physical*, 111(2-3): 304-309.
- Kozlova, N., 2003, Intergrain magnetoresistance of $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ in pulsed magnetic fields up to 50 T, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 261(1-2): 48-55.
- Rubi, D., 2006, On-off magnetoresistive sensor based on screen-printed $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ manganite, *Sensors and Actuators A: Physical*, 132(1): 52-55.
- Seung-Dae Kim, 2006, Magnetic field sensitivity of LC filter-type magnetoimpedance sensors, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 304(1): 391-393.
- Treutler, C. P. O., 2001, Magnetic sensors for automotive applications, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 206.
- Yamadera, H., 2000, Thin film magnetic field sensor utilizing Magneto-impedance effect, *Sensors and Actuators A: Physical*, 82(1-3): 155-160.
- Yunhui Xu, 2001, Magnetic field sensor from polycrystalline manganites, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 26-29.
- Yurii Skourski, Magnetization and magneto-resistance measurements of bulk $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ in pulsed magnetic fields up to 50 T, *Physica B Condensed Matter*, 346-347: 325-328.

13. การประยุกต์ใช้งานให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอิเล็กทริก และอุปกรณ์แมกนีโตอีลาสติก

Applications of demonstrative device for magnetoelectric device and magnetoelastic device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัสดุสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้หาการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244) , การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิชวลเบสิก ได้วัดปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริกของสาร BiCrO_3 พบว่าแรงดันแมกนีโตอิเล็กทริกของทุกสารมีค่าเปลี่ยนแปลงในขณะที่ได้รับสนามแม่เหล็กขนาด 0.26 Wb/m^2 ดังนั้นสารเหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอิเล็กทริก เมื่อวัดปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติกของสาร MgFe_2O_4 ผลปรากฏว่าค่าแรงกดอัดสารมากขึ้น ความต้านทานไฟฟ้าจะมีค่าลดลงในช่วง $9 \text{ M}\Omega - 7.3 \text{ M}\Omega$ สารนี้สามารถประยุกต์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอีลาสติก

คำสำคัญ : เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก เซรามิกส์แมกนีโตอีลาสติก วิชวลเบสิก

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. Magnetoelectric effects of BiCrO_3 materials were measured. The results showed that magnetoelectric voltages of all samples changed under the applied magnetic field of 0.26 Wb/m^2 . So, these samples can be used for demonstration the magnetoelectric effect. The magnetoelastic effect of MgFe_2O_4 material was measured. The results showed that the resistance decreased in the interval of $9 \text{ M}\Omega - 7.3 \text{ M}\Omega$ when the sample was pressed. This sample can be used as demonstrative device for magnetoelectric and magnetoelastic effect.

Keyword : magnetoelectric ceramics , magnetoelastic effect , Visual Basic

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

ก) เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก

มีผู้ศึกษา BiMnO_3 เป็นวัสดุแมกนีโตอิเล็กทริก (magnetolectric material) ที่แสดงปรากฏการณ์ไฟฟ้าเฟอร์โรแมกนีโต (magnetoferroelectricity effect) ปรากฏการณ์นี้จะเกี่ยวข้องกับอำนาจแม่เหล็กเฟอร์โร (ferromagnetism) และไฟฟ้าเฟอร์โร (ferroelectricity) สมบัติเชิงแม่เหล็กที่สารนี้แสดง คือ วงการล้าแม่เหล็ก (B vs H) สมบัติเชิงไฟฟ้าที่สารนี้แสดง คือ วงการล้าไฟฟ้า (P vs E) (Moreira, A., 2002) มีผู้เตรียมวัสดุแมกนีโตอิเล็กทริกที่มีสูตรเป็น $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ba}_{0.8}\text{Pb}_{0.2}\text{TiO}_3$ ทำการทดลองเกี่ยวกับการโพลิงไฟฟ้า (electric poling) และการโพลิงแม่เหล็ก (magnetic poling) แล้ววัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ขึ้นกับความถี่ (ϵ_r vs f) และค่าสภาพซาบซึมได้ทางแม่เหล็กที่ขึ้นกับความถี่ (μ_r vs f) วัดความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็ก (E vs B) คำนวณตัวประกอบการแปลงผันแมกนีโตอิเล็กทริก (magnetolectric conversion factor (dE/dH)) (Patankar, K. K., 2001) มีผู้เตรียมเซรามิกส์ผสมเฟอร์โรอิเล็กทริก-เฟอร์ไรต์ PMZNT และ NiCuZn วัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ขึ้นกับความถี่ (ϵ_r vs f) และค่าสภาพซาบซึมได้ทางแม่เหล็กที่ขึ้นกับความถี่ (μ_r vs f) วัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (ϵ_r vs T) และค่าสภาพซาบซึมได้ทางแม่เหล็กที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (μ_r vs T) สารแสดงสมบัติแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งจะนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์การกรอง EMI (Zhenxing Yue, 2004) มีผู้เตรียมสาร BiMnO_3 ทดสอบปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริก (magnetolectric effect) วัดความจุไฟฟ้า C ที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก B วัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกขณะที่ได้รับและไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก [$\epsilon_r(H)$, $\epsilon_r(0)$] คำนวณค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่เปลี่ยนไป [$\epsilon_r(H)-\epsilon_r(0)$] เขียนกราฟเพื่อแสดงค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่เปลี่ยนไป [$\epsilon_r(H)-\epsilon_r(0)$] ที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็กที่ได้รับ B (Youn-Ki Jun, 2005) มีผู้สังเกตพบการเกิดขึ้นพร้อมกันของสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกและสมบัติเฟอร์โรแมกเนติกที่อุณหภูมิห้อง ได้ประสบความสำเร็จในการเปลี่ยน PbTiO_3 ที่เป็นเฟอร์โรอิเล็กทริกไปเป็นวัสดุแมกนีโตอิเล็กทริกโดยการแทนที่ Fe ที่ตำแหน่ง Ti ระบบ $\text{Pb}(\text{Fe}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ (Palkar, V. R., 2005)

ข เซรามิกส์แมกนีโตอีลาสติก

มีผู้จัดการทดลองในลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ทำการแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก V_1 มาเป็น V_2 อัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้ามีค่า $V_{T_r}=V_2/V_1$ หม้อแปลงไฟฟ้ามีแกนเป็นสารที่แสดงสมบัติแมกนีโตอีลาสติก (magnetoelastic property) ใช้แรง F กระทำ มีความเค้น F/A เกิดขึ้น ค่าสภาพซาบซึมได้ทางแม่เหล็กสัมพันธ์ (μ_r) มีค่าลดลง สนามแม่เหล็ก $B=\mu_0\mu_r H$ ลดลง วงการล้า $B-H$ มีขนาดเล็กลง วัดความเค้นเป็นฟังก์ชันของสนามแม่เหล็ก ค่าสภาพซาบซึมได้ทางแม่เหล็กและอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้า $\text{stress}=f(B)$, $f(\mu_r)$, $f(V_{T_r})$ วัดแรงเป็นฟังก์ชันของสนามแม่เหล็ก ค่าสภาพซาบซึมได้ทางแม่เหล็กและอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้า $\text{stress}=f(B)$, $f(\mu_r)$, $f(V_{T_r})$ (Adam Bie kowski, 2004) มีผู้ศึกษาเกจความเครียดจุลภาค (microstrain gauge) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเครียด ปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติก (magnetoelastic effect) คือ ปรากฏการณ์ที่ความยืดหยุ่นทำให้โมเมนต์แม่เหล็กของสารเปลี่ยนหม้อแปลงไฟฟ้าจุลภาค (microtransformer) คือ หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก ความเครียดที่เกิดขึ้นในวัสดุทำให้โมเมนต์แม่เหล็กของแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงจะเป็นหลักการสำคัญสำหรับการทำงานของหัววัดความเครียดนี้ (Ben Amor, 2005) มีผู้ศึกษาโดยการนำหัววัดตำแหน่งไปใช้งานโลหะของหัววัดจะงอซึ่งส่งผลทำให้สภาพซาบซึมได้ทางแม่เหล็กเปลี่ยนแปลง โลหะของหัววัดนี้ทำมาจากสาร $\text{Fe}_{78}\text{Si}_8\text{B}_{14}$ จะทำหน้าที่เป็นแกนของขดลวดซึ่งได้รับกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าตก

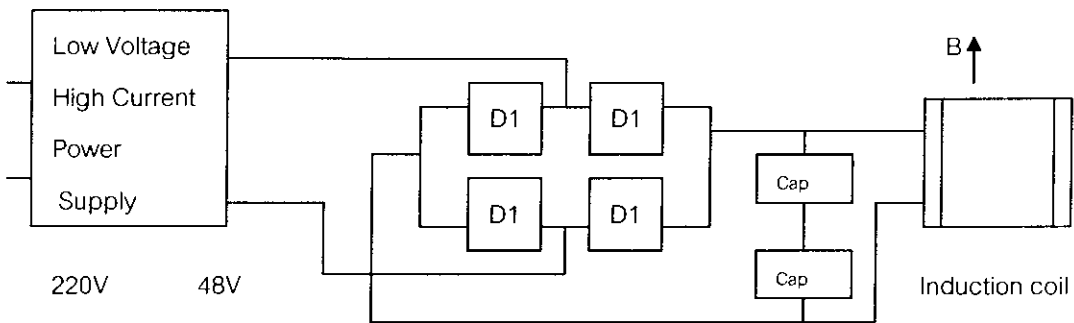
คร่อมขดลวดจะขึ้นกับตำแหน่งที่จัด ตำแหน่งที่จะวัดมีความสัมพันธ์กับค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กเนื่องจากผลของการงอ (Pfutzner, H., 2005)

บทความนี้เป็นการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริกและอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอัสติก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

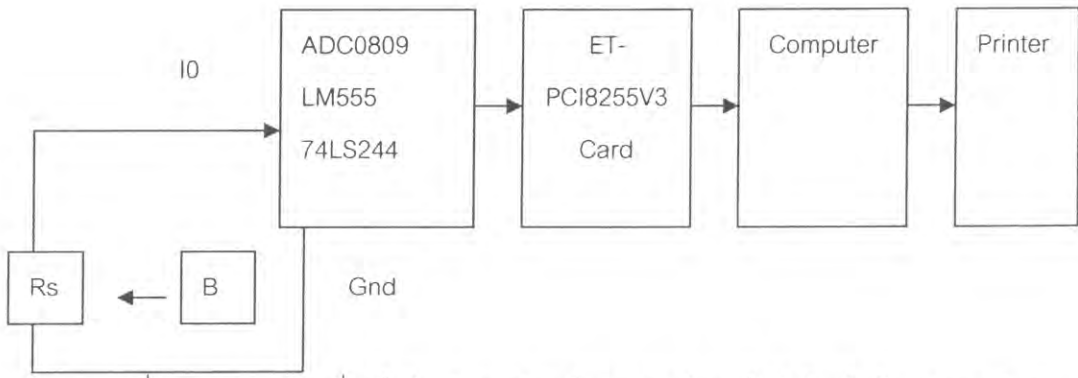
13.1 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอิเล็กทริก

1) จัดเครื่องมือเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง (high strength magnetic field) ดังแสดงในรูปที่ 13.1.1 ปลั๊กไฟบ้าน 220 V มายังหม้อแปลงไฟฟ้า 220 V-48 V หม้อแปลงไฟฟ้านี้จะแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 V นี้ให้เป็น 48 V ส่งไปยังไดโอดที่ต่อแบบบริดจ์เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ส่งมายังวงจรกรองกระแสไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุไฟฟ้า 2 ตัว เพื่อกรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบหรือมีค่าคงที่ แรงดันที่ได้มีค่าประมาณ 54 V จะถูกส่งไปยังขดลวดเหนี่ยวนำ มีสนามแม่เหล็ก (B) เกิดขึ้นตามกฎของแอมแปร์ $B = \mu NI/L$ สนามแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมีขนาด $1.314 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ (ภายในแกนเหล็ก) สนามแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมีขนาด 0.26 Wb/m^2 (ที่ผ่านสารตัวอย่าง)

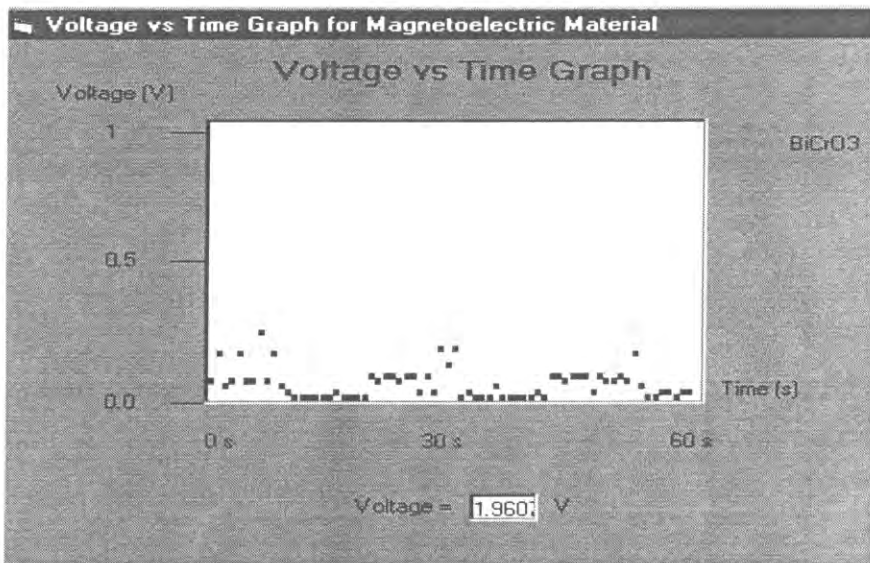


รูปที่ 13.1.1 การจัดเครื่องมือเพื่อเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง

2) จัดเครื่องมือสำหรับการจัดเตรียมอุปกรณ์แมกนีโตอิเล็กทริกด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 13.1.2 สร้าง Form สำหรับจัดเตรียมอุปกรณ์แมกนีโตอิเล็กทริกด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 13.1.3 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ BiCrO_3 ส่งแรงดันไฟฟ้าจากสาร (V) ไปเข้าที่ analog input 0 (I0) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) V จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (V) บนจอด้วยคำสั่ง `LabelV.Caption = V` กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 10 * (255 - V * 5)$ สำหรับแสดงกราฟ V vs. t บนจอด้วยคำสั่ง `Picture1.PSet (x, 10 * y), vbGreen` หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง `Call Delay` คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ แล้วปล่อยสนามแม่เหล็ก $B = 0.26 \text{ Wb/m}^2$ เข้าไป ใช้คำสั่ง `Print Screen` เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 13.1.2 การจัดเครื่องมือสำหรับการจัดเตรียมอุปกรณ์แมกนีโตอิเล็กทริกด้วย Visual Basic



รูปที่ 13.1.3 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดเตรียมอุปกรณ์แมกนีโตอิเล็กทริกด้วย Visual Basic

Code

'Voltage vs Time Graph for magnetolectric material

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```



```
Picture1.Cls
```

```
For I = 20 To 3500 Step 50
```

```
    V = Inp(&H14C0)
```

```
    x = i
```

```
    y = 10 * (255 - V * 5)
```

```
    Picture1.PSet (x, y), vbBlue
```

```
    Label3.Caption = (5 / 255) * V
```

```
    Call Delay
```

```
    Next I
```

```
End Sub
```

```
Sub Delay()
```

```
    For I = 1 To 50000          '60 s
```

```
        DoEvents
```

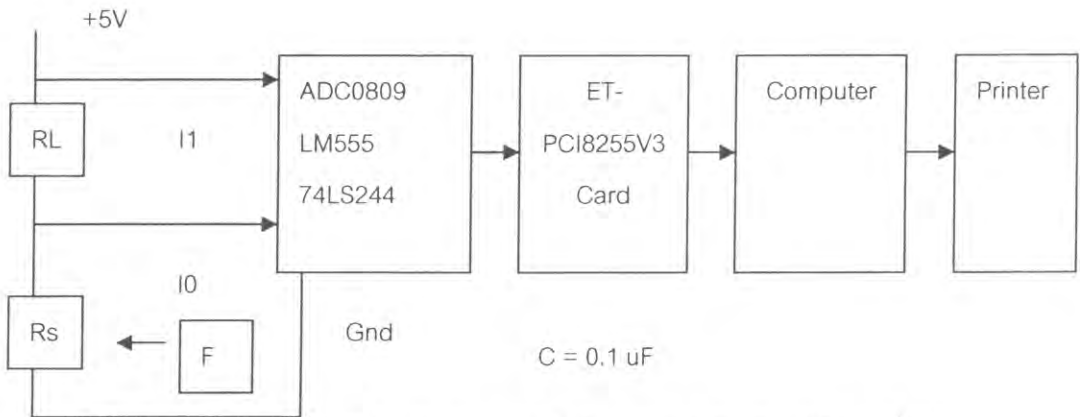
```
    Next I
```

```
End Sub
```

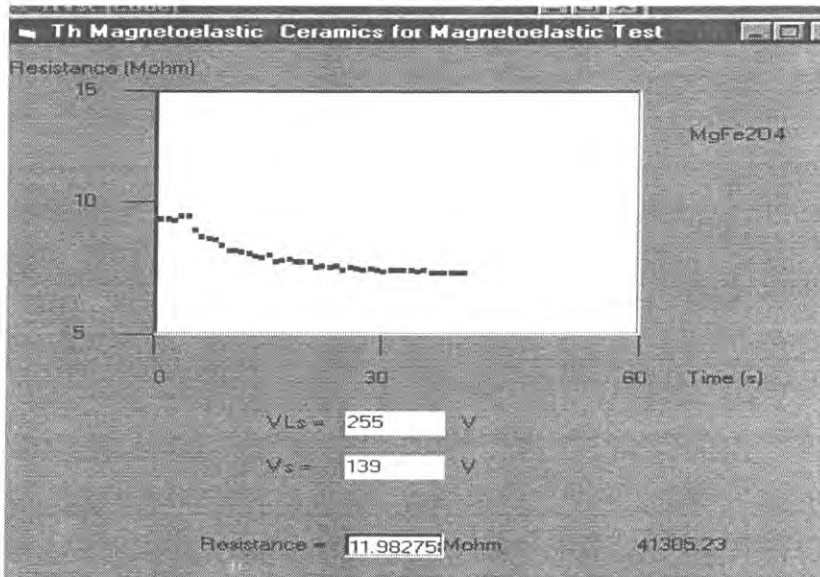
13.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอีลาสติก

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้ของสาร $MgFe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอีลาสติกด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 13.2.1 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์ใช้ของสาร $MgFe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอีลาสติกด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 13.2.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ $MgFe_2O_4$ กระแสไฟฟ้าจากขั้ว +5V ของ DC Power Supply ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $10\text{ M}\Omega$ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 0 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อกำหนดให้ V_{Ls} เข้าทางอินพุต 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ R_s+R_L มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ input 0 (I0) และ input 1 (I1) ของ ADC0809 ตามลำดับ เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) V_s และ V_{Ls} จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_s = \text{Inp}(\&H14C0)$ และ $V_{Ls} = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ คอมพิวเตอร์จะคำนวณ $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ ให้กระแสไฟฟ้าสาร (I_s) $= I_L$ คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ แสดงค่าความต้านทาน (R) บนจอด้วยคำสั่ง LabelR.Caption = R กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 50) * (R)$ สำหรับแสดงกราฟ R vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue ระยะเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง R vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ หมุนไมโครมิเตอร์เพื่อให้เกิดแรงกดอัดสาร ความต้านทานไฟฟ้า (R_s) เกิดการเปลี่ยนแปลงในขณะที่สารได้รับแรงกดอัดซึ่งเป็นผลของการเกิดปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติกของแมกนีโตอีลาสติกเซรามิกส์

ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 13.2.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้ของสาร $MgFe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอีลาสติกด้วย Visual Basic



รูปที่ 13.2.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์ใช้ของสาร $MgFe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอีลาสติกด้วย Visual Basic

Code

'Magnetoelastic Test for Magnetoelastic Ceramics

Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer

Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)

Private Sub Form_Load()

Left = (Screen.Width - Width) / 2

Top = (Screen.Height - Height) / 2

```
Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
Picture1.Cls
```

```
For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
Out &H14C4, &H0 'lo
```

```
Call delay
```

```
Vs = Inp(&H14C0)
```

```
Out &H14C4, &H1 '11
```

```
Call delay
```

```
VLs = Inp(&H14C0)
```

```
VL = VLs - Vs
```

```
RL = 10 'Mohm
```

```
IL = VL / RL 'uA
```

```
R = (Vs / IL) 'Mohm
```

```
LabelVLs.Caption = VLs
```

```
LabelVs.Caption = Vs
```

```
LabelR.Caption = R
```

```
x = i
```

```
y = 255 - (255 / 50) * (R)
```

```
Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
```

```
Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
For j = 1 To 4200 '60 s
```

```
DoEvents
```

```
Label8.Caption = Timer
```

```
Next j
```

```
End Sub
```

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์แมกนีโตอิเล็กตริก

ผลการสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กตริกของสาร BiCrO_3 ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 13.1.3 เมื่อทดลองโดยใช้สนามแม่เหล็กที่มีขนาด 0.26 Wb/m^2 แรงดันแมกนีโตอิเล็กตริกของสารมีค่าเป็น 0.2 V

ในขณะที่ได้รับสนามแม่เหล็ก แต่แรงดันแมกนีโตอิเล็กทริกของสารมีค่าเป็น 0 V ในขณะที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก

2) อุปกรณ์แมกนีโตอีลาสติก

การประยุกต์ใช้ของสาร $MgFe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอีลาสติกด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 19.3.2 ผลปรากฏว่าถ้าแรงกดอัดสารมากขึ้น ความต้านทานไฟฟ้าจะมีค่าลดลงในช่วง $9 M\Omega - 7.3 M\Omega$ ปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติกที่มีความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปตามแรงกดอัดนั้นจะเป็นพื้นฐานนำไปใช้ศึกษาเกี่ยวกับวัสดุฉลาด

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร $BiCrO_3$ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอิเล็กทริก
- 2) สาร $MgFe_2O_4$ มีแนวโน้มนำไปประยุกต์อุปกรณ์แมกนีโตอีลาสติก
- 3) ได้รับความรู้การทดลองทั้งหมดด้วย ET-PCI8255V3 Card และ Visual Basic

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Adam Bie kowski, 2004, The possibility of utilizing the permeability magnetic materials in construction of magnetoelastic stress and force sensors, *Sensors and actuators A: Physical*, 123(3) 270-276.
- Ben Amor, 2005, Magnetoelastic microtransformer-based microstrain gauge, *Sensors and Actuators A: Physical*.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.
- Moreira, A., 2002, Evidence for the likely occurrence of magnetoferroelectricity in simple perovskite, $BiMnO_3$, *Solid State Communications*, 122(1-2): 49-52.
- Palkar, V. R., *Solid State Communications*, Observation of magnetoelectric behaviour at room temperature in $Pb(Fe_xTi_{1-x})O_3$, 134(11): 783-786.
- Patankar, K. K., 2001, Dielectric behaviour and magnetoelectric effect in $CuFe_2O_4.Ba_{0.8}Pb_{0.2}TiO_3$ composites, *Materials Chemistry and Physics*, 72(1): 23-29.
- Pfutzner, H., 2005, Non-contact detection of magnetoeladtlc bilayer position sensors, *Sensors and Actuators A: Physical*, 123-124: 349-353.
- Zhenxing Yue, 2004, Preparation and electromagnetic properties of low-temperature sintered ferroelectric-ferrite composite ceramics, *Journal of Alloys and compounds*, 375(1-2): 243-248.

14. การวัดการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสง และการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ต

The measurement of ultraviolet response of optical ceramics and application for the operation of ultraviolet light switch

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์และได้หาการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244) , การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิซวลเบสิก เมื่อสาร ZnO ได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ตพบว่าความต้านทานมีค่าลดลงในช่วง $8\text{ k}\Omega - 3.5\text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการตอบสนอง 29 s แต่เมื่อสารไม่ได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ตพบว่าความต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง $3.5\text{ k}\Omega - 7.5\text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการคืนตัว 28 s สภาพความไวต่อแสงอุลตราไวโอเล็ต (G) มีค่า -56.25 % ค่า G ที่เป็นลบแสดงว่าสารมีความต้านทานลดลงเมื่อได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ต เมื่อนำสมบัติความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับแสงอุลตราไวโอเล็ตของสาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ ไปประยุกต์ใช้พบว่าสารสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงได้ การทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงจะอาศัยการเปรียบเทียบค่าระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารกับแรงดันไฟฟ้าที่ได้ตั้งไว้ (2.6 V) ผลการเปรียบเทียบค่าจะไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์และโหลด ตามลำดับ

คำสำคัญ : เซรามิกส์ที่ตอบสนองต่อแสง อุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ต วิซวลเบสิก

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. Physical properties of the samples were measured. Application of the samples were determined. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. When ultraviolet light was on state, the ZnO resistance decreased in the interval of $8\text{ k}\Omega - 3.5\text{ k}\Omega$ with response time of 29 s. But, when ultraviolet light was off state, the ZnO resistance increased in the interval of $3.5\text{ k}\Omega - 7.5\text{ k}\Omega$ with recovery time of 28 s. Optical responsivity (G) was -56.25 %. The minus value of G means that the resistance decrease as receiving ultraviolet light.

When the ultraviolet light dependence on resistivity property of this sample ($\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$) was applied. The result showed that the sample can be used as ultraviolet light switch of optical ceramics. The operation of optical switch device will treat using comparison between voltage drop across tis sample and setting voltage (2.6 V) was compared. The result will use for controlling the operation of relay, solid state relay and load, respectively.

Keyword : optical response ceramics , ultraviolet light switch , Visual Basic

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่
สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat
Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหาหน้า

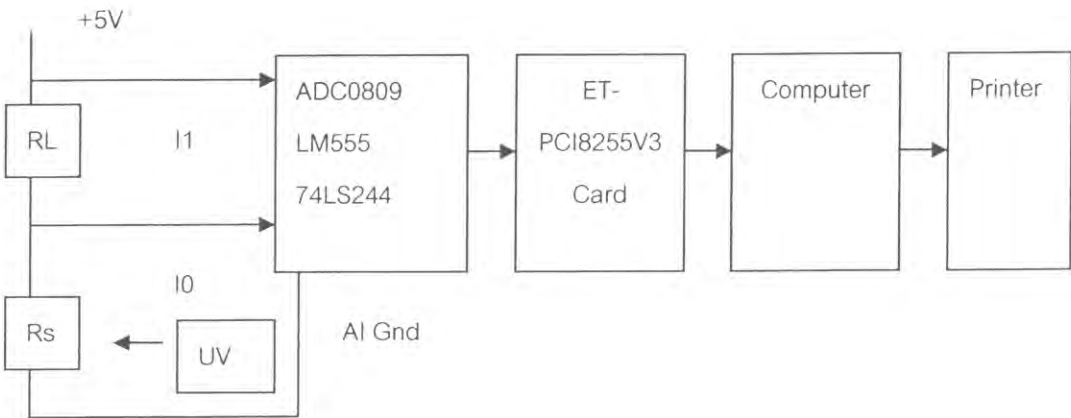
มีผู้ศึกษาดีบุกออกไซด์เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีช่องว่างแถบพลังงาน 3.7 eV ที่ 0 K ใช้ทำขั้วฟิล์มบางโปร่งใส (transparent thin-film electrode) ส่วนผสมของ $90\text{In}_2\text{O}_3\text{-}10\text{SnO}_2$ ใช้ทำฟิล์มนำไฟฟ้าโปร่งใส (transparent conductive film) (Moulson, A.J. และ Herbert, J.M., 1990)

บทความนี้เป็นการศึกษาประยุกต์ใช้เป็นการประยุกต์สารกึ่งตัวนำการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตและอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสง

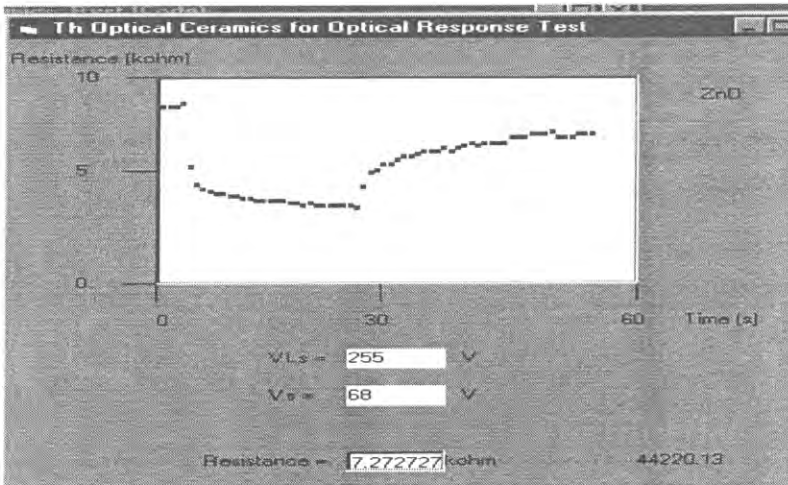
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

14.1 การประยุกต์ใช้เป็นการประยุกต์สารกึ่งตัวนำการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสง

จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สาร ZnO ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 14.1.1 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์สาร ZnO ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 14.1.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ZnO กระแสไฟฟ้าจากขั้ว +5V ของ DC Power Supply ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 10 $k\Omega$ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 0 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (I0) และ analog input 1 (I1) ของ ADC0809 ตามลำดับ เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) V_s และ V_{Ls} จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_s = \text{Inp}(\&H14C0)$ และ $V_{Ls} = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำตามคำสั่ง Input และ Output ได้ คอมพิวเตอร์จะคำนวณ $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ ให้กระแสไฟฟ้าสาร (I_s) = I_L คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ แสดงค่าความต้านทาน (R) บนจอด้วยคำสั่ง LabelR.Caption = R กำหนดพิกัด x = i และ y = 255 - (255 / 10) * R สำหรับแสดงกราฟ R vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง R vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ ปลอ่ยแสง UV เข้าไป ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 14.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สาร ZnO ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตด้วย Visual Basic



รูปที่ 14.1.2 Form และภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์สาร ZnO ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตด้วย Visual Basic

Code

```
'Optical Response Test for Optical Ceramics
```

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
```

```
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
Out &H14CC, &H90
```

End Sub

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
        Out &H14C4, &H0    'lo
```

```
        Call delay
```

```
        Vs = Inp(&H14C0)
```

```
        Out &H14C4, &H1    '11
```

```
        Call delay
```

```
        VLs = Inp(&H14C0)
```

```
        VL = VLs - Vs
```

```
        RL = 20          'kohm
```

```
        IL = VL / RL    'mA
```

```
        R = (Vs / IL)  'kohm
```

```
        LabelVLs.Caption = VLs
```

```
        LabelVs.Caption = Vs
```

```
        LabelR.Caption = R
```

```
        x = i
```

```
        y = 255 - (255 / 10) * (R)
```

```
        Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
```

```
    Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
    For j = 1 To 4200 '60 s
```

```
        DoEvents
```

```
        Label8.Caption = Timer
```

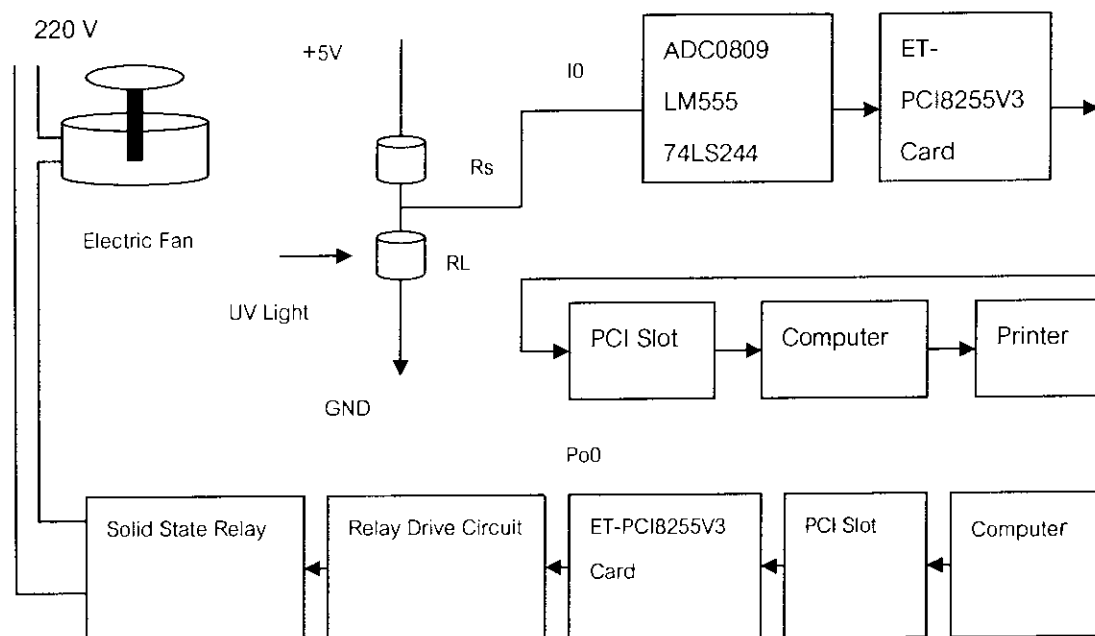
```
    Next j
```

```
End Sub
```

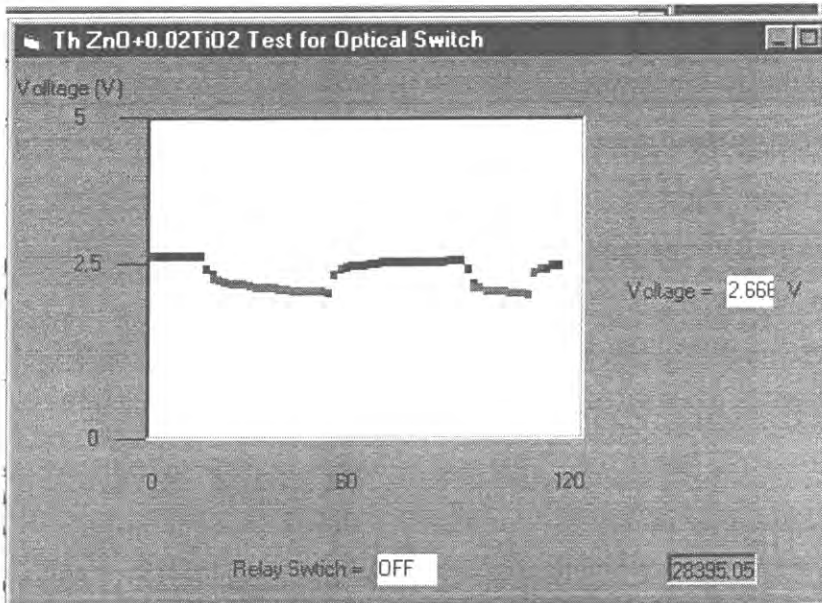
14.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสง

จัดเครื่องมือเพื่อทดสอบประยุกต์สาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 14.2.1 สร้าง Form สำหรับประยุกต์สาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 14.2.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 V จากขา 5

V ของ ET-PCI8255V3 Card ไหลผ่านสารตัวอย่าง (สาร $ZnO+0.02TiO_2$) ที่มีความต้านทาน R_s และตัวต้านทานโหลด R_L ($3\text{ k}\Omega$) ลง GND มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L เท่ากับ V_0 แรงดันไฟฟ้า V_0 จะมาเข้าที่ I0 ของ ADC0809 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card เข้าคอมพิวเตอร์ $V_0 = I_n p(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output แปลง V_0 เป็น V_s ด้วยคำสั่ง $V_s = (5 / 255) * V_0$ แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (V_s) บนจอด้วยคำสั่ง LabelVs.Caption = V_s กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 5) * V_s$ สำหรับแสดงกราฟ V_s vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet ($x, 10 * y$), vbBlue หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า V กับ Setting Voltage ($V_s = 2.6\text{ V}$) แล้วส่งผลการเปรียบเทียบค่านี้ออกทางพอร์ต B ของ ET-PCI8255V3 Card มาเข้าที่วงจรมีรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดปิดสวิตช์รีเลย์มีอำนาจมาเหล็ก ดึงดูดให้สวิตช์ขั้ว 3 ต่อกับขั้ว 4 สวิตช์ขั้ว 3 และ 4 จะควบคุมการเปิดและปิดแรงดันไฟฟ้าที่เข้ามาเข้าที่อินพุทของโซลิดสเตทรีเลย์ เอาท์พุทของโซลิดสเตทรีเลย์จะควบคุมการทำงานของไฟฟ้า 220 V ที่จะมาเข้าที่พัดลมไฟฟ้า ถ้าสารได้รับแสง UV แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารจะเปลี่ยนแปลง ผลการเปรียบเทียบจะไปควบคุมให้ตัดต่อไฟฟ้าที่เข้ามาเข้าที่พัดลม ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 14.2.1 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบประยุกต์สาร $ZnO+0.02TiO_2$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเลตของเซรามิกส์เชิงแสงด้วย Visual Basic



รูปที่ 14.2.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับประยุกต์สาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ ให้ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์สวิตซ์แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงด้วย Visual Basic

Code

```
'ZnO+0.02TiO2 Test for Optical Switch
```

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
```

```
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
Picture1.Cls
```

```
For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
    If Vs > 2.6 Then
```

```
        Out &H14C4, &H0
```

```
        LabelVoltage.Caption = "OFF"     'SW 3-4
```

```
        Call delay
```

```
        V0 = Inp(&H14C0)
```

```

Vs = (5 / 255) * V0
LabelVs.Caption = Vs
x = i
y = 255 - (255 / 5) * Vs
Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
Else
Beep
End If
If Vs < 2.6 Then
Out &H14C4, &H1
LabelVoltage.Caption = "ON"      'SW 3-4
Call delay
V0 = Inp(&H14C0)
Vs = (5 / 255) * V0
LabelVs.Caption = Vs
x = i
y = 255 - (255 / 5) * Vs
Picture1.PSet (x, 10 * y), vbGreen
Else
Beep
End If
Next i

```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```

For i = 1 To 12000      '120s
    DoEvents
    Label8.Caption = Timer
Next i

```

```
End Sub
```

ผลและวิเคราะห์ผล

1) การตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสง

ผลการประยุกต์สาร ZnO ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 13.1.2 เมื่อสารได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ตพบว่าความต้านทานมีค่าลดลงในช่วง

8 k Ω - 3.5 k Ω โดยมีเวลาการตอบสนอง 29 s เมื่อสารไม่ได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ตพบว่าความต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 3.5 k Ω - 7.5 k Ω โดยมีเวลาการคืนตัว 28 s

คำนวณสภาพความไวต่อแสงอุลตราไวโอเล็ต (G) จากสูตร $G = [(R_f - R_s) / R_s] * 100$ เมื่อ R_f และ R_s เป็นความต้านทานของสารก่อนและหลังได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ต ค่า G มีค่า -56.25 % ค่า G ที่เป็นลบหมายถึงสารมีความต้านทานลดลงเมื่อได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ต

2) อุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ต

ผลประยุกต์สาร ZnO+0.02TiO₂ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 20.2.2 เมื่อปล่อยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 V เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารตัวอย่างจนกระทั่งมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเท่ากับ V_s แล้วส่งค่าแรงดันไฟฟ้า V_s นี้มาเข้าคอมพิวเตอร์แล้วเปรียบเทียบกับ Setting Voltage ($V_s = 2.6$ V) ผลการเปรียบเทียบค่าจะไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์และหลอด ตามลำดับ การทำงานแบบนี้จะเป็นการทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสง ขณะที่สารได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ต ความต้านทานของสาร (R_s) จะลดลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารลดลงต่ำกว่า 2.6 V พัดลมจะหมุน แต่เมื่อสารไม่ได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ต ความต้านทานของสาร (R_s) จะเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเพิ่มขึ้นสูงกว่า 2.6 V การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมหลอด ในขณะที่ได้รับและไม่ได้รับแสงจะทำให้เกิดการควบคุมการทำงานของรีเลย์และหลอด (พัดลม)

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร ZnO, แสดงการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ต
- 2) สาร ZnO+0.02TiO₂ สามารถประยุกต์ใช้ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์แสงอุลตราไวโอเล็ต
- 3) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วยการ์ด ET-PC18255V3 และ วิชาวลเบสิก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Didosyan, S., 2003, Magneto-optical rotational speed sensor, Sensors and Actuators A: Physical, 106(1-3): 168-171.
- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.

15. การวัดตอบสนองของเซรามิกส์ที่มีต่อก๊าซแอมโมเนีย และการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซ

The measurements of ammonia gas response ceramics and application for gas switch device

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดการตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย และประยุกต์ใช้งานเป็นสวิตช์ก๊าซแอมโมเนีย ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244) , การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิชาลเบสิก สารที่มีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซแอมโมเนีย คือ ZnO สารมีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในช่วง $7.7 \text{ k}\Omega - 11.5 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการตอบสนอง 28 s แต่เมื่อสารได้ไม่รับก๊าซแอมโมเนีย สารมีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในช่วง $11.5 \text{ k}\Omega - 8.02 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการคืนตัว 30 s สภาพความไวต่อก๊าซ (G) มีค่า 49.35 % เมื่อพิจารณาพบว่าค่า G ที่เป็นบวกหมายถึงสารมีความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซ ความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับก๊าซแอมโมเนียของสาร $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซแอมโมเนีย การทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซ จะอาศัย การเปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารกับแรงดันที่ได้ตั้งไว้ (2.4 V) ผลการเปรียบเทียบค่าจะไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์และโหลด ตามลำดับ

คำสำคัญ : เซรามิกส์ที่ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย สวิตช์ก๊าซแอมโมเนีย วิชาลเบสิก

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. The ammonia gas response were measured. Ammonia gas switch device was applied. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. When NH_3 gas was on state, the ZnO resistance increased in the interval of $7.7 \text{ k}\Omega - 11.5 \text{ k}\Omega$ with response time of 28 s. But, when NH_3 gas was off state, the $\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$ resistance decreased in the interval of $11.5 \text{ k}\Omega - 8.02 \text{ k}\Omega$ with recovery time of 30 s. Optical responsivity (G) was 49.35 %. The plus value of G means that the resistance increase as receiving NH_3 gas.

When the NH_3 gas dependence on resistivity property of this sample ($\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$) was applied. The result showed that the sample can be used as NH_3 gas switch of gas response ceramics. The operation of gas switch device will treat using comparison between voltage drop across tis sample and setting voltage (2.4 V) was compared. The result will use for controlling the operation of relay, solid state relay and load, respectively.

Keyword : ammonia gas response ceramics , gas switch device , Visual Basic

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

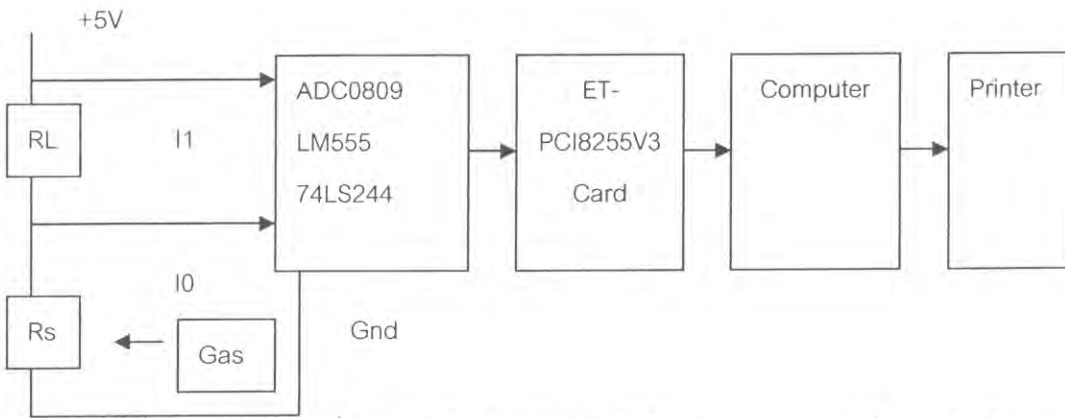
วัสดุตอบสนองต่อก๊าซใช้ทำหัววัดก๊าซ (gas sensor) หัววัดก๊าซมี 2 ประเภท คือ หัววัดก๊าซกึ่งการนำไฟฟ้า (semiconducting gas sensor) ที่มี donor state และ acceptor state และหัววัดก๊าซที่ทำงานโดยอาศัยไฟฟ้าเคมี (electrochemical-based sensor) มีสภาพการนำไอออนิกสูง (high ionic conductivity) หัววัดก๊าซใช้ในการตรวจวัด (monitoring) ควบคุมปฏิกิริยาทางเคมี (controlling chemical reaction) และควบคุมวัฏจักรการเผาไหม้ (combustion cycle) ในอุตสาหกรรมกรรมการเปลี่ยนรูปพลังงาน (energy conversion industry) ออกไซด์กึ่งการนำไฟฟ้า (semiconducting oxide) มีการเปลี่ยนค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าในขณะที่ได้รับก๊าซ ตัวอย่างเช่น Ag_2O , Fe_2O_3 , SnO_2 , TiO_2 , ZnO และ ZrO_2 ซึ่งจัดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type semiconductor) ออกไซด์เหล่านี้สามารถนำมาใช้ทำหัววัดก๊าซ ออกไซด์ที่ตอบสนองต่อก๊าซจะตอบสนองต่อไอน้ำด้วย ดังนั้นการนำออกไซด์ไปทำหน้าที่เป็นหัววัดก๊าซจะต้องทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 350°C พฤติกรรมของการวัดของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเกิดจากการดูดซับออกซิเจนในบริเวณคอ (neck region) ซึ่งอยู่ระหว่างเกรน หัววัดก๊าซที่ทำมาจากดีบุกออกไซด์ (Tin oxide gas sensor) ชั้นบางของเซรามิกส์ SnO_2 ที่มีความพรุนติดอยู่กับท่ออะลูมินา (alumina tube) ขั้วไฟฟ้าทำมาจากทอง ตัวให้ความร้อนแบบขดลวด (coiled heater) ถูกติดตั้งในท่อเพื่อทำอุณหภูมิของชั้น SnO_2 ในช่วง $300\text{--}400^\circ\text{C}$ หัววัดก๊าซไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon gas sensor) เช่น ดีบุกออกไซด์ที่ถูกเติม (doped SnO_2) มีโครงสร้างผลึกแบบรูโพลี ขั้วไฟฟ้าทำมาจากทองคำขาวที่มีรูพรุน (porous Pt) หัววัดก๊าซไอเสียรถยนต์ (autoexhaust sensor) ทำมาจากเซอร์โรเนีย (ZrO_2) หัววัดก๊าซออกซิเจน (oxygen sensor) ทำมาจาก $(\text{Bi}_2\text{O}_3)_{0.75}(\text{WO}_3)_{0.25}$, $\text{Co}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ (p-type conductor), TiO_2 (n-type conductor), $\text{Y}_{0.1}\text{Zr}_{0.9}\text{O}_{1.95}$ และ ZrO_2 หัววัดก๊าซออกซิเจนที่ทำมาจากเซอร์โรเนีย (ZrO_2 oxygen sensor) (Moulson, A.J. และ Herbert, J.M., 1990) บทความนี้เป็นการศึกษาประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียและการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ก๊าซ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

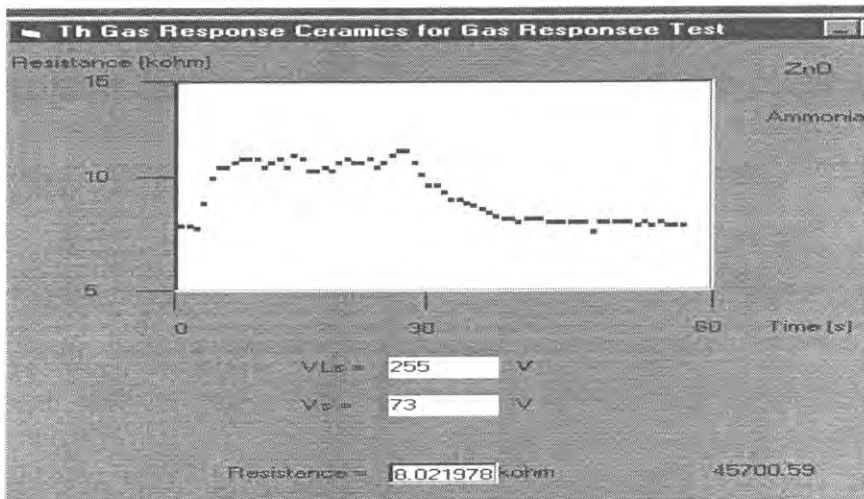
15.1 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซ

จัดเครื่องมือสำหรับการสาธิตเซรามิกส์ ZnO ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 15.1.1 สร้าง Form สำหรับการสาธิตเซรามิกส์ ZnO ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 15.1.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง กระแสไฟฟ้าจากขั้ว +5V ของ DC Power Supply ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) $10\text{ k}\Omega$ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 0 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อกำหนดให้ V_{Ls} เข้าทางอินพุต 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก

(AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) และจะเข้าไปที่ analog input 0 (I0) และ analog input 1 (I1) ของ ADC0809 ตามลำดับ 74LS244 V_s และ V_{Ls} จะผ่าน ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_s = \text{Inp}(\&H14C0)$ และ $V_{Ls} = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ คอมพิวเตอร์จะคำนวณ $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ ให้กระแสไฟฟ้าสาร (I_s) = I_L คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ แสดงค่าความต้านทาน (R) บนจอด้วยคำสั่ง LabelR.Caption = R กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 10) * R$ หรือ $y = 255 - (255 / 10) * (R - 5)$ สำหรับแสดงกราฟ R vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง R vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ ปล่อยก๊าซแอมโมเนียเข้าไป ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 15.1.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการสาธิตเซรามิกส์ ZnO ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย ด้วย Visual Basic



รูปที่ 15.1.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการสาธิตเซรามิกส์ ZnO ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียด้วย Visual Basic

Code

'Optical Response Test for Optical Ceramics

Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer

Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)

Private Sub Form_Load()

 Left = (Screen.Width - Width) / 2

 Top = (Screen.Height - Height) / 2

 Out &H14CC, &H90

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()

 Picture1.Cls

 For i = 20 To 3500 Step 50

 Out &H14C4, &H0 'lo

 Call delay

 Vs = Inp(&H14C0)

 Out &H14C4, &H1 '11

 Call delay

 VLs = Inp(&H14C0)

 VL = VLs - Vs

 RL = 20 'kohm

 IL = VL / RL 'mA

 R = (Vs / IL) 'kohm

 LabelVLs.Caption = VLs

 LabelVs.Caption = Vs

 LabelR.Caption = R

 x = i

 y = 255 - (255 / 10) * (R - 5)

 Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue

 Next i

End Sub

Sub delay()

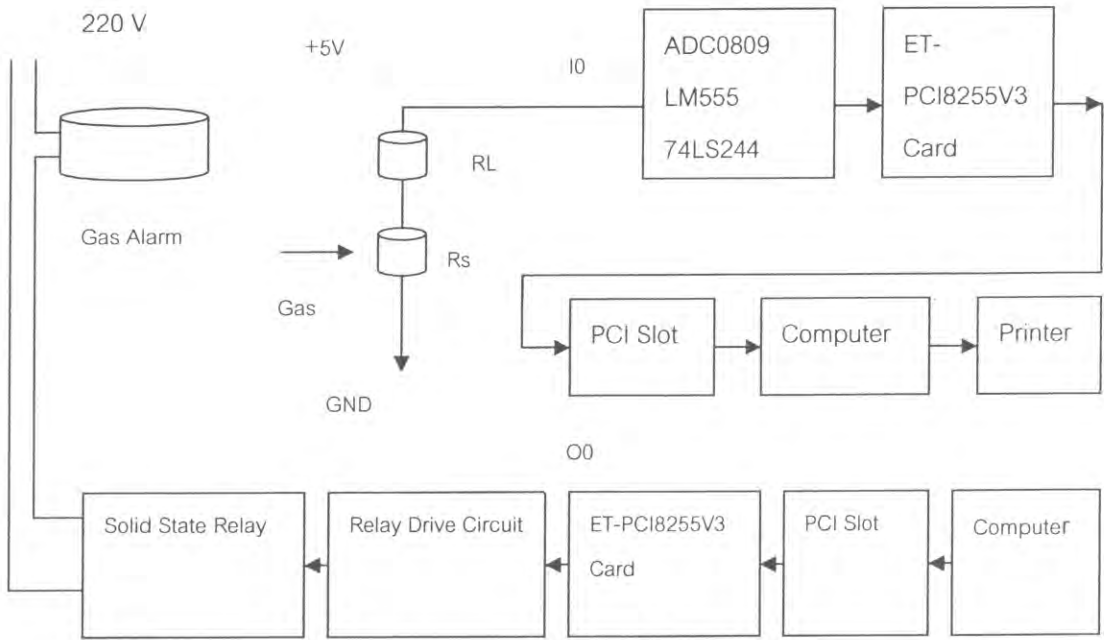

```

For j = 1 To 4200 '60 s
    DoEvents
    Label8.Caption = Timer
Next j
End Sub

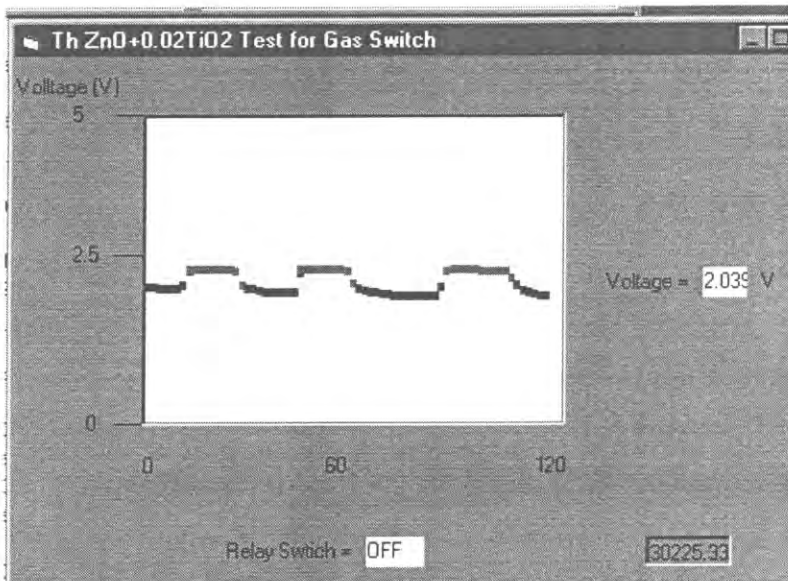
```

15.2 การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซ (gas switch device)

จัดเครื่องมือเพื่อทดสอบประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซของเซรามิกส์ ZnO+0.02TiO₂ ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 15.2.1 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซของเซรามิกส์ ZnO+0.02TiO₂ ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 15.2.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลอง คือ ZnO+0.02TiO₂ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 V จากขา 5 V ของ ET-PCI8255V3 Card ไหลผ่านสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s และตัวต้านทานโหลด R_L (3 kΩ) ลง GND มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L เท่ากับ V₀ แรงดันไฟฟ้า V₀ จะมาเข้าที่ I/O ของ ADC0809 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card เข้าคอมพิวเตอร์ V₀=Inp(&H14C0) เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิชวลเบสิกทำตามคำสั่ง Input และ Output แปลง V₀ เป็น V_s ด้วยคำสั่ง V_s = (5 / 255) * V₀ แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (V_s) บนจอด้วยคำสั่ง LabelVs.Caption = V_s กำหนดพิกัด x = i และ y = 255 - (255 / 5) * V_s สำหรับแสดงกราฟ Vs vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง V vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า V กับ Setting Voltage (2.4 V) แล้วส่งผลการเปรียบเทียบค่านี้ผ่านทางพอร์ต B ของ ET-PCI8255V3 Card มาเข้าที่วงจรขั้วรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดปิดสวิตช์ รีเลย์มีอำนาจมาเหล็ก ดึงดูดให้สวิตช์ขั้ว 3 ต่อกับขั้ว 4 สวิตช์ขั้ว 3 และ 4 จะควบคุมการเปิดและปิดแรงดันไฟฟ้าที่เข้าที่อินพุทของโซลิดสเตทรีเลย์ เอาท์พุทของโซลิดสเตทรีเลย์จะควบคุมการทำงานของไฟฟ้า 220 V ที่จะมาเข้าที่พัดลมไฟฟ้า ถ้าสารได้รับก๊าซ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารจะ เปลี่ยนแปลง ผลการเปรียบเทียบจะไปควบคุมให้ตัดต่อไฟฟ้าที่เข้าที่พัดลม การทำงานแบบนี้จะเป็นการทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซของเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 15.2.1 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ก๊าซของ เซรามิกส์ $ZnO+0.02TiO_2$ ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียด้วย Visual Basic



รูปที่ 15.2.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ก๊าซของเซรามิกส์ $ZnO+0.02TiO_2$ ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียด้วย Visual Basic

Code

```
'ZnO+0.02TiO2 Test for Gas Switch
```

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
```

```
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
        If Vs < 2.4 Then
```

```
            Out &H14C4, &H0
```

```
            LabelVoltage.Caption = "OFF"      'SW 3-4
```

```
            Call delay
```

```
            V0 = Inp(&H14C0)
```

```
            Vs = (5 / 255) * V0
```

```
            LabelVs.Caption = Vs
```

```
            x = i
```

```
            y = 255 - (255 / 5) * Vs
```

```
            Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
```

```
        Else
```

```
            Beep
```

```
        End If
```

```
        If Vs > 2.4 Then
```

```
            Out &H14C4, &H1
```

```
            LabelVoltage.Caption = "ON"      'SW 3-4
```

```
            Call delay
```

```
            V0 = Inp(&H14C0)
```

```
            Vs = (5 / 255) * V0
```

```
            LabelVs.Caption = Vs
```

```
            x = i
```

```
            y = 255 - (255 / 5) * Vs
```

```
            Picture1.PSet (x, 10 * y), vbGreen
```

```
        Else
```

```
            Beep
```

```
        End If
```

```
Next i
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
For i = 1 To 12000 '120s
```

```
DoEvents
```

```
Label8.Caption = Timer
```

```
Next i
```

```
End Sub
```

ผลและวิเคราะห์ผล

1) อุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย

ผลการสาริตเซรามิกส์ ZnO ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียด้วย Visual Basic พบว่าเมื่อสารได้รับก๊าซแอมโมเนีย สารมีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในช่วง $7.7 \text{ k}\Omega - 11.5 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการตอบสนอง 28 s แต่เมื่อสารได้ไม่รับก๊าซแอมโมเนีย สารมีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในช่วง $11.5 \text{ k}\Omega - 8.02 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการคืนตัว 30 s คำนวณสภาพความไวต่อก๊าซ (G) จากสูตร $G = [(R_0 - R_x) / R_0] * 100$ เมื่อ R_0 และ R_x เป็นความต้านทานของสารก่อนและหลังได้รับก๊าซ สภาพความไวต่อก๊าซ (G) มีค่า 49.35 % เมื่อพิจารณาพบว่าค่า G ที่เป็นบวกหมายถึงสารมีความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับก๊าซ

2) อุปกรณ์สวิตช์ก๊าซของเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย

ผลการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซของเซรามิกส์ ZnO+0.02TiO₂ ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนียด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 21.2.2 เมื่อปล่อยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 V เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารตัวอย่างจนกระทั่งมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเท่ากับ V แล้วส่งค่าแรงดันไฟฟ้า V นี้มาเข้าคอมพิวเตอร์แล้วเปรียบเทียบกับ Setting Voltage ผลการเปรียบเทียบค่าจะไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์และโหลด ตามลำดับ การทำงานแบบนี้จะเป็นการทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซของเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย ขณะที่สารไม่ได้รับก๊าซแอมโมเนีย ความต้านทานของสาร (R_x) จะลดลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารมีค่าลดลงต่ำกว่า 2.4 V แต่เมื่อสารได้รับก๊าซแอมโมเนีย ความต้านทานของสาร (R_x) จะเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเพิ่มขึ้นสูงกว่า 2.4 V การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดในขณะที่ได้รับและไม่ได้รับก๊าซแอมโมเนียจะทำให้เกิดการควบคุมการทำงานของรีเลย์และโหลด

สรุปผลการทดลอง

- 1) สาร ZnO แสดงการตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย
- 2) สาร ZnO+0.02TiO₂ สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ก๊าซที่ตอบสนองต่อก๊าซแอมโมเนีย
- 3) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วยโปรแกรม Visual Basic และ ET-PCI8255V3 card

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

16. การวัดการตอบสนองของเซรามิกส์ที่มีต่อความชื้น

Humidity response measurement of ceramics

รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาสุทธิ

Thongchai Panmatarith

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสารจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง วัดสมบัติของเซรามิกส์ที่ตอบสนองต่อความชื้นซึ่งมีสูตรเป็น PbCrO_3 ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244) , การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิวอลเบสิก เมื่อสารได้รับความชื้นพบว่าความต้านทานมีค่าลดลงในช่วง $83.5 \text{ k}\Omega - 71 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการตอบสนอง 10 s แต่เมื่อสารไม่ได้รับความชื้นพบว่าความต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง $71 \text{ k}\Omega - 79 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการคืนตัว 30 s สภาพความไวต่อความชื้น (G) มีค่า -14.97 % ค่า G ที่เป็นลบหมายถึงสารมีความต้านทานลดลงเมื่อได้รับความชื้น
คำสำคัญ: เซรามิกส์ที่ตอบสนองต่อความชื้น วิวอลเบสิก

Abstract

This project involved sample preparation from starting materials in powder form. The property of humidity response ceramics (PbCrO_3) was measured. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. When this humidity was applied, the sample resistance decreased in the interval of $83.5 \text{ k}\Omega - 71 \text{ k}\Omega$ with response time of 10 s. But, this humidity was not applied, the sample resistance increased in the interval of $71 \text{ k}\Omega - 79 \text{ k}\Omega$ with recovery time of 30 s. Humidity responsivity (G) was -14.97 %. The negative value of G means the sample resistance decreased as receiving the humidity.

Keyword : humidity response ceramics , Visual Basic

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112 ประเทศไทย

Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand. Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

เนื้อหา

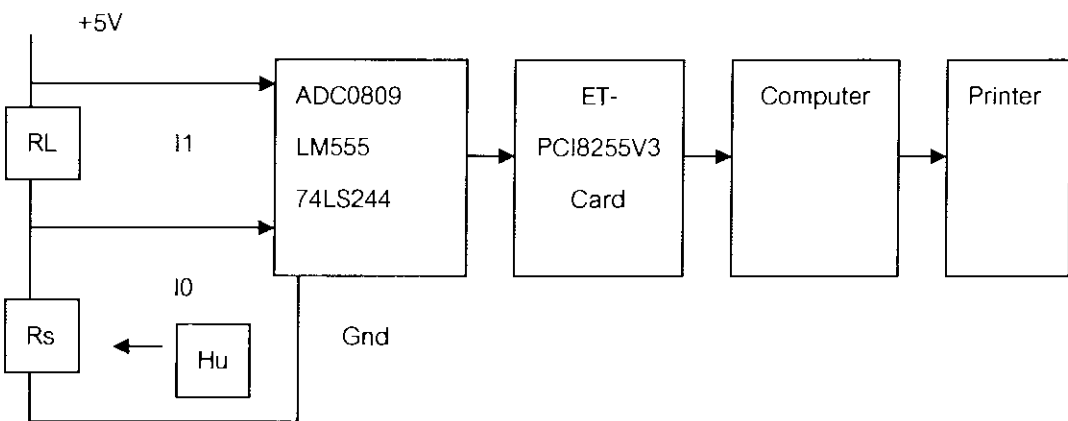
วัสดุตอบสนองต่อความชื้นใช้ทำหัววัดความชื้น (humidity sensor) หัววัดความชื้นมีลักษณะเป็นจานบางๆของวัสดุที่เปลี่ยนค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าในขณะที่ได้รับความชื้นจากบรรยากาศ วัสดุที่ใช้ทำจะมีโครงสร้างเป็นรูพรุน ซินเตอร์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใช้เพื่อให้ได้ความหนาแน่นสูงสุดซึ่งจะได้เซรามิกส์ที่มีรูพรุน (porous ceramics) ที่เหมาะสมสำหรับการวัดความชื้น ตัวอย่างวัสดุตอบสนองต่อความชื้น เช่น MgFe_2O_4

วัสดุที่ใช้ทำหัตถ์ความชื้นประกอบด้วย Al_2O_3 และ $TiO_2-MgCr_2O_4$ เมื่อนำออกไซด์ทั้งสองผสมกันแล้วอัดให้เป็นรูปจานที่หนา 0.25 mm โดยใช้ความดัน 10,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แล้วเผาที่อุณหภูมิ $1350\text{ }^{\circ}C$ เป็นเวลาหลายชั่วโมงก็จะได้วัสดุที่ผ่านการซินเตอร์ (sintered body) ซึ่งมีรูพรุน 35 % ($MgTiO_3$) วัสดุไฟฟ้ายิ่งใช้ทำมาจาก RuO_2 โดยใช้เคลือบสำหรับการยัด (Moulson, A.J. และ Herbert, J.M., 1990)

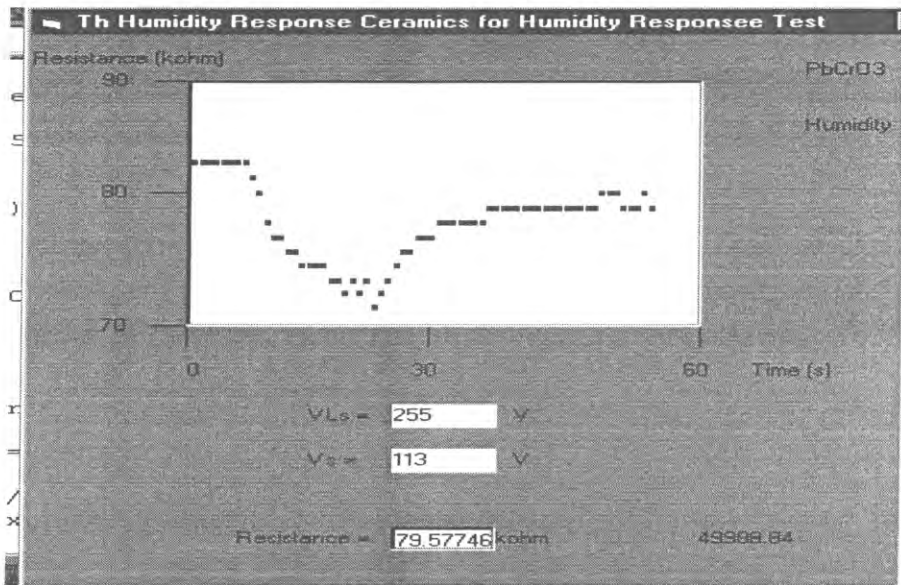
บทความนี้เป็นการศึกษาประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้น

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

จัดเครื่องมือสำหรับการจัดเตรียมอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้นด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 16.1 สร้าง Form สำหรับจัดเตรียมอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้นด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 16.2 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลองคือ $PbCrO_3$ กระแสไฟฟ้าจากขั้ว +5V ของ DC Power Supply ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (R_L) 100 $k\Omega$ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 0 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อกำหนดให้ V_{Ls} เข้าทางอินพุต 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ $R_s + R_L$ มีค่า V_s และ V_{Ls} ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (I0) และ analog input 1 (I1) ของ ADC0809 ตามลำดับ เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) V_s และ V_{Ls} จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_s = \text{Inp}(\&H14C0)$ และ $V_{Ls} = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inport32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำตามคำสั่ง Input และ Output ได้ คอมพิวเตอร์จะคำนวณ $V_L = V_{Ls} - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ ให้กระแสไฟฟ้าสาร (I_s) $= I_L$ คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ แสดงค่าความต้านทาน (R) บนจอด้วยคำสั่ง LabelR.Caption = R กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 10) * R$ หรือ $y = 255 - (255 / 20) * (R - 70)$ สำหรับแสดงกราฟ R vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง R vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ ปล่อยความชื้นเข้าไป ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 16.1 การจัดเครื่องมือสำหรับการจัดเตรียมอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้นด้วย Visual Basic



รูปที่ 16.2 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับจัดเตรียมอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้น
ด้วย Visual Basic

Code

'Optical Response Test for Optical Ceramics

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    For i = 20 To 3500 Step 50
```

```
        Out &H14C4, &H0    'lo
```

```
        Call delay
```

```
        Vs = Inp(&H14C0)
```

```
        Out &H14C4, &H1    'l1
```

```
        Call delay
```

```

VLS = Inp(&H14C0)
VL = VLS - Vs
RL = 100      'kohm
IL = VL / RL  'mA
R = (Vs / IL) 'kohm
LabelVLS.Caption = VLS
LabelVs.Caption = Vs
LabelR.Caption = R
x = i
y = 255 - (255 / 20) * (R - 70)
Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue

Next i

End Sub

Sub delay()
    For j = 1 To 4200 '60 s
        DoEvents
        Label8.Caption = Timer
    Next j
End Sub

```

ผลและวิเคราะห์ผล

ผลการประยุกต์สาร $PbCrO_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการตอบสนองต่อความชื้นด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 15.2 เมื่อสารได้รับความชื้นพบว่าความต้านทานมีค่าลดลงในช่วง $83.5 \text{ k}\Omega - 71 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการตอบสนอง 10 s แต่เมื่อสารไม่ได้รับความชื้นพบว่าความต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง $71 \text{ k}\Omega - 79 \text{ k}\Omega$ โดยมีเวลาการคืนตัว 30 s คำนวณสภาพความไวต่อความชื้น (G) จากสูตร $G = [(R_f - R_i) / R_i] * 100$ เมื่อ R_f และ R_i เป็นความต้านทานของสารก่อนและหลังได้รับความชื้น สภาพความไวต่อความชื้น (G) มีค่า -14.97 % ค่า G ที่เป็นลบหมายถึงสารมีความต้านทานลดลงเมื่อได้รับความชื้น

สรุปผลการทดลอง

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับสมบัติเชิงฟิสิกส์ เช่น ปรากฏการณ์การตอบสนองต่อความชื้น ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย ET-PCI8255V3 Card และ Visual Basic

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, Second Edition, Marcel Dekker Inc., New York.

Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.

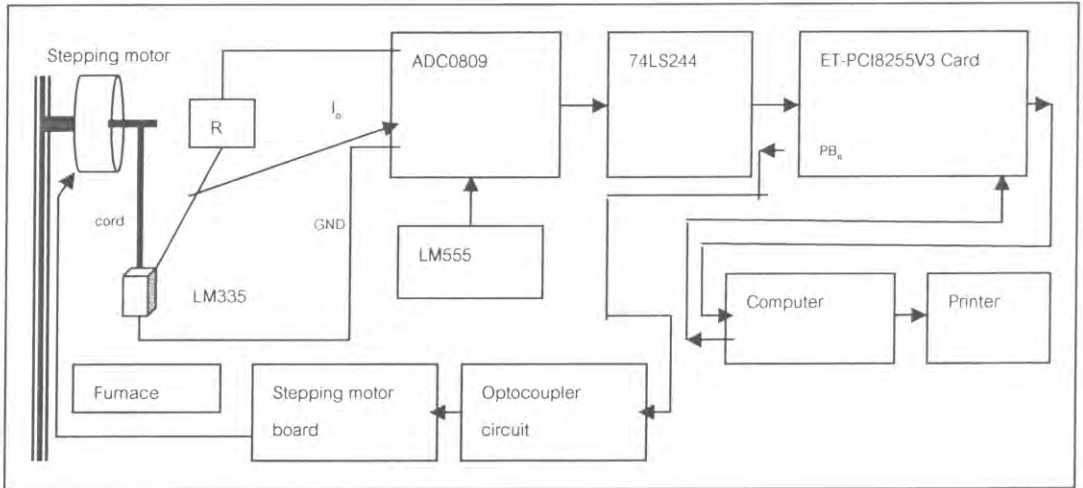
17. การใช้วีซวลเบสิกวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับระยะทางข้างเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดและมอเตอร์สเตปป์กำหนดตำแหน่ง

การใช้วีซวลเบสิกวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับระยะทางข้างเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดและมอเตอร์สเตปป์กำหนดตำแหน่ง

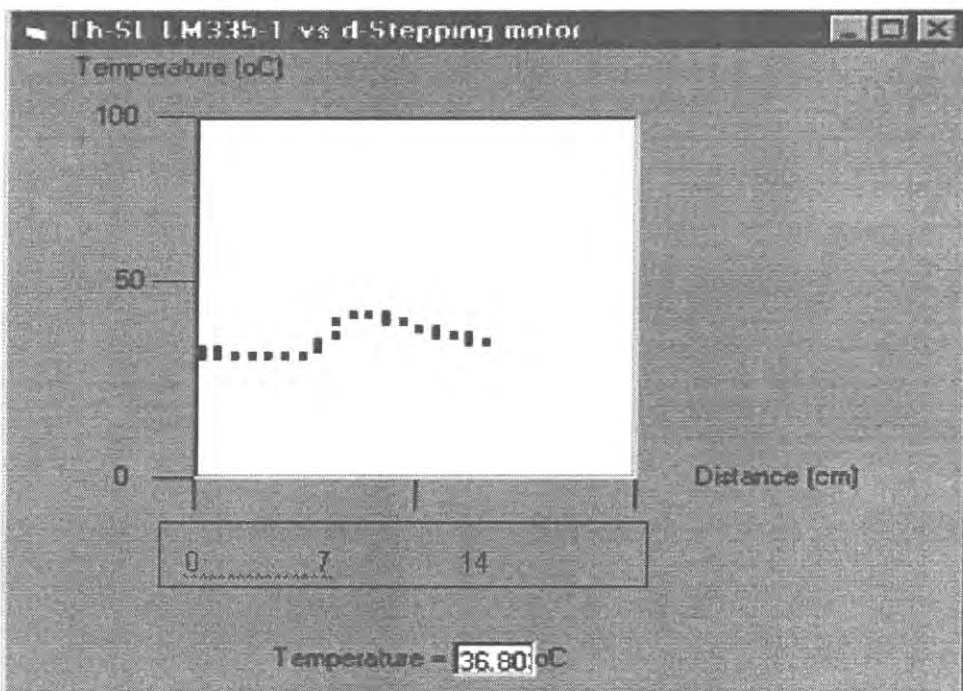
Furnace temperature control using Visual Basic with thermocouple temperature sensor and stepping motor position location

การจัดเครื่องมือเพื่อศึกษาการใช้วีซวลเบสิกวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับระยะทางข้างเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดและมอเตอร์สเตปป์แสดงดังรูปที่ 17.1 Form สำหรับการใช้วีซวลเบสิกวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับระยะทางข้างเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดและมอเตอร์สเตปป์แสดงดังรูปที่ 17.2 การจัดตำแหน่งของ LM335 ในทิศทางแนวตั้ง สามารถทำได้โดยใช้ stepping motors การติดตั้ง software ได้มาจากบริษัท ETT Co., LTD ได้พัฒนา input board โดยใช้ ADC0809, 74LS244 และ ET-PCI8255V3 Card และ software ที่ผลิตเป็นเชิงการค้าโดยบริษัท ETT Co., LTD และ Output control board ได้รับการพัฒนาโดยใช้ Computer, ET-PCI8255V3 Card, Optocoupler, stepping motors board และ stepping motors เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงานเมนูจะปรากฏบนภาพผู้ใช้จะต้องสร้างฟอร์มและเข้าไปใน Properties Window สำหรับการตั้งค่า เช่น Name, Caption, Time Interval, DrawWidth สารตัวอย่างที่ใช้ทดลองเป็น LM335 และเตาหลอม ได้ใช้ stepping motors เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง ในตอนแรก LM335 อยู่ในตำแหน่งบนสุด หลักการทำงานจะเป็นการต่อโหลดอิเล็คทรอนิกส์ R อนุกรมกับ LM335 ในลักษณะเป็นตัวแบ่งแรงดัน ตัวแบ่งแรงดันที่เป็นตัวต้านทานโหลดกับ LM335 ได้ถูกใช้เพื่อจะจ่ายแรงดันไฟฟ้า V แรงดันไฟฟ้า V จะถูกส่งไปที่ I_0 ของ ADC0809 สำหรับการแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล แรงดันไฟฟ้า V ถูกส่งไปที่ 74LS244 สำหรับการทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ แรงดัน V ไปที่ ET-PCI8255V3 card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะอ่านชื่อโปรแกรม คอมพิวเตอร์จะทำงานโดยใช้คำสั่ง Inpout32.dll เป็นไฟล์ซึ่งจัดเตรียมคำสั่งอินพุทและเอาท์พุทโดยใช้โปรแกรมวีซวลเบสิก ได้ใช้คำสั่ง Out &H14CC, &H90 สำหรับการจัด Control word สำหรับการทำงานเป็นอินพุทและเอาท์พุทของพอร์ต A และพอร์ต B ได้ใช้คำสั่ง $V = \text{Inp}(\&H14C0)$ สำหรับการอ่านแรงดัน V จาก ADC0809 และ 74LS244 เข้าไปในคอมพิวเตอร์ V ถูกแปลงเป็น V_r โดยใช้สูตร $V_r = (5/255) * V$ เมื่อคลิกปุ่ม Command คอมพิวเตอร์จะส่งแรงดัน D3D2D1D0 เป็น 1000, 0100, 0010 และ 0001 โดยใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 ; Out &H14C4, &H2 ; Out &H14C4, &H4 ; Out &H14C4, &H8 stepping motors จะเคลื่อนที่ตามเข็มเพื่อเลื่อน LM335 ลงมา ในขณะที่เลื่อน คอมพิวเตอร์จะอ่านแรงดันไฟฟ้า V ด้วยคำสั่ง $V = \text{Inp}(\&H14C0)$ แปลงแรงดันไฟฟ้ารูปเลขฐานสอง V ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ารูปเลขฐานสิบ V_r ด้วยคำสั่ง $V_r = (5 / 255) * V$ หน่วงเวลาด้วยคำสั่ง Call delay แปลงแรงดันไฟฟ้า V_r ให้เป็นอุณหภูมิ T ด้วยคำสั่ง $T = (V_r - 2.73) / (0.01)$ แสดงอุณหภูมิบนจอด้วยคำสั่ง LabelT.Caption = T ตั้งพิกัดด้วยคำสั่ง $x = i$ และ $y = 255 - (255 / 100) * T$ i มีความเกี่ยวข้องกับ d แสดงกราฟ T vs. d ด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (10 * x, 10 * y), vbBlack การทำงานของโปรแกรมถูกหน่วงโดยใช้คำสั่ง

Call Delay ได้ใช้ For...Next loop สำหรับการทำงานซ้ำ ๆ กันของโปรแกรม Run โปรแกรมเพื่อแสดงอุณหภูมิที่ขึ้นกับระยะทางบนจอคอมพิวเตอร์ ได้ใช้ปุ่ม Print Screen สำหรับการย้ายภาพของอุณหภูมิที่ขึ้นกับระยะทางเข้าไปในพื้นที่ทำงานของโปรแกรม Microsoft Word บันทึกในรูปแบบ text file พิมพ์ผลที่ได้ทั้งหมดด้วยปรี้นเตอร์



รูปที่ 17.1 การจัดเครื่องมือเพื่อศึกษาการใช้วิซวลเบสิกวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับระยะทางข้างเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดและมอเตอร์สเตปป์



รูปที่ 17.3 Form สำหรับการใช้วิซวลเบสิกวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับระยะทางข้างเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดและมอเตอร์สเตปป์

Code สำหรับการใช้วิซวลเบสิกวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับระยะทางข้างเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัด
'temperature versus distance measurement beside furnace using LM335 temperature sensor and stepping motor

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
    Out &H14CC, &H90
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
    Picture1.Cls
    For i = 1 To 25500 Step 10
        s = 1
        Out &H14C4, &H1
        Call delay
        V = Inp(&H14C0)
        VT = (5 / 255) * V
        Call delay
        T = (VT - 2.73) / (0.01)
        LabelT.Caption = T
        x = i
        y = 255 - (255 / 100) * T
        Picture1.PSet (10 * x, 10 * y), vbBlack

        s = 2
        Out &H14C4, &H2
        Call delay
        V = Inp(&H14C0)
        VT = (5 / 255) * V
        Call delay
        T = (VT - 2.73) / (0.01)
        LabelT.Caption = T
        x = i
        y = 255 - (255 / 100) * T
        Picture1.PSet (10 * x, 10 * y), vbBlack
```

```

        s = 4
        Out &H14C4, &H4
        Call delay
        V = Inp(&H14C0)
        VT = (5 / 255) * V
        Call delay
        T = (VT - 2.73) / (0.01)
        LabelT.Caption = T
        x = i
        y = 255 - (255 / 100) * T
        Picture1.PSet (10 * x, 10 * y), vbBlack

        s = 8
        Out &H14C4, &H8
        Call delay
        V = Inp(&H14C0)
        VT = (5 / 255) * V
        Call delay
        T = (VT - 2.73) / (0.01)
        LabelT.Caption = T
        x = i
        y = 255 - (255 / 100) * T
        Picture1.PSet (10 * x, 10 * y), vbBlack
    Next i
End Sub

Sub delay()
    For j = 1 To 12000
        DoEvents
    Next j
End Sub

```

18. การควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้า

ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ

Thongchai Panmatarith

M.Sc. (Solid State Physics), Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory,
 Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.
 Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

ได้ควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้าด้วยโปรแกรมวิซวลเบสิก

Abstract

Light intensity of electric lamp was controlled with Visual Basic Program.

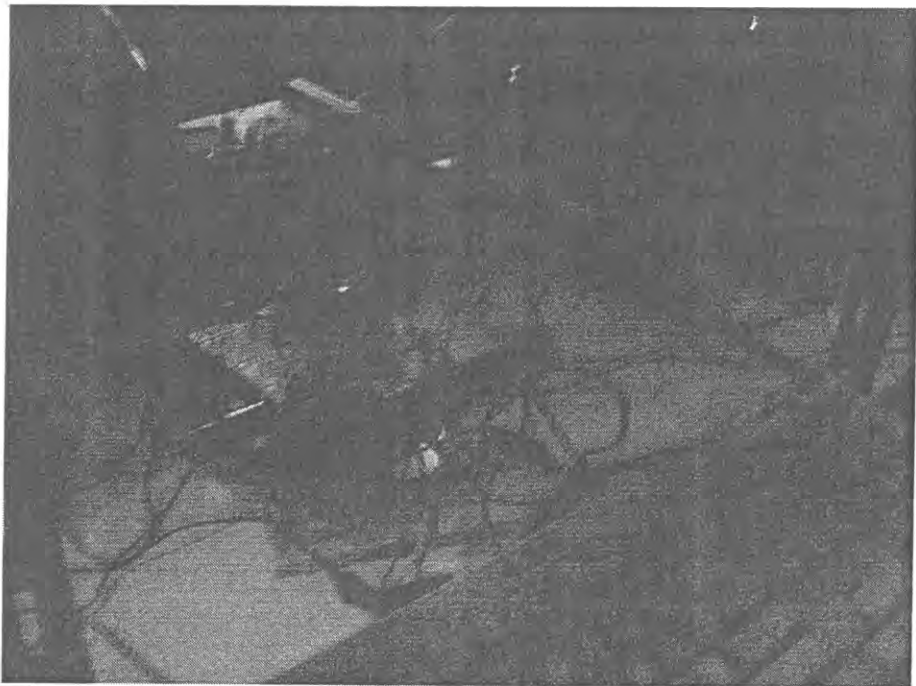
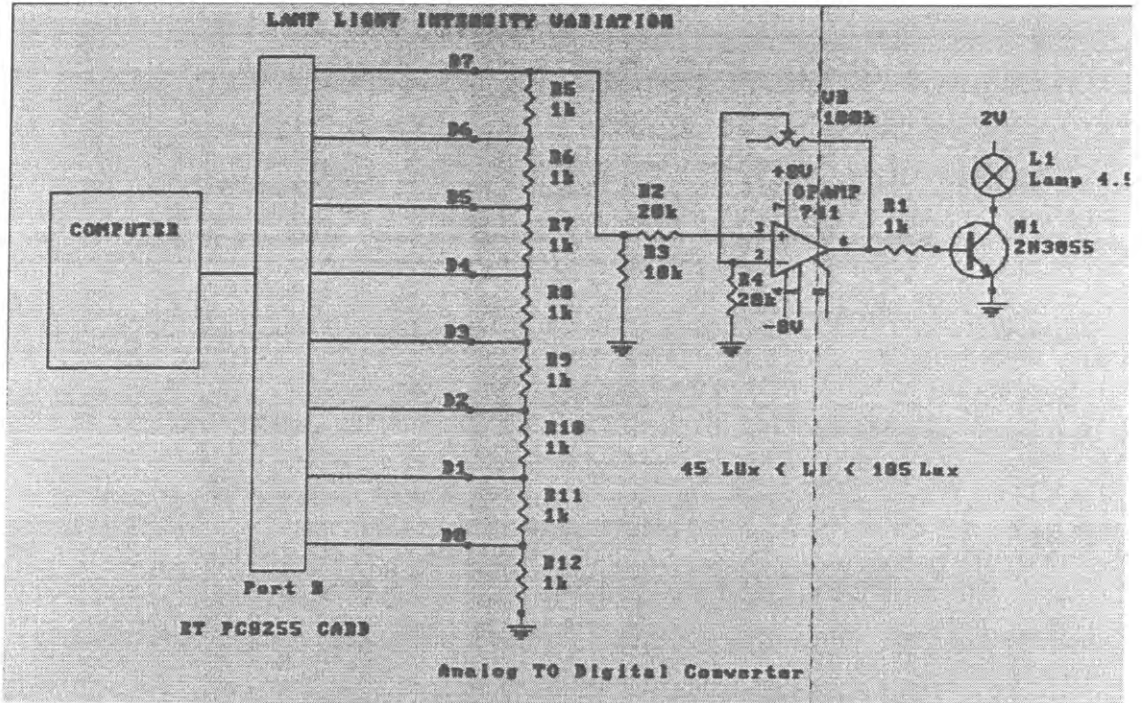
Key words : tungsten lamp

คำนำ

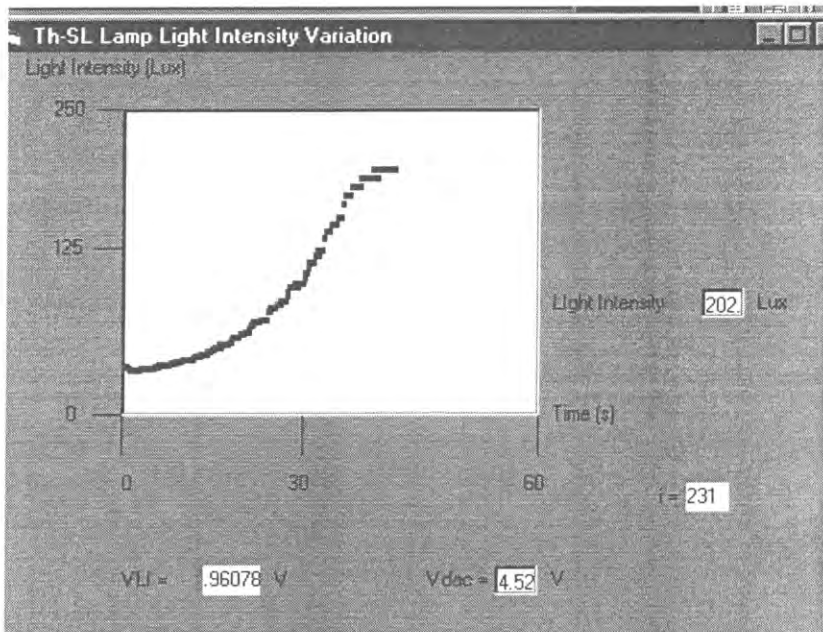
สารกึ่งตัวนำชนิดพีเป็นสารที่มีจำนวนโฮลมากกว่าจำนวนอิเล็กตรอน ตัวอย่าง เช่น Si+AL โฮลและอิเล็กตรอนเป็นพาหะไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำชนิดพี สารกึ่งตัวนำชนิดพีเป็นสารที่มีจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าจำนวนโฮล ตัวอย่าง เช่น Si+As โฮลและอิเล็กตรอนเป็นพาหะไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น LDR ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดพีหรือชนิดเอ็น หัววัดแสงทำมาจาก LDR หลอดไฟฟ้ามี่ให้หลอดที่ทำมาจากโลหะ

วิธีการทดลอง

จัดเครื่องมือเพื่อศึกษาการใช้วิซวลเบสิกควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 18.1 Form สำหรับการใช้วิซวลเบสิกควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 18.2 คอมพิวเตอร์ส่งแรงดันไฟฟ้าออกทางพอร์ต B ของ ET-PCI8255V3 card มายังวงจรแปลงแรงดันดิจิตอลเป็นอนาลอก (DAC) ขยายแรงดันไฟฟ้าด้วย OP Amp741 แล้วส่งเข้าขา B ของทรานซิสเตอร์ C458 เพื่อควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้า ใช้ LDR วัดความเข้มแสงโดยส่งเข้าขา Io ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอกเป็นแรงดันดิจิตอล (ADC) ส่งผ่านบัฟเฟอร์ 74LS244 และ พอร์ต A ของ ET-PCI8255V3 card แล้วเข้าคอมพิวเตอร์ inport32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซวลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ Out &H14C4, i ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันดิจิตอลจาก 0 ถึง 255 Label20.Caption = i ทำหน้าที่แสดงค่าแรงดันอนาลอกบนจอในรูปเลขฐานสอง labelVoltage.Caption = (5 / 255) * i ทำหน้าที่แสดงค่าแรงดันอนาลอกบนจอในรูปเลขฐานสิบ V = Inp(&H14C0) ทำหน้าที่แสดงแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม LDR ในรูปเลขฐานสอง $V_L = (5 / 255) * V$ ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม LDR จากเลขฐานสองให้เป็นเลขฐานสิบ LabelVLI.Caption = V_L ทำหน้าที่แสดงแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม LDR ในรูปเลขฐานสิบ $LI = 1296.4 * \exp(-1.9313 * V_L)$ ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม LDR ให้เป็นความเข้มแสง LabelLightIntensity.Caption = LI ทำหน้าที่แสดงความเข้มแสงบนจอ กำหนดพิกัดของจุดด้วยคำสั่ง x = j และ y = 255 - (255 / 250) * LI แสดงกราฟ LI vs. t ด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlack i = i + 1 เพิ่มค่าเท่ากับ 1 หนึ่งเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆกันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดงแรงดันไฟฟ้า V ที่ขึ้นกับอุณหภูมิ T บนจอคอมพิวเตอร์ ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer



รูปที่ 18.1 จัดเครื่องมือเพื่อศึกษาการใช้วงจรเบสิกควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้า



รูปที่ 18.3 Form สำหรับการใช้วิธีควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้า

Code สำหรับการใช้วิธีควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้า

'Lamp Light Intensity Variation

```
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" _Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" _Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
```

```
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    Picture1.DrawWidth = 3
```

```
    Out &H14CC, &H90
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Picture1.Cls
```

```
    i = 0
```

```
    For j = 20 To 2570 Step 10
```

```
        Out &H14C4, i
```

```
        Labeli20.Caption = i
```

```
        labelVoltage.Caption = (5 / 255) * i
```

```

V = Inp("&H14C0)
VLI = (5 / 255) * V
LabelVLI.Caption = VLI
LI = 1296.4 * Exp(-1.9313 * VLI)
LabelLightIntensity.Caption = LI
x = j
y = 255 - (255 / 250) * LI
Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlack
i = i + 1
Call delay
Next j
End Sub

Sub delay()
For k = 1 To 9500 '60s
DoEvents
Next k
End Sub

```

ผลการทดลอง

ผลการควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 2.5.9.3

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้านำไปใช้ในการทดลองเรื่องอื่นๆ

สรุปผลการทดลอง

ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย Visual Basic สามารถแสดงผลการควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

จิตติ หนูแก้ว. 2534. เทคนิคการเชื่อมต่อ IBM PC กับ อุปกรณ์ภายนอกต่างๆ. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ.
George C. Barney, 1988, Intelligent Instrumentation, 2nd edition, Prentice Hall,
New York/London/Sydney/Toronto/Tokyo.
[Http://www.ETT.co.th](http://www.ETT.co.th), Manual of ET-PC8255 card, 2005-2007.

บรรณานุกรม

- คณะผู้จัดทำบริษัทโทรเนอจี จำกัด คู่มือการใช้แลปวิว Trinergy.co.th, 2550
- คณะผู้เขียนเว็บไซต์กูเกิล <http://www.google.co.th>, 2550
- คณะผู้จัดทำแลปวิว <http://www.NI.com>, 2550
- คณะผู้จัดทำ บริษัทอีทีที จำกัด คู่มือ ET-PCI8255V3 card พร้อมแผ่นซีดีบรรจุโปรแกรม <http://www.ETT.Co.th>
บริษัท ETT Co., LTD, 2552
- จิตติ หนูแก้ว. 2534. เทคนิคการเชื่อมต่อ IBM PC กับ อุปกรณ์ภายนอกต่างๆ. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ.
ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์ การประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์ทรานซิสเตอร์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2546
- ยี่น ภูววรรณ, 2534, อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
- Abdullah, M.H., 1997, Frequency dependence of the complex impedances and dielectric behaviour of some Mg-Zn ferrites, *J. Mater. Sci.* 32 : 5817-5823.
- Adam Bie kowski, 2004, The possibility of utilizing the permeability magnetic materials in construction of magnetoelastic stress and force sensors, *Sensors and actuators A: Physical*, 123(3) 270-276.
- Akimitsu, 1996, Sputtered hexagonal Ba-ferrite films for high-density magnetic recording media, *J. Appl. Phys.* 79 (8), 15 April.
- Alexandru, H. V., 2004, Oxides ferroelectrics (Ba,Sr)TiO₃ for microwave devices, *Materials Science and Engineering B*, 109(1-3): 152-159.
- Anastasion, A., 2004, Ceramic varistors based on ZnO-SnO₂, *Journal of European Ceramic Society*, 24(6): 1171-1175.
- Andrzej Dziedzic, 2001, Electrical and stability properties and ultrasonic microscope characterisation of low temperature co-fired ceramics resistors, *Microelectronics Reliability*, 41(5): 669-676.
- Andrzej Grzechnik, 1999, An infrared study of MgCO₃ at high pressure, *Physica B: Condensed Matter*, 262(1-2): 67-73.
- Azadmanjiri, J., 2006, Magnetic properties of nanosize NiFe₂O₄ particles synthesized by sol-gel auto combustion method, *Ceramic International*.
- Babu, V., 2002, Structure and hard magnetic properties of barium hexaferrite with and without La₂O₃ prepared by ball milling, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 241(1): 85-88.
- Barney, George C. (1988). *Intelligence Instrumentation : Microprocessor Applications in Measurement and Control*. 2nd Edition, Prentice Hall, New York, 1-467 p.
- Ben Amor, 2005, Magnetoelastic microtransformer-based microstrain gauge, *Sensors and Actuators A: Physical*.

- Benlahrache, M. T., 2006, Influence of polarization electric field on the dielectric properties of BaTiO₃-based ceramics, *Materials Science in Semiconductor Processing*, 9(6): 1115-1118.
- Bi-Shiou Chiou., 1993. Electrical behaviour of the MnO₂-doped ZnO-Bi₂O₃ system, *J.Mater. Sci :Mater. In Elect.*, 4 : 38-42.
- Borges, F. M. M., 2006, Magnetism behaviour of nanocrystalline MnCo₂O₄ spinels, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 302(2): 273-277.
- Borges, P., 2001, Versatile radiofrequency sensor, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 39-41.
- Buchanan Relva, C., 1991. *Ceramic materials for electronics*, second edition, MerceL Dekker Inc., New York.
- Charles Kittel, *Introduction to Solid State Physics*, 5th Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1976.
- Chi, Z. H., 2006, Room-temperature ferroelectric polarization in multiferroic BiMnO₃, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*.
- Chih-Kuo Liang, 2005, Evaluation of a novel PTC thermistor for telecom overcurrent protection, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 121(2): 443-449.
- Chong H. Ahn, 2001, On-chip eddy current sensor for proximity sensing and crack detection, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(3): 340-345.
- Ciefi, C. 2000. Temperature controlled oven for low noise measurement systems. *IEEE transactions on instrumentation and measurement.*, 49, 546-549.
- Das Gupta, S. 1996. Heating elements and electrically conducting ceramics. *Key Engineering Materials.*, 122, 279-282.
- David Houivet, 2004, High temperature NTC ceramic resistors ambient -1000 °C, *Journal of European Ceramic Society*, 24(6) 1237-1241.
- Didosyan, S., 2003, Magneto-optical rotational speed sensor, *Sensors and Actuators A: Physical*, 106(1-3): 168-171.
- Elwin, G., 1997, Self propagating high-temperature synthesis of SrFe₁₂O₁₉ from reactions of strontium superoxide, iron metal and iron oxide powders, *J.Mater. Sci. Lett.* 16 :1237-1239.
- Fan, J., 1993, Electrical properties and d.c. degradation characteristics of silvered doped ZnO varistors *J. Mater. Sci.* 28 : 1391-1395.
- Fayek. M.K., 1992. *J. Mater. Sci.* 27 : 4813-4817.
- Fermon, C., 2006, Optimised GMR sensors for low and high frequencies applications, *Sensors and Actuators A: Physical*, 129(1-2), 203-206.
- Fijan Hu, 2006, Giant magnetoimpedance in a MnZn ferrite, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 302(2): 375-377.
- Forero, N. 2006. Development of a monitoring system for a PV solar plant, *Energy Conversion and Management*. Vol.47, No15-16, 2329-2336 p.

- Ghatage, A.K., 1996, X-ray, infrared and magnetic studies of chromium substituted nickel ferrite, *J. Mater. Sci. Lett.* 15 :1548-1550.
- Giebeler, C., 2001, GMR sensors for angle detection and rotation speed sensing, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 16-20.
- Gusmano, G., 1993, Humidity-sensitive electrical response of sintered MgFe_2O_4 , *J. Mater. Sci.* 28 : 6195-6198.
- Hayashi, S. 2001. Fabrication and evaluation of LaCrO_3 thin films electric heaters. *Key Engineering Materials.*, 216, 105-108.
- Helifa, B., 2006, Detection and measurement of surface cracks in ferromagnetic materials using eddy current testing, *NDT & E International*, 39(5): 384-390.
- Hongwei Qin, 2000, Magnetic properties and magnetoresistance effects of $\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ sintered ferrites, *Solid State Communications*, 115(5): 233-235.
- <http://looknatty.exteen.com/page/2>.
- <http://projoke.blogspot.com/2007/08/foundation-labview.html>.
- http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/c_hanthaburi/komes_k/com_unit/memory_u.html.
- [Http:// www.ni.com](http://www.ni.com). LabVIEW™ Basic I. Introduction Course Manual, National Instruments Corporation, 1993-2001.
- <http://th.wikipedia.org/>
- http://www.electron.rmutphysics.com/science-news/index.php?Itemid=1&id=141&option=com_content&task=view
- Hiroaki Muta, 2002, Thermoelectric properties of Ti- and Sn-doped $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, *Journal of Alloys and compounds*, 335(1-2): 202-202.
- Ho-Gi Kim. 1994. Microwave sintering of BaTiO_3 thick films. *J. Mater. Sci. Lett.*, 13, 806-809.
- Hongri Liu, 2006, Ferroelectric properties of BiFeO_3 films grown by sol-gel process, *Thin Solid Films*, 500(1-2) 105-109.
- Horng-Yi Chang. 1995. Electrical characteristics of $(\text{Sr}_{0.2}\text{Ba}_{0.8})\text{TiO}_3$ positive temperature coefficient of resistivity materials prepared by microwave sintering. *J. Appl. Phys.*, 78 (1), 423-427.
- Ichiyangi, Y., 2006, Magnetic properties of Mg-ferrite nanoparticles, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*.
- Jiao, K. L., 1993, Development and fabrication of RuO_2 thin film resistors, *Materials Science and Engineering B*, 18(3) 220-225.
- Jifan Hu, 2000, Magnetoimpedance effect in $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.67}\text{MnO}_3$ under low dc magnetic fields, *Solid State Communications*, 116(3): 159-162.
- Jifan Hu, 2001, Magnetoimpedance effect in $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 234(3): 419-422.

- Jing, Z. H., 2005, Preparation and magnetic properties of spherical α -Fe₂O₃ nanoparticles via a non-aqueous medium, *Materials Chemistry and Physics*, 92(2-3): 600-603.
- Juhyun Yoo, 2005, Piezoelectric and dielectric properties of La₂O₃-Bi(Na,K)TiO₃-SrTiO₃ ceramics for pressure sensor application, *Sensors and Actuators A: Physical*.
- Kaliyugavaraden, S. 1997. Microcontroller-based programmable temperature controller. *IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference)*, 1, 155-158.
- Kanchan Guar. 1996, Pyroelectric and dielectric properties of some heavy rare-earth orthochromites, *J. Mater. Sci. :Mater. In Elect. 7* : 35-38.
- Kazuhide Abe. 1994. Epitaxial growth and dielectric properties of (Ba_{0.24}Sr_{0.76})TiO₃ thin film *J. Appl. Phys.*, 33, 5297-5300.
- Kentaro Totsu, 2004, Three-axis magneto-impedance effect sensor system for detecting position, *Sensors and Actuators A: Physical*, 111(2-3): 304-309.
- Kosmas, K., 2005, Non-destructive evaluation of magnetic metallic materials using Hall sensors, *Journal of Materials Processing Technology*, 161(1-2): 359-362.
- Kozlova, N., 2003, Intergrain magnetoresistance of La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ in pulsed magnetic fields up to 50 T, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 261(1-2): 48-55.
- Kuang, Tyh., 1995, Microstructure and nonohmic properties of ZnO-V₂O₅ ceramics, *J. Appl. Phys.* 34 : 6452-6457.
- Kutty, T.R.N., 1996, Dependence of non-linearity coefficients on transition metal oxide concentration in simplified compositions of ZnO+Bi₂O₃+MO varistor ceramics (M=Co or Mn), *J. Mater. Sci. :Mater. In Elect. 7* : 137-148.
- Liqin Zhou. 1992. Sr_{0.7}Ba_{0.3}TiO₃-based multilayer boundary-layer capacitors. *J. Mater. Sci. Lett.*, 11, 1134-1136.
- Lisfi, A., 2002, relation between the microstructure and magnetic properties of BaFe₁₂O₁₉ thin films grown on various substances, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 242-245: 391-394.
- Martinez Sarrion, M. L., 1995. Preparation and characterization of NTC thermistors based on Fe-Mn-Ni-O₄. *J. Mater. Sci.*, 30, 2610-2615.
- Masalu Miyayama., 1992. Infrared sensing properties of positive temperature coefficient thermistors with large temperature coefficient of resistivity. *J. Mater. Sci.*, 27, 127-132.
- Meier, K. 2001. PTC thermistor heating elements. *Appliance.*, 58, 64-66.
- Meyer, B., 1996, New low-voltage varistor composites, *J. Mater. Sci.* 31: 5941-5944.
- Miclea, C., 2005, Soft ferrite materials for magnetic temperature transducers and applications, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 290-291 (2): 1506-1509.
- Mingshan Xiao, 1998, Conductivity and infrared absorption of La_{1-x}Ba_xCoO₃ conductive ceramics, *Journal of Solid State Chemistry*, 137(2): 211-313.

- Moreira, A., 2002, Evidence for the likely occurrence of magnetoferroelectricity in simple perovskite, BiMnO_3 , *Solid State Communications*, 122(1-2): 49-52.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.
- Mundada, O.G., 1997, Magnetic properties of Ni-Zn ferrites doped with Ti^{4+} ions, *J. Mater. Sci. Lett.* 16 : 432-434.
- Naboru Ichinose, 2004, Ultrasonic transducers with piezoelectric ceramics, *Journal of European Ceramic Society*, 24(6): 1681-1685.
- Narayanan, T.R., 1995, Influence of alkali ions in enhancing the nonlinearity of $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-Co}_3\text{O}_4$ varistor ceramics, *J. Appl. Phys.* 34 : 6125-6132.
- Ogawa, 1998. T. Sol-gel PTC BaTiO_3 thin films – application of PTC film to heater plate. *IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics.*, 101-104.
- Padmini, P. 1994. Influence of Bi^{3+} ions in enhancing the magnitude of positive temperature coefficients of resistance in n- BaTiO_3 ceramics. *J. Mater. Sci. : Mater. In Elect.*, 5, 203-209.
- Palkar, V. R., *Solid State Communications*, Observation of magnetoelectric behaviour at room temperature in $\text{Pb}(\text{Fe}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$, 134(11): 783-786.
- Patankar, K. K., 2001, Dielectric behaviour and magnetoelectric effect in $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{.Ba}_{0.8}\text{Pb}_{0.2}\text{TiO}_3$ composites, *Materials Chemistry and Physics*, 72(1): 23-29.
- Peilissier, K. 1998. Silicon carbide heating elements. *Ceramics international.*, 24, 371-377.
- Pfutzner, H., 2005, Non-contact detection of magnetoeladtic bilayer position sensors, *Sensors and Actuators A: Physical*, 123-124: 349-353.
- Pianaro, P.R., 1997, Effect of Bi_2O_3 addition on the microstructure and electrical properties of the $\text{SnO}_2\text{.CoO.Nb}_2\text{O}_5$ varistor system, *J. Mater. Sci. Lett.* 16 : 634-638.
- Pujar, R. B. (1996). Electrical properties of Zr^{4+} -substituted Mg-Zn ferrites. *J. Mater. Sci. Lett.* 15:1605-1607.
- Pullar, R.C., 1997, Magnetic Co_2Y ferrite, $\text{Ba}_2\text{Co}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ fibres produced by a blow spun process, *J. Mater. Sci* 32 : 365-368.
- Pullar, R.C., 1997, Novel aqueous sol-gel preparation and characterization of barium M ferrite, $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ fibres, *J. Mater. Sci* 32 : 349-352.
- RaO, K.H., 1996, Unusual dielectric behaviour of Ni-Zn ferrites in the lower megahertz region (1-10 MHz) due to dimensional resonance, *J. Mater. Sci. Lett.* 15 : 781-783.
- Ravinder, D. (1994). Electrical conductivity of Mn-Zn ferrites. *J. Appl. Phys.* 75 (10):6118-6120.
- Reznikov, Y. A. 1997. Programmable temperature control in an electric furnace for laboratory coking based on a microprocessor controller. *Fuel and Energy Abstracts.*, 38, 219.
- Rubi, D., 2006, On-off magnetoresistive sensor based on screen-printed $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ manganite, *Sensors and Actuators A: Physical*, 132(1): 52-55.

- Sangsoo Noh, 2006, Electrical properties of nickel oxide thin films for flow sensor application, *Sensors and Actuators A: Physical*, 125(2): 363-366.
- Sattar, A.A., 1996, Effect of magnetic order on electrical properties of Mn-Zn ferrite single crystals, *J. Mater. Sci. Lett.* 15 : 1090-1092.
- Schott, C., 2006, Novel analog magnetic angle sensor with linear output, *Sensors and Actuators A: Physical*, 132(1): 165-170.
- Seok, S. I. (1995). The effect of Cu-sites doping on electrical properties of La_2CuO_4 as thermoelectric material. *J. Mater. Sci. : Mater. Elect.* 6:140-143.
- Seuinghyun Kim, 2004, Measurement of flow direction and velocity using micromachined flow sensor, *Sensors and Actuators A: Physical*, 115(2-3) :312-318.
- Seung-Dae Kim, 2006, Magnetic field sensitivity of LC filter-type magnetoimpedance sensors, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 304(1): 391-393.
- Shail Upadhyay. 1997. Preparation and characterization of barium stannate BaSnO_3 . *J. Mater. Sci. Lett.*, 16, 1330-1332.
- Sharma, H.D., 1995, Pyroelectricity and change in polarization gadolinium-doped PZT, *J. Mater. Sci. Lett.* 14 : 788-789.
- Shibagaki, S., 1997. Calcium-doping effect on temperature coefficients of dielectric constants in SrTiO_3 capacitors. *J. Mater. Sci.*, 32, 1449-1453.
- Shr-Nan Bai, 1993, Influence of sintering temperature on electrical properties of ZnO varistors, *J. Appl. Phys.* 74 (1), 1 July : 695-703.
- Song, S. T., 1984, Synthesis, properties and application of high conductive LaCrO_3 -based ceramic-materials, *Ceramics International*, 10(4): 143-146.
- Tanaka, Y. (1997). Thermoelectric properties of ZnO-based materials. *J. Mater. Sci. Lett.* 16:155-157.
- Tandon, R.P., 1992, Ferroelectric properties of lead titanate/polymer composite and its application in hydrophone, *J. Mater. Sci. Lett.* 11 : 883-885.
- Tandon, R.P., 1993, Dielectric, piezoelectric and acoustic properties of high performance piezorubber composite hydrophone, *J. Mater. Sci. Lett.* 12 : 1182-1184.
- Tomasevic_Canovic, M., 1993, Synthesis of ZnO-based varistor precursor powders by reaction spray process, *J. Mater. Sci.* 28 : 5211-5217.
- Treutler, C. P. O., 2001, Magnetic sensors for automotive applications,
- Tsuchiya, T., 1992, Preparation of spinel-type ferrite thin films by dip-coating process and measured magnetic properties, *J. Mater. Sci.* 27 : 3645-3650.
- Wang, D. J. 1997. Preparation and electrical properties of semiconducting strontium-lead titanate PTCR ceramics. *J. Mater. Sci. : Mater. In Elect.*, 8, 271-276.
- phase shifter applications, *Journal of European Ceramic Society*.

- Wenzhong Lu, 2005, Effects of La_2O_3 additions on properties of $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{TiO}_3$ -MgO ceramics for phase shifter applications, *Journal of European Ceramic Society*.
- Yamadera, H., 2000, Thin film magnetic field sensor utilizing Magneto-impedance effect , *Sensors and Actuators A: Physical*, 82(1-3): 155-160.
- Yamamoto, S., 1996, Recording characteristics of Co-(Fe_2O_3 perpendicular magnetic recording media, *J. Appl. Phys.* 79 (8), 15 April.
- Yang, W. M., 2006, A levitation force and magnetic field distribution measurement system in three dimensions, *Physica C: Superconductivity*, 445-448 347-352.
- Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 206.
- Ying Chun Zhang, Effects of additives on microstructures and microwave electrical properties of ZnNb_2O_6 ceramics, *Materials Science and Engineering B*, 99(1-3): 282-285.
- Youn-Ki Jun, 2005, Effects of Nb-doping on electric and magnetic properties in multi-ferroic BiMnO_3 ceramics, 135(1-2): 133-137.
- Yunhui Xu, 2001, Magnetic field sensor from polycrystalline manganites, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 26-29.
- Yurii Skourski, Magnetization and magneto-resistance measurements of bulk $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ in pulsed magnetic fields up to 50 T, *Physica B Condensed Matter*, 346-347: 325-328.
- Zahner, Th., 1999, Picosecond thermoelectric response of thin $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ films, *Superconductivity*, 313(1-2): 37-40.
- Zhang J. L. 1992. Electrical conduction of $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ ceramics under d.c. voltage. *J. Mater. Sci. Lett.*, 11, 294-295.
- Zhenxing Yue, 2004, Preparation and electromagnetic properties of low-temperature sintered ferroelectric-ferrite composite ceramics, *Journal of Alloys and compounds*, 375(1-2): 243-248.

ภาคผนวก

แบบวิจัย 1 (ปรับปรุงปีงบประมาณ 2550)

แบบฟอร์มการเสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประเภทสิ่งประดิษฐ์ ประจำปี 2550

ส่วน ก องค์ประกอบในการจัดทำข้อเสนอโครงการวิจัย

1. ชื่อโครงการ

การประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์เซรามิกส์ (Electroceramic Applications)

2. ประเภทของงานวิจัย

ประยุกต์ มีลักษณะเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นใหม่ โดยไม่เคยมีของแบบเดิมอยู่ก่อน หรือมีของเดิมอยู่ก่อน แต่สิ่งที่สร้างขึ้นใหม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

3. คำหลัก (Keywords)

conductive ceramics, NTC ceramics, thermoelectric ceramics, heating ceramics, varistor ceramics, PTC ceramics, ferroelectric ceramics, ferroelastic ceramics, piezoelectric ceramics, pyroelectric ceramics, ferromagnetic ceramics, ferrimagnetic ceramics, magnetoresistance ceramics, magnetoimpedance ceramics, magnetoelectric ceramics, magnetoelastic ceramics, optical response ceramics, gas response ceramics and humidity response ceramics

4. สาขาวิชาที่ทำการวิจัย (หรือเน้นหนักในวิชาการด้านใด)

สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและคณิตศาสตร์ (ฟิสิกส์)

5. รายชื่อคณะผู้ดำเนินการวิจัย และสัดส่วนที่ทำงานวิจัย (%)

หัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้วิจัยหลัก : นายธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์ สัดส่วนที่ทำงานวิจัย 70 %

Mr. Thongchai Panmatarith

ผู้ร่วมงานวิจัย : นักศึกษา ระดับปริญญาตรี และ/หรือปริญญาโท สัดส่วนที่ทำงานวิจัย 30 %

6. ชื่อนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่เข้าร่วมโครงการ (กรณีมีนักศึกษาแล้ว)

นักศึกษาระดับปริญญาตรีที่เข้าร่วมโครงการ

กิงกานต์ เปาะทอง สุตารัตน์ อินทร์น้อย จิราภรณ์ ศรีพรม ยุกา ฤทธิ์โต สาธิตา ดรุณศิลป์ พิรพรรณ แผงรักษ์ นิภาพร ดำขุน สุธารัตน์ เกตุสิงห์ เมทินี ดุริยรัฐการ นีจดอนี พูลชาว สุไหลขอ โคหลี เยาวนุช มะธูระ จุฑารัตน์ บัวมีกลิ่น สุจาวี ฤทธิภักดี ศิรินพร แก้วเมฆา

7. รายละเอียดการวิจัย

7.1 หลักการและเหตุผล (ความสำคัญและที่มาของหัวข้อการวิจัย)

7.1.1 ความสำคัญของปัญหาที่ทำการวิจัย

อิเล็กทรอนิกส์เซรามิกส์ (electroceramics) มีหลายชนิด ได้แก่ เซรามิกส์ตัวนำ (conductive ceramics) เซรามิกส์แบบเอ็นทีซี (NTC ceramics) เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric ceramics) เซรามิกส์ให้ความร้อน (heating ceramics) เซรามิกส์วาริสเตอร์ (varistor ceramics) เซรามิกส์แบบพีทีซี (PTC ceramics) เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริก (ferroelectric ceramics) เซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric ceramics) เซรามิกส์ไพโรอิเล็กทริก (pyroelectric ceramics) เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โร (ferromagnetic ceramics) เซรามิกส์

แม่เหล็กเฟอร์ริ (ferrimagnetic ceramics) เซรามิกส์แมกนีโตรซิสแตนซ์ (magnetoresistance ceramics) เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ (magnetoimpedance ceramics) เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก (magnetoelectric ceramics) เซรามิกส์แมกนีโตอีลาสติก (magnetoelastic ceramics) เซรามิกส์แมกนีโตสตริกตีฟ (magnetostrictive ceramics) เซรามิกส์เชิงแสง (optical ceramics) อุปกรณ์ตอบสนองต่อก๊าซ (gas response ceramics) และอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้น (humidity response ceramics) อิเล็กทรอนิกส์เซรามิกส์เหล่านี้มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมของประเทศ

7.1.2 ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้มีการเรียนการสอนเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์เซรามิกส์มาหลายปีแล้ว ได้มีการทำวิจัยการเตรียมสารและทดสอบสมบัติเชิงฟิสิกส์ ได้มีการสร้างเครื่องมือทดสอบวัสดุ แต่ไม่ได้มีการประยุกต์กันอย่างจริงจัง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการวิจัยอิเล็กทรอนิกส์เซรามิกส์เชิงประยุกต์โดยจะทำการเป็นอุปกรณ์ต่างๆซึ่งจะนำไปใช้ในการเรียนการสอน จดสิทธิบัตรและอุตสาหกรรมต่อไป งานวิจัยเรื่องนี้ต้องการรวบรวมผลงานวิจัยในช่วงปี 2539-2549 และผลงานใหม่ปี 2550 เป็นเล่ม เพื่อให้สะดวกในการนำไปใช้

7.2 โครงการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตัวอย่างของการสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์เซรามิกส์มีดังต่อไปนี้

1) conductive ceramics

ตัวนำเซรามิกส์เป็นตัวต้านทานที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำซึ่งอยู่ในย่านตัวนำ ตัวต้านทานโอห์มมิกเป็นมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานไฟฟ้าต่ำโดยมีความต้านทานไฟฟ้าอยู่ในช่วง 10^3 - $10^8 \Omega$ ทำมาจากส่วนผสมของตัวนำกับฉนวนหรือชั้นบางของตัวนำซึ่งถูกเคลือบลงบนฐานรองฉนวน ตัวต้านทานโอห์มมิกมีรูปร่างเป็นแท่ง ฟิล์มหนาหรือฟิล์มบาง (A. J. Moulson และ J.M. Herbert, 1990) มีผู้เตรียมอุปกรณ์ที่เป็นฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำ SnO_2 ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดหลายอันที่อยู่เรียงกันเป็นแถว (sensor array) สำหรับใช้ทดสอบก๊าซและควัน (gas and smoke) ที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ แหล่งกำเนิดควันที่ใช้เป็นกระดาษ ไม้ บุหรี่ พลาสติก เส้นผม ที่ลุกไหม้ หัววัดนี้มีความไวต่อก๊าซ H_2 และ CO สัญญาณจากหัววัดชี้บอกความเข้มข้นของควัน มีผู้เตรียมตัวต้านทาน RuO_2 แบบฟิล์มบางโดยสเป็คเตอรึงแมกนีตรอนแบบไฟฟ้ากระแสตรงไวปฏิกิริยา (reactive d.c. magnetron sputtering) วัดสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน (TCR) เพื่อศึกษาเสถียรภาพต่อความร้อน พบว่า $\text{TCR} = \pm 20 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ RuO_2 แบบฟิล์มบางนี้ใช้ทำตัวต้านทาน (Jiao, K. L. 1993) มีผู้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสมบัติเชิงไฟฟ้าและสมบัติเชิงเสถียรภาพและการชั่งลักษณะของไมโครสโคปอลตราโซนิกส์ของตัวต้านทานเซรามิกส์ที่มีการเผาพร้อม (LTCC) ได้ศึกษาอิทธิพลของขนาดที่มีต่อผลต่อความต้านทาน เสถียรภาพทางความร้อนยาวนานและความทนทานต่อการรับพัลส์แรงดันสูงขนาดไมโครวินาทีหรือนาโนวินาที (Andrzej Dziedzic, 2001)

ปรากฏการณ์ฮอลล์ (Hall effect) คือ ปรากฏการณ์ที่มีการปล่อยกระแสไฟฟ้า (electric current, I_x) ให้ไหลผ่านสารและในขณะเดียวกันก็มีการป้อนสนามแม่เหล็ก (magnetic field, B_z) ในแนวตั้งฉากกับกระแสไฟฟ้า มันจะเกิดความต่างศักย์ฮอลล์ (Hall voltage, V_y or V_H) และสนามฮอลล์ (Hall field, E_y or E_H) ในแนวตั้งฉากกับกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

2) NTC ceramics

F. A. S. Soliman (1993) ได้ศึกษาเทอร์มิสเตอร์ในทางการค้าซึ่งเตรียมมาจากส่วนผสมของ NiO, Mn₂O₃ และ Co₂O₃ แล้ววัดความต้านทานของสารที่อุณหภูมิต่างๆ M. L. Martinez Sarrion (1995) ได้เตรียม Fe_{2.18}Mn_{0.21}Ni_{0.61}O₄ ซึ่งเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC สารสูตรนี้อยู่ในกลุ่มเฟอร์ไรต์ วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ส่วนผสมต่างๆ ศึกษาเสถียรภาพทางไฟฟ้า (electrical stability) โดยการวัดวัดการแปรค่าความต้านทานกับเวลา มีผู้เตรียมสารประกอบจากแผนภาพเทอร์นารี Y₂O₃-Mn₂O₃-Cr₂O₃ ทดสอบเอ็นทีซี (NTC test) โดยการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิ ความต้านทานที่อุณหภูมิห้องมีค่าหลายร้อยโอห์ม ความต้านทานที่ 1000 °C อุณหภูมิห้องมีค่าหลายโอห์ม สารที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นตัวต้านทานเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีและสามารถประยุกต์ใช้เป็นตัวต้านทานเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีอุณหภูมิสูงในย่านอุณหภูมิของบริเวณที่อยู่รอบๆ ถึง 1000 °C (David Houivet, 2004) มีผู้เตรียม Cu_{1-x}Zn_xTi_yFe_{2-y}O₄, 0.5 ≤ x ≤ 0.6, 0.00 ≤ y ≤ 0.05 วัดสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็กที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (χ_m vs T) ประยุกต์ใช้เป็นตัววัดอุณหภูมิโดยอาศัยแม่เหล็กและเทอร์มิสเตอร์ (thermostat) หรืออุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature control device) (Miclea, C., 2005) มีผู้เตรียมฟิล์มบาง NiO วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (ρ vs T) วัดสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน (TCR) ด้วยสูตร $TCR = (\Delta R/R_0) \Delta T$ วัดเสถียรภาพของความต้านทานยาวนาน (long-term resistance stability) นำหัววัดนี้ไปใช้งานเป็นหัววัดการไหล (flow sensor) (Sangsoo Noh, 2006)

3) thermoelectric ceramics

Ravinder (1994) ได้เตรียม Mn-Zn ferrite ซึ่งมีสูตร Mn_xZn_{1-x}Fe₂O₄ (x=0.0, 0.2, 0.6, และ 0.8) เมาที่อุณหภูมิ 1200 °C วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า-ความร้อน (thermo-emf) ที่อุณหภูมิต่างๆ หลังจากผ่านการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคหรือกำลังไฟฟ้าความร้อนพบว่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (α) มีค่าลดลงในขณะที่อุณหภูมิ (T) เพิ่มขึ้น และยังได้วัดความสัมพันธ์ซีเบคของสารที่มีส่วนผสมต่างกันด้วย Pujar (1996) ได้เตรียม Zn_xMg_{1-x+y}Zr_yFe_{2-2y}O₄ (x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 ; y=0.01, 0.03, 0.05, 0.07) แล้วนำสารไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) ศึกษาพลังงานไฟฟ้าความร้อนโดยการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบคตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึง 973 °C ผลการวัดพบว่าสารมีสภาพนำไฟฟ้าชนิดเอ็น (n-type conductivity) และสัมประสิทธิ์ซีเบคมีค่าลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น Bosman ได้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคกับพลังงานเฟอร์มิ คือ $E_F = e\alpha T - A k_B T$ เมื่อ E_F เป็นพลังงานเฟอร์มิ e เป็นประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน α เป็นสัมประสิทธิ์ซีเบค T เป็นอุณหภูมิสัมบูรณ์ A เป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน และ k_B เป็นค่าคงที่โบลต์ซมาน Seok (1995) ได้เตรียม La₂CuO₄ เพื่อทำเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กตริก La₂CuO₄ เป็นฉนวนแม่เหล็กแอนติเฟอร์โร (antiferromagnetic insulator) La₂CuO_{4.8} ที่มีออกซิเจนเกินจะแสดงกำลังไฟฟ้าความร้อนและสภาพนำไฟฟ้าที่มีค่าสูง สารที่เตรียมเพื่อทดสอบ อาทิ La₂Cu_{0.9}Mn_{0.1}O₄, La₂Cu_{0.9}Fe_{0.1}O₄, La₂Cu_{0.9}Co_{0.1}O₄ และ La₂Cu_{0.9}Ni_{0.1}O₄ มีผู้เตรียมสาร (Fe_{1-x}M_x)₂O₃ เมื่อ M=Ti, Sn ; x=0-0.03 วัดสภาพการนำไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (σ vs T) วัดสัมประสิทธิ์ซีเบคที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (S vs T) วัดสภาพการนำความร้อนที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (K vs T) (Hiroaki Muta, 2002) มีผู้เตรียมฟิล์มบาง YBa₂Cu₃O_{7.8} ใช้พัลส์เลเซอร์ (laser pulse) และการให้ความร้อนแบบไดนามิกส์ (dynamic heating) เพื่อวัดแรงดันเทอร์โมอิเล็กตริกที่ขึ้นกับเวลา (V vs t) หาเวลาการตอบสนองของเทอร์โมอิเล็กตริกจากความสัมพันธ์ V vs t (Zahner, Th., 1999) เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กตริกแสดงปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กตริก ปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กตริก คือ ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กตริกที่เกิดขึ้นในขณะที่สารอยู่ในสนามแม่เหล็ก

4) heating ceramics

สารให้ความร้อน (heating element) เป็นสารที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนได้ดี ใช้ทำหลอดของเตาหลอม (furnace element) ตัวอย่างของสารให้ความร้อน อาทิเช่น แกรไฟต์ (graphite), โมลิบดีนัม (Mo), ทังสเตน (W), ทองคำขาว (Pt), SiC (1650°C) และ MoSi₂ (1500°C) Das Gupta (1996) ในประเทศแคนาดา ได้รายงานเกี่ยวกับสารที่ใช้ทำสารให้ความร้อนซึ่งได้แก่ MoSi₂, SiC, แกรไฟต์ (graphite) และ BaTiO₃ Reznikov (1997) ได้สร้างตัวควบคุมอุณหภูมิที่โปรแกรมได้จากไมโครโปรเซสเซอร์ สำหรับใช้งานกับเตาหลอมไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ Pelissier (1998) ในประเทศฝรั่งเศสได้ศึกษาสภาพด้านทานไฟฟ้าและสภาพการนำความร้อนของสารให้ความร้อนที่ทำมาจากซิลิกอนคาร์ไบด์ Ogawa (1998) ในประเทศญี่ปุ่น ได้สร้างฟิล์มบาง BaTiO₃ แล้วประยุกต์ใช้เป็นแผ่นความร้อนที่สามารถให้ความร้อนสม่ำเสมอ Hayashi (2001) ในประเทศญี่ปุ่น ได้เตรียมฟิล์มบางของ LaCrO₃-Ca โดยมีขั้วเป็น Pt และหาลักษณะสมบัติการให้ความร้อน (heating characteristics) ความต้านทานของฟิล์มบางให้ความร้อนมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นลบและอุณหภูมิให้ความร้อนสูงสุด 1100°C Meier (2001) ในประเทศอังกฤษ ได้ศึกษาสารให้ความร้อนที่ทำมาจากเทอร์มิสเตอร์แบบ PTC ซึ่งสามารถทำงานที่อุณหภูมิเกือบคงที่ มีผู้เตรียม LaCrO₃ วัดสมบัติเชิงไฟฟ้าและสมบัติเชิงแม่เหล็ก ทดสอบการให้ความร้อน (heating test) อุณหภูมิการทำงาน (working temperature) มีค่า 2000-2100 °C (Song, S.T., 1984) มีผู้เตรียมสาร La_{1-x}Ba_xCoO₃ วัดสภาพด้านทานไฟฟ้า ρ ที่ขึ้นกับสัดส่วนผสม x พบว่า $x=0.5$ มีค่า ρ ต่ำสุด ได้ทดสอบการดูดกลืนอินฟราเรด (infrared absorption test) ได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับกลไกการนำไฟฟ้า (conducting mechanism) (Mingshan Xiao, 1998) มีผู้ทดลองโดยปล่อยกระแสไฟฟ้าสลับไหลผ่านหลอดทองคำขาว (platinum wire) วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (V) วัดอุณหภูมิของหลอด (T) วัดอัตราเร็ว (velocity) คำนวณอัตราการไหลของลม (wind flow rate) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วกับอุณหภูมิของหลอดทองคำขาวจะนำไปประยุกต์เป็นหัววัดอัตราเร็วของลม (Seungghyun Kim, 2004) มีผู้ศึกษาความสามารถในการกดอัด (compressibility) ของ MgCO₃ ด้วยค่าการดูดกลืนอินฟราเรด (infrared absorbance) ในย่านเลขคลื่น 100-1800 cm⁻¹ ได้บรรยายการประยุกต์ใช้ของการสั่นแบบยืดออกของ C-O ที่ไม่สมมาตรของกลุ่มคาร์บอนในลักษณะของเกจความดัน (pressure gauge) สำหรับการส่งผ่านอินฟราเรดที่ได้รับการศึกษาในเซลล์เพชร (Andrzej Grzechnik, 1999)

5) varistor ceramics

Shr-Nan Bai (1993) ได้เตรียมวาริสเตอร์จากส่วนผสมของ 97.5 mol % ZnO กับ 2.5 mol % ของ (Bi₂O₃, Sb₂O₃, Co₃O₄, MnO, Cr₂O₃) เผาที่ 1150 °C วัดได้ค่า $\alpha=52.2$ J. Fan (1993) ได้เตรียมวาริสเตอร์จากสูตร ZnO+0.01Bi₂O₃+0.01Ag₂O varistor วัดความสัมพันธ์ J vs E คำนวณค่า α จากสูตร $\alpha = (\log J_2 - \log J_1) / (\log E_2 - \log E_1)$ โดยกำหนด J₁ และ J₂ มีค่า 0.1 และ 1 mA/cm² วัดความสัมพันธ์ระหว่าง α กับปริมาณของ Ag₂O และค่า $\alpha = 35$ Bi-Shiou Chiou (1993) ได้เตรียม MnO₂-doped ZnO-Bi₂O₃ varistor วัดได้ค่า $\alpha=14$ M. Tomasevic-Canovic (1993) ได้เตรียม ZnO-based varistor วัดได้ค่า $\alpha=30$ T.R. Narayanan (1995) ได้เตรียม ZnO-Bi₂O₃-Co₃O₄ varistor วัดความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า (I vs V) และระหว่างความจุไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า (C vs V) วัดค่าคงที่ไดโอดริกที่ขึ้นกับความถี่ ได้ค่า $\alpha=40$ Tyh. Kuang (1995) ได้เตรียม ZnO-V₂O₅ varistor พบสมบัติที่ไม่เป็นโอห์มมิก(non-ohmic property) T.R.N. Kutty (1996) ได้เตรียม 94.5ZnO+3.0Bi₂O₃+2.5CoO วัดโดยใช้สูตร $\alpha = (\log I_2 - \log I_1) / (\log V_2 - \log V_1)$

ได้ค่า $\alpha=65$ B. Meyer (1996) ได้เตรียมวัสดุผสมวาไรสเตอร์ที่มีแรงดันเบรคดาวน์ต่ำ low-voltage varistor composite วัสดุผสมนี้ผสมกับระหว่าง $ZnO+0.01Bi_2O_3$ กับโพลีเอทิลีน (polyethylene) วัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า (ρ) ได้ค่า $4.0 \times 10^{11} \Omega cm$ วัดเลขที่กำลังที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้ $\alpha \sim 10$ วัดค่าสนามเบรคดาวน์ได้ $BE = 190 V/m$ S.A. Pianaro (1997) ได้เตรียม $(98.95-x) mol\% SnO_2 + 1.00 mol\% CoO + 0.05 mol\% Nb_2O_5 + x\% Bi_2O_3$ โดยที่ $x=0.3$ วัด J vs E ได้ค่า $\alpha=10$ มีผู้เตรียม $ZnO+xSnO_2$ เมื่อ $x=0.05, 0.1, 0.15, 0.2$ โดยวิธีการทำกระบวนการผงแบบดั้งเดิม (conventional powder processing routes) อุณหภูมิซินเตอร์ที่ใช้มีค่า 1150-1275 °C ตรวจสอบผลด้วยเครื่อง XRD วัดความหนาแน่น (ρ) ด้วยสูตร $\rho=m/V$ ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยเครื่อง SEM วัดกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า (I vs V) และความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับสนามไฟฟ้า (J vs E) หาค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เป็นเชิงเส้น (α) แรงดันเบรคดาวน์ (BV) และสนามเบรคดาวน์ (BE) (Anastasion, A., 2004)

6) PTC ceramics

Masalu Miyayama ได้เตรียม $(Ba_{1-x}Sr_x)(Nb_{0.003}Ti_{0.997})O_3 + 1 mol\% TiO_2 + 0.07 mol\% MnO$ ($x=0, 0.2$) ทำซ้ำด้วยกาเวเงิน วัดความต้านทานที่อุณหภูมิต่างๆ ประยุกต์เป็นตัวตรวจวัดรังสีอินฟราเรด P. Padmini (1994) ได้เตรียม $BaTiO_3 + 0.3 at\% Nb_2O_5$; $BaTiO_3 + 0.3 at\% Nb_2O_5 + 0.2 at\% Bi_2O_3$ วัดความสัมพันธ์ระหว่างสภาพต้านทานไฟฟ้ากับปริมาณของตัวไดโปกและความสัมพันธ์ระหว่างสภาพต้านทานไฟฟ้าและค่าคงที่ไดอิเล็กตริกกับอุณหภูมิ Horng-Yi Chang (1997) ได้เตรียม $(Sr_{0.2}Ba_{0.8})TiO_3$ ทดสอบสารเพื่อแสดง PTC effect วัดอุณหภูมิคูรี (T_c) D. J. Wang (1997) ได้เตรียม $(Sr,Pb)TiO_3$ วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ วัดอุณหภูมิคูรี แล้วคำนวณค่า PTCR หรือ α S. Shibagaki (1997) ได้เตรียม Ca-doped $SrTiO_3$ capacitor แล้ววัดค่า α มีผู้เตรียมสาร BCST วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิ สภาพต้านทานไฟฟ้าสูงสุดมีค่า $10^7 \Omega cm$ สภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำสุดมีค่า $5 \Omega cm$ อัตราส่วนของสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงสุดกับสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำสุดมีค่า 3.2×10^6 สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่ไม่เป็นเชิงเส้นมีค่า $+20.4 \% / ^\circ C$ ทดสอบการป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน (Chih-Kuo Liang, 2005)

7) ferroelectric ceramics

J. L. Zhang (1992) ได้เตรียม $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ ทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้า Kazuhide Abe (1994) ได้เตรียมฟิล์มบาง $(Ba_{0.24}Sr_{0.76})TiO_3$ แล้ววัดความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเล็กตริกกับสนามไฟฟ้า ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดทางไฟฟ้ากับสนามไฟฟ้าและค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ความถี่ต่างๆ Ho-Gi Kim (1994) ได้เตรียมฟิล์มหนา $BaTiO_3$ โดยการเผาซินเตอร์แบบไมโครเวฟ (microwave sintering) แล้ววัดความพหุน Liqin Zhou (1992) ได้เตรียมตัวเก็บประจุแบบหลายชั้น $Sr_{0.7}Ba_{0.3}TiO_3$ แล้ววัดสภาพต้านทานไฟฟ้า ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและตัวประกอบการสูญเสียที่สัมพันธ์กับความถี่ มีผู้เตรียมสาร $ZnNb_2O_6$ จากส่วนผสมของ $ZnO+Nb_2O_5$ แล้ววัดสมบัติเชิงไฟฟ้าย่านไมโครเวฟ เช่น ϵ_r และ Q และประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ไมโครเวฟ (microwave device) มีผู้เตรียมสาร $Ba_{0.5}Sr_{0.4}TiO_3-MgO$ ที่ได้เติม La_2O_3 แล้ววัดสมบัติไดอิเล็กตริก เช่น ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ϵ_r) และตัวประกอบการสูญเสีย (D) และทดสอบเพื่อประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟส (Wenzhong Lu, 2005) $BaTiO_3$ เป็นวัสดุเฟอร์โรอิเล็กตริกที่มีโครงสร้างแบบเพอโรฟสไกต์แสดงสมบัติเชิงไฟฟ้าเฟอร์โรไฟฟ้าเพียโซและสัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่เป็นบวก การเติมสิ่งเจือปนเป็นปริมาณน้อยสามารถปรับปรุงสมบัติไดอิเล็กตริกของของสารนี้ สมบัติไดอิเล็กตริกของสารจะเป็นฟังก์ชันของความถี่ (Benlahrache, M. T., 2006) Shail Upadhyay (1997) ได้เตรียม

BaSnO₃ วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ความถี่และอุณหภูมิต่างๆสำหรับนำไปใช้ทำอุปกรณ์ไดอิเล็กตริก (dielectric device) มีผู้เตรียมสาร ZnNb₂O₆ จากส่วนผสมของ ZnO+Nb₂O₅ แล้ววัดสมบัติเชิงไฟฟ้าย่านไมโครเวฟ เช่น ϵ_r และ Q และประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ไมโครเวฟ (microwave device) (Ying Chun Zhang, 2003) มีผู้เตรียมสาร (Ba_{1-x}Sr_x)TiO₃ (BST75) เมื่อ x=0.75 วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกได้ $\epsilon_r=3.43$ และตัวประกอบการสูญเสียได้ $\tan\delta=0.08\%$ (1 kHz) และ 0.18% (1 GHz) แล้วนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ไมโครเวฟ (microwave device) (Alexandru, H. V., 2004) BaTiO₃ เป็นวัสดุเฟอร์โรอิเล็กตริกที่มีโครงสร้างแบบเพอโรฟสไกต์แสดงไฟฟ้าเฟอร์โรและสมบัติไดอิเล็กตริกจะเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ (Benlahrache, M. T., 2006) BaTiO₃ เป็นวัสดุเฟอร์โรอิเล็กตริกที่มีโครงสร้างแบบเพอโรฟสไกต์แสดงสมบัติไดอิเล็กตริกจะเป็นฟังก์ชันกับความถี่ (Benlahrache, M. T., 2006) มีผู้เตรียมฟิล์มบิสมีทเหล็กออกไซด์โดยกระบวนการโซลเจล ตรวจสอบเฟสโดยการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ วัดวงรอบการล้าไฟฟ้า (electric hysteresis loop) สำหรับฟิล์มที่สนามไฟฟ้าที่ป้อน 108 kV/cm และได้ศึกษาค้นคว้าสมบัติไดอิเล็กตริก (dielectric property) และตัวประกอบการสูญเสีย (loss factor) เป็นฟังก์ชันของความถี่ (Hongri Liu, 2006) มีผู้สังเคราะห์เซรามิกสัณฐานเฟอร์โรอิเล็กตริกบิสมีทแมงกานีสออกไซด์แบบเฟสเดียว ซึ่งบ่งลักษณะเชิงแม่เหล็กซับซ้อนการเปลี่ยนแปลงเฟสเฟอร์โรอิเล็กตริกที่ 103 K แล้วศึกษาวงรอบการล้าที่แสดงโพลาริเซชันของเฟอร์โรอิเล็กตริกที่อุณหภูมิห้อง (Chi, Z. H., 2006)

8) piezoelectric ceramics และ pyroelectric ceramics

ก) เซรามิกสัณฐานเฟอร์โรอิเล็กตริก

R.P. Tandon (1992) ได้เตรียมวัสดุผสมระหว่าง PbTiO₃+0.01Nb₂O₅ กับ Araldite ทำขั้วไฟฟ้าด้วยกาวเงิน ทำการโพลิง (BE=50 kV/cm) วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก วัดค่า d₃₃ ใช้ high potential breakdown tester วัดความแข็งแรงการเบรคความถี่ไดอิเล็กตริก ทดสอบเป็นไฮโดรโฟน R.P. Tandon (1993) ได้เตรียม Pb(Zr_xTi_{1-x})O₃ ที่ผสมกับ commercial chloroprene rubber ทำขั้ว ทำการโพลิง วัด acoustic sensitivity ที่สัมพันธ์กับ frequency N. Iwasawa (1993) ได้เตรียมสัณฐานเฟอร์โรอิเล็กตริก (PZT powder+30 wt % epoxy solution) ทำการโพลิง (200 kV/cm) วัด charge vs frequency ทดสอบเป็นหัววัดการสั่น มีผู้เตรียมอุปกรณ์พีเอซดที่ (PZT device) ทดสอบให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดความดัน (pressure sensor) โดยการวัดแรงดันไฟฟ้าเป็นฟังก์ชันของความดัน (Juhyun Yoo, 2005) มีผู้ทดลองจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้อุปกรณ์ PZT ตัวส่ง เกิดคลื่นอุลตราโซนิกส์ (UV wave) คลื่น UV นี้เข้าสู่อุปกรณ์ PZT ตัวรับมีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้น แสดงแรงดันไฟฟ้าทั้งสองด้วยออสซิลโลสโคป (Naboru Ichinose, 2004)

ข) เซรามิกสัณฐานไพโรอิเล็กตริก

H.D. Sharma (1995) ได้ศึกษา gadolinium-doped PZT โดยการวัดสัมประสิทธิ์ไพโรอิเล็กตริก พบว่าสัมประสิทธิ์นี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น Kanchan Guar (1996) ได้เตรียมสาร HoCrO₃, DyCrO₃, ErCrO₃ แล้ววัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก โพลาริเซชันที่เกิดขึ้นเองและสัมประสิทธิ์ไพโรอิเล็กตริกที่อุณหภูมิต่างๆ

10) ferromagnetic ceramics

T. Tsuchiya (1992) ได้เตรียม CoFe₂O₄ thin film ซึ่งเป็นวัสดุเฟอร์ไรต์แบบอ่อน (soft ferrite material) ได้วัดวงรอบการล้าแม่เหล็ก (magnetic hysteresis loop) ใช้เครื่อง Vibrating sample type magnetization meter วัดสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็กที่อุณหภูมิต่างๆ (magnetic susceptibility vs temperature) M.K. Fayek (1992) ได้เตรียม CoMn_xFe_{2-x}O₄ วัดสภาพการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆและวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลการเลี้ยวเบนของ

นิวตรอนด้วยเครื่อง Neutron diffraction spectrometer Akimitsu Morisako (1996) ได้เตรียม Ba-ferrite films สำหรับทำอุปกรณ์บันทึกแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นสูง (high-density magnetic recording media) และได้วัด M-H loop S. Yamamoto (1996) ได้เตรียม Co- γ -Fe₂O₃ film สำหรับทำอุปกรณ์บันทึกแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นสูงพิเศษ R.C. Pullar (1997) ได้เตรียม BaFe₁₂O₁₉ fibres และ Ba₂Co₂Fe₁₂O₂₂ fibres สำหรับทำแท่งแม่เหล็กและซี่บ่งลักษณะของสารด้วยเครื่อง XRD และ SEM G. Elwin (1997) ได้เตรียม SrFe₁₂O₁₉ สำหรับทำแท่งแม่เหล็กถาวร และได้วัด M vs H loop J. G. Na (1997) ได้เตรียม CoFe₂O₄ thin film สำหรับทำอุปกรณ์บันทึกข้อมูลด้วยแม่เหล็ก (magnetic recording media) และได้วัดสภาพการนำไฟฟ้า (electrical resistivity) กับสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck coefficient) มีผู้จัดเตรียมหัววัดฮอลล์ ทำสารตัวอย่างให้มีอำนาจแม่เหล็ก ใช้หัววัดฮอลล์นี้วัดสนามแม่เหล็กตามตำแหน่งต่างๆ ก็จะพบรอยแตกของสาร (Kosmas, K. 2005) มีผู้เตรียม BaFe₁₂O₁₉ ที่ได้เติมและไม่เติม La₂O₃ วัดวงการล้า B-H พบว่า B_s=0.95 T, B_r=0.537 T และ H_c=348.94 kAm⁻¹ ทดสอบประยุกต์ใช้เป็นหัววัดการไหล (Babu, V., 2002) มีผู้ออกแบบและสร้างแรงยกและระบบการวัดการแจกแจงสนามแม่เหล็กในสามมิติซึ่งสามารถใช้สำหรับการวัดแรงยกระหว่างตัวนำยิ่งยวดและแท่งแม่เหล็กและสำหรับการวัดสนามแม่เหล็กที่มีการแจกแจงในสามมิติ (Yang, W. M., 2006) มีผู้ปลูกฟิล์มบางแบเรียมเฟอร์ไรต์บนฐานรองแสดงโครงสร้างที่มีโดเมนแม่เหล็ก ได้ศึกษาการเกิดแมกนีโตเซชัน (Lisfi, A., 2002) มีผู้ใช้การทดสอบกระแสไหลวนเพื่อตรวจวัดและหาปริมาณของสิ่งบกพร่องในวัสดุนำไฟฟ้า (Helifa, B., 2006) มีผู้ศึกษาหัววัดมุมเชิงแม่เหล็กแบบอนุภาคที่มีเอาท์พุทเป็นแบบเชิงเส้นทำงานโดยอาศัยอุปกรณ์ฮอลล์ (Schott, C., 2006) มีผู้เตรียมอนุภาคนาโน α -Fe₂O₃ รูปทรงกลม วัดแล้วพบว่าแมกนีโตชันคงค้างมีค่า 0.09515 emug⁻¹ และโคเออร์ซิวิตีซึ่งมีค่า 817.5 Oe ที่อุณหภูมิห้อง (Jing, Z. H., 2005)

11) ferrimagnetic ceramics

G. Gusmano (1993) ได้เตรียม MgFe₂O₄ วัดความพรุน (porosity) วัดพื้นผิวจำเพาะ (specific surface area) วัดขนาดของอนุภาค (particle size) ด้วยเครื่อง (SEM) และวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า (resistivity) ในขณะที่สารได้รับความชื้น (humidity) D. Ravinder (1994) ได้เตรียม Mn-Zn ferrite วัดสภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ A.A. Sattar (1996) ได้เตรียมผลึกเดี่ยว Mn-Zn ferrite วัดการขึ้นกับอุณหภูมิของสภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็ก K.H. Rao (1996) ได้เตรียม Ni-Zn ferrite วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (dielectric constant) แทนเจนต์การสูญเสียเชิงไดอิเล็กตริก (dielectric loss tangent) ตัวประกอบการสูญเสียเชิงแม่เหล็ก (magnetic loss factor) ที่ขึ้นกับความถี่ O.G. Mundada (1997) ได้เตรียม Ni-Zn ferrite ที่มีไอออน Ti⁴⁺ เป็นตัวเติม วัดสภาพอ่อนไหวไฟลัสบ์ (a.c. susceptibility) ที่อุณหภูมิต่างๆ M.H. Abdullah (1997) ได้เตรียม Mg-Zn ferrites วัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและตัวประกอบการสูญเสียที่ความถี่ต่างๆ มีผู้ทดลองโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับค่าสภาพขามซึมผ่าน (μ) ของสารที่ใช้ทำแกนของขดลวด เมื่อเลื่อนหัววัดนี้ไปมาบนแผ่นของสาร เมื่อพบรอยแตกค่า μ ของแกนของขดลวดจะเปลี่ยนแปลง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดจะเปลี่ยนแปลง เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดกับระยะทางที่ขดลวดเคลื่อนที่ (V vs d) ก็จะทราบตำแหน่งของรอยแตกนี้ (Chong H. Ahn, 2001) A.K. Ghatage (1996) ได้เตรียม NiFe_{2-x}Cr_xO₄ วัดความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการส่งผ่าน (transmittance) กับเลขคลื่น (wave number) วัดความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีโตเซชันอิ่มตัว (saturation magnetization) กับสนามแม่เหล็กที่

ป้อนเข้าไป (applied magnetic field) สารสตรอนีสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์ไมโครเวฟ (microwave device) อุปกรณ์บันทึกข้อมูลด้วยแม่เหล็ก (magnetic recording media) ได้มีผู้เตรียมอนุภาคนาโนแมกนีเซียมเฟอร์ไรต์โดยวิธีเคมีแบบเปียก (wet chemical method) ได้ศึกษาสมบัติเชิงแม่เหล็ก เส้นโค้ง M-H ที่บอกพฤติกรรมแม่เหล็กเฟอร์ไร (Ichiyonagi, Y., 2006) มีผู้เตรียมผงแมกนีไซด์โคบอลต์ออกไซด์แล้วศึกษาพฤติกรรมแม่เหล็กโดยการวัดแมกนีโตเซชันและวงรอบการล้า (Borges, F. M. M., 2006) มีผู้เตรียมอนุภาคนาโนกิลเฟอร์ไรต์ที่มีขนาดนาโนที่ถูกสังเคราะห์โดยวิธีการเผาแบบอัตโนมัติโซลเจล วัดสมบัติเชิงแม่เหล็ก เช่น การล้าของแมกนีโตเซชัน (Azadmanjiri, J., 2006)

มีผู้ทดลองโดยนำขดลวดที่มีแกนเป็นสารแม่เหล็กเฟอร์ริไปปรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นตามกฎของฟาราเดย์ ขยายแรงดันไฟฟ้านี้แล้วส่งไปแสดงผลด้วยโวลต์มิเตอร์ ขดลวดที่มีแกนเป็นสารแม่เหล็กเฟอร์ริทำหน้าที่เป็นหัววัดความถี่ (Borges, P., 2001)

หัววัดตำแหน่งมี 2 แบบ หัววัดแบบที่ 1 เป็นการใช่วัดด้านทานที่ปรับค่าได้เป็นทรานซดิวเซอร์วัดมุมหมุนของเพลลา แกนของเพลลาหมุนไปจะทำให้เกิดมุมที่วัดด้านทานที่ต่อกับเพลลาและแบ่งค่าความต้านทานออกเป็น R_1 และ R_2 ซึ่งจะทำให้บริดจ์ไม่สมดุล วิธีที่ทำให้บริดจ์สมดุลทำได้โดยการปรับค่าเพื่อแบ่งให้เกิด R_3 และ R_4 พอเหมาะ ถ้าเราปรับแต่งให้การหมุนแล้วมีสเกลอ่านค่ามุมได้โดยตรงซึ่งจะเห็นว่าเมื่อบริดจ์สมดุล $R_3/R_4 = R_1/R_2$ นั่นก็คือ ถ้า R_1/R_2 เป็นมุม $\theta/180^\circ$ เราก็จะปรับแต่ง R_3/R_4 ตามแกนเป็นตัวเลข $\theta/180^\circ$ ด้วย หัววัดแบบที่ 2 เป็นหัววัดตำแหน่งที่ใช่วัดด้านทานที่ปรับค่าได้จะสร้างเอาท์พุทที่เป็นสัดส่วนกับตำแหน่งของวัตถุไปตามแกนที่กำหนด วัดแรงดันเอาท์พุทที่ขึ้นกับตำแหน่ง

12) magnetoresistance ceramics และ magnetoimpedance ceramics

มีผู้เตรียมสาร $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ และ $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.33}\text{MnO}_3$ ทดสอบแมกนีโตรซิสแตนซ์ (magnetoresistance test) โดยการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ $B=f(R)$ ใช้สำหรับออกแบบเป็นหัววัดสนามแม่เหล็ก (Yunhui Xu, 2001) มีผู้เตรียมสาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ วัดความนำไฟฟ้าที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก (G vs B) (Kozlova, N, 2003) มีผู้ทดลองโดยการหมุนแท่งแม่เหล็กถาวรตัดหัววัดจีเอ็มอาร์ ความต้านทานของหัววัดจะเปลี่ยนแปลง ปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านหัววัดแล้ววัดแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่วัดได้จะนำไปประยุกต์ใช้ในการรับรู้อัตราเร็วของการหมุนและแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามมุมจะนำไปใช้ในการตรวจวัดมุม (Giebler C., 2001) มีผู้เตรียม $\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($x=0.0, 0.2, 0.4, 0.8$) วัดแมกนีโตเซชันที่ขึ้นกับความเข้มข้นสนามแม่เหล็ก (M vs H) ความต้านทานขณะที่ได้รับและไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก (R_H, R_0) จำนวนความต้านทานที่เปลี่ยนแปลง (ΔR) จำนวนอัตราส่วนแมกนีโตเซชัน ($\Delta R/R_0$) เขียนกราฟอัตราส่วนแมกนีโตเซชัน ($\Delta R/R_0$) ที่ขึ้นกับความเข้มข้นสนามแม่เหล็ก H อัตราส่วน $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ เป็นสาเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์แมกนีโตรซิสแตนซ์ (Hongwei Qin, 2000) มีผู้หมุนแท่งแม่เหล็กให้ตัดหัววัดจีเอ็มอาร์ (GMR sensor) ผลการวัดพบว่าความต้านทานของหัววัดมีค่าลดลงในขณะที่สนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ของความถี่การหมุนที่ขึ้นกับความเร็วจะนำไปประยุกต์ใช้เป็นหัววัดความเร็ว (velocity sensor) ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการหมุนกับความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงจะนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดมุม (angle sensor) (Treutler, C. P. O., 2001) มีผู้ศึกษาออกไซด์แม่เหล็กเฟอร์โรกึ่งโลหะ (semimetallic ferromagnetic oxides) ที่แสดงศักยภาพเด่นชัดสำหรับการพัฒนาหัววัดแมกนีโตรซิสแตนซ์ ได้รายงานการออกแบบ การสร้างและการทดสอบหัววัดตำแหน่งแบบเปิดปิดไม่มีการสัมผัส (contact-less on-off position

sensor) ที่ทำมาจากฟิล์มหนา $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ (Rubi, D., 2006) มีผู้ศึกษาสารตัวอย่าง $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ โดยการวัดแมกนีโตเซชันและความต้านทานแม่เหล็กในสนามแม่เหล็กแบบพัลส์ที่สูงถึง 50 เทสลา (Yurii Skourski, 2004) มีผู้ศึกษาหัววัดจีเอ็มอาร์สำหรับการประยุกต์ใช้ที่ความถี่ต่ำและสูง วงการล่าและการตอบสนองต่อสนามแม่เหล็กมีความสำคัญ หัววัดแบบนี้ใช้แทนหัววัดฮอลล์ได้ (Fermon, C., 2006)

ข) เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

มีผู้ศึกษาโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลดและสารแล้ววัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสาร (I) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (V) คำนวณอิมพีแดนซ์ของสาร (Z) ด้วยสูตร $Z=V/I$ เลื่อนสารเข้าหาสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งต่าง ๆ กัน ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างสารกับแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กจะใช้ในการตรวจวัดตำแหน่ง หัววัดแมกนีโตอิมพีแดนซ์ (magneto-impedance sensor) ทำมาจากลวดอสัณฐาน FeCoSiB (Kentaro Totsu, 2004) มีผู้เตรียมสาร $\text{FeCoSiB}/\text{Cu}/\text{FeCoSiB}$ ศึกษาปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ โดยการวัดอิมพีแดนซ์ของสารที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก (Z vs B) ความสัมพันธ์ $B=f(Z)$ ใช้ในการประยุกต์ใช้ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดสนามแม่เหล็ก (Yamadera, H., 2000) มีผู้เตรียมสาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ผลการวัดพบว่าเมื่อเพิ่มความถี่ของแรงดันไฟฟ้า อิมพีแดนซ์ของสารลดลง เมื่อความเข้มสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าลดลง โมเมนต์เหล็กของสารลดลง (Jifan Hu, 2001) มีผู้บรรยายแนวความคิดพื้นฐานและการประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์แรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านแบบ LC (LC high pass filter) สำหรับหัววัดแมกนีโตอิมพีแดนซ์ (Seung-Dae Kim, 2006) มีผู้สังเกตพบปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ใหญ่โต (GMI effect) ในเฟอร์ไรต์แมงกานีสซึ่งคี่อุณหภูมิห้อง ผลปรากฏว่าแมกนีโตอิมพีแดนซ์มีค่า -6.2% ที่ความถี่ $f=5$ MHz ภายใต้สนาม $H=3$ kOe (Fijan Hu, 2006) มีผู้รายงานปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ใน $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.67}\text{MnO}_3$ ภายใต้สนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าต่ำ การพบนี้ได้เปิดเผยความสัมพันธ์ระหว่างอำนาจแม่เหล็กกับการขนย้ายทางอิเล็กทรอนิกส์ (Jifan Hu, 2000)

14) magnetoelectric s, electromagnetic and magnetoelastic ceramic

ก) เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก

มีผู้ศึกษา BiMnO_3 เป็นวัสดุแมกนีโตอิเล็กทริก (magnetoelectric material) ที่แสดงปรากฏการณ์ไฟฟ้าเฟอร์โรแมกนีโต (magnetoferroelectricity effect) ปรากฏการณ์นี้จะเกี่ยวข้องกับอำนาจแม่เหล็กเฟอร์โร (ferromagnetism) และไฟฟ้าเฟอร์โร (ferroelectricity) สมบัติเชิงแม่เหล็กที่สารนี้แสดง คือ วงการล่าแม่เหล็ก (B vs H) สมบัติเชิงไฟฟ้าที่สารนี้แสดง คือ วงการล่าไฟฟ้า (P vs E) (Moreira, A., 2002) มีผู้เตรียมวัสดุแมกนีโตอิเล็กทริกที่มีสูตรเป็น $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ba}_{0.8}\text{Pb}_{0.2}\text{TiO}_3$ ทำการทดลองเกี่ยวกับการโพลิงไฟฟ้า (electric poling) และการโพลิงแม่เหล็ก (magnetic poling) แล้ววัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ขึ้นกับความถี่ (ϵ_r vs f) และค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กที่ขึ้นกับความถี่ (μ_r vs f) วัดความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็ก (E vs B) คำนวณตัวประกอบการแปลงผันแมกนีโตอิเล็กทริก (magnetoelectric conversion factor (dE/dH)) (Patankar, K. K., 2001) มีผู้เตรียมเซรามิกส์ผสมเฟอร์โรอิเล็กทริก-เฟอร์ไรต์ PMZNT และ NiCuZn วัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ขึ้นกับความถี่ (ϵ_r vs f) และค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กที่ขึ้นกับความถี่ (μ_r vs f) วัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (ϵ_r vs T) และค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (μ_r vs T) สารแสดงสมบัติแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งจะนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์การกรอง EMI (Zhenxing Yue, 2004) มีผู้เตรียมสาร BiMnO_3 ทดสอบปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริก (magnetoelectric effect) วัดความจุไฟฟ้า C ที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก B วัด

ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกขณะที่ได้รับและไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก $[\epsilon_r(H), \epsilon_r(0)]$ จำนวนค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่เปลี่ยนไป $[\epsilon_r(H)-\epsilon_r(0)]$ เขียนกราฟเพื่อแสดงค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่เปลี่ยนไป $[\epsilon_r(H)-\epsilon_r(0)]$ ที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็กที่ได้รับ B (Youn-Ki Jun, 2005) มีผู้สังเกตพบการเกิดขึ้นพร้อมกันของสมบัติเฟอร์โรอิเล็กตริกและสมบัติเฟอร์โรแมกเนติกที่อุณหภูมิห้อง ได้ประสบความสำเร็จในการเปลี่ยน $PbTiO_3$ ที่เป็นเฟอร์โรอิเล็กตริกไปเป็นวัสดุแมกนีโตอิเล็กตริกโดยการแทนที่ Fe ที่ตำแหน่ง Ti ระบบ $Pb(Fe_xTi_{1-x})O_3$ (Paikar, V. R., 2005)

ข. เซรามิกส์ไฟฟ้าเฟอร์โร

J. L. Zhang (1992) ได้เตรียม $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ ทดสอบการเก็บและคายประจุไฟฟ้า Liqin Zhou (1992) ได้เตรียมตัวเก็บประจุแบบหลายชั้น $Sr_{0.7}Ba_{0.3}TiO_3$ วัดสภาพต้านทานไฟฟ้า ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและตัวประกอบ

การสูญเสียที่สัมพันธ์กับความถี่

ค. เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริ

G. Gusmano (1993) ได้เตรียม $MgFe_2O_4$ วัดความพรุน (porosity) วัดพื้นผิวจำเพาะ (specific surface area) วัดขนาดของอนุภาค (particle size) ด้วยเครื่อง (SEM) และวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า (resistivity) ในขณะที่ยังได้รับความชื้น (humidity) D. Ravinder (1994) ได้เตรียม Mn-Zn ferrite วัดสภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ วัดสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck coefficient) ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ A.A. Sattar (1996) ได้เตรียมผลึกเดี่ยว Mn-Zn ferrite วัดการขึ้นกับอุณหภูมิของสภาพต้านทานไฟฟ้าและของสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็ก

ง. เซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า

เซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า คือ เซรามิกส์ที่แสดงสมบัติทั้งแม่เหล็กและไฟฟ้า เช่น ค่าความเหนี่ยวนำร่วมที่ขึ้นกับความถี่และค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ขึ้นกับความถี่ (f) ตัวอย่างสูตรของเซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ เซรามิกส์ผสมระหว่าง $NiFe_2O_4$ กับ $BaTiO_3$ เป็นต้น ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ อุปกรณ์การกรองการแทรกสอดแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic interference filter, EMI filter) และอุปกรณ์การกรองการแทรกสอดความถี่วิทยุ (radiofrequency interference filter, RFI filter) ในวงจรรีเลย์ทรอนิกส์

จ. เซรามิกส์แมกนีโตอีลาสติก

มีผู้จัดการทดลองในลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ทำการแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก V_1 มาเป็น V_2 อัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้ามีค่า $V_r = V_2/V_1$ หม้อแปลงไฟฟ้ามีแกนเป็นสารที่แสดงสมบัติแมกนีโตอีลาสติก (magnetoelastic property) ใช้แรง F กระทำ มีความเค้น F/A เกิดขึ้น ค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กสัมพันธ์ (μ_r) มีค่าลดลง สนามแม่เหล็ก $B = \mu_0 \mu_r H$ ลดลง วงการล้า B-H มีขนาดเล็กลง วัดความเค้นเป็นฟังก์ชันของสนามแม่เหล็ก ค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กและอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้า $stress = f(B), f(\mu_r), f(V_r)$ วัดแรงเป็นฟังก์ชันของสนามแม่เหล็ก ค่าสภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กและอัตราการแปลงแรงดันไฟฟ้า $stress = f(B), f(\mu_r), f(V_r)$ (Adam Bie kowski, 2004) มีผู้ศึกษาเกจความเครียดจุลภาค (microstrain gauge) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเครียด ปรากฏการณ์แมกนีโตอีลาสติก (magnetoelastic effect) คือ ปรากฏการณ์ที่ความยืดหยุ่นทำให้โมเมนต์แม่เหล็กของสารเปลี่ยนหม้อแปลงไฟฟ้าจุลภาค (microtransformer) คือ หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก ความเครียดที่เกิดขึ้นในวัสดุทำให้โมเมนต์แม่เหล็กของแกนของหม้อแปลงไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงจะเป็นหลักการสำคัญสำหรับการทำงานของหัววัดความเครียดนี้ (Ben Amor, 2005) มีผู้ศึกษาโดยการนำหัววัดตำแหน่งไปใช้งาน โลหะของหัววัดจะงอซึ่งส่งผลทำให้สภาพขบขี้มได้ทางแม่เหล็กเปลี่ยนแปลง โลหะของหัววัดนี้ทำมาจากสาร

$Fe_{78}Si_8B_{14}$ จะทำหน้าที่เป็นแกนของขดลวดซึ่งได้รับกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดจะขึ้นกับตำแหน่งที่จัด ตำแหน่งที่จะวัดมีความสัมพันธ์กับค่าสภาพขบขิมได้ทางแม่เหล็กเนื่องจากผลของการรบกวน (Pfutzner, H., 2005)

17) optical ceramics

มีผู้ศึกษาดีบุกออกไซด์เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีช่องว่างแถบพลังงาน 3.7 eV ที่ 0 K ใช้ทำขั้วฟิล์มบางโปร่งใส (transparent thin-film electrode) ส่วนผสมของ $90In_2O_3-10SnO_2$ ใช้ทำฟิล์มนำไฟฟ้าโปร่งใส (transparent conductive film) (Moulson, A.J. และ Herbert, J.M., 1990)

18) gas response ceramics

วัสดุตอบสนองต่อก๊าซใช้ทำหัววัดก๊าซ (gas sensor) หัววัดก๊าซมี 2 ประเภท คือ หัววัดก๊าซที่ทำงานโดยอาศัยไฟฟ้า (semiconducting gas sensor) ที่มี donor state และ acceptor state และหัววัดก๊าซที่ทำงานโดยอาศัยไฟฟ้าเคมี (electrochemical-based sensor) มีสภาพการนำไอออนิกสูง (high ionic conductivity) หัววัดก๊าซใช้ในการตรวจวัด (monitoring) ควบคุมปฏิกิริยาทางเคมี (controlling chemical reaction) และควบคุมวัฏจักรการเผาไหม้ (combustion cycle) ในอุตสาหกรรมการเปลี่ยนรูปพลังงาน (energy conversion industry) ออกไซด์ที่กึ่งการนำไฟฟ้า (semiconducting oxide) มีการเปลี่ยนค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าในขณะที่ได้รับก๊าซ ตัวอย่างเช่น Ag_2O , Fe_2O_3 , SnO_2 , TiO_2 , ZnO และ ZrO_2 ซึ่งจัดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type semiconductor) ออกไซด์เหล่านี้สามารถนำมาใช้ทำหัววัดก๊าซ ออกไซด์ที่ตอบสนองต่อก๊าซจะตอบสนองต่อไอน้ำด้วย ดังนั้นการนำออกไซด์ไปทำหน้าที่เป็นหัววัดก๊าซจะต้องทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 350 °C พฤติกรรมของการวัดของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเกิดจากการดูดซับออกซิเจนในบริเวณคอ (neck region) ซึ่งอยู่ระหว่างเกรน หัววัดก๊าซที่ทำมาจากดีบุกออกไซด์ (Tin oxide gas sensor) ชั้นบางของเซรามิกส์ SnO_2 ที่มีความพรุนติดอยู่กับท่ออะลูมินา (alumina tube) ขั้วไฟฟ้าทำมาจากทอง ตัวให้ความร้อนแบบขดลวด (coiled heater) ถูกติดตั้งในท่อเพื่อทำอุณหภูมิของชั้น SnO_2 ในช่วง 300-400 °C หัววัดก๊าซไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon gas sensor) เช่น ดีบุกออกไซด์ที่ดอป (doped SnO_2) มีโครงสร้างผลึกแบบรูโพลี ขั้วไฟฟ้าทำมาจากทองคำขาวที่มีรูพรุน (porous Pt) หัววัดก๊าซไอเสียรถยนต์ (autoexhaust sensor) ทำมาจากเซอร์โรเนีย (ZrO_2) หัววัดก๊าซออกซิเจน (oxygen sensor) ทำมาจาก (Bi_2O_3)_{0.75}(WO_3)_{0.25}, $Co_{1-x}Mg_xO$ (p-type conductor), TiO_2 (n-type conductor), $Y_{0.1}Zr_{0.9}O_{1.95}$ และ ZrO_2 หัววัดก๊าซออกซิเจนที่ทำมาจากเซอร์โคเนีย (ZrO_2 oxygen sensor) (Moulson, A.J. และ Herbert, J.M., 1990)

19) humidity response ceramics

วัสดุตอบสนองต่อความชื้นใช้ทำหัววัดความชื้น (humidity sensor) หัววัดความชื้นมีลักษณะเป็นจานบางๆของวัสดุที่เปลี่ยนค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าในขณะที่ได้รับความชื้นจากบรรยากาศ วัสดุที่ใช้ทำจะมีโครงสร้างเป็นรูพรุน ซินเตอร์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใช้เพื่อให้ได้ความหนาแน่นสูงสุดซึ่งจะได้เซรามิกส์ที่มีรูพรุน (porous ceramics) ที่เหมาะสมสำหรับการวัดความชื้น ตัวอย่างวัสดุตอบสนองต่อความชื้น เช่น $MgFe_2O_4$ วัสดุที่ใช้ทำหัววัดความชื้นประกอบด้วย Al_2O_3 และ $TiO_2-MgCr_2O_4$ เมื่อนำออกไซด์ทั้งสองผสมกันแล้วอัดให้เป็นรูปจานที่หนา 0.25 mm โดยใช้ความดัน 10,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1350 °C เป็นเวลาหลายชั่วโมงก็จะได้วัตถุที่ผ่านการซินเตอร์ (sintered body) ซึ่งมีรูพรุน 35 % ($MgTiO_3$) ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ทำมาจาก RuO_2 โดยใช้เคลือบสำหรับการยึด (Moulson, A.J. และ Herbert, J.M., 1990)

7.3 วัตถุประสงค์

เพื่อประยุกต์ใช้งานของอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งได้แก่ เซรามิกส์ตัวนำ เซรามิกส์แบบเอ็นทีซี เซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก เซรามิกส์ให้ความร้อน เซรามิกส์วารีสเตอร์ เซรามิกส์แบบพีทีซี เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริก เซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก เซรามิกส์ไพโรอิเล็กทริก เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โร เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริ เซรามิกส์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ เซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก เซรามิกส์แมกนีโตออสติค เซรามิกส์แมกนีโตสตรักเจอร์ เซรามิกส์เชิงแสง อุปกรณ์ตอบสนองต่อก๊าซและอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้นให้เป็นอุปกรณ์ต่างๆ

7.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.4.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับที่เกี่ยวกับการเตรียมสารตัวอย่าง การตรวจสอบเฟส การทำขั้วไฟฟ้า การใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

เข้าใจการเตรียมสารตัวอย่างเซรามิกส์โดยวิธี Standard ceramic techniques

เข้าใจการตรวจสอบเฟสด้วยเทคนิค XRD

เข้าใจการทำขั้วไฟฟ้าด้วยกาเวิน

เข้าใจการใช้โปรแกรม LabVIEW

เข้าใจการใช้โปรแกรม Visual Basic

7.4.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ด้วยวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการวัดด้วย LabVIEW และ Visual Basic ตลอดจนวิธีการทดสอบสมบัติเหล่านั้น

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์ตัวนำ ได้แก่ การนำไฟฟ้าของเซรามิกส์ตัวนำ ความต้านทานไฟฟ้า การดูดกลืนอินฟราเรด การแบ่งแรงดันไฟฟ้าและปรากฏการณ์ฮอลล์

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์เอ็นทีซี ได้แก่ ปรากฏการณ์เอ็นทีซี

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก ได้แก่ ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์ให้ความร้อน ได้แก่ ปรากฏการณ์ให้ความร้อน

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์วารีสเตอร์ ได้แก่ ปรากฏการณ์วารีสเตอร์

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์พีทีซี ได้แก่ ปรากฏการณ์พีทีซี การป้องกันอุณหภูมิเกิน การป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน การไหลของอากาศ ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่และการหน่วงเวลา

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริก ได้แก่ การเก็บและคายประจุไฟฟ้า การต้านทานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า การเก็บและคายประจุไฟฟ้า อิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่ ความจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ขึ้นกับความถี่ ประจุไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน การเลื่อนเฟส การเลือกความถี่ การล้าไฟฟ้า ปรากฏการณ์อิเล็กโตรออสติค

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก ได้แก่ การสั่น หัววัดความดัน การส่งและการรับคลื่นน้ำ

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์ไพโรอิเล็กทริก ได้แก่ ปรากฏการณ์ไพโรอิเล็กทริก

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โร ได้แก่ สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็ก

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริ ได้แก่ การเหนี่ยวนำตัวเอง

การกรอง แรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน การเลื่อนเฟส การออสซิลเลตแบบหน่วง การกำหนดแบบอนุกรม RLC การสั้น LC การกำหนดแบบขนาน LC การตรวจวัดชนิดของโลหะและการวัดระยะทาง การเหนี่ยวนำร่วม การแปลงไฟฟ้า ปรากฏการณ์ไพโรแมกเนติก การล้าแม่เหล็ก

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ ได้แก่ ปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ ได้แก่ ปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก ได้แก่ ปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริก

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ ปรากฏการณ์แม่เหล็กไฟฟ้า

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์แมกนีโตอ๊อสติค ได้แก่ ปรากฏการณ์แมกนีโตอ๊อสติค

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์เซรามิกส์เชิงแสง ได้แก่ ปรากฏการณ์เชิงแสง

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์เซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซ ได้แก่ การตอบสนองต่อก๊าซ

ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเซรามิกส์ตอบสนองต่อความชื้น ได้แก่ การตอบสนองต่อความชื้น

7.4.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างอุปกรณ์สำหรับใช้ในการเรียนการสอนและอื่นๆ

ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้า อุปกรณ์วัดระดับของของเหลว ตัวควบคุมอินฟราเรด อุปกรณ์แบ่งแรงดันไฟฟ้าและอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ฮอลล์

ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิ เทอร์มิสตัท อุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้า การวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิโดยใช้มอดูเรเตอร์สเตปปีงควบคุมอุณหภูมิ

ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เทอร์มิอิลิกทริกให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อน หัววัดพัลส์ความร้อน วงจรเทอร์มิอิลิกทริกและอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์มิอิลิกทริก

ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ให้ความร้อน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์ทำน้ำร้อนขนาดเล็ก การวัดและควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อน

ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของวาไรสเตอร์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์วาไรสเตอร์และอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกิน

ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แบบพีทีซีให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุณหภูมิเกิน อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกิน อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่และอุปกรณ์สวิตช์หน่วงเวลา

ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าตรง ตัวเก็บประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าสลับและอุปกรณ์เลื่อนเฟส อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูง อุปกรณ์คอปปลิ่งและอุปกรณ์วัดความถี่ อุปกรณ์สาธิตการวัดวงจรล้าไฟฟ้า อุปกรณ์เลือกความถี่ การวัดเสียง การวัดการตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเปลือกหอยแครงและยางและอุปกรณ์พรอกซิมีตีความจุ อุปกรณ์สาธิตการวัดปรากฏการณ์อิลิกโตรอ๊อสติค

- ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) เป็นหัววัดการสั่น หัววัดความดัน อุปกรณ์สาริตการส่งและการรับคลื่นน้ำ การทดสอบไมโครโฟน ลำโพงและอุปกรณ์อุลตราโซนิคส์
- ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ไพโรอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์ไพโรอิเล็กทริก
- ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้เซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์สาริตการวัดแรงแม่เหล็ก อุปกรณ์วัดความถี่ ความเร็วและอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์วัดแผ่นดินไหว และการผลิตไฟฟ้าจากลม
- ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนียวนำตัวเอง อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านและอุปกรณ์เลื่อนเฟส อุปกรณ์สำหรับสาริตการออสซิลเลตแบบหมุนว่ง กำทอนแบบอนุกรม RLC การสั่น LC และกำทอนแบบขนาน LC การตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเปลือกหอยแครงและยางและแผ่นดิสก์ การตรวจวัดชนิดของโลหะและ อุปกรณ์พรอกซิมิตี้เหนียวนำ อุปกรณ์สาริตค่าความเหนียวนำร่วม แกนของหม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์ไพโรแมกเนติก อุปกรณ์สาริตวงการล้าแม่เหล็ก แกนของคอยล์อากาศและหัววัดตำแหน่ง
- ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์
- ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์ปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์
- ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริก
- ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แม่เหล็กไฟฟ้า
- ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แมกนีโตไดอิเล็กตริกให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตไดอิเล็กตริก
- ได้ชุดทดลองสำหรับการวัดการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงและการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เชิงแสงให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตซ์แสงอุลตราไวโอเล็ต
- ได้ชุดทดลองสำหรับการทดสอบเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ตอบสนองต่อก๊าซอีทานอล เมทานอล แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์หงส์ทอง อะซีโตน เอทิลแอลกอฮอล์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และการประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์สวิตซ์ก๊าซ
- ได้ชุดทดลองสำหรับการประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตอบสนองต่อความชื้นให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้นและอุปกรณ์สวิตซ์ความชื้น
- ได้ชุดทดลองสำหรับการใช้วัสดุเบสิกควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมคอปเปิลเป็นหัววัด
- ได้ชุดทดลองสำหรับการใช้วัสดุเบสิกวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับระยะทางข้างเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดและมอเตอร์สเตปป์กำหนดตำแหน่ง
- ได้ชุดทดลองสำหรับการควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้า

ได้ชุดทดลองสำหรับการกวนสารละลายให้ความร้อนโดยใช้เซรามิกส์เอ็นทีซีที่เป็นหัววัด

7.4.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับซึ่งเกี่ยวข้องกับนักศึกษา อาจารย์ บุคคลทั่วไปและอุตสาหกรรม

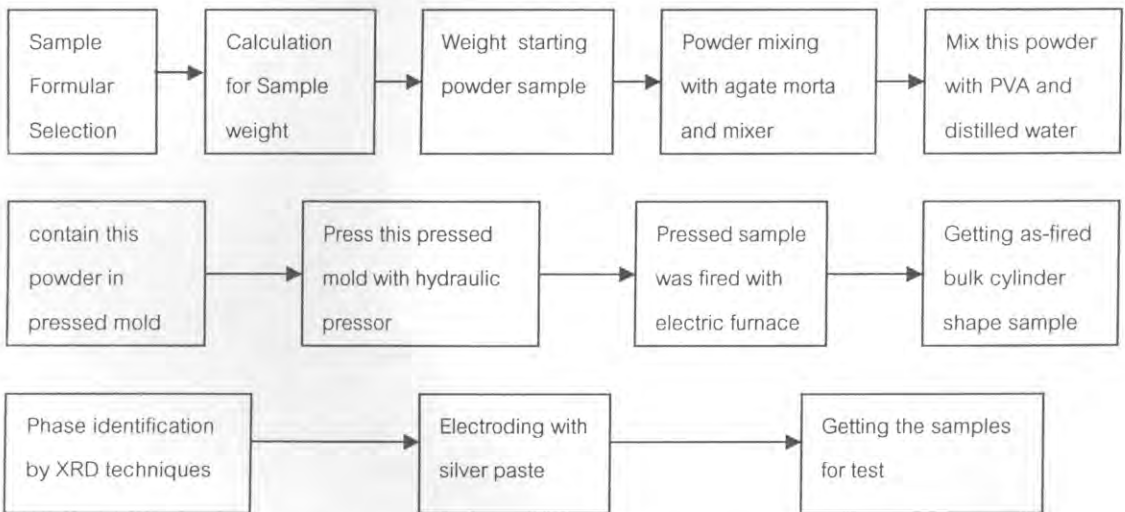
- 1) นักศึกษาสามารถทำงานในโรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เซรามิกส์
- 2) อาจารย์สามารถใช้ทำเป็นสื่อการเรียนการสอนเกี่ยวกับการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- 3) จะพยายมนำไปสู่การผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในอุตสาหกรรม
- 4) ศักยภาพในการพัฒนาไปสู่ภาคอุตสาหกรรมทางด้านการสร้างเครื่องมือวัดสมบัติของเซรามิกส์

7.5 วิธีการวิจัย

คัดเลือกสารที่เคยเตรียมและเคียวัดสมบัติเชิงฟิสิกส์มาแล้วในห้องปฏิบัติการซึ่งมีประมาณ 100 สูตร มาทำการทดสอบสารเหล่านั้นให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ การทดสอบสมบัติเชิงฟิสิกส์และทดสอบเป็นอุปกรณ์จะใช้ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ได้สร้างเตรียมไว้แล้วในห้องปฏิบัติการ รายละเอียดของวิธีการวิจัยมีดังนี้

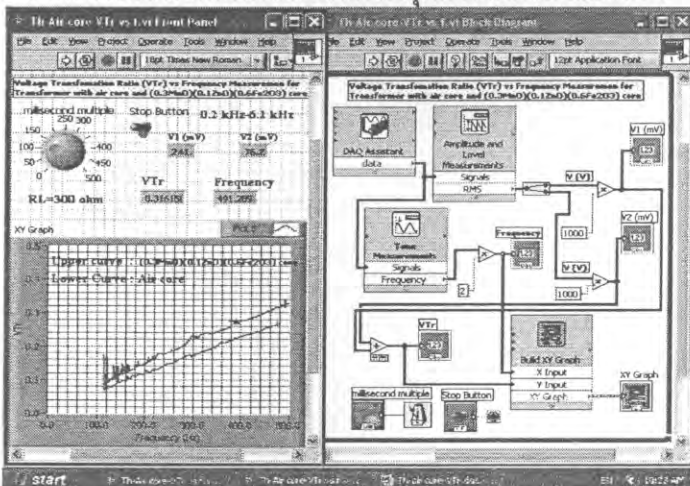
0) การเตรียมสาร การตรวจสอบเฟสของสาร การทำขั้วไฟฟ้า การจัดเตรียมระบบการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการวัดด้วย LabVIEW และ Visual Basic

0.1) การเตรียมสารตัวอย่าง การตรวจสอบเฟสของสาร และการทำขั้วไฟฟ้า



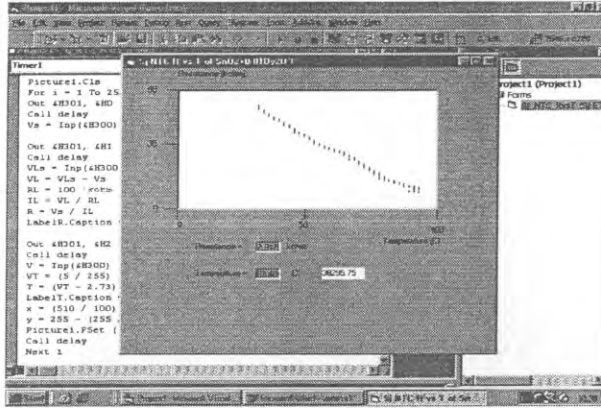
รูปที่ 0.1 การเตรียมสารตัวอย่าง การตรวจสอบเฟสของสารและการทำขั้วไฟฟ้าของสาร

0.2) การจัดเตรียมระบบการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการวัดด้วย LabVIEW



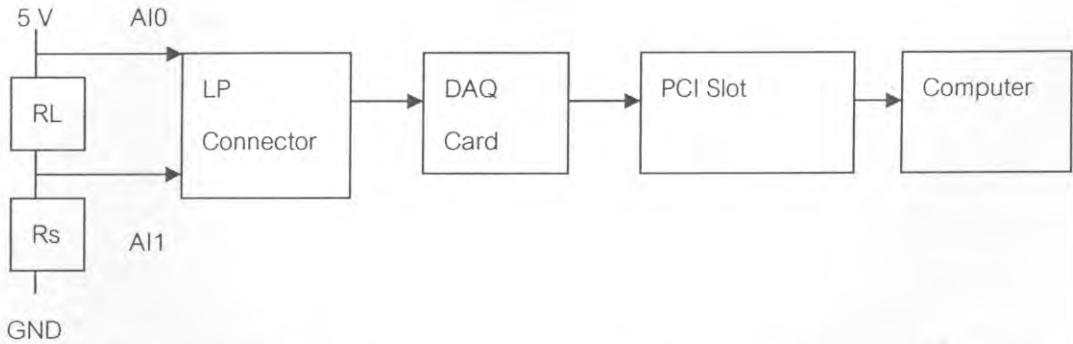
รูปที่ 0.2 การจัดเตรียมระบบการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการวัดด้วย LabVIEW

0.3) การจัดเตรียมระบบการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการวัดด้วย Visual Basic

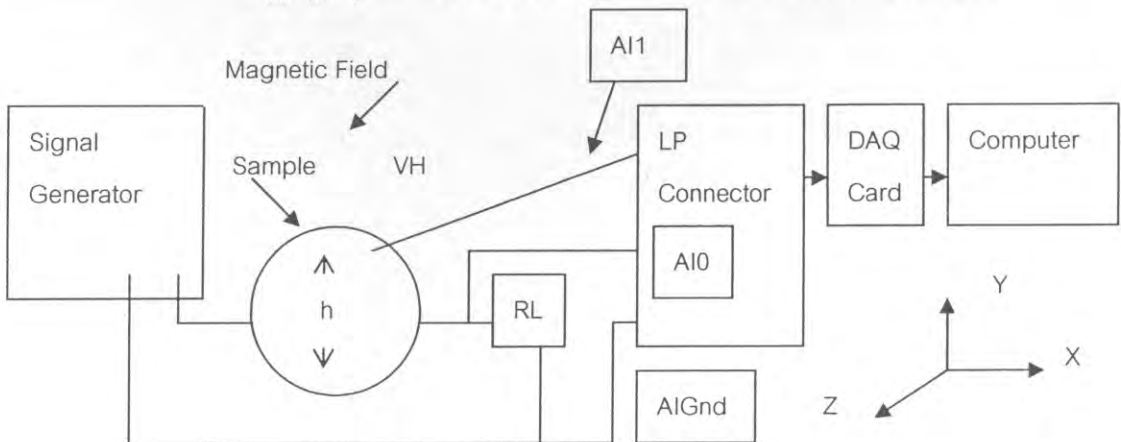


รูปที่ 0.3 การจัดเตรียมระบบการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการวัดด้วย Visual Basic

1) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้า อุปกรณ์วัดระดับของของเหลว ตัวдукกลืนอินฟราเรด อุปกรณ์แบ่งแรงดันไฟฟ้าและอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ฮอลล์



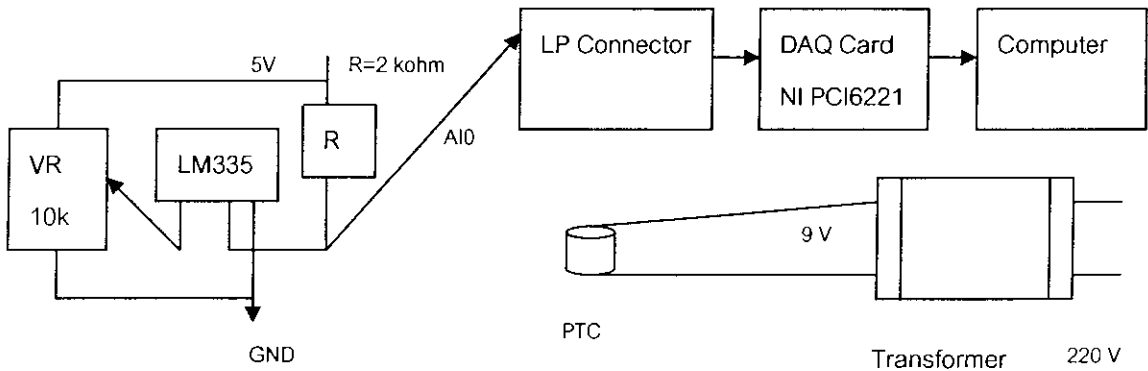
รูปที่ 1.1) การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำ LaCoO_3 และ $\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้าด้วย LabVIEW / Visual Basic



รูปที่ 1.2) การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ฮอลล์ด้วย LabVIEW

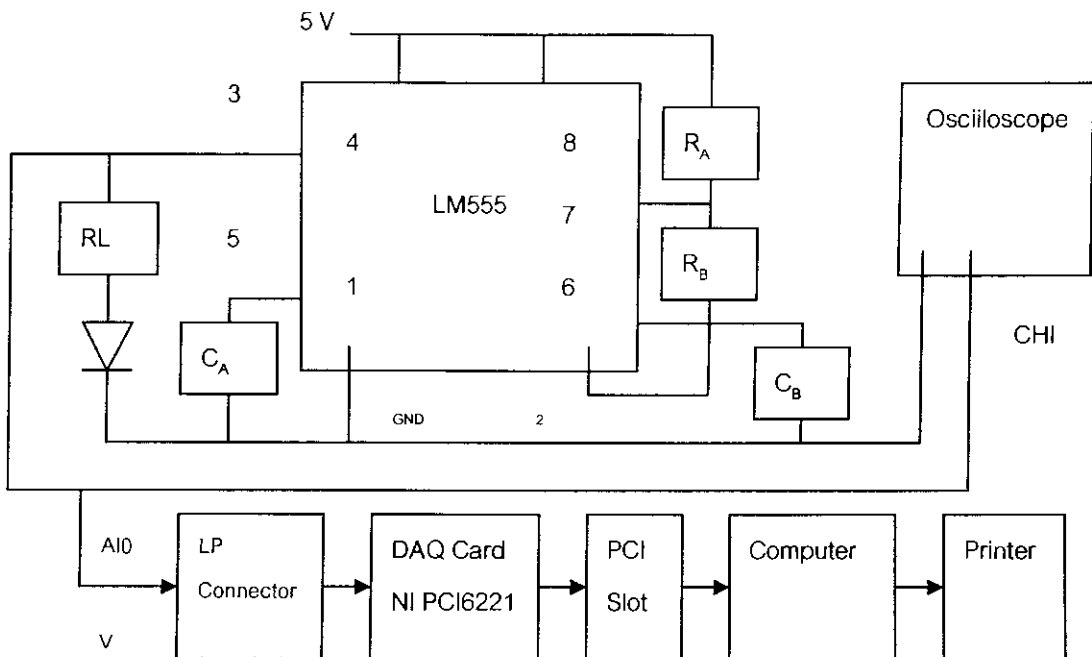
2) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิ อุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้า

อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินด้วย LabVIEW / Visual Basic



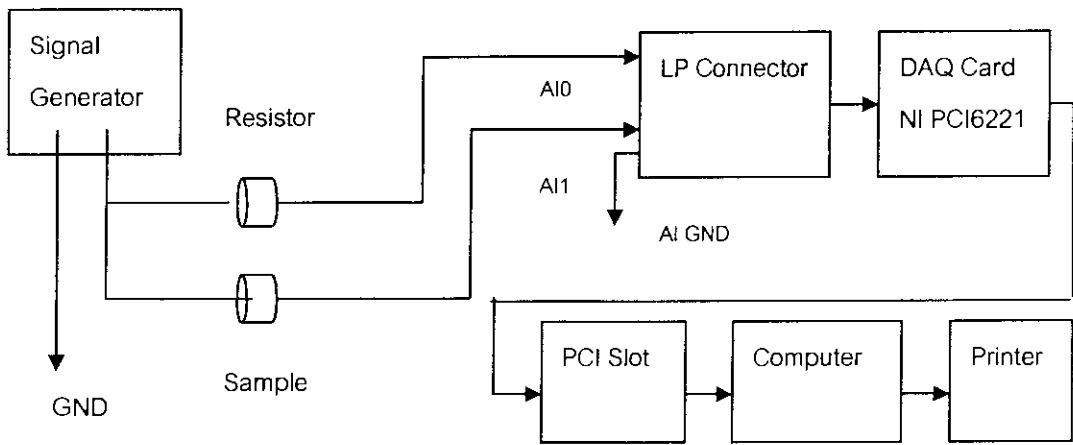
รูปที่ 6.2) การจัดเครื่องมือเพื่อประยุกต์อุปกรณ์พีซีซีเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่ด้วย LabVIEW / Visual Basic

7) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าตรง



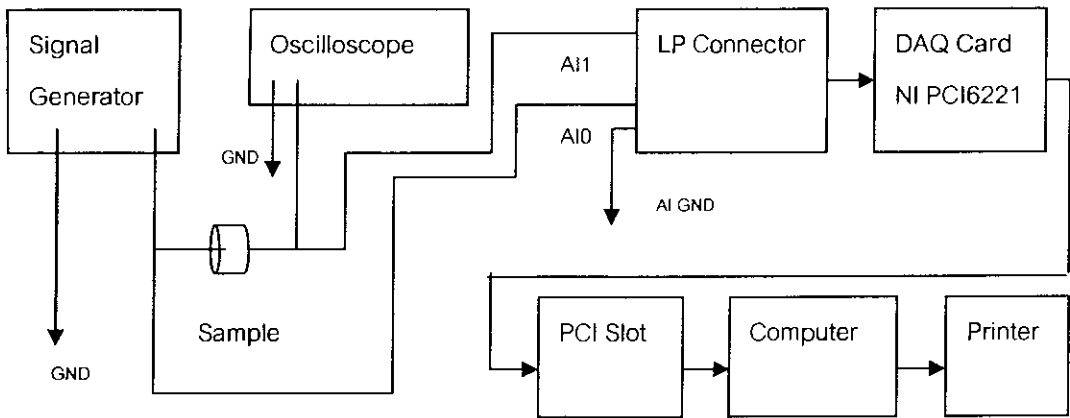
รูปที่ 7.1) การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สาร PZT ให้ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในวงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้าด้วย LabVIEW

8) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าสลับและอุปกรณ์เลื่อนเฟส



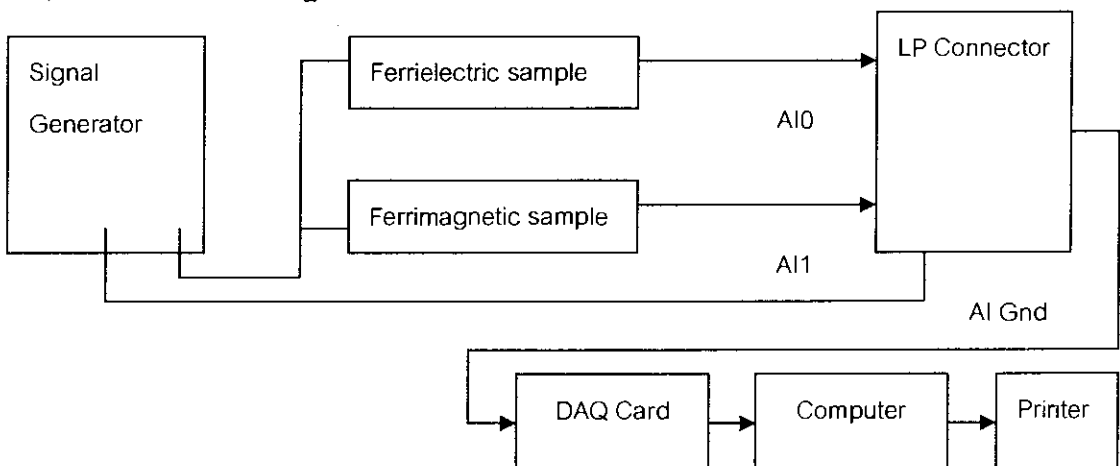
รูปที่ 8.1) การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์เลื่อนเฟสของสาร PZT ด้วย LabVIEW

9) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูง อุปกรณ์คอปปลิ่งและอุปกรณ์วัดความถี่



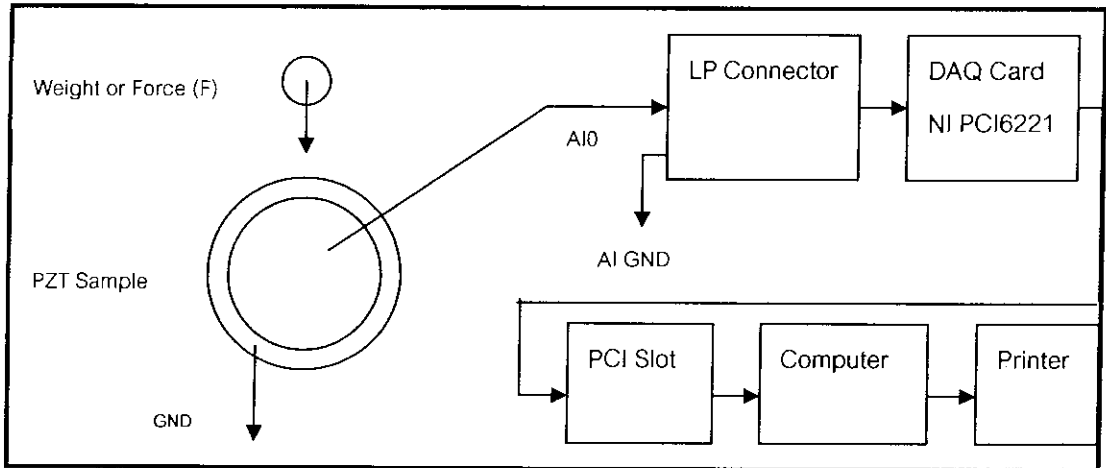
รูปที่ 9.1) การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบอุปกรณ์คอปปลิ่งด้วย LabVIEW / Visual Basic

10) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์สาริตการวัดวงจรร้าไฟฟ้า อุปกรณ์เลือกความถี่และอุปกรณ์สาริตการวัดปรากฏการณ์อิเล็กโตรออสติก



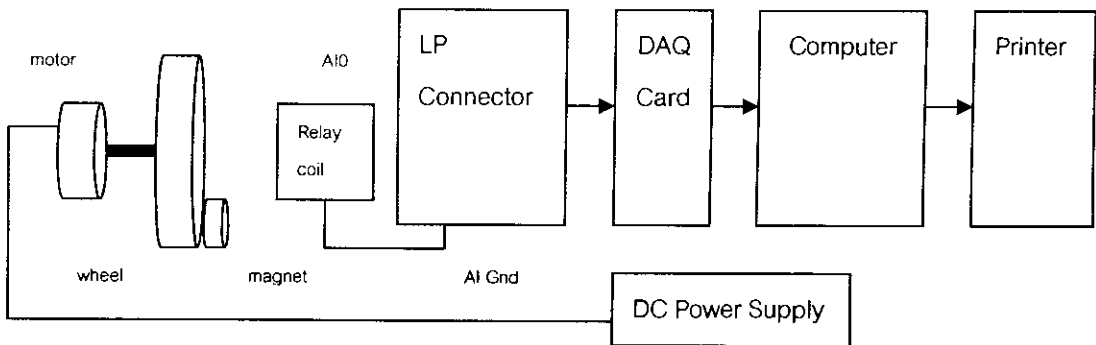
รูปที่ 10.1) การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร $BaTiO_3$ และ $Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เลือกความถี่ด้วย LabVIEW / Visual Basic

11) การประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์เพียโซอิเล็กตริกและไพโรอิเล็กตริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) เป็นหัววัดการสั่น หัววัดความดัน อุปกรณ์วัดการส่งและการรับคลื่นน้ำและอุปกรณ์วัดปรากฏการณ์ไพโรอิเล็กตริก



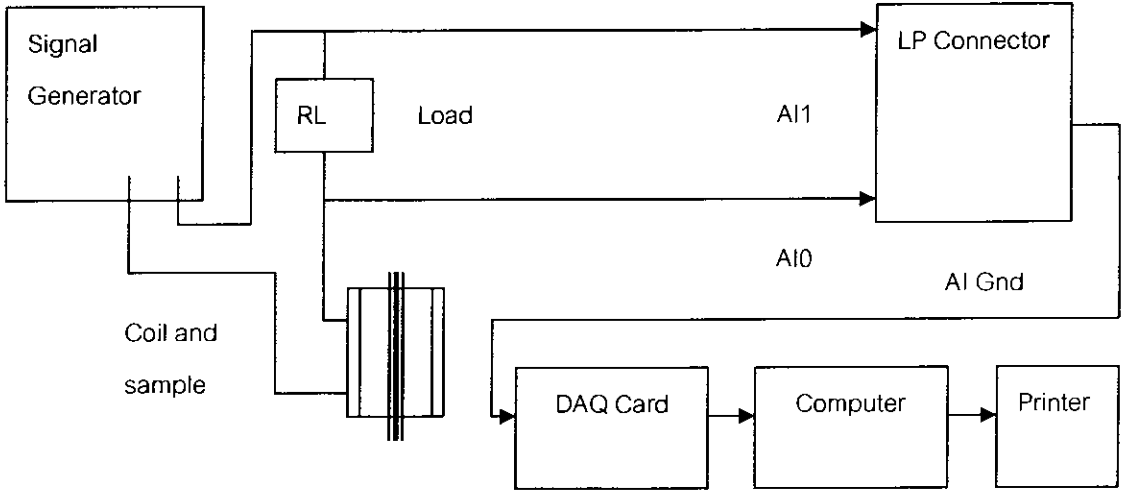
รูปที่ 11.1) การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์อุปกรณ์เพียโซอิเล็กตริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดความดันด้วย LabVIEW

12) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โรให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์วัดแรงแม่เหล็ก อุปกรณ์วัดความถี่และความเร็วและอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ



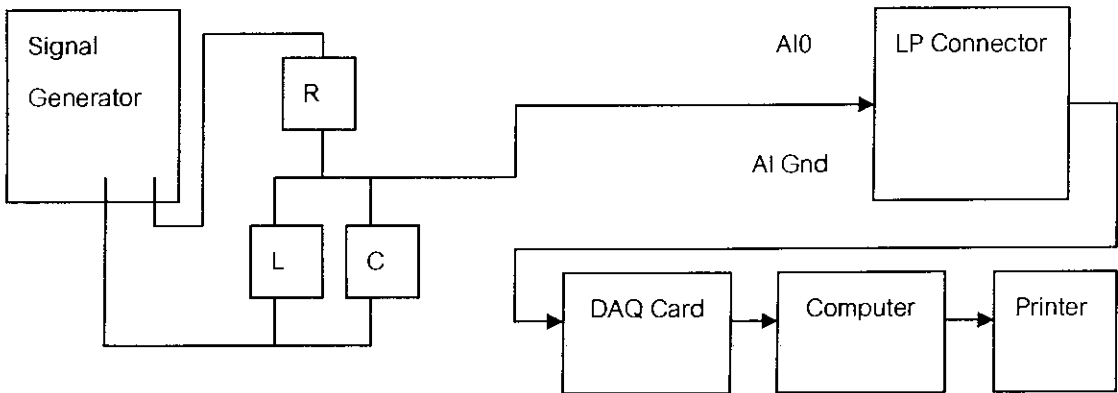
รูปที่ 12.1) การจัดเครื่องมือสำหรับการวัดสนามแม่เหล็กของเซรามิกส์แม่เหล็ก $CoFe_2O_4$ ด้วย LabVIEW

13) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โรเป็นอุปกรณ์วัดค่าความเหนียวนำตัวเอง อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านและอุปกรณ์เลื่อนเฟส



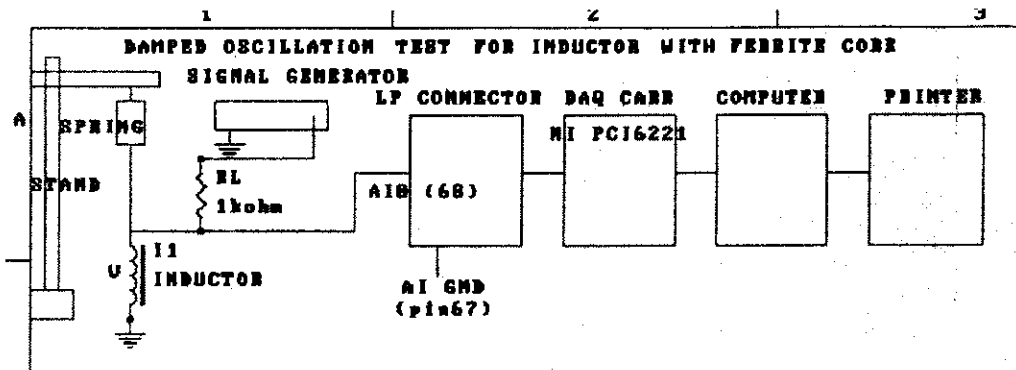
รูปที่ 13.1) การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มีสาร $(0.3\text{MnO})(0.1\text{ZnO})(0.6\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์การวัดค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ขึ้นกับความถี่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วย LabVIEW

14) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกแม่เหล็กเฟอร์ริเป็นอุปกรณ์สำหรับการทดสอบออสซิลเลตแบบห่วง กำหนดแบบอนุกรม RLC การสั้น LC และกำหนดแบบขนาน LC



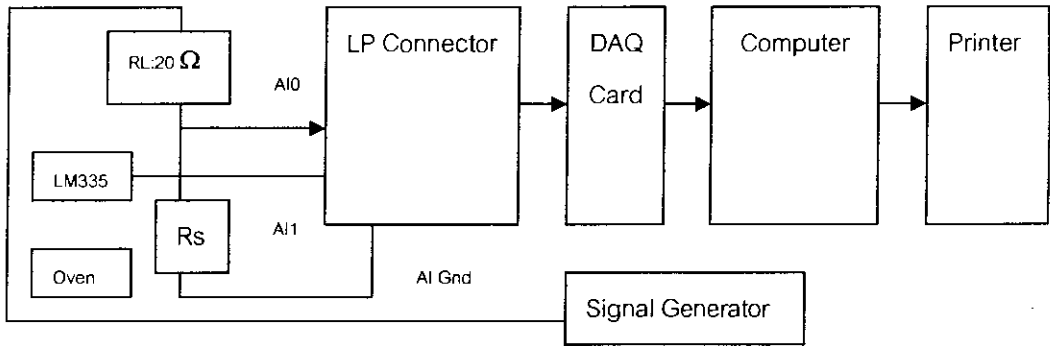
รูปที่ 14.1) การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ขดลวดที่มีสาร $\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ เป็นแกนให้ทำหน้าที่เป็นแกนของขดลวดเหนี่ยวนำในวงจรถูกกำหนดแบบขนาน LC ด้วย LabVIEW

15) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกแม่เหล็กเฟอร์ริเป็นอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดชนิดของโลหะและอุปกรณ์พรอพซีมีตี



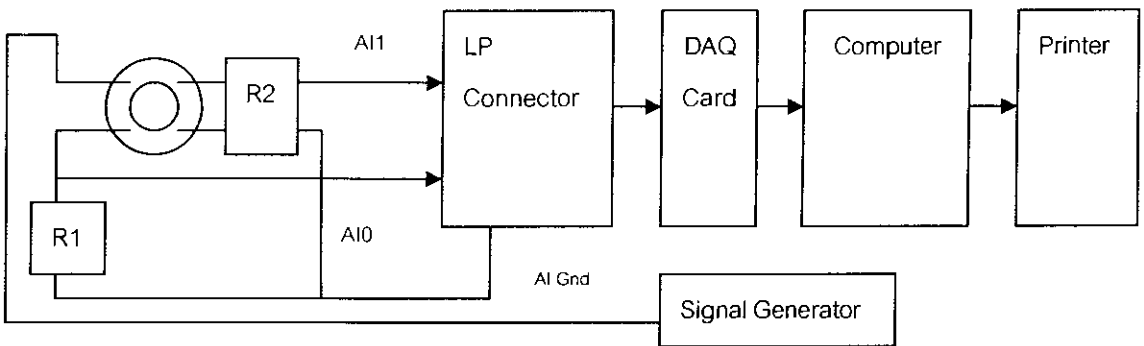
รูปที่ 15.1) การจัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบขดลวดที่มี $(0.3\text{MnO})(0.1\text{ZnO})(0.6\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในเครื่องตรวจชนิดของแท่งโลหะด้วย LabVIEW / Visual Basic

16) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริเป็นอุปกรณ์สาริตค่าความเหนียวนำร่วม แกนของหม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟโรแมกเนติก



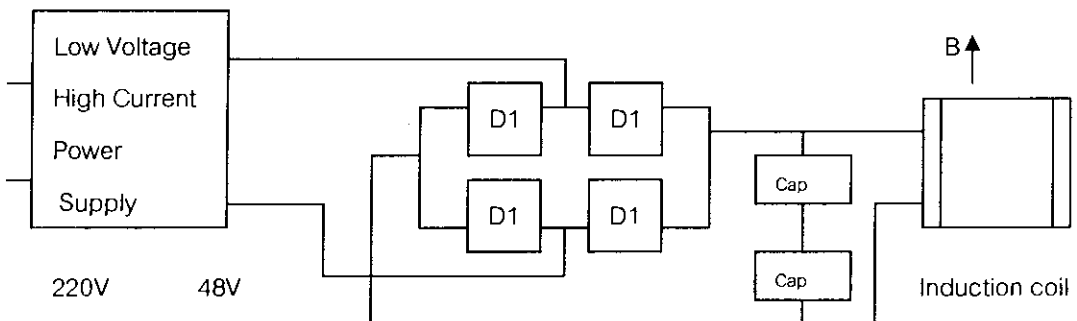
รูปที่ 16.1) การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร (0.3MnO)(0.1ZnO)(0.6Fe₂O₃) ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ไฟโรแมกเนติกด้วย LabVIEW

17) การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริเป็นอุปกรณ์สาริตดวงการล้าแม่เหล็ก แกนของคอยล์อากาศและหัววัดตำแหน่ง

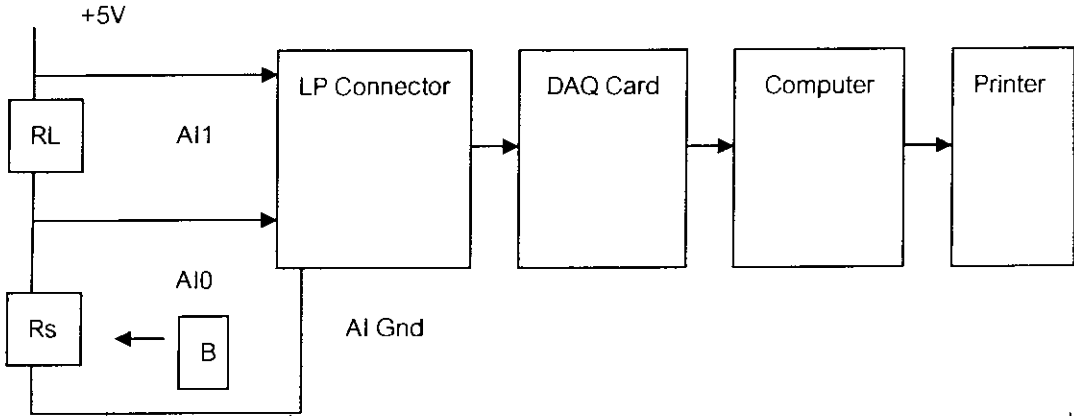


รูปที่ 17.1) จัดเครื่องมือสำหรับการทดสอบสาร (0.3MnO)(0.1ZnO)(0.6Fe₂O₃) ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตดวงการล้าแม่เหล็ก (B-H) ด้วย LabVIEW

18) การประยุกต์ใช้งานให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตริซิสแดนซ์ แมกนีโตคาปาซิแตนซ์และปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

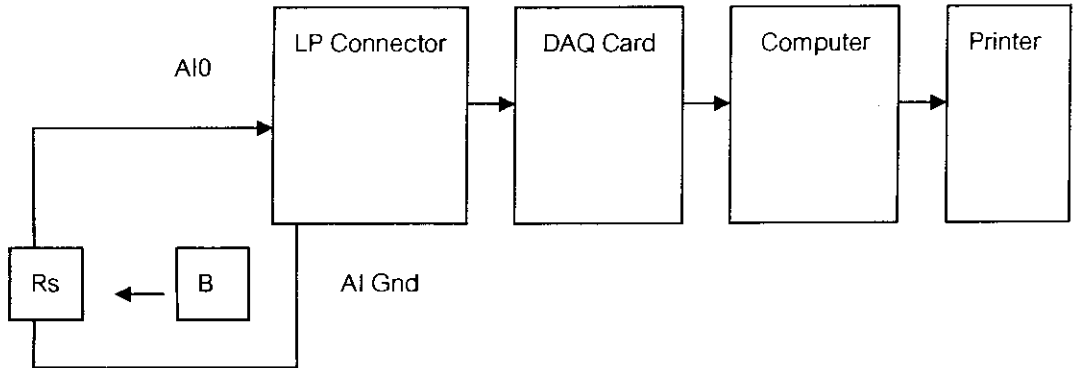


รูปที่ 18.1) การจัดเครื่องมือเพื่อเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง



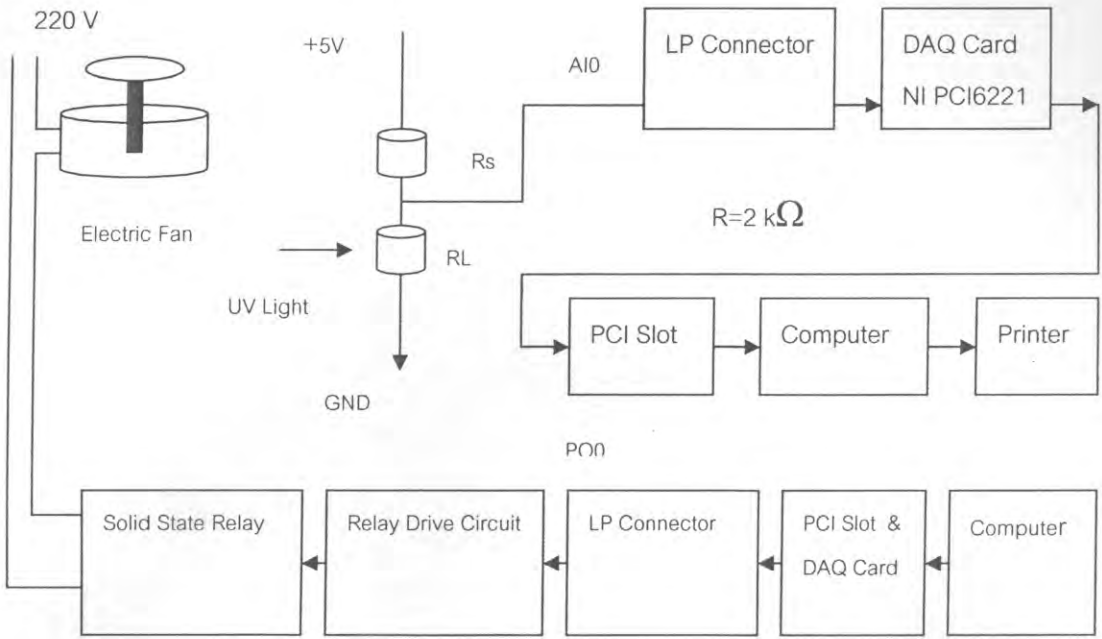
รูปที่ 18.2) การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร $MgFe_2O_4$ และ $Ni_{0.65}Zn_{0.35}Fe_2O_4$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ด้วย LabVIEW / Visual Basic

19) การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทรอนิกส์ แม่เหล็กไฟฟ้าและแมกนีโตอิลาสติก



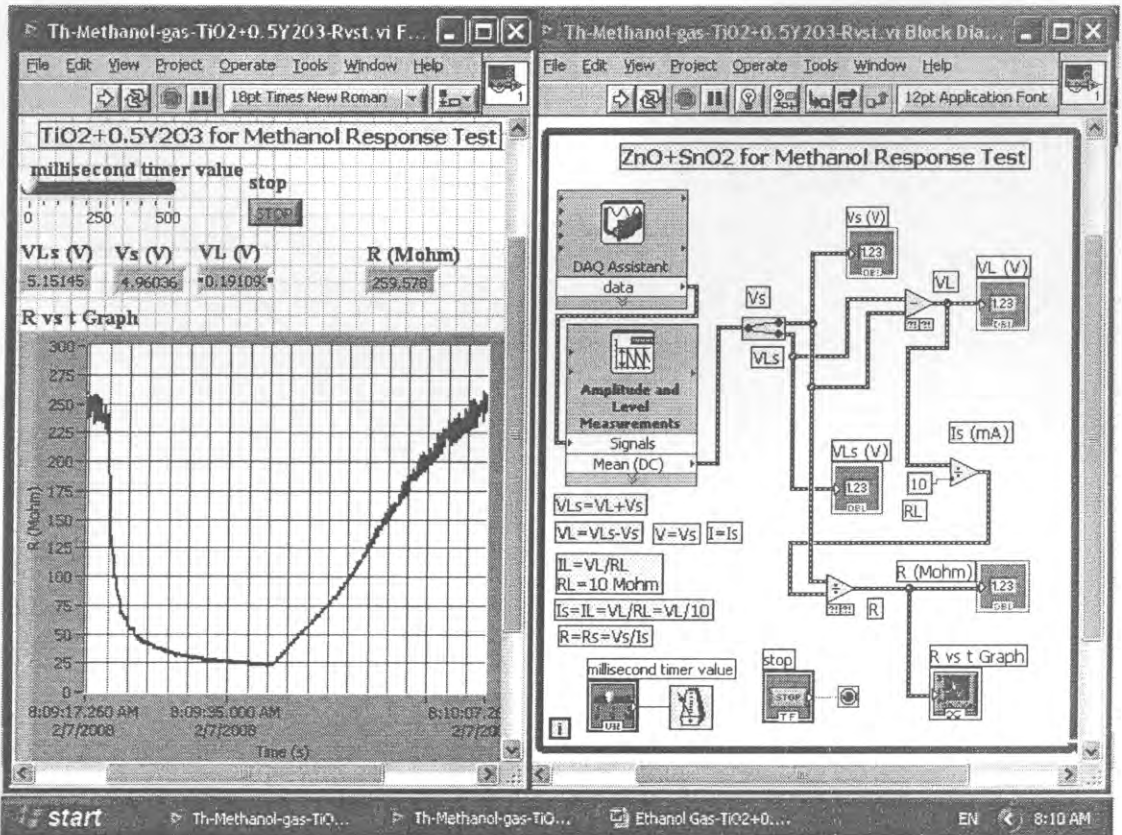
รูปที่ 19.1) การจัดเครื่องมือสำหรับการจัดเตรียมอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทรอนิกส์ ด้วย LabVIEW / Visual Basic

20) การวัดการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตของเซรามิกส์เชิงแสงและการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตซ์แสงอุลตราไวโอเล็ต



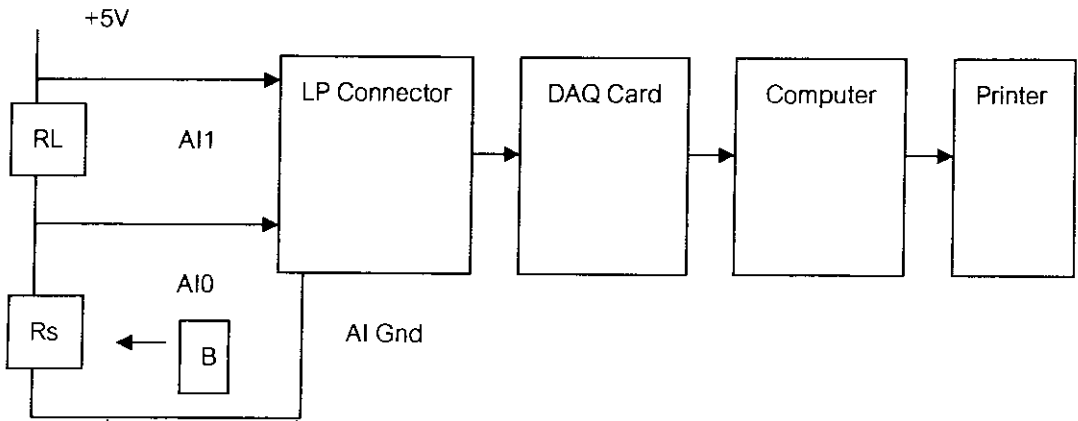
รูปที่ 20.1 จัดเครื่องมือเพื่อทดสอบประยุกต์สาร $ZnO+0.02TiO_2$ ให้ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์สวิตซ์แสงอุลตราโอเลตของเซรามิกส์เชิงแสงด้วย LabVIEW / Visual Basic

21) การวัดตอบสนองของเซรามิกส์ที่มีต่อก๊าซอีทานอล เมทานอล แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์ หงส์ทอง อะซีโตน เอทิลแอลกอฮอล์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์



รูปที่ 21.1) การวัดตอบสนองของเซรามิกส์ที่มีต่อก๊าซด้วย LabVIEW / Visual Basic

22) การวัดการตอบสนองของเซรามิกส์ที่มีต่อความชื้นและสวิตช์ความชื้น



รูปที่ 22.1) การจัดเครื่องมือสำหรับการจัดเตรียมอุปกรณ์ตอบสนองต่อความชื้น
ด้วย LabVIEW / Visual Basic

7.6 ขอบเขตการวิจัย

1. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำให้ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไฟฟ้า อุปกรณ์วัดระดับของของเหลว ตัวดูดกลืนอินฟราเรด อุปกรณ์แบ่งแรงดันไฟฟ้าและอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ฮอลล์
2. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิ อุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้า การวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิโดยใช้มอเตอร์สแตปปีงควบคุมอุณหภูมิ
3. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดทิศทางการไหลของความร้อน หัววัดพัลส์ความร้อน วงจรเทอร์โมอิเล็กทริกและอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตเทอร์โมอิเล็กทริก
4. การประยุกต์ใช้ของสารให้ความร้อนให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ให้ความร้อน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์ทำน้ำร้อนขนาดเล็ก การวัดและควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อน
5. การประยุกต์ใช้ของวาริสเตอร์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์วาริสเตอร์และอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกิน
6. การประยุกต์ใช้ของเทอร์มิสเตอร์แบบพีทีซีให้ทำหน้าที่เป็นป้องกันอุณหภูมิเกิน ป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกิน ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์ให้ความร้อนอุณหภูมิคงที่และอุปกรณ์สวิตช์ช่วงเวลา
7. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าตรงและการวัดเสียง
8. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าสลับและอุปกรณ์เลื่อนเฟส
9. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่าน อุปกรณ์คอปปลิ่ง อุปกรณ์วัดความถี่ การวัดการตอบสนองต่อความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเปลือกหอยแครง
10. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดวงฮิสเทอรีซิสไฟฟ้า อุปกรณ์เลือกความถี่อุปกรณ์พรอกซิมีตีความจุและอุปกรณ์สาธิตการวัดปรากฏการณ์เฟอร์โรอิเล็กทริก
11. การประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเชิงการค้าให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาธิตการวัดค่าสัมประสิทธิ์ประจุ (d_{33}) เป็นหัววัดการสั่น หัววัดความดัน อุปกรณ์สาธิตการส่งและการรับคลื่นน้ำ การทดสอบไมโครโฟน ลำโพงและอุปกรณ์อุลตราโซนิคส์และอุปกรณ์สาธิตปรากฏการณ์ไพโรอิเล็กทริก

12. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์สาริตการวัดแรงแม่เหล็ก อุปกรณ์วัดความถี่และความเร็ว อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ อุปกรณ์วัดแผ่นดินไหว และการผลิตไฟฟ้าจากลม
13. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์เป็นอุปกรณ์สาริตการวัดค่าความเหนียวนำตัวเอง อุปกรณ์กรองแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านและอุปกรณ์เลื่อนเฟส
14. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์เป็นอุปกรณ์สำหรับสาริตการออสซิลเลตแบบหน่วง กำหนดแบบอนุกรม RLC การสั้น LC และกำหนดแบบขนาน LC
15. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์เป็น อุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดชนิดของโลหะและอุปกรณ์พรอกซีมิติเหนียวนำ
16. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์เป็นอุปกรณ์สาริตค่าความเหนียวนำร่วม แกนของหม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์ไมโครแมกเนติก
17. การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ไรท์เป็นอุปกรณ์สาริตดวงฮิสเทอรีซิสแม่เหล็ก แกนของคอยล์อากาศ และหัววัดตำแหน่ง
18. การประยุกต์ใช้งานให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์และปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์
19. การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สาริตปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กตริก แม่เหล็กไฟฟ้าและแมกนีโตออสติค
20. การวัดการตอบสนองต่อแสงอุลตราไวโอเลตของเซรามิกส์เชิงแสงและการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตซ์แสงอุลตราไวโอเลต
21. การวัดตอบสนองของเซรามิกส์ที่มีต่อก๊าซอีทานอล เมทานอล แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์ หงส์ทอง อะซีโตน เอทิลแอลกอฮอล์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ก๊าซ
22. การวัดการตอบสนองของเซรามิกส์ที่มีต่อความชื้นและการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ความชื้น
23. การใช้วัสดุเบสิกควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมคอปเปิลเป็นหัววัด
24. การใช้วัสดุเบสิกวัดอุณหภูมิที่ขึ้นกับระยะทางข้างเตาหลอมไฟฟ้าโดยใช้ LM335 เป็นหัววัดและมอเตอร์สเตปป์กำหนดตำแหน่ง
25. การควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้า
26. การกวนสารละลายให้ความร้อนโดยใช้เซรามิกส์เอ็นทีซีเป็นหัววัด

7.7 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ (P101) ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
หน่วยเครื่องมือกลางคณะวิทยาศาสตร์ และ ศูนย์เครื่องมือมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

7.8 ระยะเวลาการดำเนินงาน

1.0 ปี (ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2550 – 1 กันยายน 2551)

7.9 ขั้นตอนของแผนการทำงาน

กิจกรรม/ขั้นตอนการดำเนินงาน ปี 2550-2551				
	10-12	1-3	4-6	7-8-9
ประยุกต์ใช้ของ ceramics ในหัวข้อ 1-22 ให้ทำ หน้าที่เป็นอุปกรณ์ (ใช้โปรแกรม LabVIEW) ส่งไปเผยแพร่ที่ NRCT ส่งรายงานความก้าวหน้า	←→			
ประยุกต์ใช้ของ ceramics ในหัวข้อ 1-22 ให้ทำ หน้าที่เป็นอุปกรณ์ (ใช้โปรแกรม Visual Basic) ส่งไปเผยแพร่ที่ MTEC ส่งรายงานผลงานประดิษฐ์		←→	←→	

←→

แผนงานวิจัยทั้งโครงการที่วางไว้

7.10 เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง ตั๋วนำเซรามิกส์

Andrzej Dzedzic, 2001, Electrical and stability properties and ultrasonic microscope characterisation of low temperature co-fired ceramics resistors, *Microelectronics Reliability*, 41(5): 669-676.

Jiao, K. L., 1993, Development and fabrication of RuO₂ thin film resistors, *Materials Science and Engineering B*, 18(3) 220-225.

Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.

เอกสารอ้างอิง เทอร์มิสเตอร์แบบเอ็นทีซี

Buchanan Relva, C., 1991. *Ceramic materials for electronics*, second edition, Marcel Dekker Inc., New York.

David Houivet, 2004, High temperature NTC ceramic resistors ambient -1000 °C, *Journal of European Ceramic Society*, 24(6) 1237-1241.

Martinez Sarrion, M. L., 1995. Preparation and characterization of NTC thermistors based on Fe-Mn-Ni-O₄. *J. Mater. Sci.*, 30, 2610-2615.

Miclea, C., 2005, Soft ferrite materials for magnetic temperature transducers and applications, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 290-291 (2): 1506-1509.

Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.

Sangsoo Noh, 2006, Electrical properties of nickel oxide thin films for flow sensor application, *Sensors and Actuators A: Physical*, 125(2): 363-366.

เอกสารอ้างอิง วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก

Hiroaki Muta, 2002, Thermoelectric properties of Ti- and Sn-doped α -Fe₂O₃, *Journal of Alloys and compounds*, 335(1-2): 202-202.

Pujar, R. B. (1996). Electrical properties of Zr^{4+} -substituted Mg-Zn ferrites. J. Mater. Sci. Lett. 15:1605-1607.

Ravinder, D. (1994). Electrical conductivity of Mn-Zn ferrites. J. Appl. Phys. 75 (10):6118-6120.

Seok, S. I. (1995). The effect of Cu-sites doping on electrical properties of La_2CuO_4 as thermoelectric material. J. Mater. Sci. : Mater. Elect. 6:140-143.

Tanaka, Y. (1997). Thermoelectric properties of ZnO-based materials. J. Mater. Sci. Lett. 16:155-157.

Zahner, Th., 1999, Picosecond thermoelectric response of thin $YBa_2Cu_3O_{7.8}$ films, Superconductivity, 313(1-2): 37-40.

เอกสารอ้างอิง สารทำความร้อน

Andrzej Grzechnik, 1999, An infrared study of $MgCO_3$ at high pressure, Physica B: Condensed Matter, 262(1-2): 67-73.

Ciefi, C. 2000. Temperature controlled oven for low noise measurement systems. IEEE transactions on instrumentation and measurement., 49, 546-549.

Das Gupta, S. 1996. Heating elements and electrically conducting ceramics. Key Engineering Materials., 122, 279-282.

Hayashi, S. 2001. Fabrication and evaluation of $LaCrO_3$ thin films electric heaters. Key Engineering Materials., 216, 105-108.

Kaliyugavaraden, S. 1997. Microcontroller-based programmable temperature controller. IECON Preceedings (industrial Electronics Conference)., 1, 155-158.

Meier, K. 2001. PTC thermistor heating elements. Appliance., 58, 64-66.

Mingshan Xiao, 1998, Conductivity and infrared absorption of $La_{1-x}Ba_xCoO_3$ conductive ceramics, Journal of Solid State Chemistry, 137(2): 211-313.

Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.

Ogawa, 1998. T. Sol-gel PTC $BaTiO_3$ thin films – application of PTC film to heater plate. IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics., 101-104.

Pelissier, K. 1998. Silicon carbide heating elements. Ceramics international., 24, 371-377.

Reznikov, Y. A. 1997. Programmable temperature control in an electric furnace for laboratory coking based on a microprocessor controller. Fuel and Energy Abstracts., 38, 219.

Seuinghyun Kim, 2004, Measurement of flow direction and velocity using micromachined flow sensor, Sensors and Actuators A: Physical, 115(2-3) :312-318.

Song, S. T., 1984, Synthesis, properties and application of high conductive $LaCrO_3$ -based ceramic-materials, Ceramics International, 10(4): 143-146.

เอกสารอ้างอิง วาริสเตอร์

Anastasion, A., 2004, Ceramic varistors based on $ZnO-SnO_2$, Journal of European Ceramic Society, 24(6): 1171-1175.

- Bi-Shiou Chiou., 1993. Electrical behaviour of the MnO_2 -doped $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3$ system, J. Mater. Sci :Mater. In Elect., 4 : 38-42.
- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Fan, J., 1993, Electrical properties and d.c. degradation characteristics of silvered doped ZnO varistors J. Mater. Sci. 28 : 1391-1395.
- Kuang, Tyh., 1995, Microstructure and nonohmic properties of $\text{ZnO-V}_2\text{O}_5$ ceramics, J. Appl. Phys. 34 : 6452-6457.
- Kutty, T.R.N., 1996, Dependence of non-linearity coefficients on transition metal oxide concentration in simplified compositions of $\text{ZnO+Bi}_2\text{O}_3+\text{MO}$ varistor ceramics (M=Co or Mn), J. Mater. Sci :Mater. In Elect. 7 : 137-148.
- Meyer, B., 1996, New low-voltage varistor composites, J. Mater. Sci. 31: 5941-5944.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Narayanan, T.R., 1995, Influence of alkali ions in enhancing the nonlinearity of $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-Co}_3\text{O}_4$ varistor ceramics, J. Appl. Phys. 34 : 6125-6132.
- Pianaro, P.R., 1997, Effect of Bi_2O_3 addition on the microstructure and electrical properties of the $\text{SnO}_2\text{-CoO-Nb}_2\text{O}_5$ varistor system, J. Mater. Sci. Lett. 16 : 634-638.
- Shr-Nan Bai, 1993, Influence of sintering temperature on electrical properties of ZnO varistors, J. Appl. Phys. 74 (1), 1 July : 695-703.
- Tomasevic_Canovic, M., 1993, Synthesis of ZnO-based varistor precursor powders by reaction spray process, J. Mater. Sci. 28 : 5211-5217.
- เอกสารอ้างอิง เทอร์มิสเตอร์แบบพีทีซี**
- Buchanan Relva, C., 1991., Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Chih-Kuo Liang, 2005, Evaluation of a novel PTC thermistor for telecom overcurrent protection, 121(2): 443-449.
- Horng-Yi Chang. 1995. Electrical characteristics of $(\text{Sr}_{0.2}\text{Ba}_{0.8})\text{TiO}_3$ positive temperature coefficient of resistivity materials prepared by microwave sintering. J. Appl. Phys., 78 (1), 423-427.
- Masalu Miyayama., 1992. Infrared sensing properties of positive temperature coefficient thermistors with large temperature coefficient of resistivity. J. Mater. Sci., 27, 127-132.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Padmini, P. 1994. Influence of Bi^{3+} ions in enhancing the magnitude of positive temperature coefficients of resistance in $n\text{-BaTiO}_3$ ceramics. J. Mater. Sci. : Mater. In Elect., 5, 203-209.
- Shibagaki, S., 1997. Calcium-doping effect on temperature coefficients of dielectric constants in SrTiO_3 capacitors. J. Mater. Sci., 32, 1449-1453.
- Wang, D. J. 1997. Preparation and electrical properties of semiconducting strontium-lead titanate

PTCR ceramics. J. Mater. Sci. : Mater. In Elect., 8, 271-276.

เอกสารอ้างอิง เซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กตริก

- Alexandru, H. V., 2004, Oxides ferroelectrics (Ba,Sr)TiO₃ for microwave devices, Materials Science and Engineering B, 109(1-3): 152-159.
- Benlahrache, M. T., 2006, Influence of polarization electric field on the dielectric properties of BaTiO₃-based ceramics, Materials Science in Semiconductor Processing, 9(6): 1115-1118.
- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Merce! Dekker Inc., New York.
- Chi, Z. H., 2006, Room-temperature ferroelectric polarization in multiferroic BiMnO₃, Journal of Magnetism and Magnetic Materials.
- Ho-Gi Kim. 1994. Microwave sintering of BaTiO₃ thick films. J. Mater. Sci. Lett., 13, 806-809.
- Hongri Liu, 2006, Ferroelectric properties of BiFeO₃ films grown by sol-gel process, Thin Solid Films, 500(1-2) 105-109.
- Kazuhide Abe. 1994. Epitaxial growth and dielectric properties of (Ba_{0.24}Sr_{0.76})TiO₃ thin film J. Appl. Phys., 33, 5297-5300.
- Liqin Zhou. 1992. Sr_{0.7}Ba_{0.3}TiO₃ –based multilayer boundary-layer capacitors. J. Mater. Sci. Lett., 11, 1134-1136.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Shail Upadhyay. 1997. Preparation and characterization of barium stannate BaSnO₃. J. Mater. Sci. Lett., 16, 1330-1332.
- Wenzhong Lu, 2005, Effects of La₂O₃ additions on properties of Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO₃-MgO ceramics for phase shifter applications, Journal of European Ceramic Society.
- Ying Chun Zhang, Effects of additives on microstructures and microwave electrical properties of ZnNb₂O₆ ceramics, Materials Science and Engineering B, 99(1-3): 282-285.
- Zhang J. L. 1992. Electrical conduction of Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ ceramics under d.c. voltage. J. Mater. Sci. Lett., 11, 294-295.

เอกสารอ้างอิง วัสดุเพียโซอิเล็กตริกและวัสดุไพโรอิเล็กตริก

- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Merce! Dekker Inc., New York.
- Juhyun Yoo, 2005, Piezoelectric and dielectric properties of La₂O₃-Bi(Na,K)TiO₃-SrTiO₃ ceramics for pressure sensor application, Sensors and Actuators A: Physical.
- Kanchan Guar. 1996, Pyroelectric and dielectric properties of some heavy rare-earth orthochromites, J. Mater. Sci. :Mater. In Elect. 7 : 35-38.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Naboru Ichinose, 2004, Ultrasonic transducers with piezoelectric ceramics, Journal of European Ceramic Society, 24(6): 1681-1685.

- Sharma, H.D., 1995, Pyroelectricity and change in polarization gadolinium-doped PZT, J. Mater. Sci. Lett. 14 : 788-789.
- Tandon, R.P., 1992, Ferroelectric properties of lead titanate/polymer composite and its application in hydrophone, J. Mater. Sci. Lett. 11 : 883-885.
- Tandon, R.P., 1993, Dielectric, piezoelectric and acoustic properties of high performance piezorubber composite hydrophone, J. Mater. Sci. Lett. 12 : 1182-1184.

เอกสารอ้างอิง วัสดุแม่เหล็กเฟอร์ไรต์

- Akimitsu, 1996, Sputtered hexagonal Ba-ferrite films for high-density magnetic recording media, J. Appl. Phys. 79 (8), 15 April.
- Babu, V., 2002, Structure and hard magnetic properties of barium hexaferrite with and without La_2O_3 prepared by ball milling, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 241(1): 85-88.
- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, second edition, Mercel Dekker Inc., New York.
- Elwin, G., 1997, Self propagating high-temperature synthesis of $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ from reactions of strontium superoxide, iron metal and iron oxide powders, J. Mater. Sci. Lett. 16 : 1237-1239.
- Fayek, M.K., 1992. J. Mater. Sci. 27 : 4813-4817.
- Helifa, B., 2006, Detection and measurement of surface cracks in ferromagnetic materials using eddy current testing, NDT & E International, 39(5): 384-390.
- Jing, Z. H., 2005, Preparation and magnetic properties of spherical $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ nanoparticles via a non-aqueous medium, Materials Chemistry and Physics, 92(2-3): 600-603.
- Kosmas, K., 2005, Non-destructive evaluation of magnetic metallic materials using Hall sensors, Journal of Materials Processing Technology, 161(1-2): 359-362.
- Lisfi, A., 2002, relation between the microstructure and magnetic properties of $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ thin films grown on various substances, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 242-245: 391-394.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.
- Pullar, R.C., 1997, Novel aqueous sol-gel preparation and characterization of barium M ferrite, $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ fibres, J. Mater. Sci 32 : 349-352.
- Pullar, R.C., 1997, Magnetic Co_2Y ferrite, $\text{Ba}_2\text{Co}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ fibres produced by a blow spun process, J. Mater. Sci 32 : 365-368.
- Schott, C., 2006, Novel analog magnetic angle sensor with lineart output, Sensors and Actuators A: Physical, 132(1): 165-170.
- Tsuchiya, T., 1992, Preparation of spinel-type ferrite thin films by dip-coating process and measured magnetic properties, J. Mater. Sci. 27 : 3645-3650.
- Yamamoto, S., 1996, Recording characteristics of Co-(Fe₂O₃) perpendicular magnetic recording media, J. Appl. Phys. 79 (8), 15 April.

Yang, W. M., 2006, A levitation force and magnetic field distribution measurement system in three dimensions, *Physica C: Superconductivity*, 445-448 347-352.

เอกสารอ้างอิง วัสดุแม่เหล็กเฟอร์ริ

Abdullah, M.H., 1997, Frequency dependence of the complex impedances and dielectric behaviour of some Mg-Zn ferrites, *J. Mater. Sci.* 32 : 5817-5823.

Azadmanjiri, J., 2006, Magnetic properties of nanosize NiFe_2O_4 particles synthesized by sol-gel auto combustion method, *Ceramic International*.

Borges, F. M. M., 2006, Magnetism behaviour of nanocrystalline MnCo_2O_4 spinels, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 302(2): 273-277.

Borges, P., 2001, Versatile radiofrequency sensor, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 39-41.

Buchanan Relva, C., 1991. *Ceramic materials for electronics*, second edition, Merce Dekker Inc., New York.

Chong H. Ahn, 2001, On-chip eddy current sensor for proximity sensing and crack detection, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(3): 340-345.

Ghatage, A.K., 1996, X-ray, infrared and magnetic studies of chromium substituted nickel ferrite, *J. Mater. Sci. Lett.* 15 :1548-1550.

Gusmano, G., 1993, Humidity-sensitive electrical response of sintered MgFe_2O_4 , *J. Mater. Sci.* 28 : 6195-6198.

Http:// www.ni.com, LabVIEW™ Basic I. Introduction Course Manual, National Instruments Corporation, 1993-2001.

Ichiyanagi, Y., 2006, Magnetic properties of Mg-ferrite nanoparticles, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*.

Mundada, O.G., 1997, Magnetic properties of Ni-Zn ferrites doped with Ti^{4+} ions, *J. Mater. Sci. Lett.* 16 : 432-434.

Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.

RaO, K.H., 1996, Unusual dielectric behaviour of Ni-Zn ferrites in the lower megahertz region (1-10 MHz) due to dimensional resonance, *J. Mater. Sci. Lett.* 15 : 781-783.

Ravinder, G., 1994, Electrical conductivity of Mn-Zn ferrites, *J. Appl. Phys.* 75 (10) : 6118-6120.

Sattar, A.A., 1996, Effect of magnetic order on electrical properties of Mn-Zn ferrite single crystals, *J. Mater. Sci. Lett.* 15 : 1090-1092.

เอกสารอ้างอิง magnetoresistance ceramics และ magnetoimpedance ceramics

Fermon, C., 2006, Optimised GMR sensors for low and high frequencies applications, *Sensors and Actuators A: Physical*, 129(1-2), 203-206.

Fijan Hu, 2006, Giant magnetoimpedance in a MnZn ferrite, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 302(2): 375-377.

Giebel, C., 2001, GMR sensors for angle detection and rotation speed sensing,

- Sensors and Actuators A: Physical, 91(1-2): 16-20.
- Hongwei Qin, 2000, Magnetic properties and magnetoresistance effects of $\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ sintered ferrites, *Solid State Communications*, 115(5): 233-235.
- Jifan Hu, 2000, Magnetoimpedance effect in $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.67}\text{MnO}_3$ under low dc magnetic fields, *Solid State Communications*, 116(3): 159-162.
- Jifan Hu, 2001, Magnetoimpedance effect in $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 234(3): 419-422.
- Kentaro Totsu, 2004, Three-axis magneto-impedance effect sensor system for detecting position, *Sensors and Actuators A: Physical*, 111(2-3): 304-309.
- Kozlova, N., 2003, Intergrain magnetoresistance of $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ in pulsed magnetic fields up to 50 T, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 261(1-2): 48-55.
- Rubi, D., 2006, On-off magnetoresistive sensor based on screen-printed $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ manganite, *Sensors and Actuators A: Physical*, 132(1): 52-55.
- Seung-Dae Kim, 2006, Magnetic field sensitivity of LC filter-type magnetoimpedance sensors, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 304(1): 391-393.
- Treutler, C. P. O., 2001, Magnetic sensors for automotive applications, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 206.
- Yamadera, H., 2000, Thin film magnetic field sensor utilizing Magneto-impedance effect, *Sensors and Actuators A: Physical*, 82(1-3): 155-160.
- Yunhui Xu, 2001, Magnetic field sensor from polycrystalline manganites, *Sensors and Actuators A: Physical*, 91(1-2): 26-29.
- Yurii Skourski, Magnetization and magneto-resistance measurements of bulk $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ in pulsed magnetic fields up to 50 T, *Physica B Condensed Matter*, 346-347: 325-328.
- เอกสารอ้างอิง magnetoelectric ceramics และ magnetoelastic ceramics**
- Adam Bie kowski, 2004, The possibility of utilizing the permeability magnetic materials in construction of magnetoelastic stress and force sensors, *Sensors and actuators A: Physical*, 123(3) 270-276.
- Ben Amor, 2005, Magnetoelastic microtransformer-based microstrain gauge, *Sensors and Actuators A: Physical*.
- Gusmano, G., 1993, Humidity-sensitive electrical response of sintered MgFe_2O_4 , *J. Mater. Sci.* 28 : 6195-6198.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.
- Moreira, A., 2002, Evidence for the likely occurrence of magnetoferroelectricity in simple perovskite, BiMnO_3 , *Solid State Communications*, 122(1-2): 49-52.
- Palkar, V. R., *Solid State Communications*, Observation of magnetoelectric behaviour at room temperature in $\text{Pb}(\text{Fe}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$, 134(11): 783-786.

- Patankar, K. K., 2001, Dielectric behaviour and magnetoelectric effect in $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Ba}_{0.8}\text{Pb}_{0.2}\text{TiO}_3$ composites, *Materials Chemistry and Physics*, 72(1): 23-29.
- Pfutzner, H., 2005, Non-contact detection of magnetoelastic bilayer position sensors, *Sensors and Actuators A: Physical*, 123-124: 349-353.
- Sattar, A.A., 1996, Effect of magnetic order on electrical properties of Mn-Zn ferrite single crystals, *J. Mater. Sci. Lett.* 15 : 1090-1092.
- Youn-Ki Jun, 2005, Effects of Nb-doping on electric and magnetic properties in multi-ferroic BiMnO_3 ceramics, 135(1-2): 133-137.
- Zhang J. L. 1992. Electrical conduction of $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ ceramics under d.c. voltage. *J. Mater. Sci. Lett.*, 11, 294-295.
- Zhenxing Yue, 2004, Preparation and electromagnetic properties of low-temperature sintered ferroelectric-ferrite composite ceramics, *Journal of Alloys and compounds*, 375(1-2): 243-248.

เอกสารอ้างอิง optical ceramics

- Didosyan, S., 2003, Magneto-optical rotational speed sensor, *Sensors and Actuators A: Physical*, 106(1-3): 168-171.
- Buchanan Relva, C., 1991. *Ceramic materials for electronics*, second edition, Merceel Dekker Inc., New York.

เอกสารอ้างอิง gas response ceramics

- Buchanan Relva, C., 1991. *Ceramic materials for electronics*, second edition, Merceel Dekker Inc., New York.

Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.

เอกสารอ้างอิง humidity response ceramics

- Buchanan Relva, C., 1991. *Ceramic materials for electronics*, second edition, Merceel Dekker Inc., New York.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. *Electroceramics*, Chapman & Hall, London.

8. รายละเอียดงบประมาณของโครงการตามหมวดเงินประเภทต่าง ๆ

21.1 อุปกรณ์การวิจัยที่มีอยู่แล้ว (ได้มาจากงานวิจัยในอดีต)

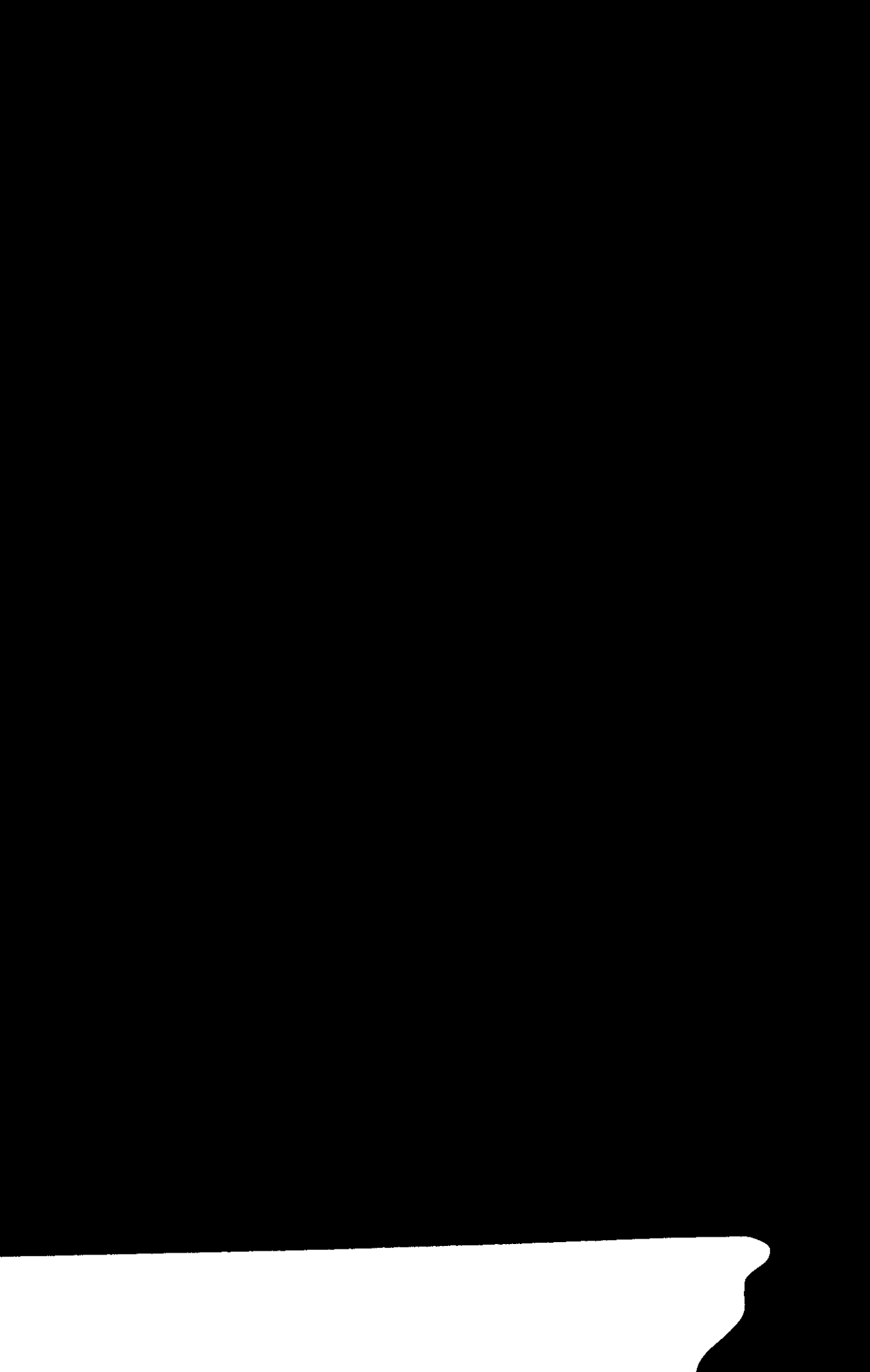
ก. สารในขวดที่เคยซื้อ (ปี 2540-47)

BaTiO_3 Bi_2O_3 CaCO_3 CoO Cr_2O_3 CuO Dy_2O_3 Er_2O_3 Eu_2O_3 Fe_2O_3 Gd_2O_3
 Ho_2O_3 La_2O_3 MgCO_3 MnO_2 NiO Sb_2O_3 SnO_2 SrCO_3 TiO_2 Y_2O_3 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$
 Yb_2O_3 ZnO ZrO_2

ข. สารที่เคยเตรียมด้วยตนเองและมีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการ (ปี 2548)

1 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตัวนำ

LaCoO_3 , $(\text{Zn}_{0.9}\text{Al}_{0.1})\text{O}_3$, ZnSb_2O_4 , Fixed resistor, ZnO (IR absorber), ZnO (Hall effect)



- 2 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แบบเงินที่ซี
NiO+0.5Cr₂O₃, MnBiO₃, SnO₂+0.01Dy₂O₃
 - 3 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เทอร์โมอิเล็กทริก
LaCoO₃, (Zn_{0.9}Al_{0.1})O₃, ZnSb₂O₄
 - 4 การประยุกต์ใช้ของสารให้ความร้อน
CuMnO₃, ZnO+0.1ZrO₂, ZnO+0.05TiO₂
 - 5 การประยุกต์ใช้ของวาริสเตอร์
Commercial VDR, ZnO+0.01Sb₂O₃, (10D391K), ZnO+0.01Ag₂O, FeTiO₃ และ Pb(Ti_{0.5}Cr_{0.5})O₃
 - 6 การประยุกต์ใช้ของเทอร์มิสเตอร์แบบพีทีซี
SrBi₄Ti₄O₁₆, SnO₂+0.5Cr₂O₃, Commercial PTC
 - 7 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เฟอร์โรอิเล็กทริก
Sr_{0.5}Pb_{0.5})TiO₃, BaTiO₃(Ju), BaTiO₃(Sj), Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O₃
 - 8 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก
PZT commercial
 - 9 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ไพโรอิเล็กทริก
PZT commercial
 - 10 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์โร
CoFe₂O₄
 - 11 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กเฟอร์ริ
(0.3MnO)(0.1ZnO)(0.6Fe₂O₃), Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe₂O₄,
 - 12 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แมกนีโตริซิสแดนซ์
MgFe₂O₄, Ni_{0.65}Zn_{0.35}Fe₂O₄, C101
 - 13 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์
(0.6MnO₂)(0.4ZnO)(Fe₂O₃),
 - 14 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แมกนีโตอิเล็กทริก
BaTiO₃, Ba_{0.5}Zn_{0.5}TiO₃, BiCrO₃, Sr_{0.5}Pb_{0.5}TiO₃, Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O₃
 - 15 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แมกนีโตอิลาสติก
MgFe₂O₄
 - 16 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์แม่เหล็กไฟฟ้า
Mn_{0.8}Ni_{0.2}Fe₂O₄
 - 17 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์เชิงแสง
ZnO, ZnO+0.02TiO₂, ZnO+0.01Sb₂O₃
 - 18 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตอบสนองต่อก๊าซ
Bi₂O₃+Fe₂O₃, SnO₂+0.05Y₂O₃, TiO₂+0.5Y₂O₃, ZnO, ZnO+SnO₂, ZnO+0.02TiO₂
 - 19 การประยุกต์ใช้ของเซรามิกส์ตอบสนองต่อความชื้น
MgFe₂O₄, NiO+0.5Cr₂O₃, ZnO+0.01Bi₂O₃, ZnO+0.02TiO₂
- ค. เครื่องมือเตรียมสารตัวอย่างซึ่งมีอยู่แล้ว

เครื่องชั่ง ครก ช้อน เครื่องหมุนผสมสาร เป้าอัดสาร เครื่องอัดสาร เตาลอหม มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป
 ง. เครื่องมือทดสอบวัสดุที่ได้สร้างไว้แล้วโดยอาศัยทุนเงินรายได้ ม.อ. ประเภทสิ่งประดิษฐ์ (ปี 2549)
 ระบบการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรม Visual Basic
 ระบบการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรม LabVIEW

21.2 อุปกรณ์การวิจัยที่ต้องการเพิ่มเติม

- เงินสำรองสำหรับซ่อมเครื่องมือที่ชำรุดในขณะทดลอง
- เงินสำหรับตรวจสอบเฟสของสารด้วยเครื่อง XRD
- เงินสำหรับซื้อกาวเงินเพื่อทำขั้วไฟฟ้าของสาร

22. รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอเฉพาะปีที่เสนอขอตามหมวดเงินประเภทต่างๆ

รายการ	จำนวนเงิน
๙. ก. หมวดค่าจ้างชั่วคราว	
ค่าจ้างนักศึกษาปริญญาตรีและ/หรือปริญญาโท (แบบเหมาจ่าย)	10,000_บาท
-ปริญญาตรี 1500 บาท/เดือน หรือ ปริญญาโท 3000 บาท/เดือน	
ข. หมวดค่าใช้สอย	
ค่าเดินทางเพื่อซื้ออุปกรณ์ที่กรุงเทพฯ	3,000_บาท
ค่าถ่ายภาพ XRD เพื่อดูสูตรของสาร	5,000_บาท
ค่าจัดทำรายงาน (กระดาษ หมึก ถ่ายเอกสาร)	5,000_บาท
ค่าซ่อมเครื่องมือ (ถ้ามี)	5,000_บาท
ค. หมวดค่าวัสดุ	
กาวเงิน 5 หลอดคู่ ทำขั้วของสาร	6,000_บาท
วัสดุคอมพิวเตอร์ (Handy drive)	2,000_บาท
รวมงบประมาณที่เสนอขอ	42,000_บาท

9. การวิจัยตามโครงการนี้จำเป็นต้องใช้บริการของห้องสมุด/ห้องปฏิบัติการ/เครื่องมือทดลองของคณะ/หน่วยงานที่ใดบ้าง

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ (P101) ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 หน่วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ และศูนย์เครื่องมือกลาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

10. โครงการนี้หรือโครงการสืบเนื่องจากนี้ ได้ยื่นเสนอขอรับทุนหรือได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานอื่นหรือไม่

- (√) ไม่ได้ยื่นเสนอขอรับทุน
 (X) ยื่นเสนอ โปรดระบุแหล่งทุน

11. คำรับรองของหัวหน้าโครงการว่าไม่เป็นผู้ติดค้างการส่งผลงานวิจัยสำหรับโครงการวิจัยที่สิ้นสุดระยะเวลาดำเนินงานวิจัยแล้ว

ไม่ติดค้างการส่งผลงานวิจัยสำหรับโครงการวิจัยที่สิ้นสุดระยะเวลาดำเนินงานวิจัยแล้ว

12. **ลงลายมือชื่อของหัวหน้าโครงการ ผู้ร่วมวิจัย และวันเดือนปีที่เสนอขอทุน**

(รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 10 กันยายน พ.ศ. 2551

13. **คำอนุมัติของผู้บังคับบัญชาระดับภาควิชา และคณะ/หน่วยงาน/สำนัก/ศูนย์ ให้ใช้เวลา สถานที่ อุปกรณ์การวิจัยและอื่น ๆ ที่จำเป็นแก่การดำเนินการวิจัย และกรณีเป็นการทำวิจัยร่วมกันหลายคณะ/หน่วยงานจะต้องมีคำอนุมัติของผู้บังคับบัญชาของทุกคณะ/หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง**

อนุญาตให้ใช้เวลา สถานที่ อุปกรณ์การวิจัยและอื่น ๆ ที่จำเป็นแก่การดำเนินการวิจัย

(รศ. บุญเหลือ พงศ์ดารา)

หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์

วันที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2551

ส่วน ข ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ สกุล
นาย ธงชัย นามสกุล พันธุ์เมธาฤทธิ์
Mr. Thongchai Panmatarith
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน
3-1002-00652-23-4
3. ประวัติการศึกษา
วท. ม. (เทคโนโลยีเซรามิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีที่จบ 2525
วท. บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีที่จบ 2522
4. ตำแหน่งปัจจุบัน
รองศาสตราจารย์ ระดับ 9
5. ระยะเวลาตามสัญญาจ้าง ในกรณีที่ เป็นพนักงานมหาวิทยาลัย
ไม่ได้เป็นพนักงานมหาวิทยาลัย
6. ภาควิชา/คณะ/หน่วยงาน
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โทรศัพท์ : 081-9693081
7. ประสบการณ์ในงานวิจัย

ลำดับ ที่	เรื่อง	ระยะเวลา ดำเนินการ	แหล่งทุน	ระบุความ รับผิดชอบ
1	การเตรียมและทดสอบสมบัติเชิงไฟฟ้าสำหรับวัสดุสังกะสีออกไซด์เซรามิกส์	2541-42	เงินรายได้ คณะ วิทยาศาสตร์	หัวหน้า โครงการ
2	การเตรียมและทดสอบสมบัติเชิงฟิสิกส์ของ $MnO+0.4CuO, Er_2O_3+ErCrO_3, SrO.6Fe_2O_3, ZnO+0.01Sb_2O_3$ และ $SnO_2+0.01Sb_2O_3$	2543-44	เงินรายได้ มหาวิทยาลัย	หัวหน้า โครงการ
3	การศึกษาเซรามิกส์สำหรับแท่งแม่เหล็กถาวร แกนหม้อแปลงไฟฟ้า อุปกรณ์กรองแรงดันความถี่สูงผ่าน อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก อุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกิน หัววัดอุณหภูมิและตัวทำความร้อน	2544-45	เงินรายได้ มหาวิทยาลัย	หัวหน้า โครงการ
4	สมบัติให้ความร้อน เอ็นทีซี พีทีซี และการเก็บประจุไฟฟ้าของอิเล็กทรอนิกส์เซรามิกส์และการประยุกต์ใช้ (ได้รับรางวัล ระดับชมเชย จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2549)	2547-48	งบประมาณ แผ่นดิน ปี 2547-48	หัวหน้า โครงการ
5	ระบบการวัดสำหรับสมบัติเชิงฟิสิกส์ของวัสดุ	2549	เงินรายได้ ม.อ. ประเภท สิ่งประดิษฐ์	หัวหน้า โครงการ

8. ผลงานวิจัยที่พิมพ์ออกเผยแพร่

Publications

1. Thongchai Panmatarith and Kanjana Gatepetr. Electrical properties measurements of $\text{Eu}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$. Songklanakarin J. Sci. Technol., 1999, 21(4) : 483-489.
2. Thongchai Panmatarith, Pornsuda Bomli, Prarinya Tummakunth and Narissara Sumangky. Preparation and electrical properties testing of ZnO ceramic materials. Songklanakarin J. Sci. Technol., 2000, 22(1): 67-75.
3. Thongchai Panmatarith and Sirirat Rugwech, Temperature and electrical voltage response of HoCrO_3 and inductance value at different frequency of CoFe_2O_4 , The J of NRCT 2000, 32(2) : 117-130.
4. Thongchai Panmatarith, Varaporn Anuntapornpanich, Kingkan Poatong and Pikul Ratpholsan. The $\text{ZnO}+0.01\text{Nb}_2\text{O}_5$ preparation and testing for temperature response, thermoelectric and heating material study. KKU. Sci J. 2002., 30(3) : 188-198.
5. Thongchai Panmatarith, Varaporn Anuntapornpanich, Kingkan Poatong, Sirirat Rugwech and Pikul Ratpholsan. Preparation and test of SnO_2 for temperature sensor application at 22°C and -131°C temperature interval. Thai Science and Technology Journal, A publication in Thai of Thammasat University. 2002, 10(1) : 35-42.
6. Thongchai Panmatarith, Waya Casol and Noppamas Juggaroen. Sample preparation and varistor physical properties measurement of $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$. Songklanakarin J. Sci. Technol., 2003, 25(1) : 133-140.
7. Thongchai Panmatarith and Sirirat Rugwech, Magnetic Field Measurement using Faraday's law and displaying with Computer Thaksin.J., 2002, 5(1-2) : 9-17
8. Thongchai Panmatarith and Salinda Paduka , Electrical Properties and Applications of $\text{BaTiO}_3+0.1\text{SiCO}_3$, Suranaree J. Sci. Technol., 2003, 10 : 125-132.
9. Thongchai Panmatarith, Kingkan Poatong and Varaporn Anuntapornpanich. Effect of frequency and poling field on the electrical properties and PTC effect of $\text{BaTiO}_3+0.9\text{ZrO}_2$ KMUTT RESEARCH AND DEVELOPMENT JOURNAL., 2003, 26(2) April-June : 183-199
10. Thongchai Panmatarith, Pairin Bunnoy, Noppamas Jugchareon, Pikul Ratpholsan, Sirirat Rugwech, Varaporn Anuntapornpanich, Patchara Punjamathum, Apisamai Eirseewattanakul, Pongchat Niumtrong. Sample preparation, physical properties measurement and application of $\text{MnO}+0.4\text{CuO}$'s thermistor. Songklanakarin J. Sci. Technol., 2003, 25(1) : 123-132.
11. Thongchai Panmatarith, Varaporn Anuntapornpanich, Pranee Promwithan, Kingkan Poatong, Pikul Ratpholsan, Waya Casol and Apisamai Eirseewattanakul. Material properties in alternating electric field, high pass filtering and the effect of electric field on property transformation from PTC effect to NTC effect for $\text{BaTiO}_3+0.01\text{Nb}_2\text{O}_5$'s ceramics.

The J of NRCT., 2003, 35(2) : 185-198

12. Thongchai Panmatarith and Kingkan poatong , Thermoelectric, ntc, dielectric and magnetic properties of $MgFe_2O_4+Fe_2O_3$. Journal of Science-Ladkrabang., 2003, 12(2) : 1-12.
13. Thongchai Panmatarith and Sasithon Sattayanuruk, Electrical Properties and Applications of $BaTiO_3+0.01Dy_2O_3$. Silpakorn University Journal., 2003, 23(2) : 113-133.
14. Thongchai Panmatarith, Preeyanan Thepnuan, Rudeerat Suntako and Chiraporn Sriprom. Fabrication and physical properties of $NiMn_2O_4$, $ZnO+0.02TiO_2$ and $FeNbO_4$ as thermoelectric, heating element and negative temperature coefficient materials. Journal of metals, materials and minerals, 2004, 14(1) : 61-74.
15. Thongchai Panmatarith and Chiraporn Sriprom, The voltage-time relationship curve of $(Sr_{0.5}Pb_{0.5})TiO_3$ material as RLC series resonance occurrence with computer display, Materials Technology Review, MTEC, 2005, 39(april-June) : 63-64.
16. Thongchai Panmatarith and Chiraporn Sriprom. (2005). A new positive temperature coefficient effect based on $Bi_2O_3+Fe_2O_3$ or ZrO_2+MnO_2 material and used as temperature sensor, Chiang Mai J. Sci. 32(2) :109-120.
17. Thongchai Panmatarith, Nibrosulhuda Hayeemayang and Nipusanee Baka-lee. (2005). The new positive temperature coefficient effect based on $SnCo_2O_4$ and $SnCrO_3$ material and used as temperature sensor. Songklanakarin J. Sci. Technol. 27(5) : 1113-1122.)

Conference Proceeding

18. Thongchai Panmatarith, Sirirat Rugwech, Soontree Pongrukthom, Patchara Punjamathum, Supaporn Pet-in and Sumzeyya Mounlidin. The ceramic study for high pass filtering and test for high frequency transformer core. The 1st Thailand Materials Science and Technology Conference, MTEC, Thailand, 19-20 September, 2000 : 458-460.
19. Thongchai Panmatarith and Kingkan Poatong, PTC effect of holmium oxide-copper holmium oxide ceramics before and after poling. The 2nd Thailand Materials Science and Technology Conference, MTEC, Thailand, 6-7 August, 2002.
20. Thongchai Panmatarith and Wassana Supmark. Sample preparation and NTC property testing of $Mn_xNi_yFe_2O_4$ for temperature sensor. The 2nd PSU Symposium on Graduate Research, Fac. of Sci, PSU., Hat Yai, Songkhla, Thailand March 2004.
21. Thongchai Panmatarith, Chiraporn Sriprom, Nanthida Sutthirawuth, Preeyanan Thepnuan and Sirirat Rugwech. Fabrication of the $SnO_2+Fe_2O_3$, $CoFe_2O_4$ and $ZnO+0.1Ag_2O$ materials and their application for temperature control , rotation sense and Hall effect test. The 3rd Thailand Materials Science and Technology Conference, MTEC, Thailand, 10-11 August , 2004.
22. Thongchai Panmatarith and Wassana Supmark. Preparation and NTC property testing of

$Mn_{0.2}Ni_{0.8}Fe_2O_4$ for temperature measurement and control sensor. 30th Congress on Science and Technology of Thailand, 19-21 October 2004

23. Thongchai Panmatarith, Nibrosulhuda Hayeemayang, and Nipusanee Baka-lee.

Dielectric property, voltage filtering, capacitance-voltage dependence, voltage-to-frequency conversion, charge and discharge of $Ba_{0.9}La_{0.1}TiO_3$ and $(Ba_{0.5}Zn_{0.5})TiO_3$ ceramics.

43th Kasetsart University Annual Conference, 1-4 February 2005.

Invention Report Paper

24. Thongchai Panmatarith, Nattra Daeng-Ngam, Omjai Promrak, Sujitra Hanon, Yareenah Jehloh, Aksara Mayamae and Natchanok Chatarat. (2007). Complete Invention Report Paper " Measurement system for physical properties of materials" , Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla university, Hat Yai, Songkla, Thailand.

Teaching-learning Text

Thongchai Panmatarith, 2005. Electroceramic Physics. Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkla, Thailand. pp.1-788.

Recent Grants

2004 Research leader, Heating, NTC, PTC and capacitive properties of electronic ceramics and applications " , Thailand National Research Council Grant.

2006 Research leader, Measurement system for physical properties of materials, Prince of Songkla University Grant.

2007 Research leader, Electroceramic Applications, Prince of Songkla University Grant.

Awards

2005 Awarded for "Dielectric property, voltage filtering, capacitance-voltage dependence, voltage-to-frequency conversion, charge and discharge of $Ba_{0.9}La_{0.1}TiO_3$ and $(Ba_{0.5}Zn_{0.5})TiO_3$ ceramics " , 43th Kasetsart University Annual Conference, Thailand.

2007 Awarded for " Heating, NTC, PTC and capacitive properties of electronic ceramics and applications " , Thailand National Research Council.

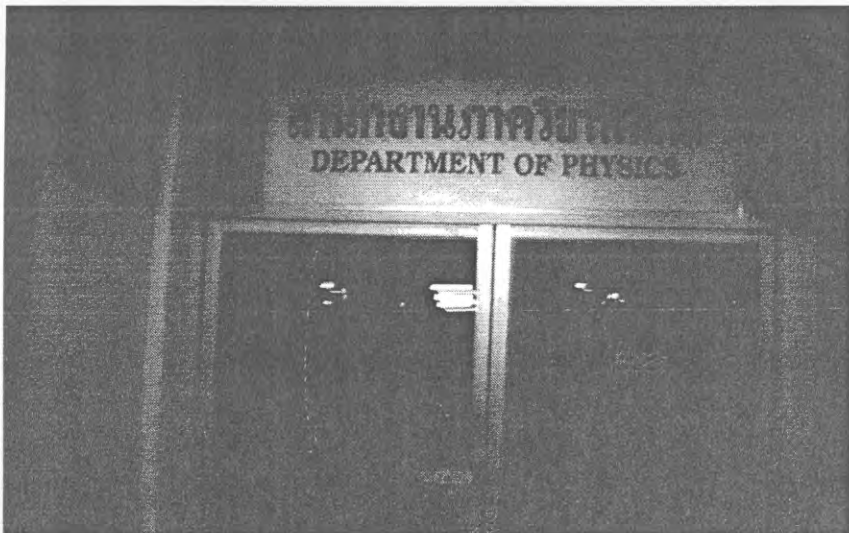
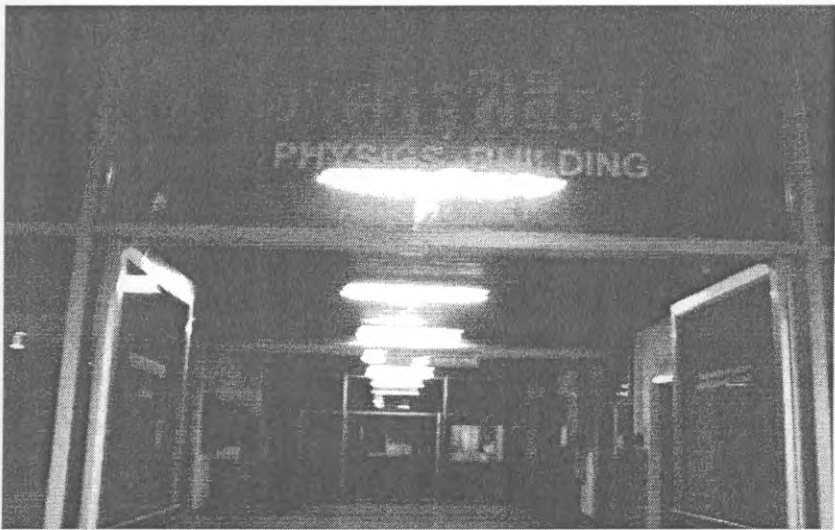
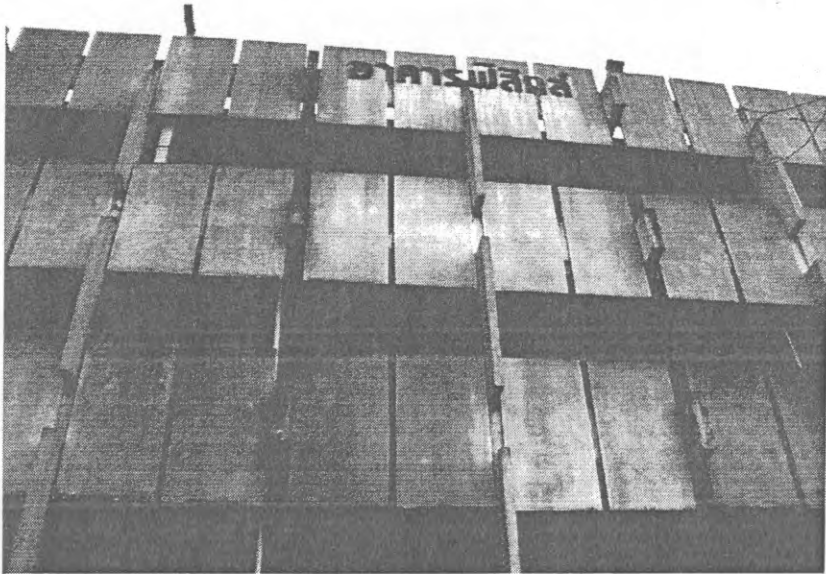
2007 Researcher award from Faculty of Science, Prince of Songkla University, Thailand.

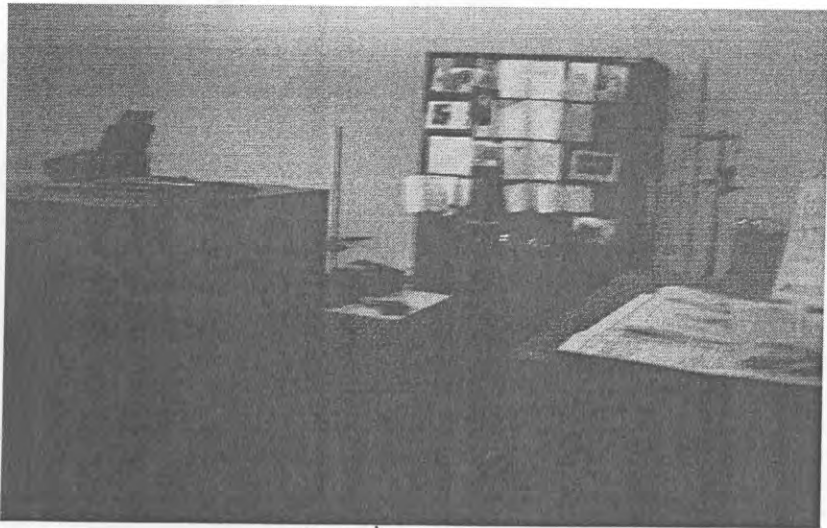
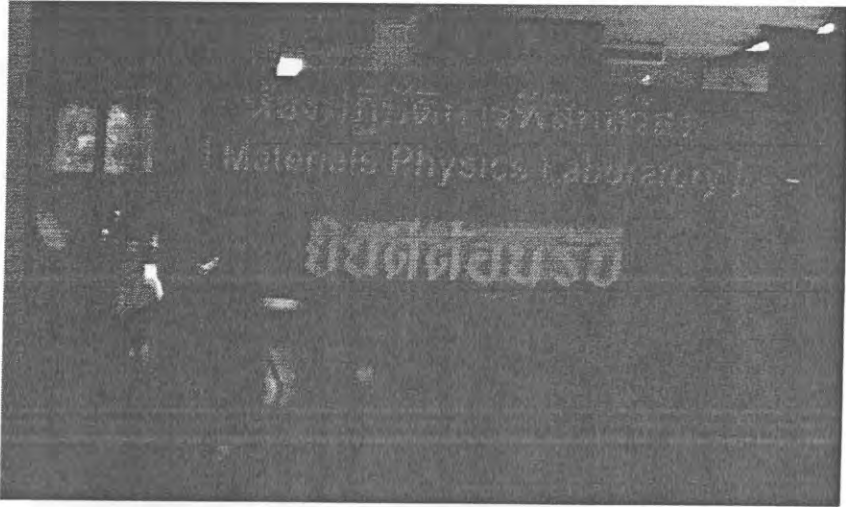
2007 Researcher award from Research and Development Office, Prince of Songkla University, Thailand.

9. งานวิจัยที่กำลังทำ

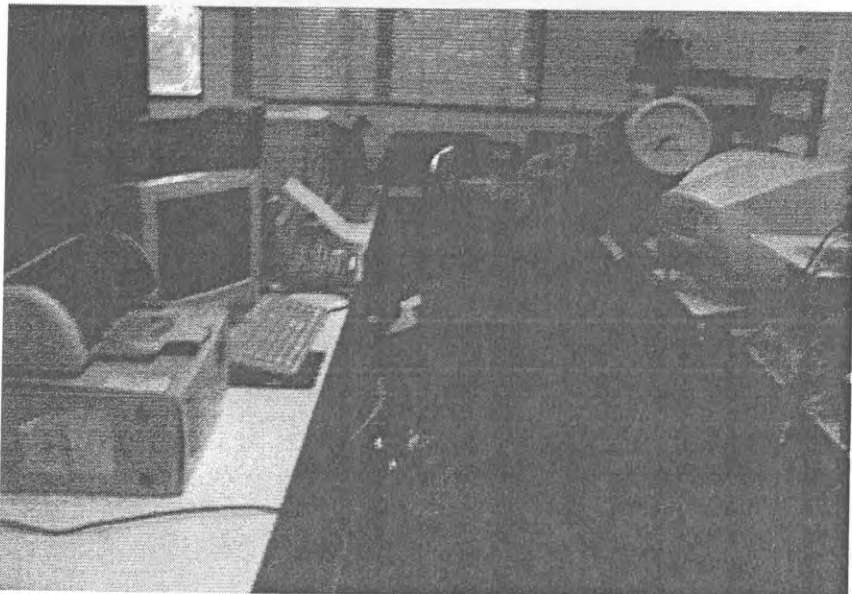
ไม่มี

รูปภาพผลงานประดิษฐ์คิดค้น (ต่อ)





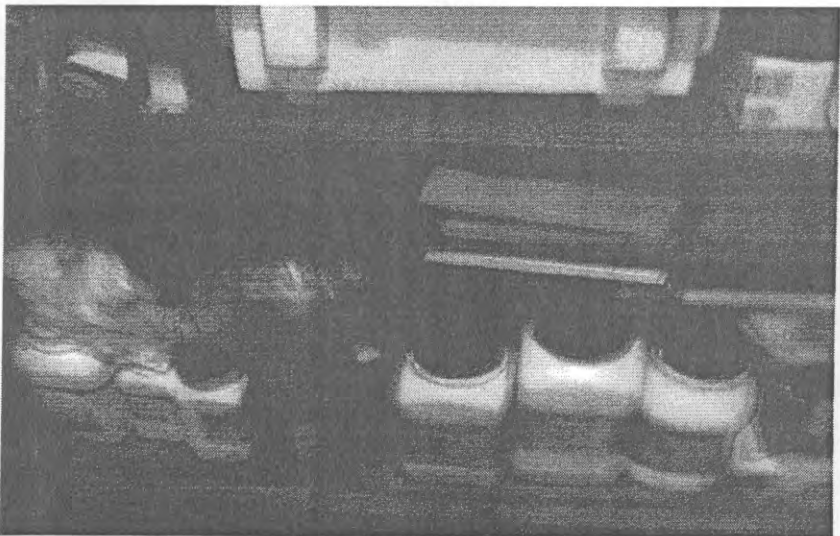
บริเวณที่ทำการทดลอง



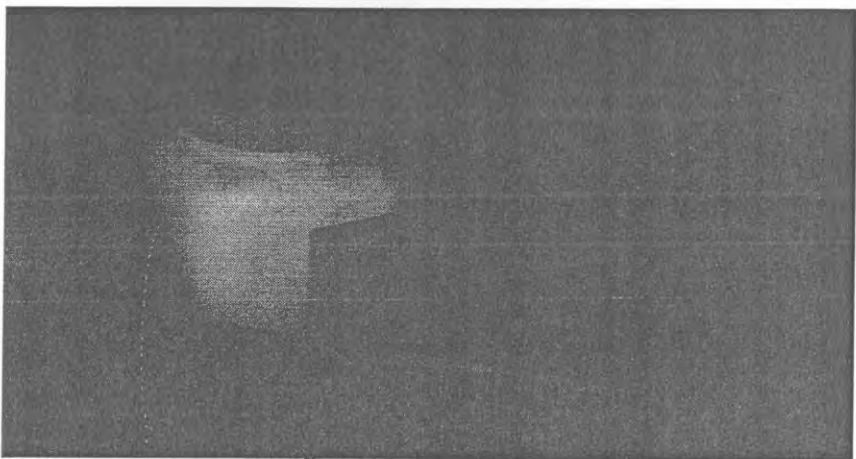
บริเวณที่ทำการทดลอง



บริเวณที่ทำการทดลอง

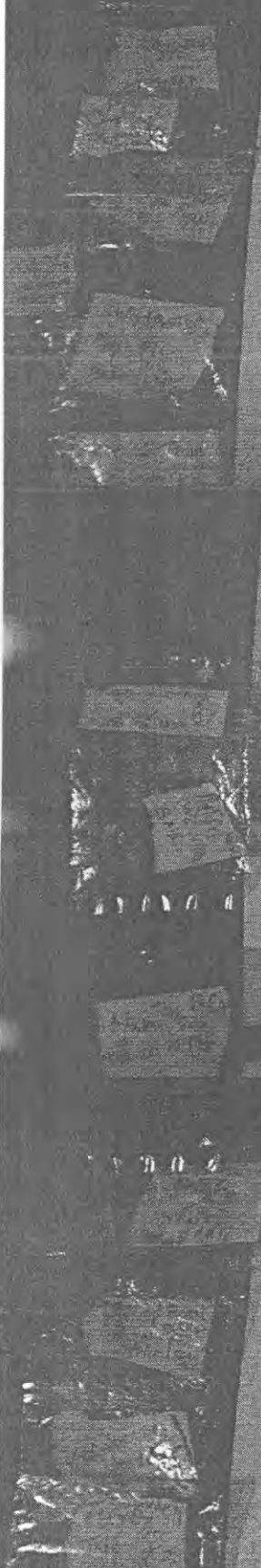


วัสดุตั้งต้นที่ใช้เตรียมสารตัวอย่าง



วัสดุตั้งต้นที่ใช้เตรียมสารตัวอย่าง

พลาสมาพอลิเมอร์บนฟิล์มเคลือบ



NTC ceramics ($\text{NiO}+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$)

Thermoelectric ceramics (LaCoO_3)

Heating ceramics ($\text{ZnO}+0.12\text{TiO}_2$)

Varistor [$\text{Pb}(\text{Ti}_x\text{Cr}_{1-x})\text{O}_3$]

PTC ceramics ($\text{SnO}_2+0.5\text{Cr}_2\text{O}_3$)

Ferroelectric ceramics (BaTiO_3)

Piezoelectric Ceramics (commercial PZT)

Pyroelectric ceramics (commercial PZT)

Ferromagnetic ceramics (CoFe_2O_4)

Ferrimagnetic ceramics ($0.6\text{MnO}_2, 0.4\text{ZnO}(\text{Fe}_2\text{O}_3)$)

Magnetoresistance ceramics (MgFe_2O_4)

Magnetocapacitance ceramics (C101 : 100 pF)

Magnetoimpedance ceramics ($\text{Mn}_{0.6}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$)

Magniferrite ceramics (Gd_2O_3)

Magnetoelastic ceramics (MgFe_2O_4)

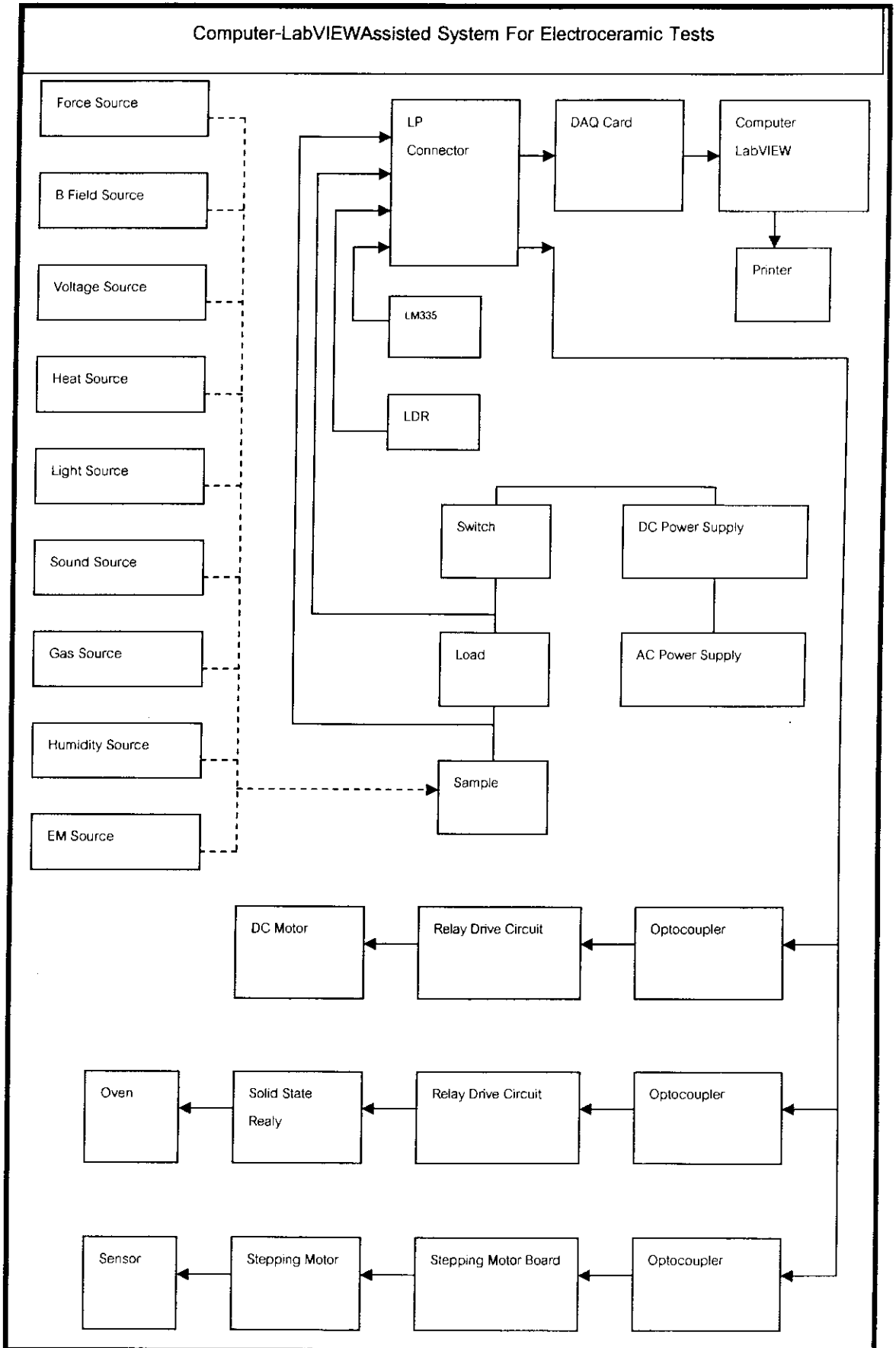
Electromagnetic ceramics ($\text{Mn}_{0.6}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$)

Optical ceramics (ZnO)

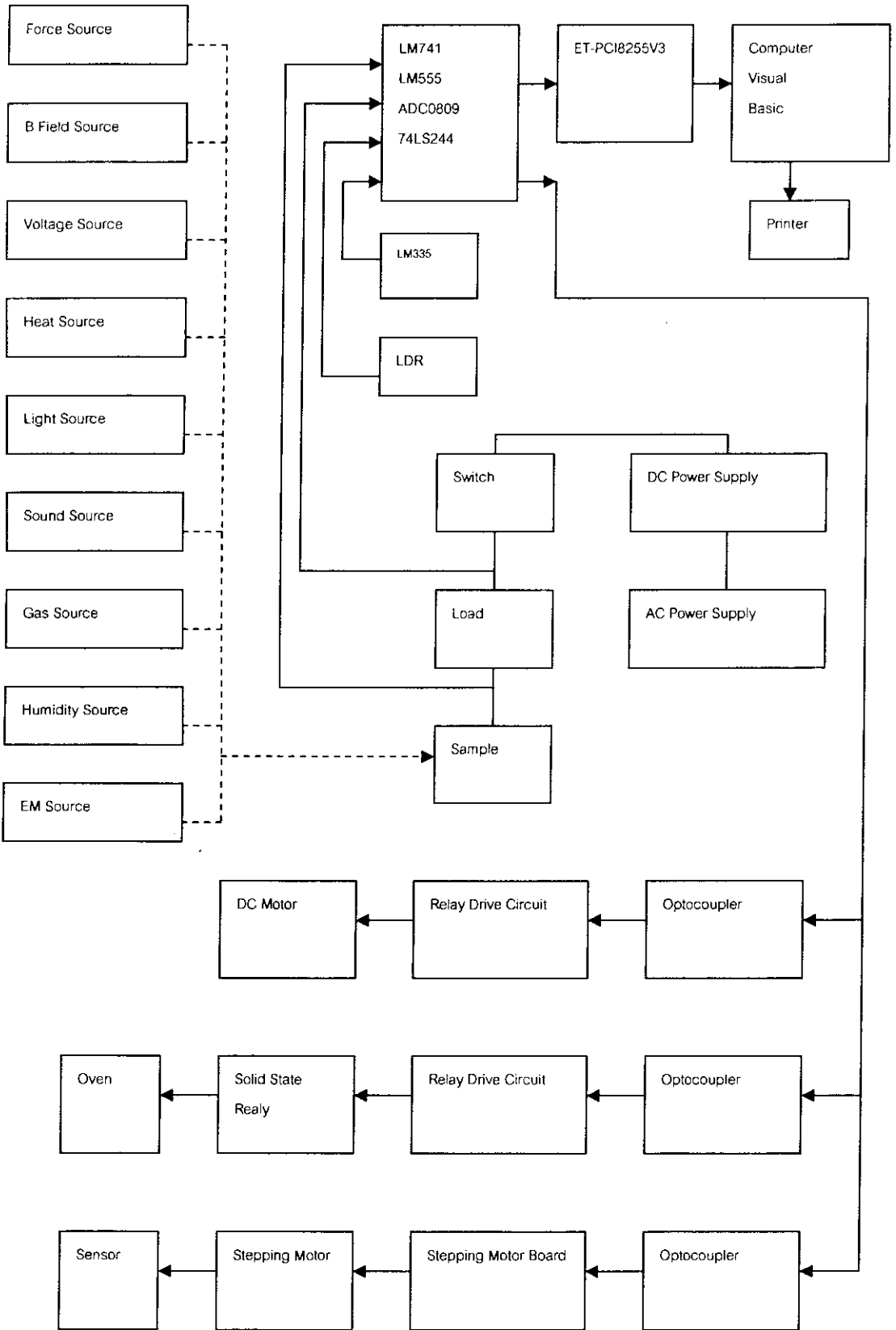
Gas response ceramics ($\text{ZnO}+0.02\text{TiO}_2$)

Humidity response ceramics (PbCrO_3)

Computer-LabVIEW Assisted System For Electroceramic Tests

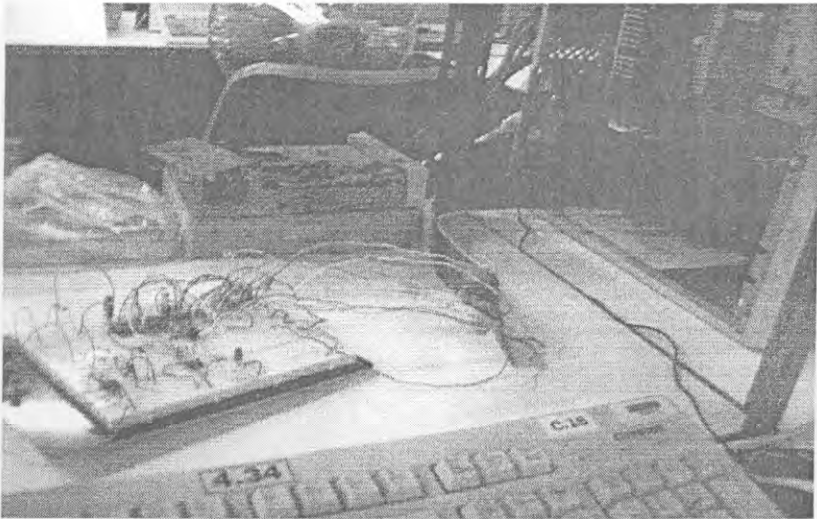


Computer-Visual Basic Assisted System For Electroceramic Tests





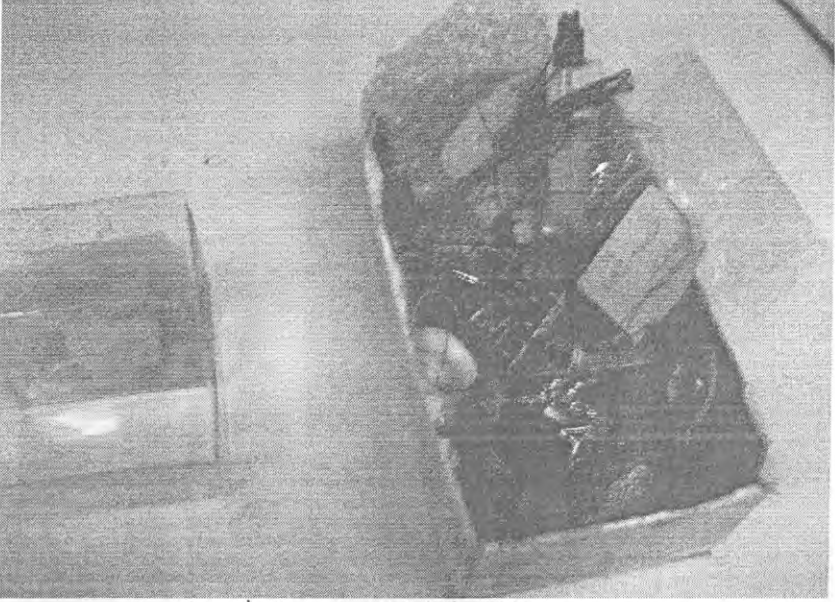
ระบบการวัดที่ใช้แลปวิวเป็นฐาน



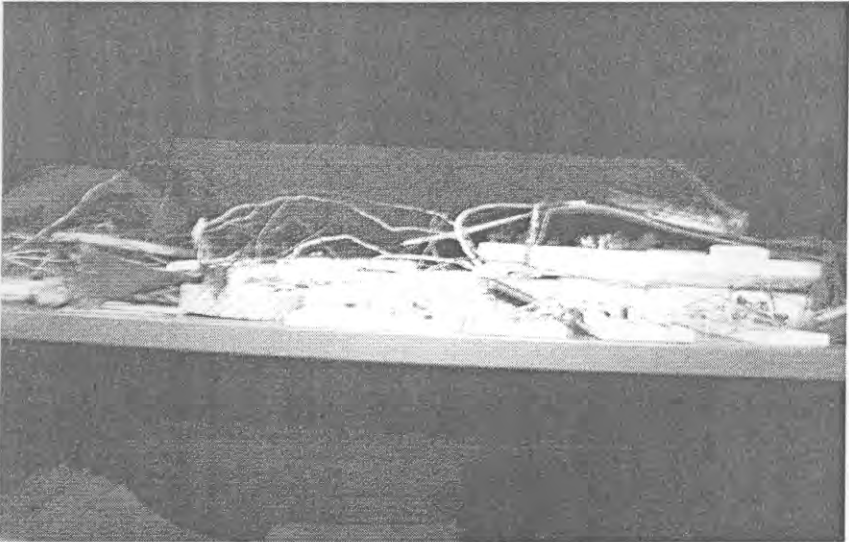
ระบบการวัดที่วิซวลเบสิกเป็นฐาน



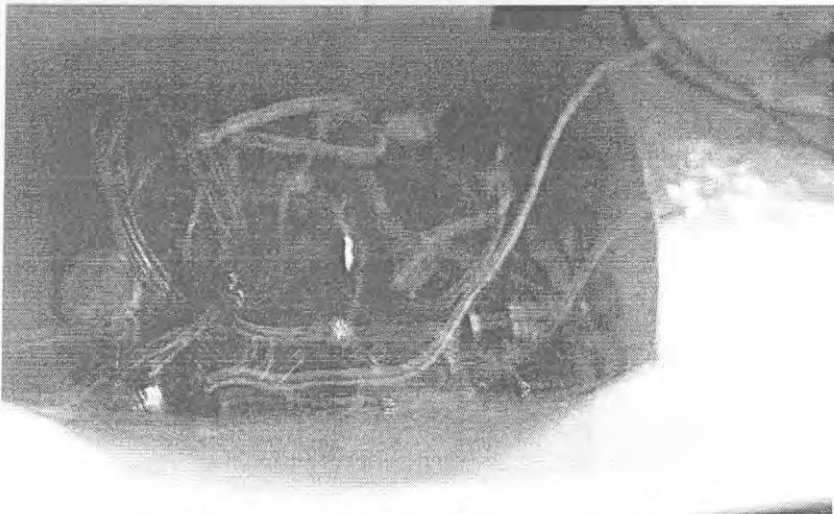
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสำหรับใช้เป็นหัววัดและสารตัวอย่าง



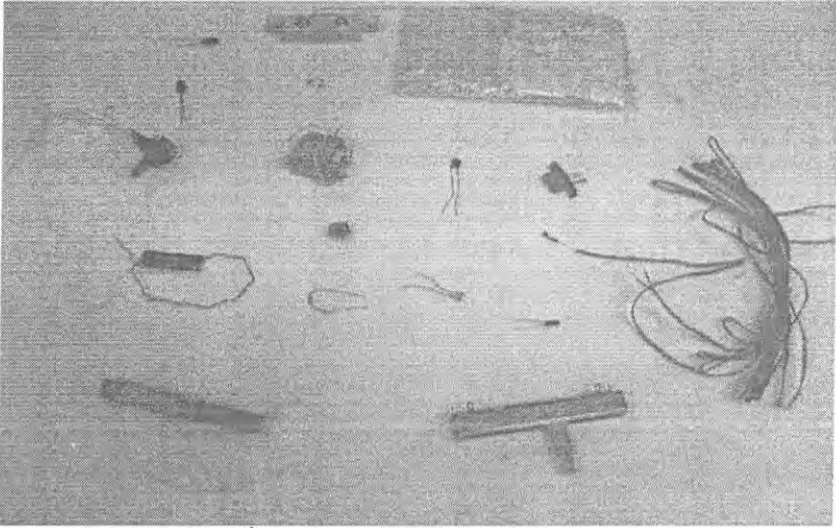
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสำหรับใช้เป็นหัววัดและสารตัวอย่าง



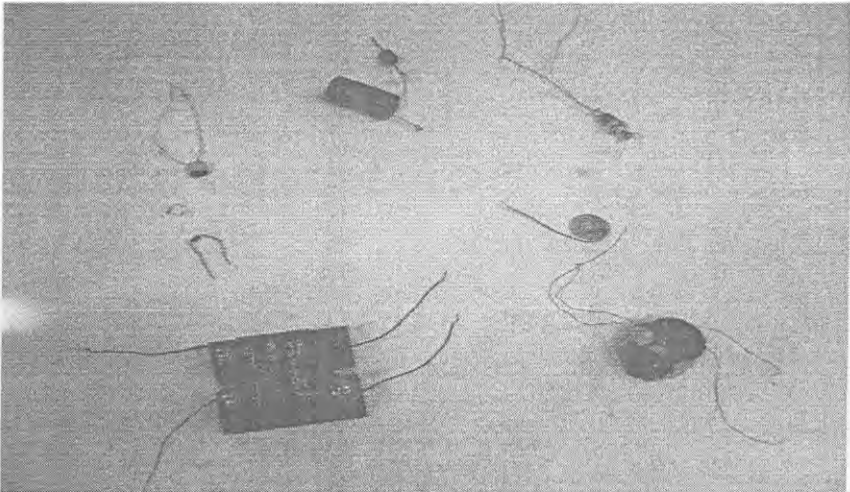
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสำหรับใช้เป็นหัววัดและสารตัวอย่าง



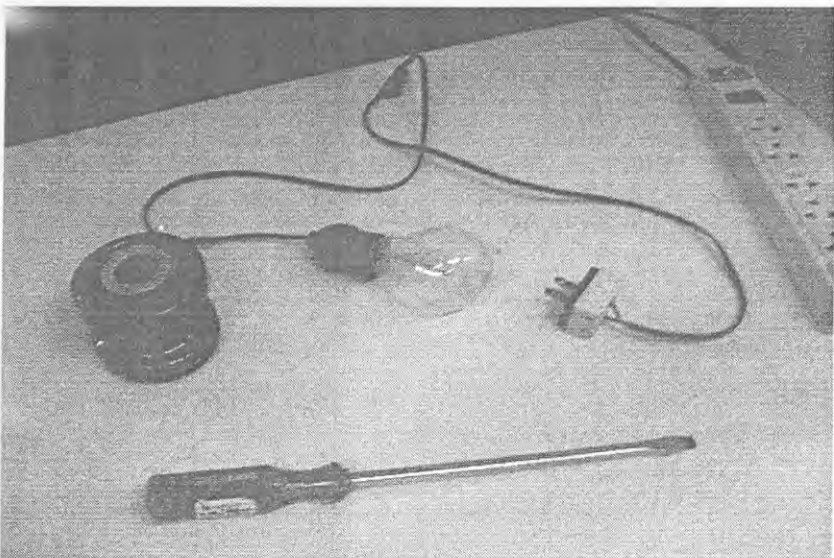
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสำหรับใช้เป็นหัววัดและสารตัวอย่าง



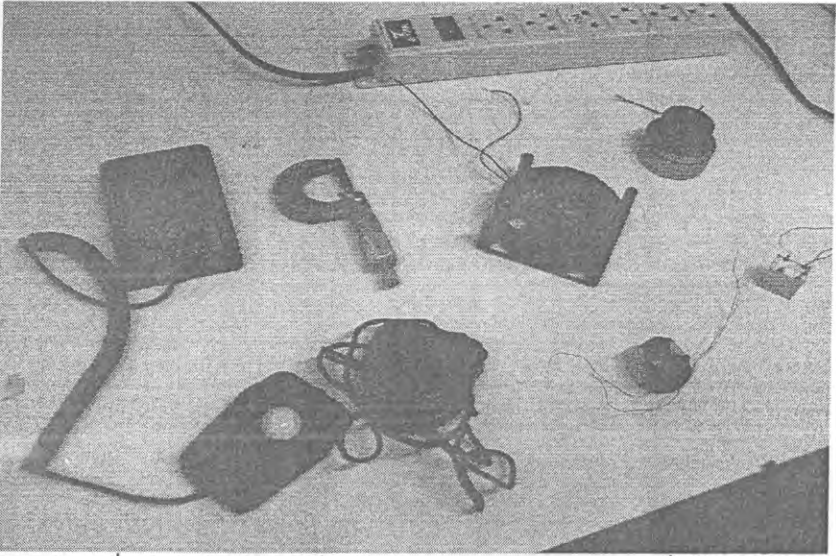
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสำหรับใช้เป็นหัววัดและสารตัวอย่าง



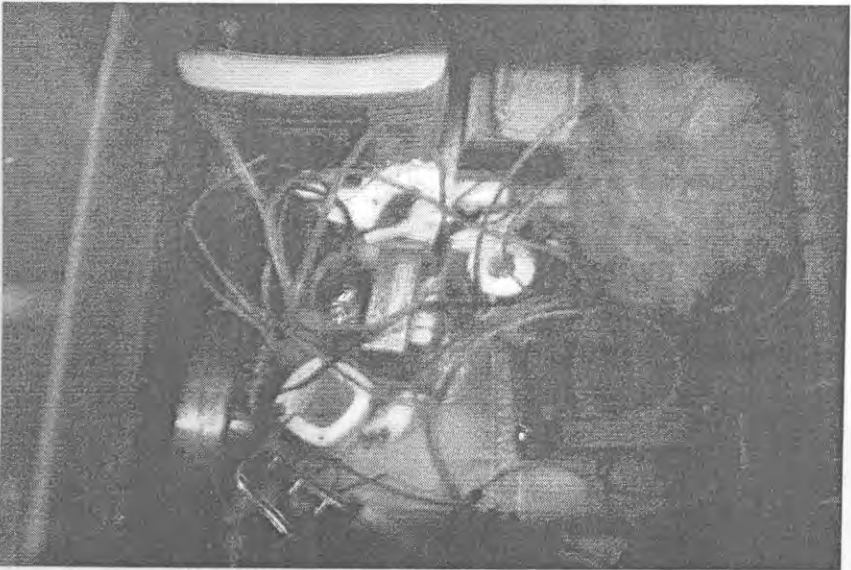
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสำหรับใช้เป็นหัววัดและสารตัวอย่าง



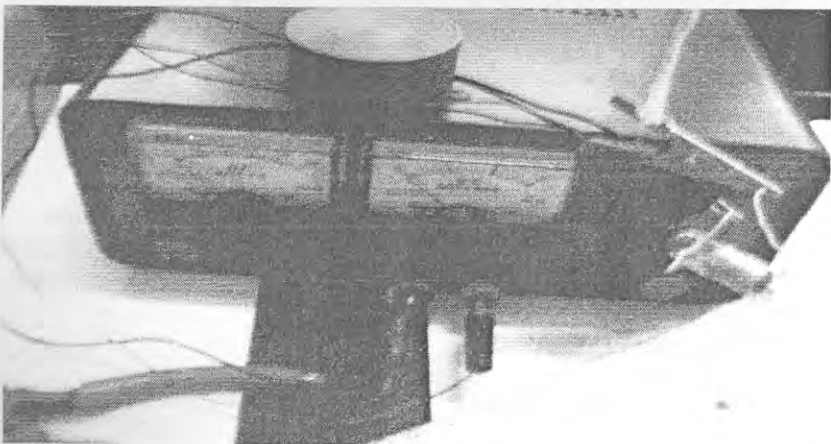
อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้เป็นหัววัดและสารตัวอย่าง



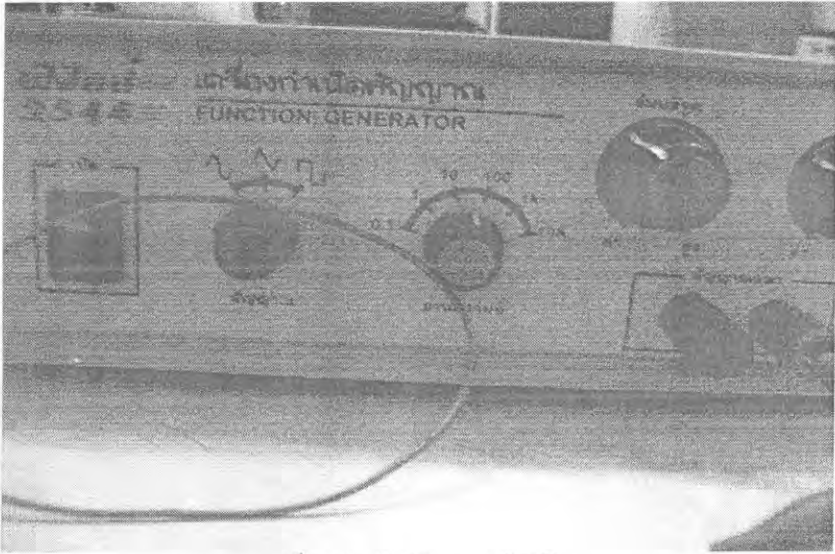
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสำหรับใช้เป็นหัววัดและสารตัวอย่างและเครื่องมือปรับเทียบ



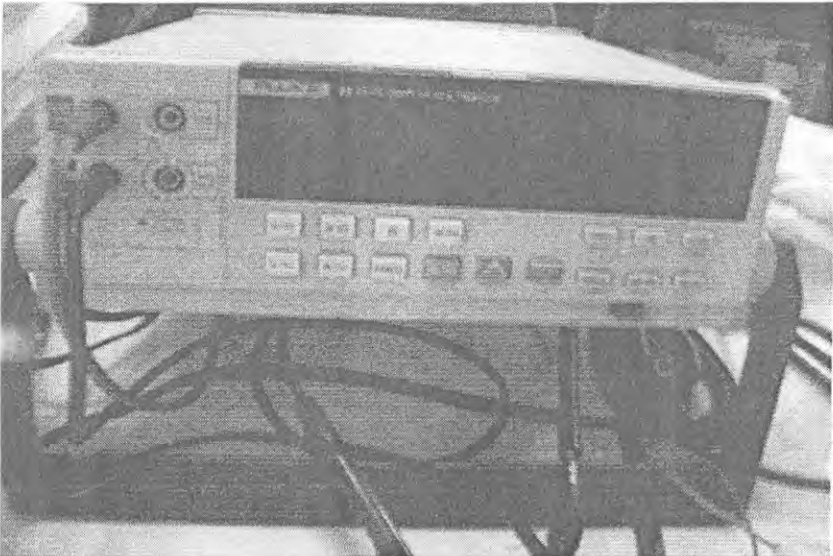
อุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับใช้เป็นหัววัดและสารตัวอย่าง



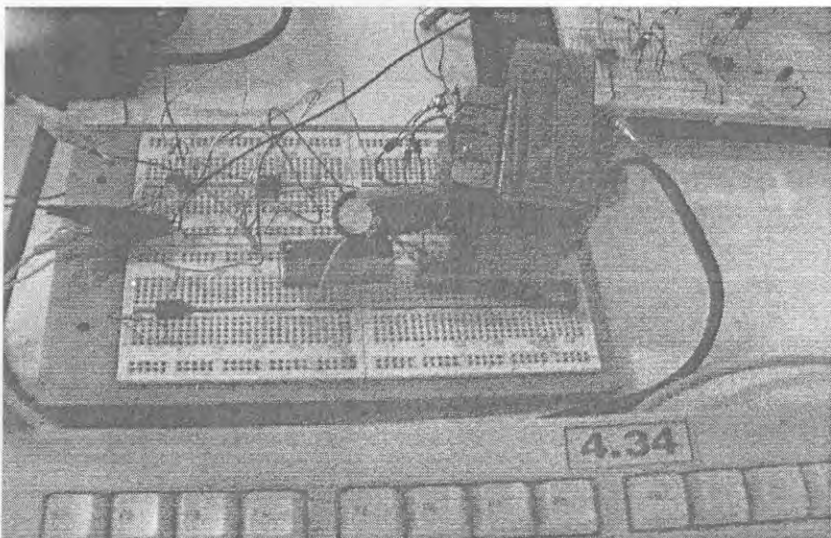
แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง



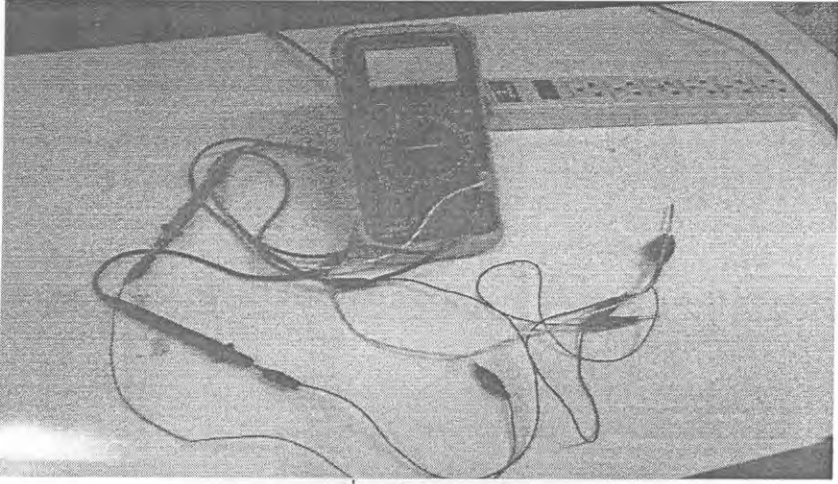
เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า



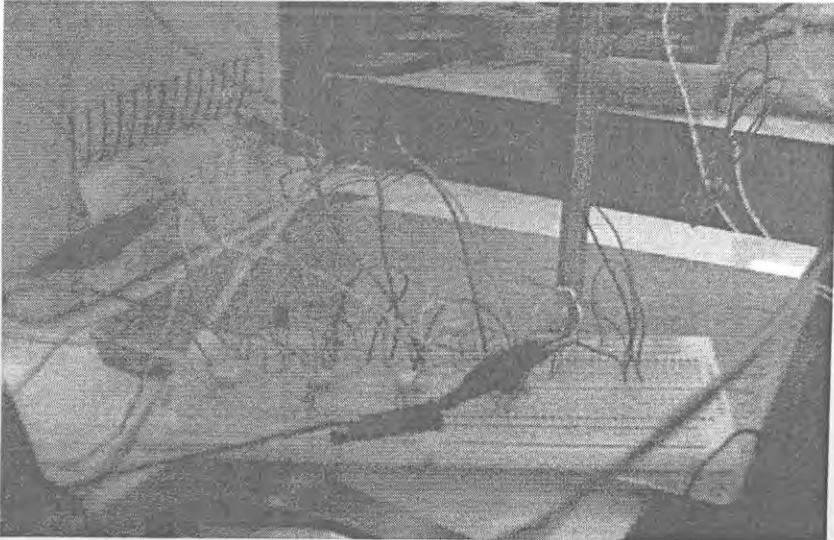
มัลติมิเตอร์



วงจรรขยายสัญญาณไฟฟ้า



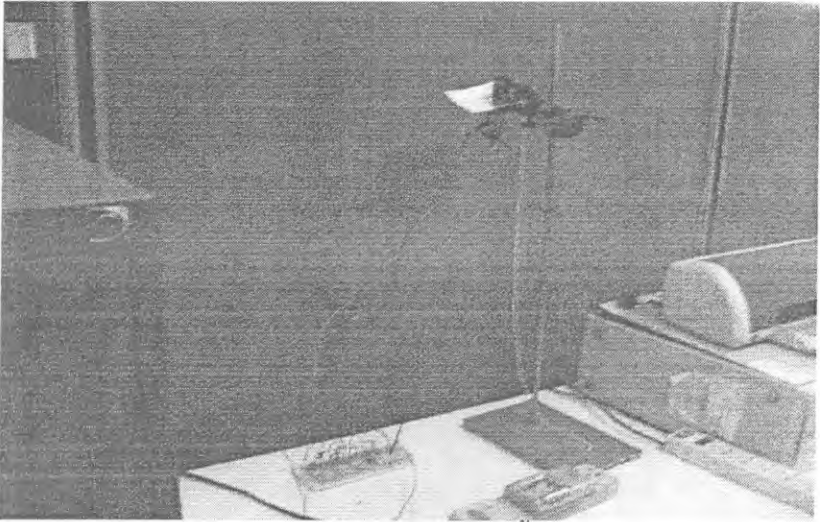
เครื่องวัดอุณหภูมิ



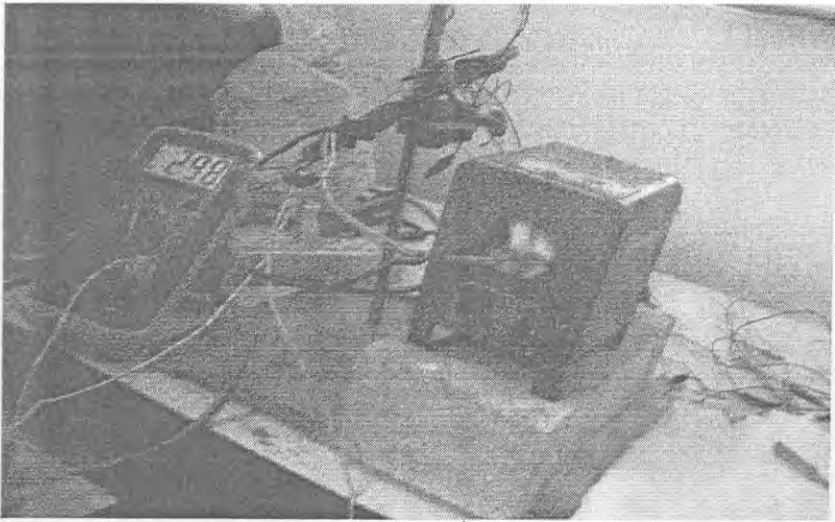
วงจรอปโตคอปเปลอร์



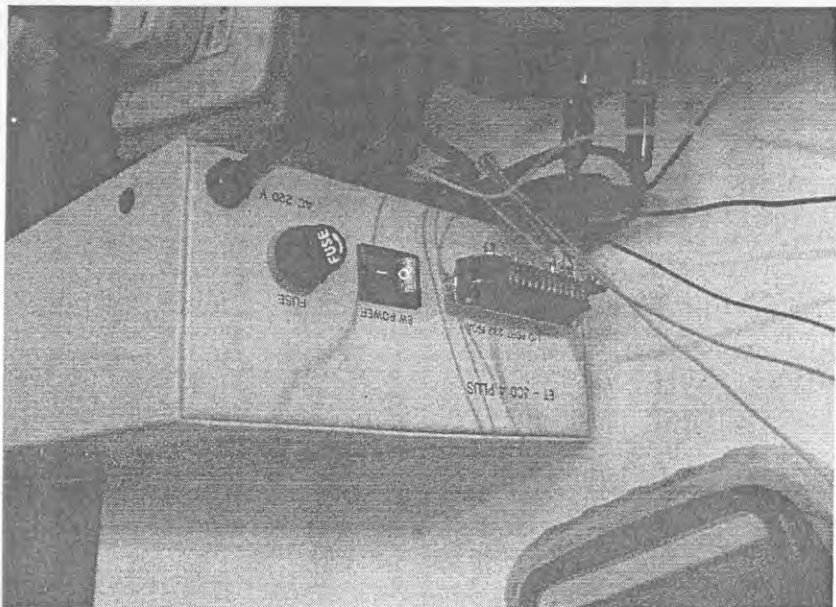
บอร์ดมอเตอร์สเต็ปิ่งและมอเตอร์สเต็ปิ่ง



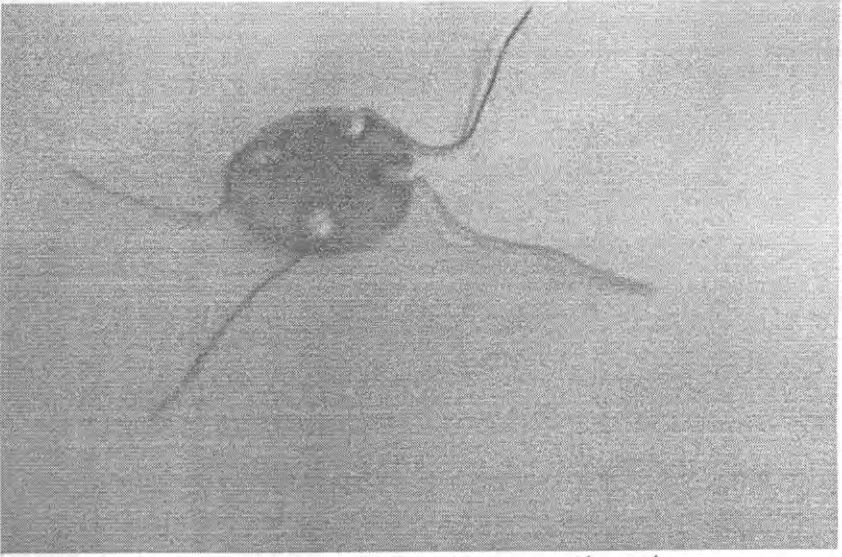
วงจรับมอดเตอร์สเตรปป์ง



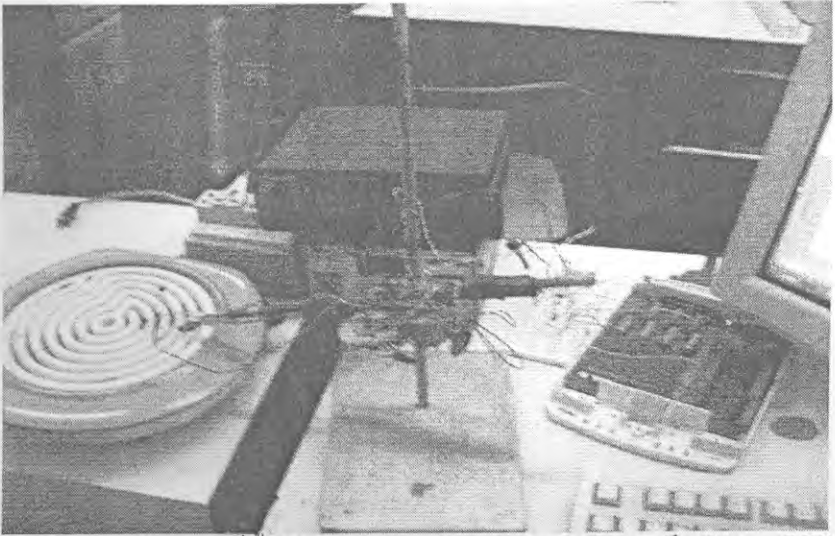
เตาหลอมไฟฟ้าและเครื่องวัดอุณหภูมิ



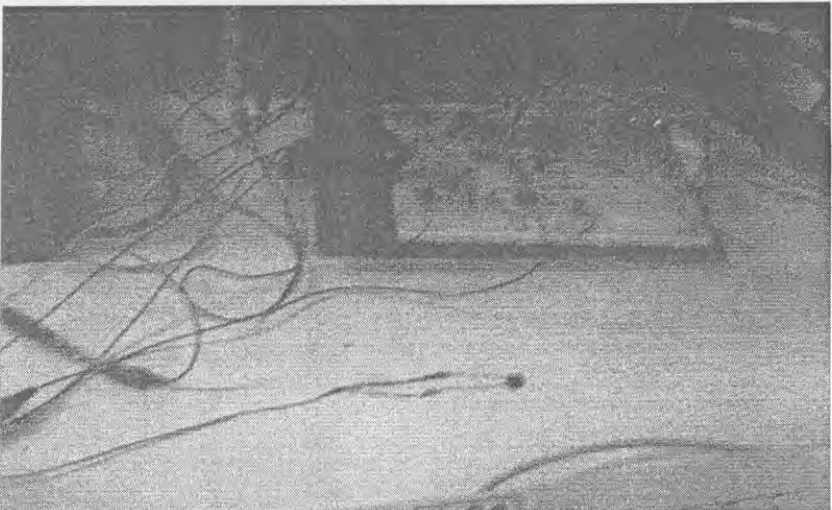
เครื่องนับ



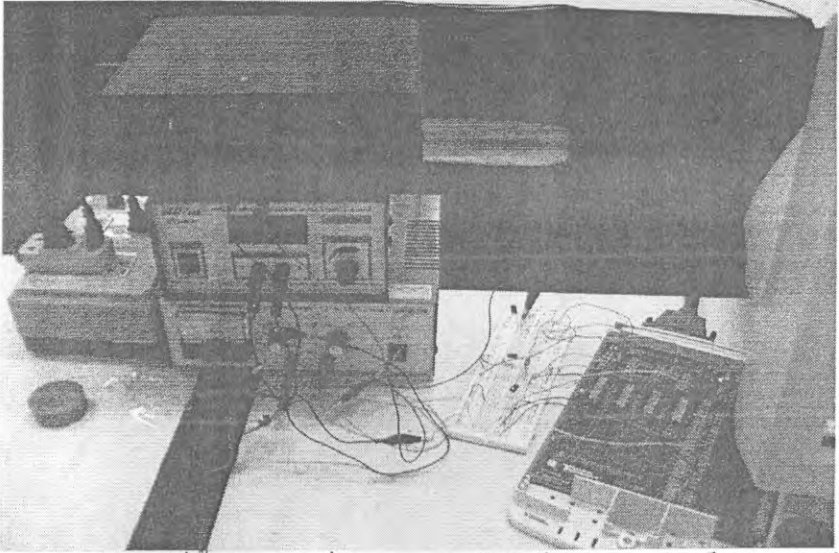
สาร ZnO สำหรับทดลองปรากฏการณ์ฮอลล์



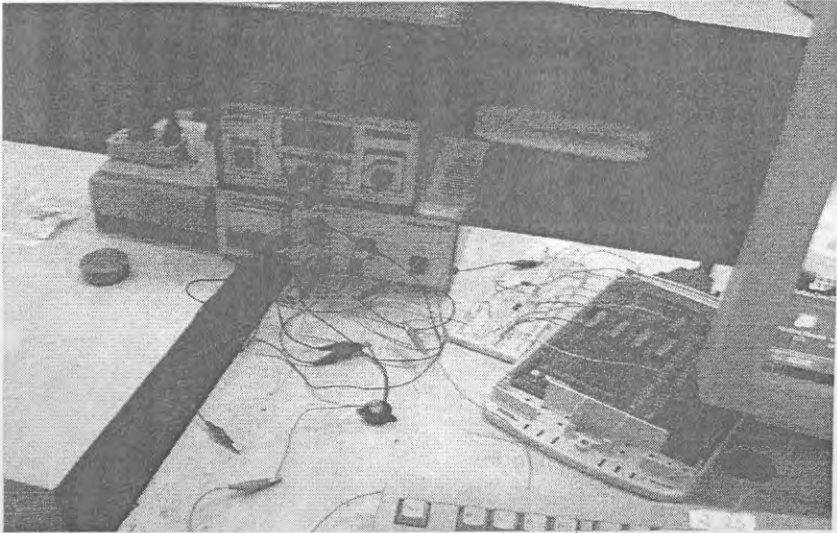
การวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์แบบเอ็นทีซีและพีทีซี



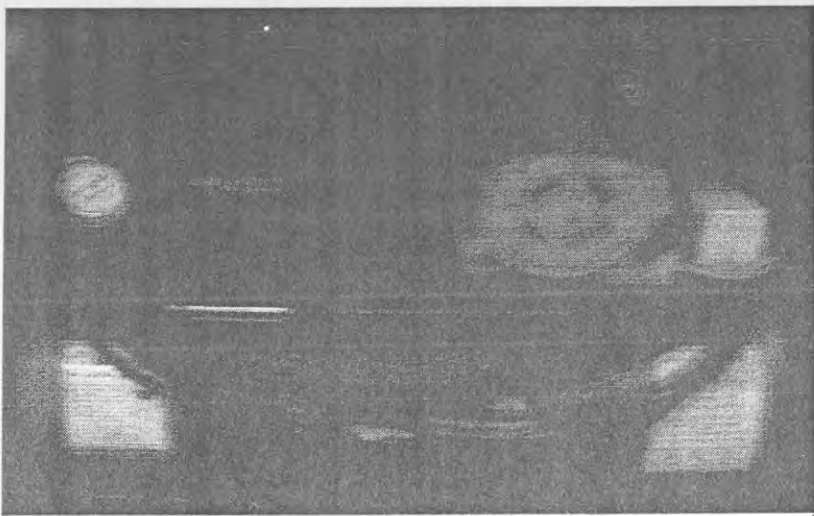
การทดสอบการไหลของอากาศด้วยเทอร์มิสเตอร์แบบพีทีซี



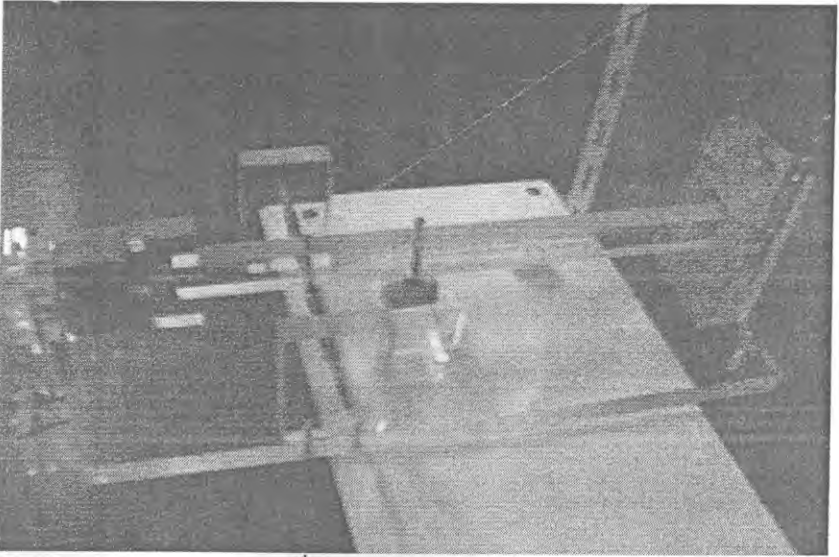
การวัดอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่ของสารเฟอร์โรอิเล็กทริกและตัวเก็บประจุไฟฟ้า



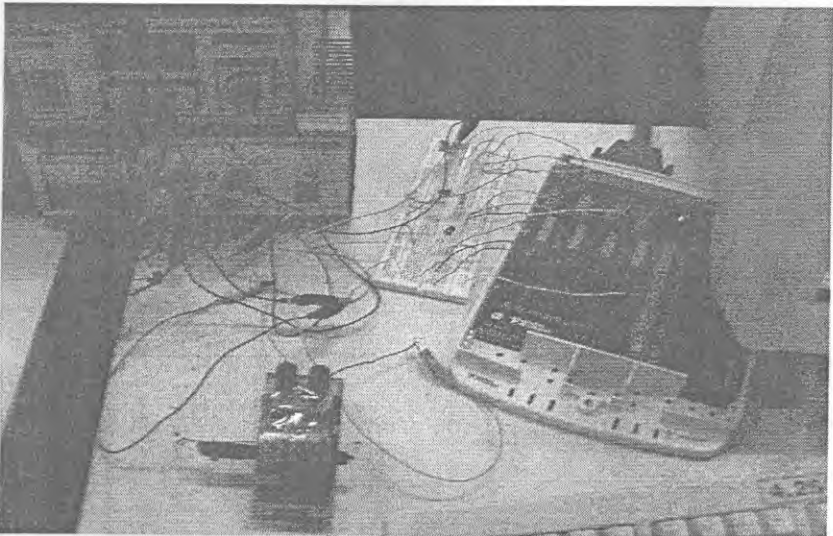
การทดสอบการทำงานของลำโพงและไมโครโฟนที่เป็นอุปกรณ์พีแชนด์ที่



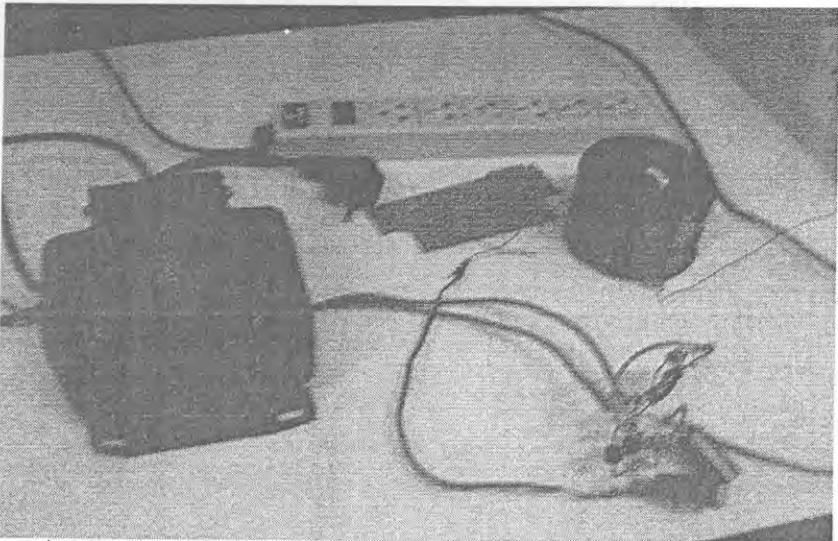
เครื่องอัดอากาศสำหรับการทดสอบอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดการสั่นและหัววัดความดัน



เครื่องทดสอบแผ่นดินไหว



การวัดอิมพีแดนซ์ที่ขึ้นกับความถี่ของสารแม่เหล็กเฟอร์รี



อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบวงจรสำหรับสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูงเพื่อทดสอบปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ แมกนีโตอิมพีแดนซ์และแมกนีโตอิเล็กทรอนิกส์



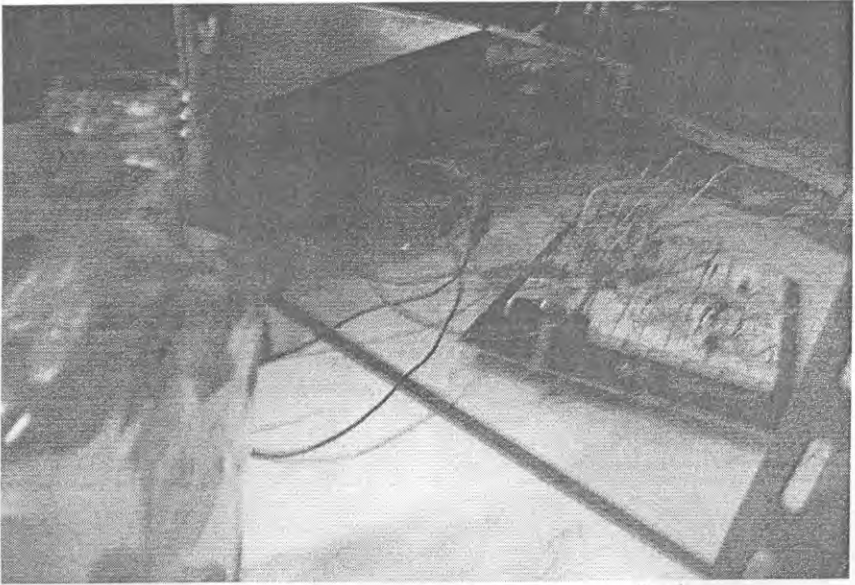
การทดสอบการตอบสนองต่อแสงของเซรามิกส์



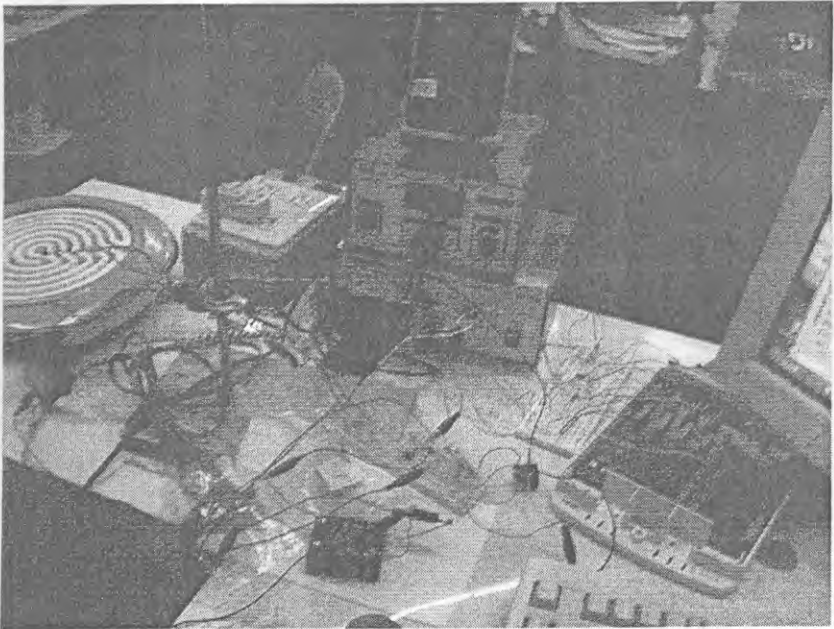
ขวดบรรจุก๊าซแอมโมเนีย อะซีโตน เมทานอล แอลกอฮอล์หงส์ทอง เอทิลแอลกอฮอล์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์



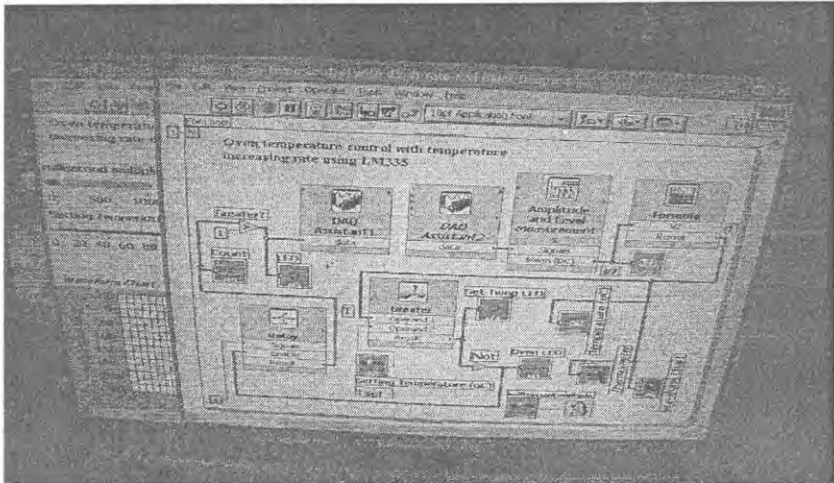
การทดสอบการตอบสนองต่อก๊าซของเซรามิกส์



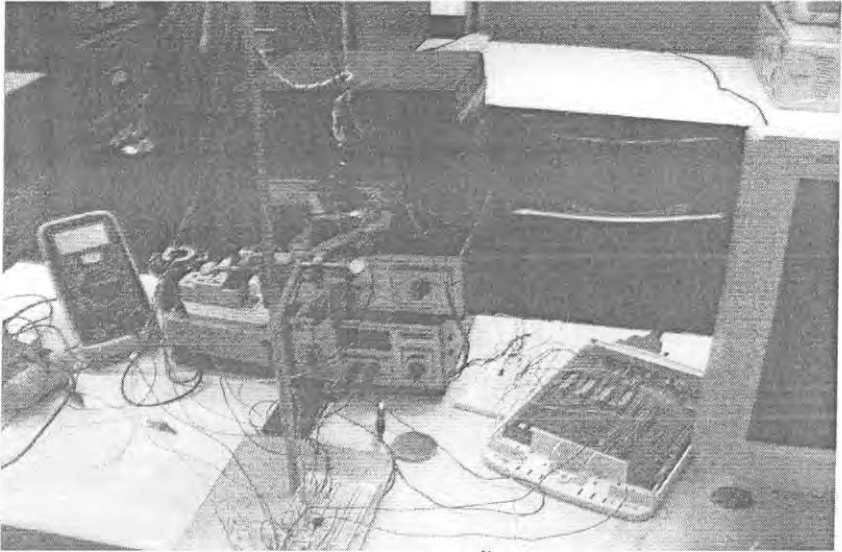
การทดสอบการตอบสนองต่อแสงของเซรามิกส์



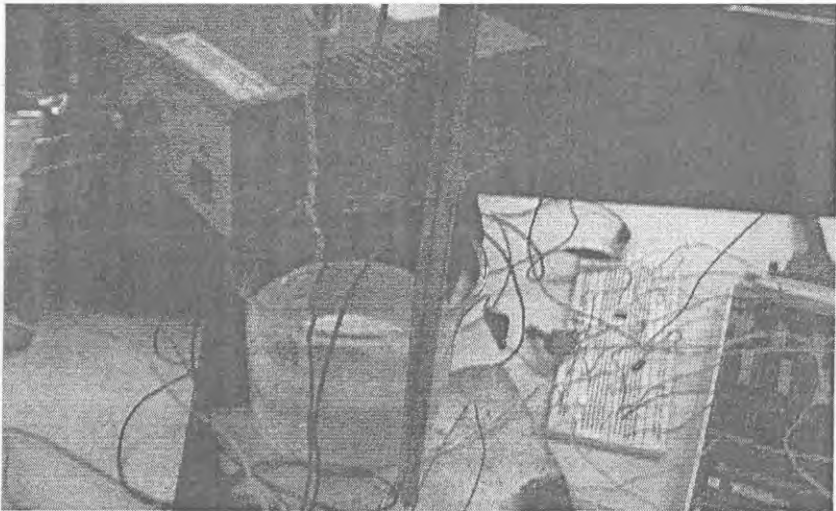
การวัดและควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าที่ใช้ LM335 เป็นหัววัดและแลปวิว



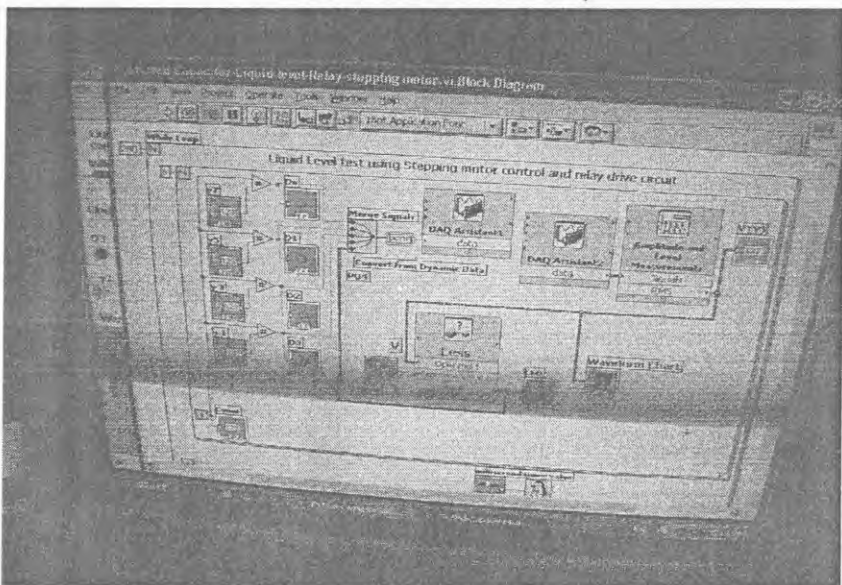
ภาพบนจอคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวกับการวัดและควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอม



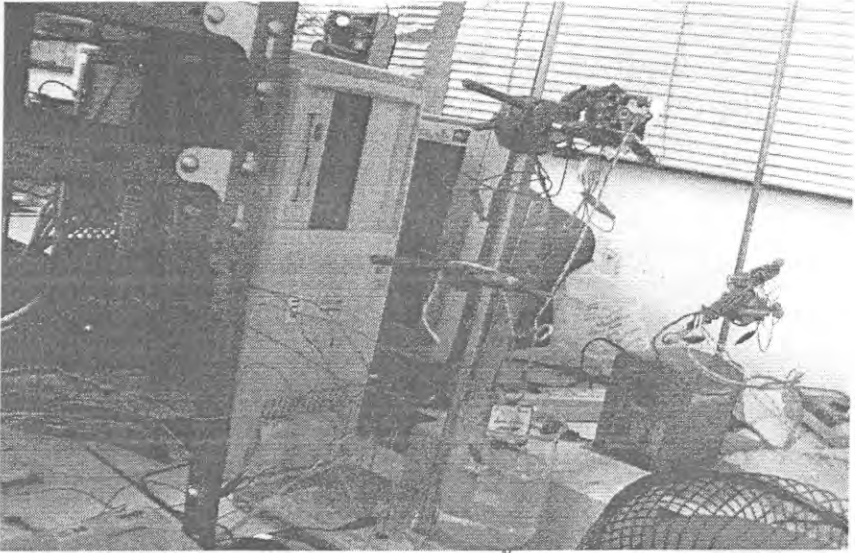
การทดสอบพรอกซิมิตีเห็นยวนำ



การทดสอบพรอกซิมิตีความจุ



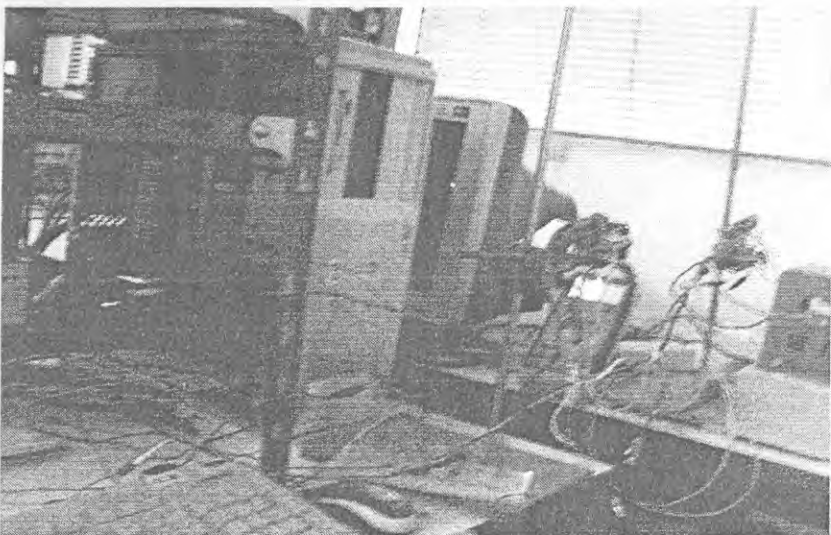
ภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวกับการทดสอบพรอกซิมิตีความจุ



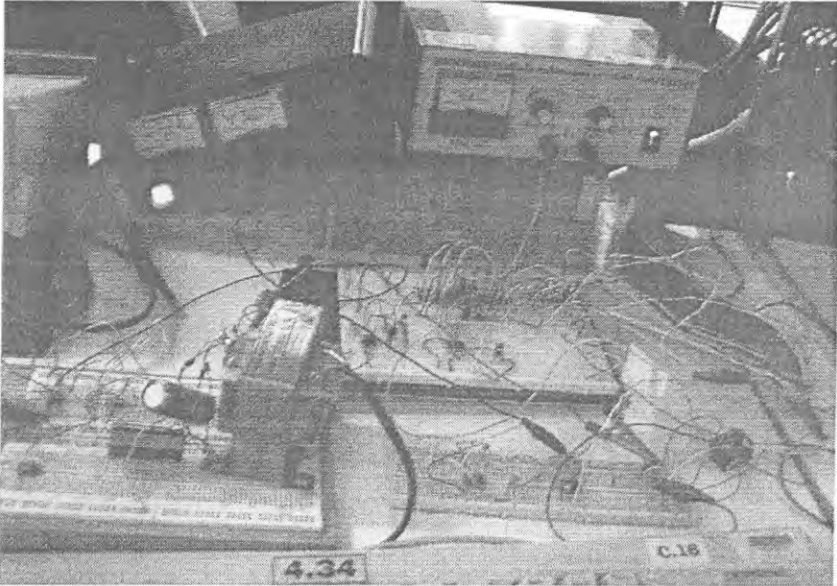
การทดสอบพอร์ทซีมีตีความจุ



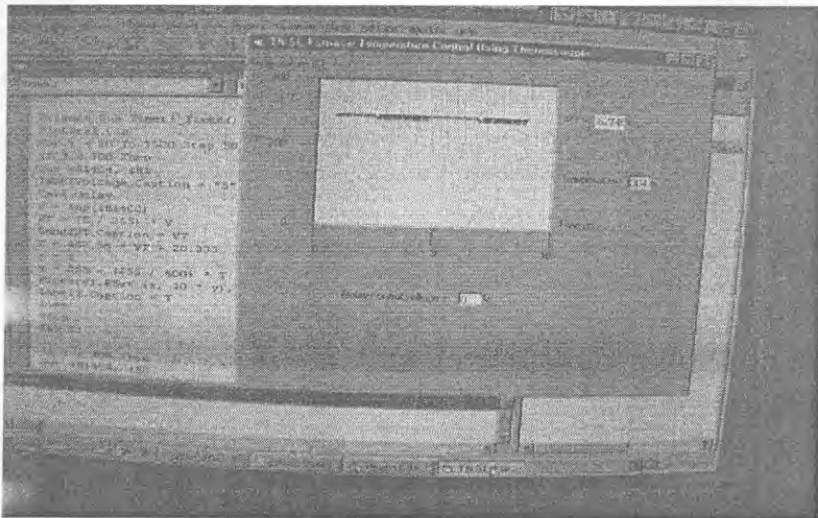
การควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้า



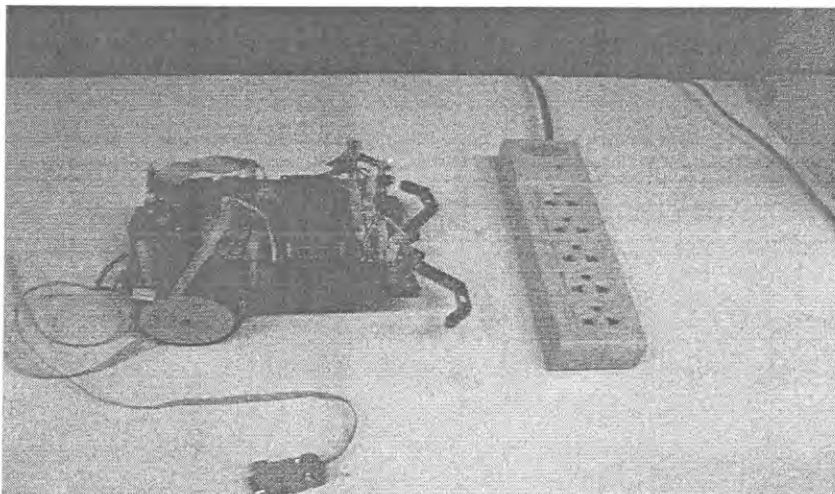
การวัดและควบคุมอุณหภูมิของเตาหลอมไฟฟ้าที่ใช้เทอร์โมคอปเปิลเป็นหัววัดและวิซวลเบสิก



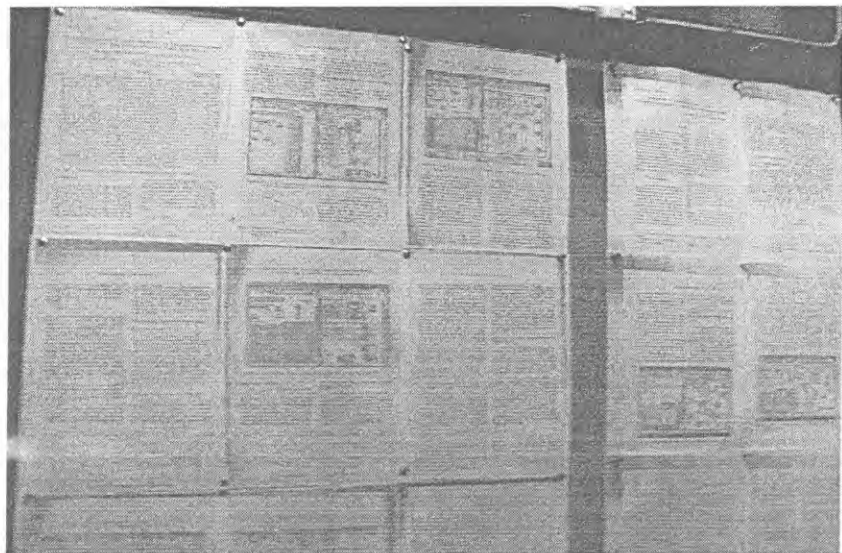
วงจรขยายแรงดันไฟฟ้า แผงวงจรเชื่อมต่อและวงจรขั้วรีเลย์สำหรับการวัดและควบคุมเตาหลอมไฟฟ้า



ภาพบนจอคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวกับการวัดและควบคุมเตาหลอมไฟฟ้า



หุ่นยนต์สำหรับใช้ในการทดสอบการตอบสนองต่อแสงของแอลดีอาร์โดยมีการใช้วิชวลเบสิก



ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ซึ่งติดอยู่ที่บอร์ดห้อง P203 ดิกพิลิกส์

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

Thongchai Panmatarith and Kingkan Poathong, Demonstration of the NTC ceramic application for temperature measurement and control using the LabVIEW-based measurement system, Journal of Metals, Materials and Minerals, Vol. 18 No. 2 2008.

Thongchai Panmatarith and Sudarat Innoi, Demonstration for magnetoresistance and magnetoimpedance effect using Visual Basic program-based measurement system, Ramkhamhaeng Research Journal, Vol. 11 No. 2 2008.

Thongchai Panmatarith and Kingkan Poathong, Demonstration of a gas-sensing application for a gas switch device using the LabVIEW-based measurement system, KASETSART JOURNAL : NATURAL SCIENCE, Vol. 43 No. 1, 2009.

Thongchai Panmatarith and Kingkan Poathong, A demonstration of the UV light response of $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ ceramics and application for UV light sensor and UV light switch using LabVIEW-based measurement system, Naresuan University Science Journal, Vol. 5 No. 2009.

ผลงานประดิษฐ์คิดค้นเพื่อขอรับรางวัลผลงานประดิษฐ์คิดค้นประจำปี 2553 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ใบนำเสนอเอกสารและสิ่งของในการเสนอผลงานประดิษฐ์คิดค้น
เพื่อขอรับรางวัลผลงานประดิษฐ์คิดค้น

ชื่อผลงานประดิษฐ์คิดค้น สื่อการเรียนการสอนเกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือและวิธีการวัดสำหรับฟิสิกส์วัสดุ
โดยใช้แลปวิวและวิซวลเบสิก
(Learning-teaching media of instrument constructions and measurement
methods for material physics using LabVIEW and Visual Basic)

ลายมือชื่อผู้ส่งเอกสาร.....

(รศ. ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์)

วันที่ 23 เดือน เมษายน พ.ศ. 2552

Demonstration of the NTC Ceramic Application for Temperature Measurement and Control Using the LabVIEW-Based Measurement System

Thongchai PANMATARITH^{1*} and Kingkan POATONG²

¹ Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University,
Hat Yai, 90112 Thailand

Received June. 6, 2008

Accepted Oct. 1, 2008

Abstract

In the present paper, ZnO+0.01SnO₂ ceramics were prepared using a standard ceramic method. We present the NTC ceramic application for temperature measurement and control using the LabVIEW-based measurement system. The measured resistance of the sample at room temperature was about 6.5 kΩ. The electrical resistance versus temperature of the sample was measured. The negative temperature coefficient of resistance of the sample was -1.018 %/°C. This sample showed NTC effect and exhibited NTC resistor, indicating their potential application as temperature sensor with low cost. It can be used as temperature sensor by using the NTC effect. The measured temperature (T) varies with voltage drop across the sample (Vs), as shown in the eqⁿ, $T = -6.125V_s^2 - 29.336V_s + 109$. The self-heating of the sensor was negligible. The sensitivity of temperature measurement provides 3°C resolution. The experimental setup and technical aspects for oven temperature control system was presented. The apparatus described here was suitable for controlling oven in constant temperature room and operated on the principle of supplying a constant input energy that was maintained by alternately raising and lowering the input voltage between two limits. This apparatus was simple, easily obtained, and allowed of temperature control within very close limits. The aim of this paper was to introduce a system developed for measuring sample resistance versus temperature using a procedure based on virtual instrumentation. The measurements and processing of the data were made using LP connector, a DAQ data acquisition card, computer and LabVIEW program. The system was able to store and display the data. This prepared system can, in addition, be used for oven temperature control testing. ZnO+0.01SnO₂ sample can be used as temperature measurement and control sensor. LM335 was used for calibration for measure temperature using ZnO+0.01SnO₂ sample. The operation of this sample for temperature control will use the comparison result between the measured temperature (T) and setpoint temperature (Tset). This result will control the operation of relay and solid state relay. The input power to the electric oven was controlled by solid state relay and using LabVIEW program. So, the oven temperature control system using ZnO+0.01SnO₂ temperature sensor and LabVIEW-based measurement system was successfully constructed and tested. This system can be used in the temperature range of 30°C to 100°C. The system has been put into operation this year and all its units have functioned well.

Key words : temperature sensor , temperature measurement and control sensor , LabVIEW

Introduction

Some properties of matter are strongly temperature dependent so that, if properly exploited, they may be successfully used for temperature measurements and controls.⁽⁵⁾ Resistance changes with temperature of some ceramics were already used for temperature controls, and devices using such magnetic sensors were reported in the past. The interest for temperature sensors is due to their high rate of

change of resistivity with temperature. Negative temperature coefficient (NTC) thermistors are semiconducting ceramics. Resistance R measured at room temperature provides the resistivity $\rho = RA/L$ with A the metallized surface and L the thickness when components have a cylindrical disc shape. Their resistivity varies exponentially with temperature, as shown in the following Arrhenius equation:

$$\rho = \rho_0 \exp(B/T) \quad (1)$$

*Assoc. Prof. Physics student : Master degree, Materials Physics Laboratory,
E-mail : Tongchai.p@psu.ac.th

Demonstration of the NTC Ceramic Application for Temperature Measurement and Control Using the LabVIEW-Based Measurement System

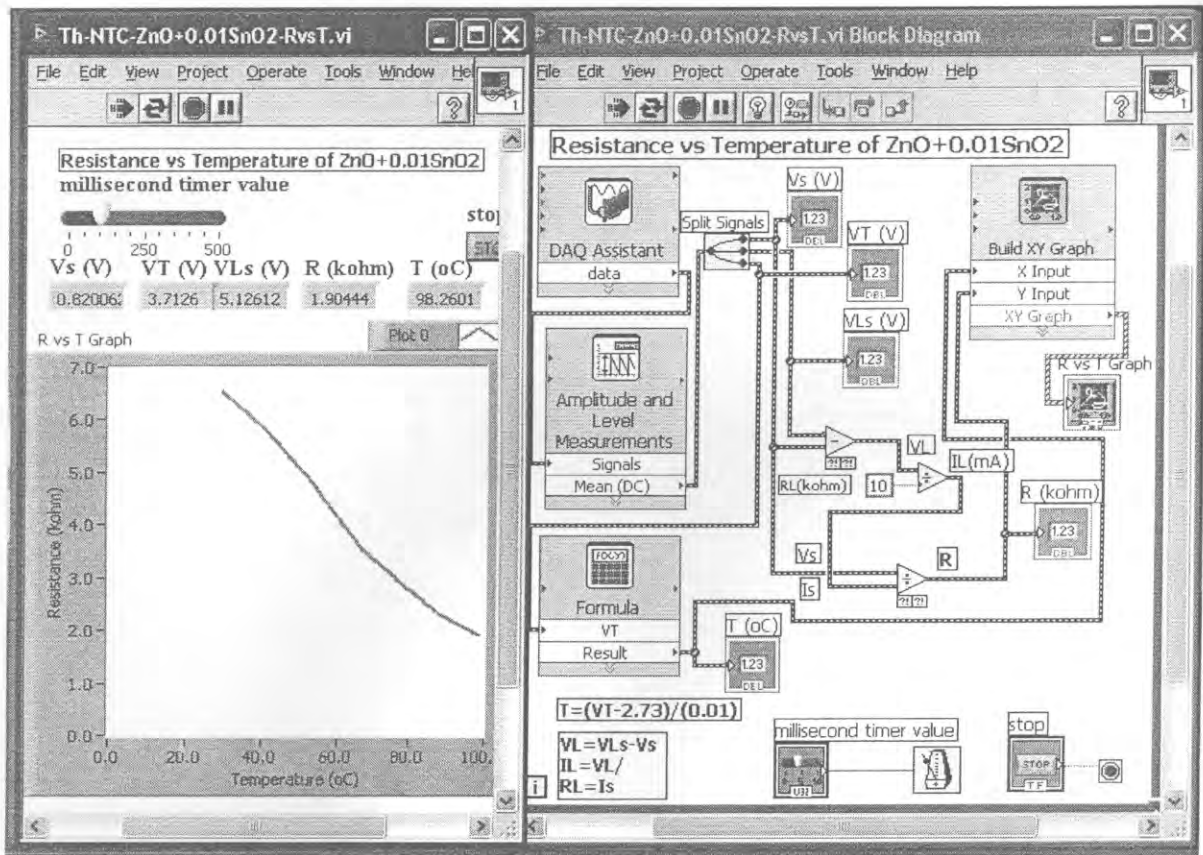


Figure 2. Front Panel and Block Diagram for resistance vs temperature of NTC sample with LabVIEW.

was 10 k Ω . Heat source was an electric oven. The equipment was developed using LP connector, a DAQ data acquisition card, computer and LabVIEW program commercially supplied by National Instruments Corporation (<http://www.ni.com>). When the program started, the main menu of the LabVIEW came to screen. Users were expected to create the Front Panel and Block Diagram and set the properties of virtual devices and virtual instruments. The principle of operation was an electronic load connected in series with the sample as voltage divider. This load resistor-ceramic sample voltage divider was used to supply voltage as input to the LP connector and DAQ card. This card was used to capture the V_s and V_{Ls} signals generated in this voltage divider. Current from 5 V dc power supply flowed through a load resistor (R_L) of 10 k Ω and sample resistance (R_s). Voltage drop across R_s and R_L+R_s were V_s and V_{Ls} . Voltage (V_T) was generated using temperature sensor (LM335) for sample temperature measuring. Voltage V_s , V_{Ls} and V_T were transmitted to AI0,

AI1 and AI2 of LP connector, DAQ Card, PCI slot and computer, respectively. DAQ Assistant worked by receiving voltage V_s , V_{Ls} and V_T from LP connector and transmitted through DAQ Card into computer. V_s and V_{Ls} were transmitted to Amplitude and Level Measurements for Mean (DC) measuring. Split signal split V_s , V_{Ls} and V_T . For resistance determination, V_s and V_{Ls} were transmitted to Subtract for $V_L = V_{Ls} - V_s$. Load current (I_L) was calculated with $I_L = V_L / R_L$. Sample current (I_s) and load current ($I_s = I_L$) were equal. Sample resistance (R) was calculated with $R = V_s / I_s$. Resistance value (R) was displayed with Numeric Indicator. Voltage (V_T) was transformed to be temperature (T) with Formula and $T = (V_T - 2.73) / (0.01)$. Temperature value (T) was shown with Numeric Indicator. Temperature (T) and Resistance (R) of the sample were transmitted to X Input and Y Input of Build XY Graph for displaying R vs. T graph. The sample was heated in oven. The program was run to show the result. The Front Panel and Block Diagram were saved in computer and printed with printer. The computer will control the entire measurement process.

The Determination for Temperature from LM335 (T) Versus Voltage Drop Across the ZnO+0.01SnO₂ Sample (T vs Vs)

Experiment setup for the determination of temperature from LM335 (T) versus voltage drop across the ZnO+0.01SnO₂ sample (T vs Vs) with LabVIEW is shown in Figure 1. Front Panel and Block Diagram for displaying temperature from LM335 versus voltage drop across the ZnO+0.01SnO₂ sample (T vs Vs) with LabVIEW is shown in Figure 3. The relation of true temperature from LM335 from computer screen (T)

and voltage drop across sample (ZnO+0.01SnO₂) (V) were displayed using Build Table. This program was RUN. The T=f(V_s) curve and the equation were written using EXCEL Figure 4. The resultant equation was $T = -6.125V_s^2 - 29.336V_s + 109$.

Temperature Measurement Using the ZnO+0.01SnO₂ Sample

Front Panel and Block Diagram for temperature measurement using the ZnO+0.01SnO₂ sample is shown in Figure 5. The relation of

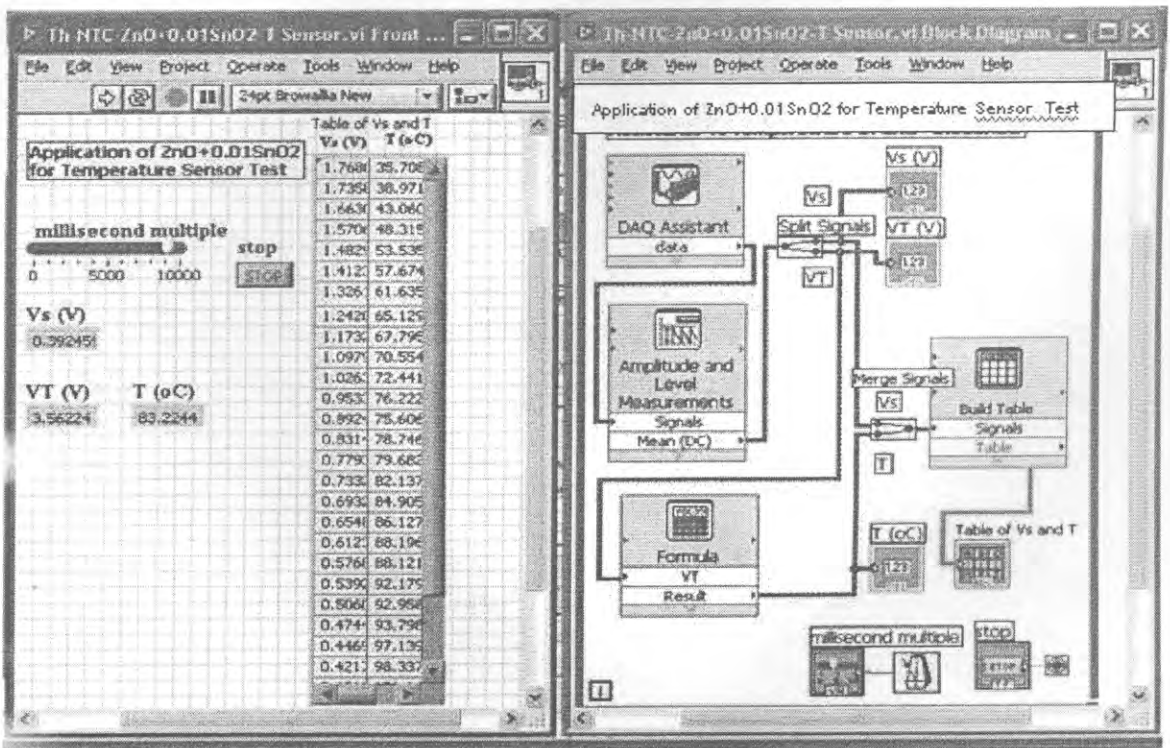


Figure 3. Front Panel and Block Diagram for temperature from LM335 (T) versus voltage drop across the ZnO+0.01SnO₂ sample (T vs Vs).

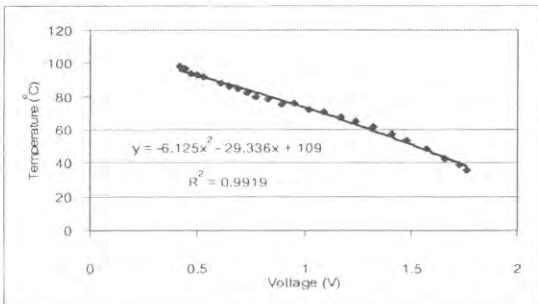


Figure 4. The relationship for temperature from LM335 (T) versus voltage drop across the ZnO+0.01SnO₂ sample (T vs Vs).

$T = -6.125V_s^2 - 29.336V_s + 109$ was written into Formula for transforming the voltage across the sample (V_s) to be the oven temperature (T). So, the ZnO+0.01SnO₂ sample can be operated as temperature sensor for measuring the oven temperature. The oven temperature value is displayed using Numeric Indicator and The T vs. t curve is displayed using Waveform Chart.

Demonstration of the NTC Ceramic Application for Temperature Measurement and Control Using the LabVIEW-Based Measurement System

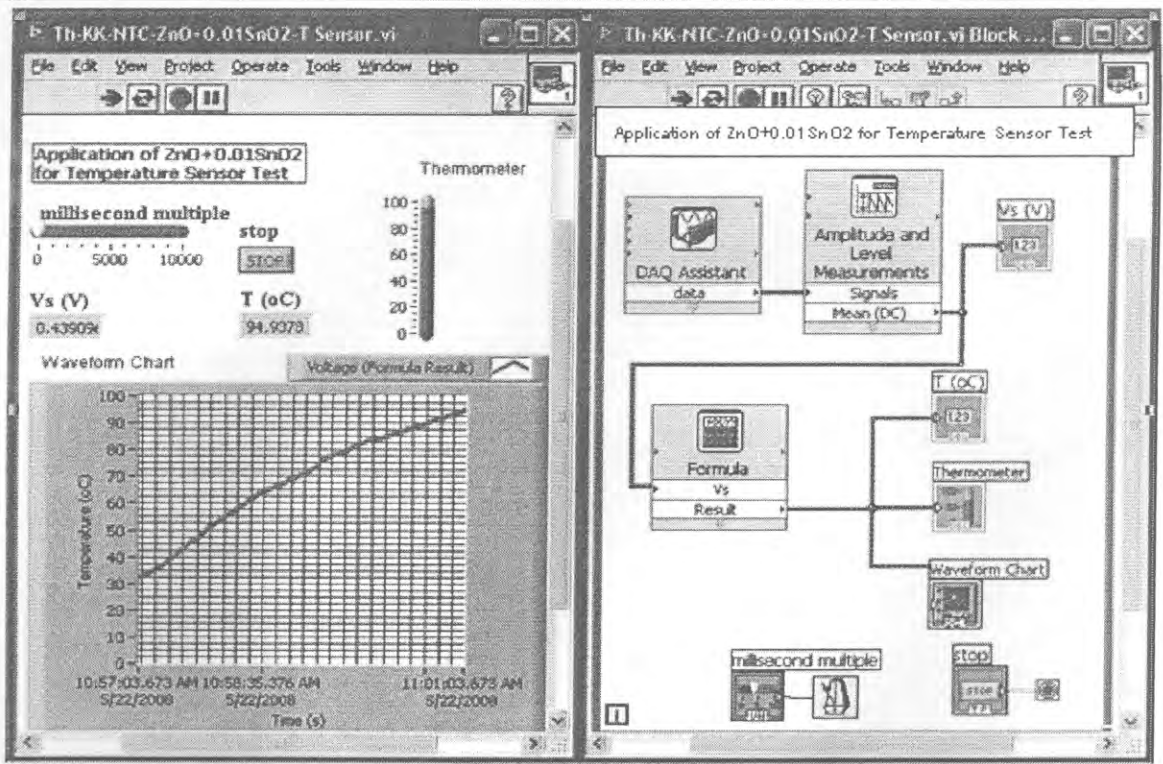


Figure 5. Front Panel and Block Diagram for temperature measurement using the ZnO+0.01SnO₂ sample.

Relay On-off Control Test

The experiment setup for Relay ON-OFF control is shown in Figure 6. Front Panel and Block Diagram for relay on-off control is shown in Figure 7. For Loop and Greater were used for generating the 5 V and 0 V. DAQ Assistant was used for transmitting the 5 V and 0 V out from computer to relay drive circuit. Voltage supplying to solid state relay was controlled using switch 3-5. Solid state relay was used to control voltage flowing through oven heating element.

NTC Temperature Sensor Application for Oven Temperature Control

Experiment setup for NTC temperature sensor application for oven temperature control with LabVIEW is shown in Figure 8. Front Panel and Block diagram for NTC temperature sensor application for oven temperature control with LabVIEW is shown as Figure 9. The used sample was ZnO+0.01SnO₂. The load resistance (RL) was 10 kΩ. Heat source was an electric oven. The equipment was developed using LP connector, a

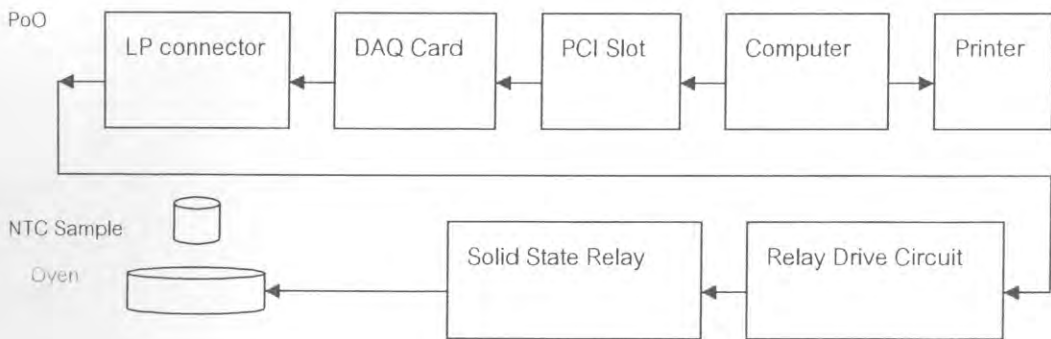


Figure 6. The experiment setup for Relay ON-OFF control.

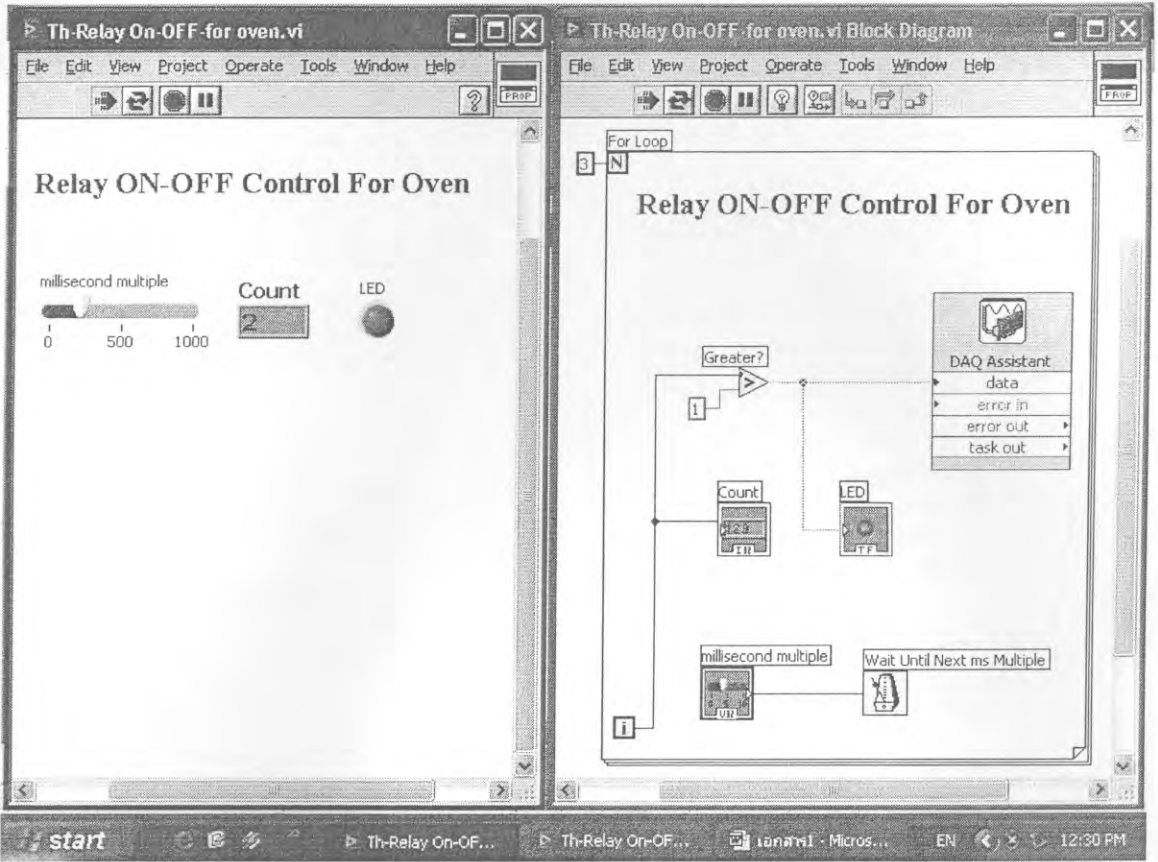


Figure 7. Front Panel and Block Diagram for relay on-off control.

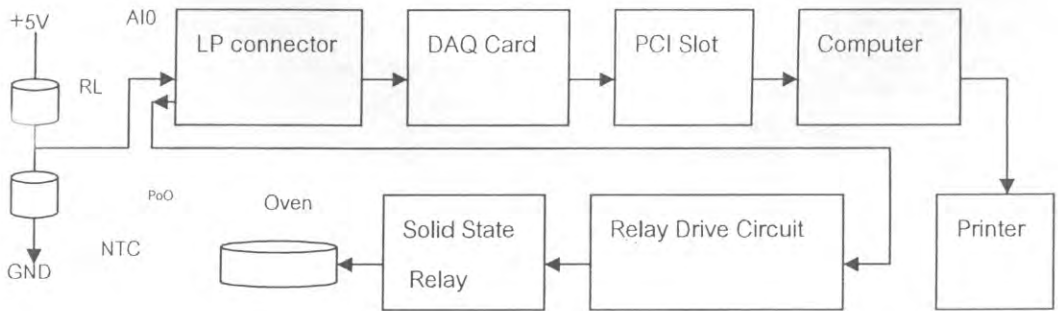


Figure 8. Experiment setup for NTC temperature sensor application for oven temperature control with LabVIEW.

Demonstration of the NTC Ceramic Application for Temperature Measurement and Control Using the LabVIEW-Based Measurement System

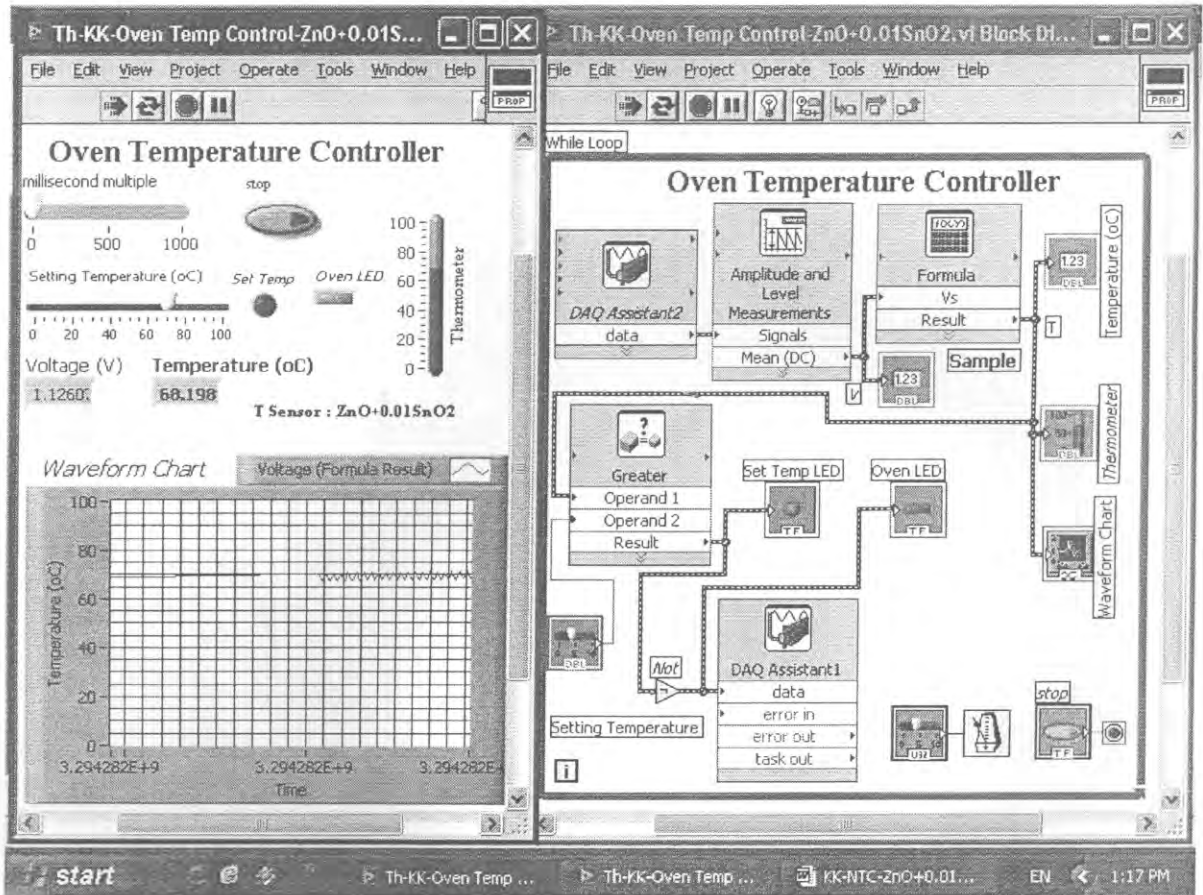


Figure 9. Front Panel and Block diagram for NTC temperature sensor application for oven temperature control with LabVIEW.

DAQ data acquisition card, computer and LabVIEW program commercially supplied by National Instruments Corporation.⁽⁴⁾ When the program started, the main menu of the LabVIEW came to screen. Users were expected to create the Front Panel and Block Diagram and set the properties of virtual devices and virtual instruments. The principle of operation was an electronic load connected in series with the sample as voltage divider. This load resistor-ceramic sample voltage divider was used to supply voltage as input to the LP connector and DAQ card. This card was used to capture the V_s signals generated in this voltage divider. Current from 5 V dc power supply flowed through a load resistor (R_L) of 10 k Ω and sample resistance (R_s). Voltage drop across R_s was V_s . Voltage V_s was transmitted to AI0 of LP connector, DAQ Card, PCI slot and computer, respectively. DAQ Assistant2 worked by receiving voltage V_s from LP connector and transmitted

through DAQ Card into computer. V_s and V_L were transmitted to Amplitude and Level Measurements for Mean (DC) measuring. The oven temperature (T) was calculated from the equation of $T = -6.125V_s^2 - 29.336V_s + 109$ and using Formula. For temperature control, initially, oven was cool, oven temperature (T) was transmitted to Operand 1 of Greater and setting temperature (T_{set}) was transmitted to Operand 2 of Greater. The oven temperature (T) was less than the setting temperature (T_{set}). The result (5V) from Greater was transmitted to Not gate. Set Temp LED was dark. Oven LED was light. The voltage from Not gate was transmitted to DAQ Assistant1. DAQ Assistant1 will control for transmitting the 0 V to relay drive circuit, switch 3-5 was opened. Solid state relay electrically conducted, the electric current of 220 V flowed through oven heating element. Oven temperature increased. Finally, when the oven was heated, the oven temperature (T) was

greater than setting temperature (T_{set}). The result (0V) from Greater was transmitted to Not gate. Set Temp LED was light. Oven LED was dark. The voltage from Not gate was transmitted to DAQ Assistant1. DAQ Assistant1 controlled for transmitting the 5 V to relay drive circuit, switch 3-5 was closed. Solid state relay did not electrically conducted, the electric current of 220 V can not flow through oven heating element. Oven temperature decreased. When this operation was repeated, the oven temperature was controlled successfully. The oven temperature value (T) was displayed with Numeric Indicator. The oven temperature versus time curve was displayed using Waveform Chart. Program was run to show the result. Print Screen button was used for transferring picture of T vs. t curve onto working area of Microsoft Word and was saved in text file. Front Panel and Block Diagram were saved in computer and printed with printer. The computer will control the entire measurement process. This was done in order to control the temperature of the electric oven.

Results and Discussion

Temperature Sensor

The tested sample was $ZnO+0.01SnO_2$. The measured sample resistance versus temperature at room temperature using the LabVIEW-based measurement system is shown in Figures 1 and 2. As revealed in these figures, the resistance of the sample at room temperature was 6.5 k Ω . When temperature increased, sample resistance decreased in the range of 30-100 $^{\circ}C$. So, the sample exhibited NTC resistor, indicating their potential application as temperature sensor with low cost. Under thermal radiation, electron-hole pairs were created, the sample behaved NTC property. The calculated negative temperature coefficient of resistance (α) was calculated using the expression : $\alpha = (1/R)(dR/dT)$; $\alpha = (1/R_1)(R_2 - R_1)/(T_2 - T_1) \times 100$; $\alpha = -1.018 \text{ } \%/^{\circ}C$, where R_2 and R_1 were the sample resistance at temperature of T_2 and T_1 , respectively. So, the calculated negative temperature coefficient of resistance of the sample was $-1.018 \text{ } \%/^{\circ}C$. Comparison between this value and the reported value by Moulson ($\alpha = -1$ to $-7 \text{ } \%/^{\circ}C$) showed that this $ZnO+0.01SnO_2$ sample was in NTC thermistor group.⁽⁵⁾ The application of NTC ceramics for temperature sensor application was studied by measuring the temperature versus

voltage drop across load resistor (Figures 3 and 4). The measured temperature (T) varies with voltage drop across the sample (V_s), as shown in the equation: $T = -6.125V_s^2 - 29.336V_s + 109$. The self-heating of the sensor was negligible. The sensitivity of temperature measurement provides 3 $^{\circ}C$ resolution. So, this sample can be used as temperature sensor by using this NTC effect. Ceramic sample was used by Dipika, Saha for measuring in the temperature range of 50-150 $^{\circ}C$ using $Mn_xFe_{1-x}O_3$ sample.⁽²⁾ So, this present paper describes the application of NTC ceramics in a similar range of temperature that is reported by Dipika, Saha.

NTC Temperature Sensor for Oven Temperature Control System

Front Panel and Block Diagram for temperature measurement using the $ZnO+0.01SnO_2$ sample is shown in Figure 5. The experiment setup for Relay ON-OFF control is shown in Figure 6. Front Panel and Block Diagram for relay on-off control is shown in Figure 7. The experiment setup was prepared for NTC temperature sensor for oven temperature control and is shown in Figure 8.

Front Panel and Block Diagram for oven temperature control is shown in Figure 9. We present the NTC ceramic application for temperature measurement and control using the LabVIEW-based measurement system. From this figure, temperature control corresponded to on-off techniques using solid state relay and the LabVIEW-based measurement system. Voltage supply from source to oven was controlled by solid state relay using the $ZnO+0.01SnO_2$ temperature sensor. So, this sample can be used as temperature measurement and control sensor in the range of 30-100 $^{\circ}C$. This system will be used for other experiments in the future.

Conclusions

1) In conclusion, $ZnO+0.01SnO_2$ pellets fabricated by standard ceramic techniques have disc-shaped form. These samples exhibited thermal response and were found to be suitable for NTC thermistor applications over a 30-100 $^{\circ}C$ temperature range.

2) The low cost temperature control system was made up of relay drive circuit, solid-

Demonstration of the NTC Ceramic Application for Temperature Measurement and Control Using the LabVIEW-Based Measurement System

state relay, temperature sensor ($\text{ZnO}+0.01\text{SnO}_2$), LP connector, a DAQ data acquisition card, computer and LabVIEW program. The solid-state circuitry ensures accurate operation of this system.

3) An automatic, low cost data acquisition system for monitoring and controlling the temperature has been developed using a procedure based on virtual instrumentation. It measures and displays graphics of the results. The proposed equipment was used for processing, displaying and storing the collected data.

4) This test has conducted from May 2008 and indicated that the equipment developed was suitable for controlling the oven temperature. This experimental work was carried out at the Physics Department, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Thailand. The work presented was part of a research project and in the near future will be used for further tests.

Acknowledgements

This work was financially supported by Prince of Songkla University, Thailand.

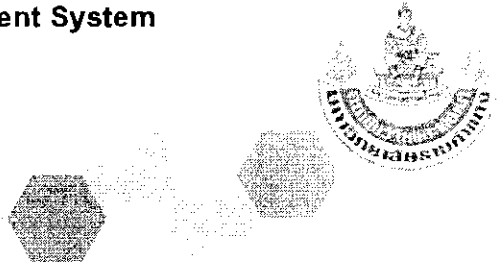
References

1. Barney, George C. 1988. *Intelligence Instrumentation : Microprocessor Applications in Measurement and Control*. 2nd ed. New York : Prentice Hall : 467.
2. Dipika, Saha. 2002. Preparation of bixbyite phase ($\text{Mn}_x\text{Fe}_{1-x}$)₂O₃ for NTC thermistor applications. *Mater. Lett.* **55(6)** : 403-406.
3. Forero, N. 2006. Development of a monitoring system for a PV solar plant. *Energy Conversion and Management.* **47(15-16)** : 2329-2336.
4. [Http://www.ni.com](http://www.ni.com), 1993-2001. *LabVIEW IM Basic I. Introduction Course Manual*. National Instruments Corporation.
5. Moulson, A.J. and Herbert, J.M. 1990. *Electroceramics*. London : Chapman & Hall :

การสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตริซิสแตนซ์และแมกนีโตอิมพีแดนซ์ โดยใช้ระบบการวัดที่ใช้โปรแกรมวิซวลเบสิกเป็นฐาน

Demonstration for Magnetoresistance and Magnetoimpedance Effect Using Visual Basic Program-based Measurement System

ธงชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์¹ และสุดารัตน์ อินทร์น้อย²



บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมก้อนสาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ และ $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ที่มีรูปจานจากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผง ได้สร้างเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็กความแรงสูง ได้จัดเตรียมเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรถ่ายค่า (ADC0809 และ 74LS244), การ์ด ET-PCI8255V3 และโปรแกรมวิซวลเบสิก ได้ใช้เครื่องมือที่ได้จัดเตรียมขึ้นนี้ทดสอบปรากฏการณ์แมกนีโตริซิสแตนซ์และปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ของสาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ และ $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ตามลำดับ ทดสอบปรากฏการณ์แมกนีโตริซิสแตนซ์ของสาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ โดยการปล่อยสนามแม่เหล็กที่มีขนาด $1.315 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ ให้แก่สารนี้ ผลที่ได้พบว่าความต้านทานของสารมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 23.2Ω ไปเป็น 22.1Ω ทดสอบปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ของสาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ โดยการปล่อยสนามแม่เหล็กที่มีขนาด $1.315 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ ให้แก่สารนี้ ผลที่ได้พบว่า อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก $0.55 \text{ M}\Omega$ ไปเป็น $0.47 \text{ M}\Omega$

คำสำคัญ: เซรามิกส์แมกนีโตริซิสแตนซ์ เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ โปรแกรมวิซวลเบสิก

ABSTRACT

This project involved sample preparation of $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ and $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ in disk type form from starting materials in powder form. A generator of high strength magnetic field was constructed instruments that composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic program were prepared for sample testing. The magnetoresistance effect of $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ and magnetoimpedance effect of $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ were tested using these prepared instruments. The magnetoresistance effect of $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ was tested in the presence of the magnetic field of $1.315 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ and the result showed that the resistances of this sample decreased from 23.2Ω to be 22.1Ω . The magnetoimpedance effect of $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ sample was tested in the presence of the magnetic field of $1.315 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ and the result showed that the impedance of this sample decreased from $0.55 \text{ M}\Omega$ to be $0.47 \text{ M}\Omega$.

¹ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา

² นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา

Keywords: magnetoresistance ceramics, magnetoimpedance ceramics, visual basic program

บทนำ

เซรามิกส์แมกนีโตรีซิสแตนซ์

ยุนไฮ (Yunhui Xu) ได้เตรียมสาร $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ และ $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.33}\text{MnO}_3$ ทดสอบแมกนีโตรีซิสแตนซ์ (magnetoresistance test) โดยการวัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก ได้ใช้ความสัมพันธ์ $B=f(R)$ สำหรับออกแบบเป็นหัววัดสนามแม่เหล็ก (Yunhui, 2001) โคซโลวา (Kozlova, N.) ได้เตรียมสาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ วัดความนำไฟฟ้าที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก (G vs B) (Kozlova, 2003) เกียบเลอร์ (Giebeler, C.) ได้ทดลองโดยการหมุนแท่งแม่เหล็กถาวรตัดหัววัดจีเอ็มอาร์พบว่า ความต้านทานของหัววัดจะเปลี่ยนแปลง เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านหัววัดแล้ววัดแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาแล้วหาความเร็วที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่วัดได้จะนำไปประยุกต์ใช้ในการรับรู้อัตราเร็วของการหมุนและแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามมุมจะนำไปใช้ในการตรวจวัดมุม (Giebeler, 2001) ฮองไว๋ (Hongwei Qin) ได้เตรียม $\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($x=0.0, 0.2, 0.4, 0.8$) วัดแมกนีโตเซชันที่ขึ้นกับความเข้มข้นสนามแม่เหล็ก (M vs H) และความต้านทานขณะที่ได้รับและไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก (R_H, R_0) คำนวณความต้านทานที่เปลี่ยนแปลง (ΔR) และอัตราส่วนแมกนีโตเซชัน ($\Delta R/R_0$) เขียนกราฟอัตราส่วนแมกนีโตเซชัน ($\Delta R/R_0$) ที่ขึ้นกับความเข้มข้นสนามแม่เหล็ก H ได้พบว่าอัตราส่วน $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ เป็นสาเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ (Hongwei, 2000) ทริวต์เลอร์ (Treutler, C. P. O.) ได้ศึกษาโดยการหมุนแท่งแม่เหล็กให้ตัดหัววัดจีเอ็มอาร์ (GMR sensor) ผลการวัดพบว่า ความต้านทานของหัววัดมีค่าลดลงในขณะที่สนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ได้นำความสัมพันธ์ของความถี่การหมุนที่ขึ้นกับความเร็วนี้ไปประยุกต์ใช้เป็นหัววัดความเร็ว (velocity sensor) ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการหมุนกับความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงจะนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดมุม (angle sensor) (Treutler, 2001) รูบี (Rubi, D.) ได้ศึกษาออกไซด์

แม่เหล็กเฟอร์โรกึ่งโลหะ (semimetallic ferromagnetic oxides) ที่แสดงศักยภาพเด่นชัดสำหรับการพัฒนาหัววัดแมกนีโตรีซิสแตนซ์ ได้รายงานการออกแบบการสร้างและการทดสอบหัววัดตำแหน่งแบบเปิดปิดไม่มีการสัมผัส (contact-less on-off position sensor) ที่ทำมาจากฟิล์มหนา $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ (Rubi, 2006) ยูริโอ (Yurii Skourski) ได้ศึกษาสารตัวอย่าง $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ โดยการวัดแมกนีโตเซชันและความต้านทานแม่เหล็กในสนามแม่เหล็กแบบพัลส์ที่สูงถึง 50 เทสลา (Yurii, 2004) เฟร์มอน (Fermon, C.) ได้ศึกษาหัววัดจีเอ็มอาร์สำหรับการประยุกต์ใช้ที่ความถี่ต่ำและสูง ได้ชี้บอกว่าวงจรรีเลย์และการตอบสนองต่อสนามแม่เหล็กมีความสำคัญ หัววัดแบบนี้สามารถทำงานแทนหัววัดฮอลล์ได้ (Fermon, 2006)

เซรามิกส์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

เคนทาโร (Kentaro Totsu) ได้ศึกษาโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลดและสารแล้ววัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสาร (I) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (V) แล้วคำนวณอิมพีแดนซ์ของสาร (Z) ด้วยสูตร $Z=V/I$ ได้ทดลองโดยการเลื่อนสารเข้าหาสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งต่าง ๆ กัน ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างสารกับแหล่งกำเนิดและสนามแม่เหล็กจะใช้ในการตรวจวัดตำแหน่ง หัววัดแมกนีโตอิมพีแดนซ์ (magneto-impedance sensor) ที่ได้ศึกษาทำมาจากลวดอสัณฐาน FeCoSiB (Kentaro, 2004) ยามาเดรา (Yamadera, H.) ได้เตรียมสาร $\text{FeCoSiB}/\text{Cu}/\text{FeCoSiB}$ แล้วศึกษาปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์โดยการวัดอิมพีแดนซ์ของสารที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็ก (Z vs B) ความสัมพันธ์ $B=f(Z)$ ที่ได้จะใช้ในการประยุกต์ใช้ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดสนามแม่เหล็ก (Yamadera, 2000) จีแฟน (Jifan Hu) ได้เตรียมสาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ผลการวัดพบว่า อิมพีแดนซ์ของสารลดลงในขณะที่เพิ่มความถี่ของแรงดันไฟฟ้า อิมพีแดนซ์ของสารและโมเมนต์เหล็กของสารต่างก็มีค่าลดลงในขณะที่ความเข้มข้นสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น (Jifan, 2001) ซวง-ดาคิม (Seung-Dae Kim) ได้บรรยายแนวความคิด

พื้นฐานและการประยุกต์ใช้ของอุปกรณ์แรงดันไฟฟ้าความถี่สูงผ่านแบบ LC (LC high pass filter) สำหรับหัววัดแมกนีโตอิมพีแดนซ์ (Seung-Dae, 2006) ฟิเจิน ฮิว (Fijan Hu) ได้สังเกตพบปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ใหญ่โต (GMI effect) ในเฟอร์ไรต์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ที่อุณหภูมิห้อง ผลปรากฏว่าแมกนีโตอิมพีแดนซ์มีค่า -61.2 % ที่ความถี่ $f = 5$ MHz ภายใต้สนาม $H=3$ kOe (Fijan, 2006) จิแฟน (Jifan Hu) ได้รายงานเกี่ยวกับปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ใน $\text{La}_{0.67}\text{Ba}_{0.67}\text{MnO}_3$ ภายใต้สนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าต่ำ การค้นพบนี้ได้เปิดเผยความสัมพันธ์ระหว่างอำนาจแม่เหล็กกับการขนย้ายทางอิเล็กทรอนิกส์ (Jifan, 2000)

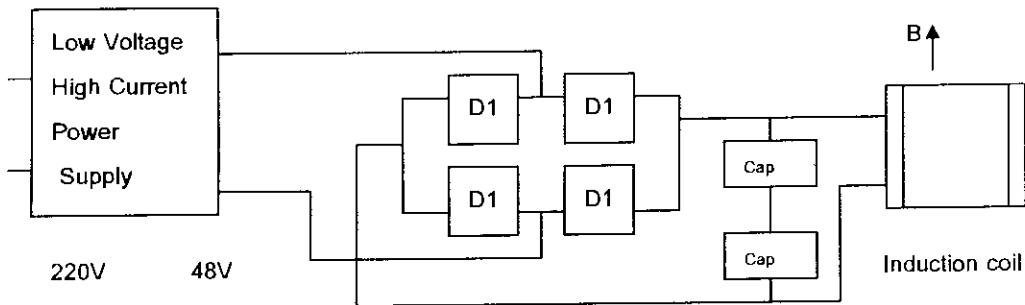
บทความนี้เกี่ยวข้องกับการสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์และแมกนีโตอิมพีแดนซ์โดยใช้ระบบการวัดที่ใช้โปรแกรมมิชวลเบสิกเป็นฐาน ได้วัดความต้านทานที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็กสำหรับปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์และอิมพีแดนซ์ที่

ขึ้นกับสนามแม่เหล็กสำหรับปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

วิธีดำเนินการวิจัย

การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์

1) จัดเครื่องมือเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง (high strength magnetic field) ดังแสดงในภาพที่ 1 ปลอยไฟบ้าน 220 V มายังหม้อแปลงไฟฟ้า 220 V-48 V หม้อแปลงไฟฟ้านี้จะแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 V นี้ให้เป็น 48 V ส่งไปยังไดโอดที่ต่อแบบบริดจ์เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงส่งมายังวงจรกระแสไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุไฟฟ้า 2 ตัว เพื่อกรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบหรือมีค่าคงที่ แรงดันที่ได้มีค่าประมาณ 54 V จะถูกส่งไปยังขดลวดเหนี่ยวนำ มีสนามแม่เหล็ก (B) เกิดขึ้นตามกฎของแอมแปร์ $B = \mu NI/L$ สนามแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมีขนาด $1.315 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$



ภาพที่ 1 การจัดเครื่องมือเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กความแรงสูง

2) จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ด้วยโปรแกรมมิชวลเบสิก แสดงดังภาพที่ 2 และ 3 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์ใช้สาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ด้วยโปรแกรมมิชวลเบสิก แสดงดังภาพที่ 4 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลองคือ $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ กระแสไฟฟ้าจากขั้ว +5V ของ DC Power Supply ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (RL) 100

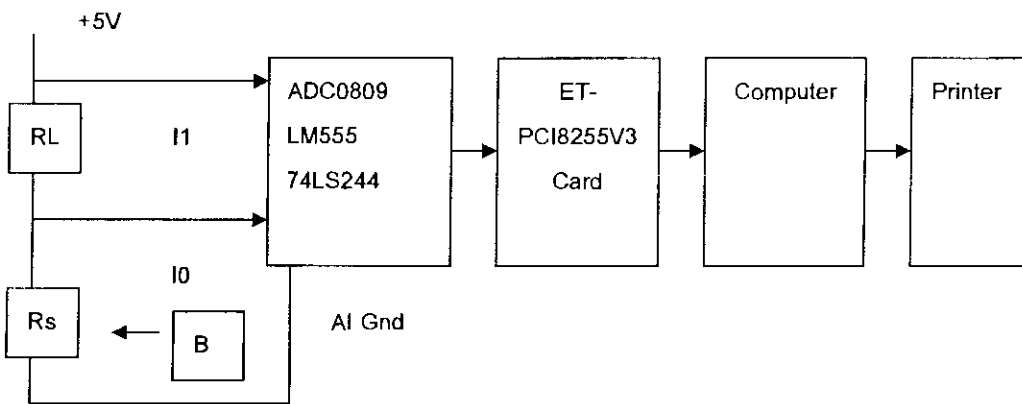
Ω และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อกำหนดให้ Vs เข้าทางอินพุต 0 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อกำหนดให้ Vs เข้าทางอินพุต 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าดวงจร R_s และ R_s+RL มีค่า Vs และ VLs ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (I0) และ analog input 1 (I1) ของ ADC0809 ตามลำดับ เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) Vs และ VLs จะผ่าน 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ Vs = Inp(&H14C0) และ VLs =

Inp(&H14C0) เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิชวลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ คอมพิวเตอร์จะคำนวณ $V_L = V_Ls - V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L = V_L / R_L$ ให้กระแสไฟฟ้าสาร (I_s) = I_L คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R = V_s / I_s$ แสดงค่าความต้านทาน (R) บนจอด้วยคำสั่ง LabelR.Caption = R กำหนดพิกัด $x = i$ และ $y = 255 - (255/2) * (R - 22)$ สำหรับแสดงกราฟ R vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue หนึ่งเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next

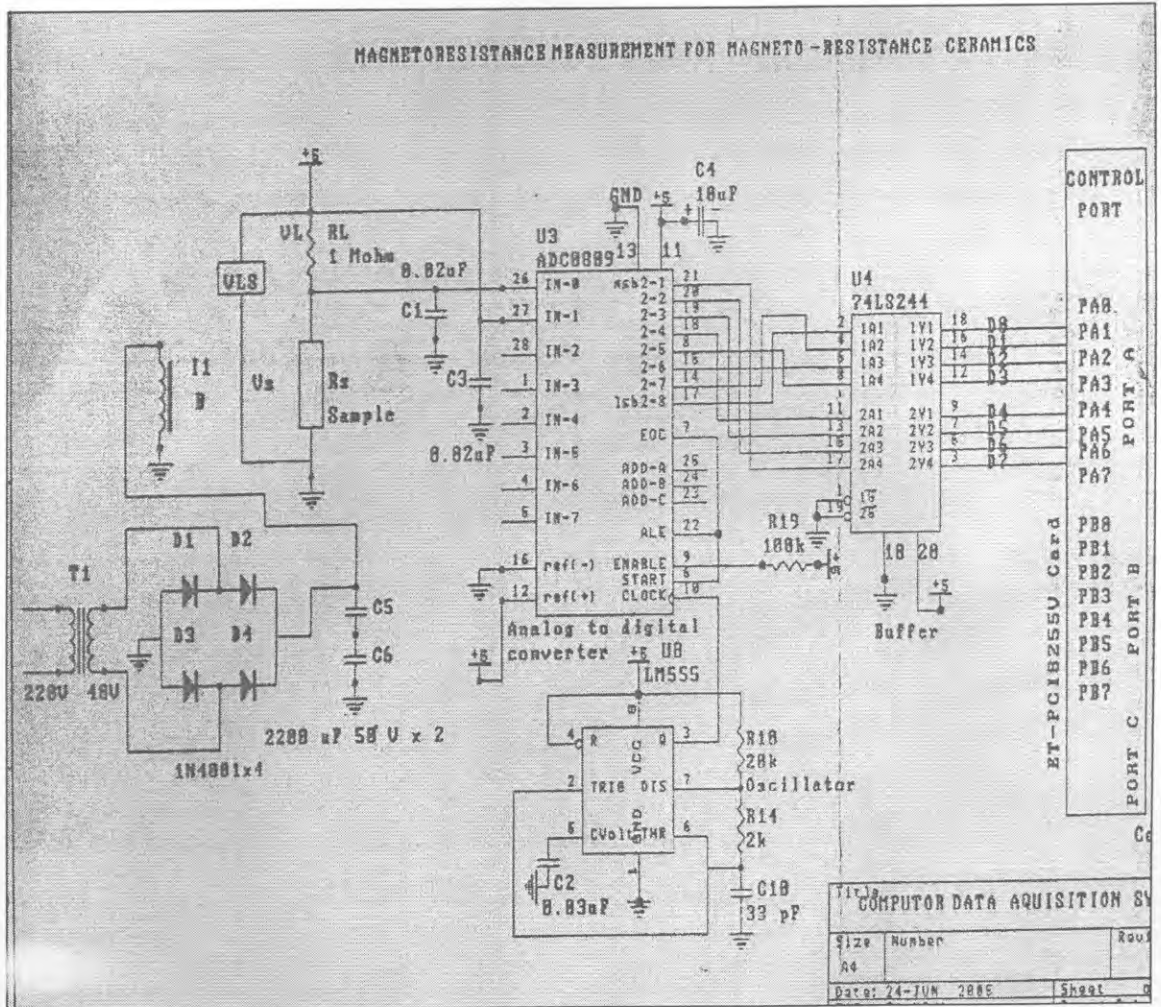
Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำ ๆ กันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ แสดง R vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ แล้วปล่อยสนามแม่เหล็ก $B = 1.315 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ เข้าไป ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์กราฟนี้ ด้วย printer อัตราส่วนแมกนีโตรีซิสแตนซ์สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$MR = \frac{R_B - R_0}{R_0} \quad (1)$$

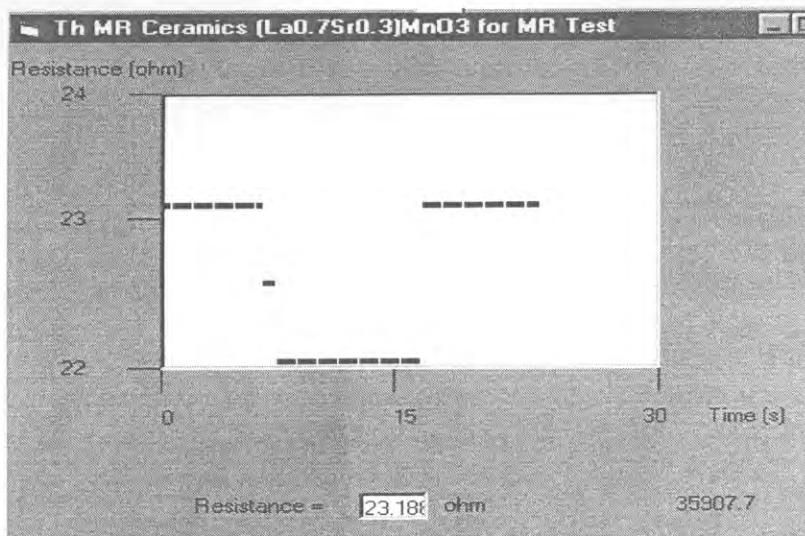
เมื่อ R_0 และ R_B เป็นความต้านทานของสารขณะที่ยังไม่ได้รับสนามแม่เหล็กและได้รับสนามแม่เหล็ก ตามลำดับ



ภาพที่ 2 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์ใช้สาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิก



ภาพที่ 3 แผนผังวงจรสำหรับการประยุกต์ใช้สาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรซิสแตนซ์ด้วยโปรแกรมมิชวลเบสิก



ภาพที่ 4 Form และภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์ใช้สาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรซิสแตนซ์ด้วยโปรแกรมมิชวลเบสิก


```

Code
'Magnetoresistance Response Test for MR
Ceramics
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll"
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As
Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias
"Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal
Value As Integer)

Private Sub Form_Load()
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
    Out &H14C4, &H90
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
    Picture1.Cls
    For i = 20 To 3500 Step 50
        Out &H14C4, &H0 'lo
        Call delay
        Vs = Inp(&H14C0)
        Out &H14C4, &H1 'I1
        Call delay
        VLs = Inp(&H14C0)
        VL = VLs - Vs
        RL = 100 'ohm
        IL = VL / RL
        R = Vs / IL 'ohm
        LabelR.Caption = R
        x = i
        y = 255 - (255 / 2) * (R - 22)
        Picture1.PSet (x, 10 * y),
vbBlack
        Next i
End Sub
Sub delay()
    For j = 1 To 1800 '30s
        DoEvents
        Label8.Caption = Timer
    Next j

```

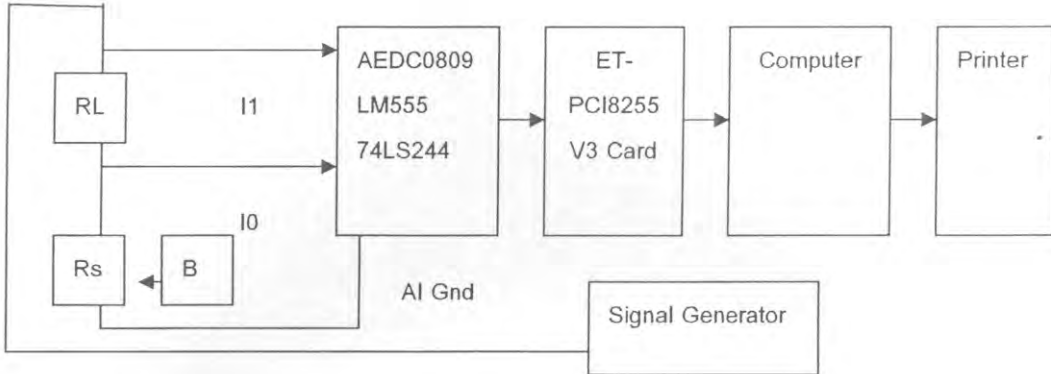
End Sub

การประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์
 จัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สาร
 (0.6MnO₂)(0.4ZnO)(Fe₂O₃) เพื่อสาธิตปรากฏการณ์
 แมกนีโตอิมพีแดนซ์ด้วยโปรแกรมวิซวลเบสิกแสดง
 ดังภาพที่ 5 สร้าง Form สำหรับการประยุกต์สาร
 (0.6MnO₂)(0.4ZnO)(Fe₂O₃) เพื่อสาธิตปรากฏการณ์
 แมกนีโตอิมพีแดนซ์ด้วยโปรแกรมวิซวลเบสิก แสดง
 ดังภาพที่ 6 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties
 Window เพื่อควบคุมการทดลอง กระแสไฟฟ้าจาก
 เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานโหลด
 (RL) 1 MΩ และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน Rs มี
 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม VL และ Vs ใช้คำสั่ง Out
 &H14C4, &H0 เพื่อกำหนดให้ Vs เข้าทางอินพุต 0
 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อกำหนดให้ VLs
 เข้าทางอินพุต 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม Rs และ
 Rs+RL มีค่า Vs และ VLs ตามลำดับ และจะเข้าไปที่
 analog input 0 (I0) และ analog input 1 (I1) ของ
 ADC0809 ตามลำดับ เพื่อแปลงแรงดันอนาลอก (AV)
 เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) Vs และ VLs จะผ่าน
 74LS244 ผ่าน ET-PCI8255V3 Card และ PCI Slot
 เข้าไปในคอมพิวเตอร์ Vs=Inp(&H14C0) และ VLs =
 Inp(&H14C0) เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับ
 แรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปใน
 คอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้
 โปรแกรมวิซวลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้
 คอมพิวเตอร์จะคำนวณ VL=VLs-Vs คำนวณ
 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร IL=VL/RL ให้
 กระแสไฟฟ้าสาร (Is) =IL คำนวณอิมพีแดนซ์ของสาร
 ตัวอย่างด้วยสูตร Z=Vs/Is แสดงค่าอิมพีแดนซ์ (Z) บน
 จอด้วยคำสั่ง LabelZ.Caption = Z กำหนดพิกัด x = i
 และ y = 255-(255 / 0.3)*(Z-0.4) สำหรับแสดงกราฟ
 Z vs. t บนจอด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (x, 10 * y),
 vbBlue หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง
 Call Delay คำสั่ง For.Next Loop จะควบคุมการ
 ทำงานซ้ำ ๆ กันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อ
 แสดงกราฟของ แสดง Z vs. t บนจอคอมพิวเตอร์ แล้ว
 ปลดยสนามแม่เหล็ก B=1.315x10³ Wb/m² เข้าไป
 บันทึกความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ ใช้คำสั่ง Print
 Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area

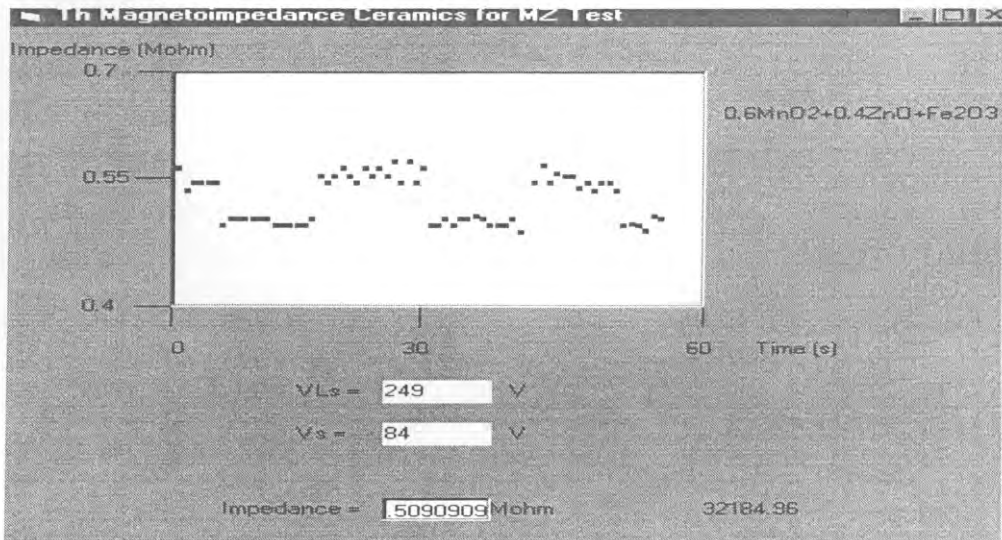
ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer อัตราส่วนอิมพีแดนซ์สามารถคำนวณได้จากสูตร

เมื่อ Z_0 และ Z_B เป็นอิมพีแดนซ์ของสารขณะที่ยังไม่ได้รับสนามแม่เหล็กและได้รับสนามแม่เหล็ก ตามลำดับ

$$MZ = \frac{Z_B - Z_0}{Z_0} \quad (2)$$



ภาพที่ 5 การจัดเครื่องมือสำหรับการประยุกต์สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เพื่อสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ด้วยโปรแกรมวิซวลเบสิก



ภาพที่ 6 Form และภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์สำหรับการประยุกต์สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ เพื่อสาธิตปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ด้วยโปรแกรมวิซวลเบสิก

Code

'Magnetoimpedance Effect Test for Magnetoimpedance Ceramics

Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer

Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)

Private Sub Form_Load()
Left = (Screen.Width - Width) / 2

```

Top = (Screen.Height - Height) / 2
Out &H14CC, &H90
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
Picture1.Cls
For i = 20 To 3500 Step 50
    Out &H14C4, &H0 'lo
    Call delay
    Vs = Inp(&H14C0)
    Out &H14C4, &H1 'l1
    Call delay
    VLs = Inp(&H14C0)
    VL = VLs - Vs
    RL = 1 'Mohm
    IL = VL / RL 'uA
    Z = (Vs / IL) 'Mohm
    LabelVLs.Caption = VLs
    LabelVs.Caption = Vs
    LabelZ.Caption = Z
    x = i
    y = 255 - (255 / 0.3) * (Z - 0.4)
    Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
Next i
End Sub

Sub delay()
For j = 1 To 4200 '60 s
    DoEvents
    Label8.Caption = Timer
Next j
End Sub

```

ผลการวิจัย

อุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์

ผลประยุกต์ใช้สาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ด้วยโปรแกรมวิซวลเบสิก แสดงดังภาพที่ 4 เมื่อทดลองโดยใช้สนามแม่เหล็กที่มีขนาด $1.315 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ ความ

ต้านทานของสารมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 23.2Ω ไปเป็น 22.1Ω อัตราส่วนของแมกนีโตรีซิสแตนซ์ที่คำนวณได้มีค่า -4.74% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราส่วนแมกนีโตรีซิสแตนซ์ของฟิล์ม $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ที่อุณหภูมิห้องภายใต้สนามแม่เหล็ก 1 T มีค่า -3.81% พบว่าสาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ที่ใช้ทดลองแสดงปรากฏการณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ซึ่งสอดคล้องกับที่ได้รับรายงานโดยแยง (Yang, 2001)

อุปกรณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์

ผลการประยุกต์สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ด้วยโปรแกรมวิซวลเบสิก แสดงดังภาพที่ 6 เมื่อทดลองโดยใช้ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเป็น 2600 Hz และใช้สนามแม่เหล็กที่มีขนาด $1.315 \times 10^3 \text{ Wb/m}^2$ อิมพีแดนซ์ของสารมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก $0.55 \text{ M}\Omega$ ไปเป็น $0.47 \text{ M}\Omega$ อัตราส่วนของแมกนีโตอิมพีแดนซ์ที่คำนวณได้ที่ความถี่ 2600 Hz มีค่า -14.545% ค่าอัตราส่วนแมกนีโตอิมพีแดนซ์ของสาร $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ ที่ได้รับรายงานโดย Jifan Hu มีค่า 1.01% ที่ความถี่ 20 kHz (Jifan, 2001) เมื่อพิจารณาพบว่าสาร $(0.6 \text{ MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ แสดงปรากฏการณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ในลักษณะเดียวกันกับที่พบในสาร $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ แต่อย่างไรก็ตามปรากฏการณ์นี้ยังขึ้นอยู่กับขนาดของสาร ความถี่ของสนามแม่เหล็กและอุณหภูมิที่ทดลอง ดังนั้นการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความถี่ของแรงดันไฟฟ้ายังมีความจำเป็น

สรุปและวิจารณ์ผล

- 1) สามารถประยุกต์ใช้สาร $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์ได้
- 2) สามารถประยุกต์ใช้สาร $(0.6\text{MnO}_2)(0.4\text{ZnO})(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ได้
- 3) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วยการ์ด ET-PCI8255V3 และโปรแกรมวิซวลเบสิก
- 4) สิ่งที่สามารถทดลองเพิ่มเติมได้อีกในอนาคต คือ การประยุกต์ใช้งานของอุปกรณ์แมกนีโตรีซิสแตนซ์และอุปกรณ์แมกนีโตอิมพีแดนซ์ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดสนามแม่เหล็ก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Fermon, C. 2006. Optimised GMR sensors for low and high frequencies applications. *Sens. Actuators, A: Physical.* 129 (1-2): 203-206.
- Fijan, H. 2006. Giant magnetoimpedance in a MnZn ferrite. *J. Magn. Magn. Mater.* 302(2): 375-377.
- Giebeler, C. 2001. GMR sensors for angle detection and rotation speed sensing. *Sens. Actuators, A: Physical.* 91(1-2): 16-20.
- Hongwei, Q. 2000. Magnetic properties and magnetoresistance effects of $Ni_{1-x}Mn_xFe_2O_4$ sintered Ferrites. *Solid State Commun.* 115(5): 233-235.
- Jifan, H. 2000. Magnetoimpedance effect in $La_{0.67}Ba_{0.07}MnO_3$ under low dc magnetic fields. *Solid State Commun.* 116(3): 159-162.
- Jifan H, 2001, Giant magnetoimpedance effect in $La_{0.7}Ca_{0.3}MnO_3$ under low magnetic fields, *J. Mag. Magn. Mater.* 231(1): 1-3.
- Li, H. 2001. Magnetoimpedance effect in $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$. *J. Magn Magn Mater.* 234(3): 419-422.
- Kentaro, T. 2004. Three-axis magneto-impedance effect sensor system for detecting position. *Sens. Actuators, A: Physical.* 111(2-3): 304-309.
- Kozlova, N. 2003. Intergrain magnetoresistance of $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$ in pulsed magnetic fields up to 50 T. *J. Magn. Magn. Mater.* 261 (1-2): 48-55.
- Rubi, D. 2006. On-off magnetoresistive sensor based on screen-printed $La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3$ manganite. *Sens. Actuators, A: Physical.* 132(1): 52-55.
- Seung-Dae, K. 2006. Magnetic field sensitivity of LC filter-type magnetoimpedance sensors. *J. Magn. Magn. Mater.* 304(1): 391-393.
- Treutler, C. P. O. 2001. Magnetic sensors for automotive applications. *Sens. Actuators, A: Physical.* 91(1-2): 206.
- Yamadera, H. 2000. Thin film magnetic field sensor utilizing Magneto-impedance effect. *Sens. Actuators, A: Physical.* 82(1-3): 155-160.
- Yang, S. Y. 2001. Magnetoresistance of $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$ film at room temperature, *J. Magn. Magn. Mater.* 226-230: 690-692.
- Yunhui, X. 2001. Magnetic field sensor from polycrystalline manganites. *Sens. Actuators, A: Physical.* 91(1-2): 26-29.
- Yurii, S. 2004. Magnetization and magnetoresistance measurements of bulk $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ in pulsed magnetic fields up to 50 T. *Physica B Condensed Matter.* 346-347: 325-328.

Demonstration of a Gas-Sensing Application for a Gas Switch Device Using the LabVIEW-Based Measurement System

Thongchai Panmatarith* and Kingkan Poatong

ABSTRACT

A standard ceramic method was used to prepare ZnO+0.01Sb₂O₃ ceramics. The measurements and processing of the data were made using: an LP connector, a data acquisition card, a computer and the LabVIEW program. The gas-response characteristics of the sample to NH₃ vapor were investigated. Result showed that the resistance of the sample at room temperature decreased in the interval of 4.4 MΩ –3.7 MW in the presence of NH₃ gas at 30°C in normal atmospheric conditions. NH₃ gas responsivity (G) was -15.909%. The result indicated a potential application in a low-cost NH₃ gas switch device. The application of ZnO+0.01Sb₂O₃ gas ceramics as an NH₃ gas switch device was investigated at room temperature. The results showed that the voltage drop across the sample decreased in the presence of NH₃ gas. The operation as an NH₃ gas switch device used the comparison of the voltage drop across the sample with a setpoint voltage (2.03 V). This result controlled the operation of a relay, solid state relay and gas alarm, respectively. It showed that the sample could be used as an NH₃ gas switch. The system has been in operation for a year and all components have functioned well.

Key words: NH₃ gas response ceramics, NH₃ gas switch device, LabVIEW

INTRODUCTION

A number of semiconducting oxides have been found to show changes in electrical resistivity in the presence of small concentrations of certain gases (Moulson and Herbert, 1990). For example, n-type SnO₂, ZnO, Fe₂O₃, TiO₂ and Ag₂O are exploited in gas-sensor technology. Most of these materials are also sensitive to water vapour and must therefore be used at temperatures in excess of about 350°C when the adsorption of water vapor is negligible. The sensing behaviour of n-type semiconductors appears to be governed by the adsorption of oxygen in the neck regions between

grains. As adsorption proceeds, a positive space charge develops in the oxide, as electrons transfer from the conduction band or from donor dopants to the adsorbed oxygen, and a corresponding negative charge accumulates on the surface. The simple synthesis of CuFe₂O₄ nanoparticles as NH₃ gas-sensing materials has been studied (Zhipeng, 2007).

A common characteristic of the data acquisition systems mentioned was the use of data loggers or microcontrollers to measure and acquire the signals and to transmit them to a PC through an RS-232 serial port (Barney, 1988; Forero, 2006).

Materials Physics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand.

* Corresponding author, e-mail: tongchai.p@psu.ac.th

Received date : 30/05/08

Accepted date : 21/11/08

There are several reports on the properties of ZnO bulk ceramics, however, no description in the literature was found of the application of ZnO+0.01Sb₂O₃ for gas-sensing in a gas switch device using the LabVIEW-based measurement system.

This paper describes a data acquisition system using LabVIEW designed and implemented with facilities for monitoring the gas-sensing of a ZnO+0.01Sb₂O₃ gas ceramic. The ZnO+0.01Sb₂O₃ sample was applied as an NH₃ gas switch device.

MATERIALS AND METHODS

Gas ceramic application for gas response demonstrative device

This experimental work was carried out at the Physics department, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Thailand.

The materials were prepared by the standard ceramic technique using reagent-grade raw oxides. High purity ZnO and Sb₂O₃ powders were used. The chemical composition of the preparation sample was ZnO+0.01Sb₂O₃. The powders were weighed and mixed in a mortar and a mixer for 10 min. An organic binder, PVA (polyvinyl alcohol) of 1 wt% was added and the sample was then pressed at 265 MPa into

cylindrical pellets with a 12 mm diameter and about 2.5 mm high. The pellets were heated at 1200°C with a furnace heating rate of about 5°C/min for 4 h. The opposite sides of the pellets were then coated with a silver paste and the components fired at 120°C for 15 min.

The experimental setup for the gas sensing application using LabVIEW is shown in Figure 1. The front panel and block diagram are shown in Figure 2. The sample used was ZnO+0.01Sb₂O₃, with a load resistance (RL) of 1 MΩ and a gas source of ammonia. The equipment was developed using an LP connector, a data acquisition card (DAQ), a computer and the LabVIEW program commercially supplied by the National Instruments Corporation (<http://www.ni.com>). The program starts by showing the main menu of the LabVIEW on the screen. Users are expected to create the front panel and block diagram and to set the properties of the virtual devices and virtual instruments. The principle of the operation was an electronic load connected in series with the sample as the voltage divider. This ceramic sample voltage divider was used to supply a voltage to the input of the LP connector and DAQ card. The card was then used to capture the V_s and V_{Ls} signals generated in the voltage divider. Current from a 5 V DC power supply flowed through a load resistor (R_L) of 1 MΩ with a sample

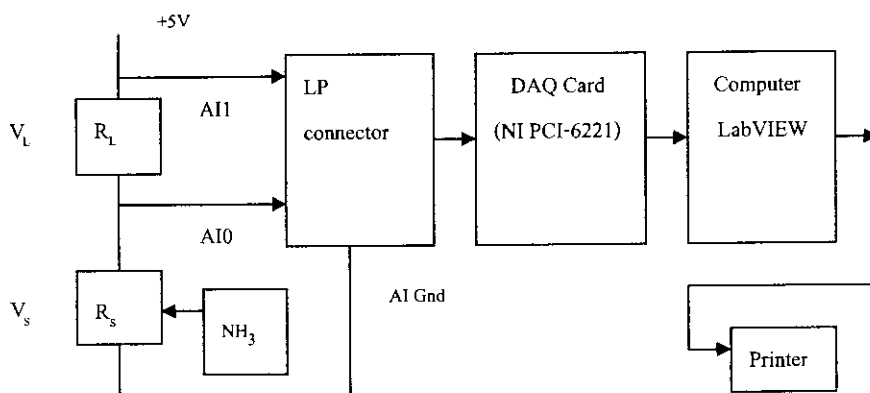


Figure 1 Experimental setup of the demonstration device for a gas-sensing application using NH₃ gas response and LabVIEW.

resistance (R_s). The voltage drop across R_s and R_L+R_s were defined as V_s and V_{Ls} , respectively, which were transmitted via AI0 and AI1 to the LP connector, DAQ card, PCI slot and computer, respectively. The DAQ assistant worked by receiving voltages V_s and V_{Ls} from the LP connector, which were then transmitted through the DAQ card into the computer. V_s and V_{Ls} were measured for amplitude and level to display the mean DC. The split signal separated V_s and V_{Ls} . Resistance determination was defined as $V_L=V_{Ls}-V_s$. The load current (I_L) was calculated using $I_L=V_L/R_L$, while the sample current (I_s) was equal to the load current ($I_s=I_L$). The sample resistance (R) was calculated using $R=V_s/I_s$ and was displayed by a numerical indicator. The resistance versus time (R vs. t) of the sample was displayed using a waveform chart. The experiment was carried out in an ammonia gas environment. Program runs, the front panel and block diagram

were saved on a computer and printed, with the computer controlling the entire measurement process. NH_3 gas sensitivity (S) was defined as:

$$S = [(R_g-R_0)/R_0]*100$$

where R_0 = sample resistance in the absence of ammonia gas

R_g = sample resistance in the presence of ammonia gas.

Gas-sensing application for gas switch device

The experimental setup for implementing the gas-sensing application in a gas switch device with LabVIEW is shown in Figure 3. The associated front panel and block diagram are shown in Figure 4. The sample used was $ZnO+0.01Sb_2O_3$, with a gas source of NH_3 . Current from the 5 V DC power supply flowed through the load resistor (R_L) of $1 M\Omega$ generating a sample resistance (R_s). The voltage drop across R_s was defined as V_s and was transmitted via AI0

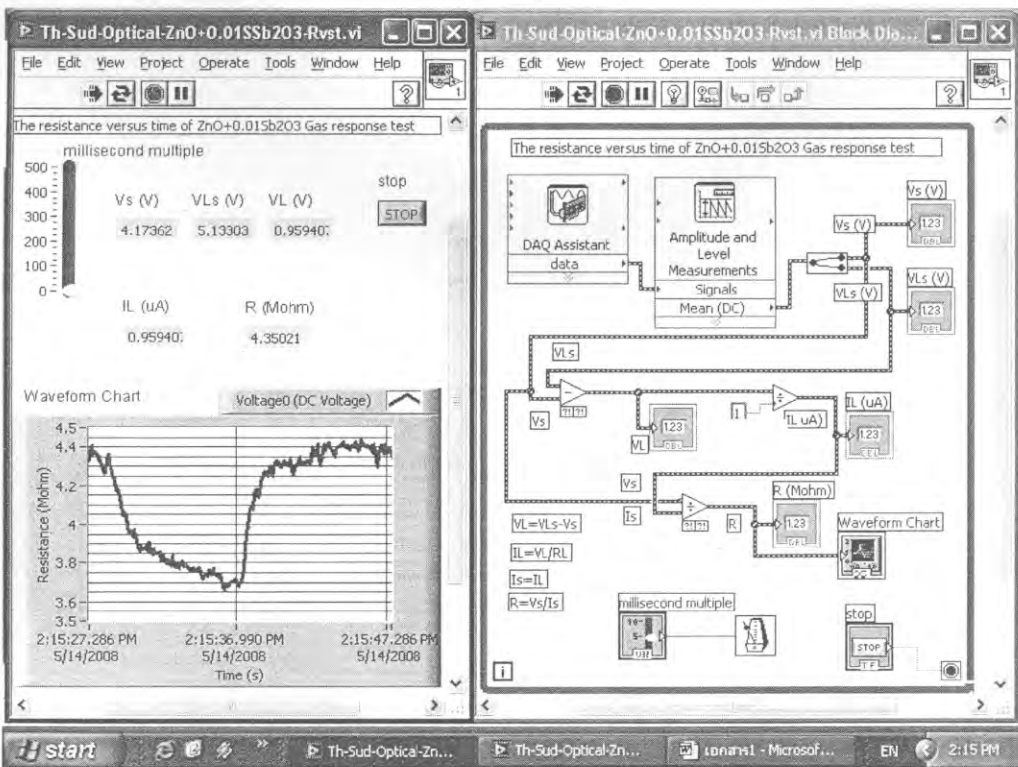


Figure 2 Front panel and block diagram for the experimental setup for the gas sensing application.

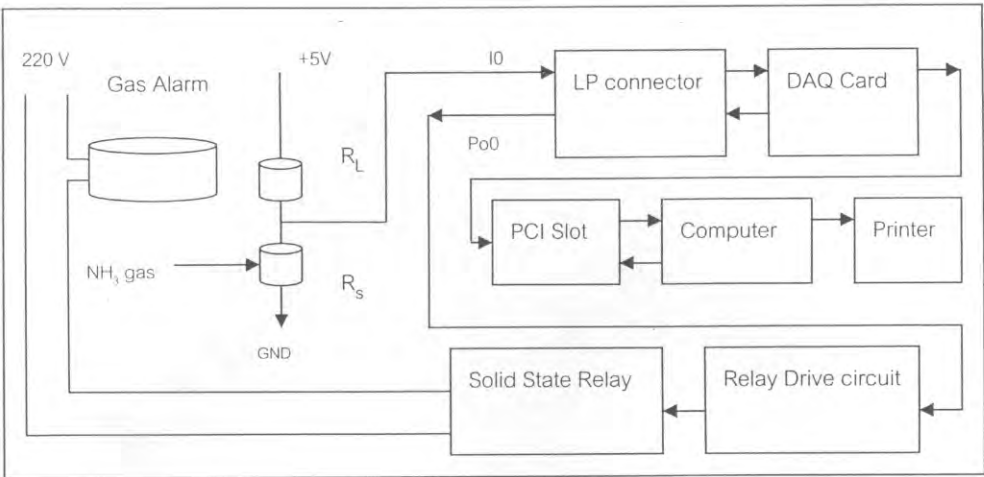


Figure 3 Experimental setup for implementing the gas-sensing application in a gas switch device with LabVIEW.

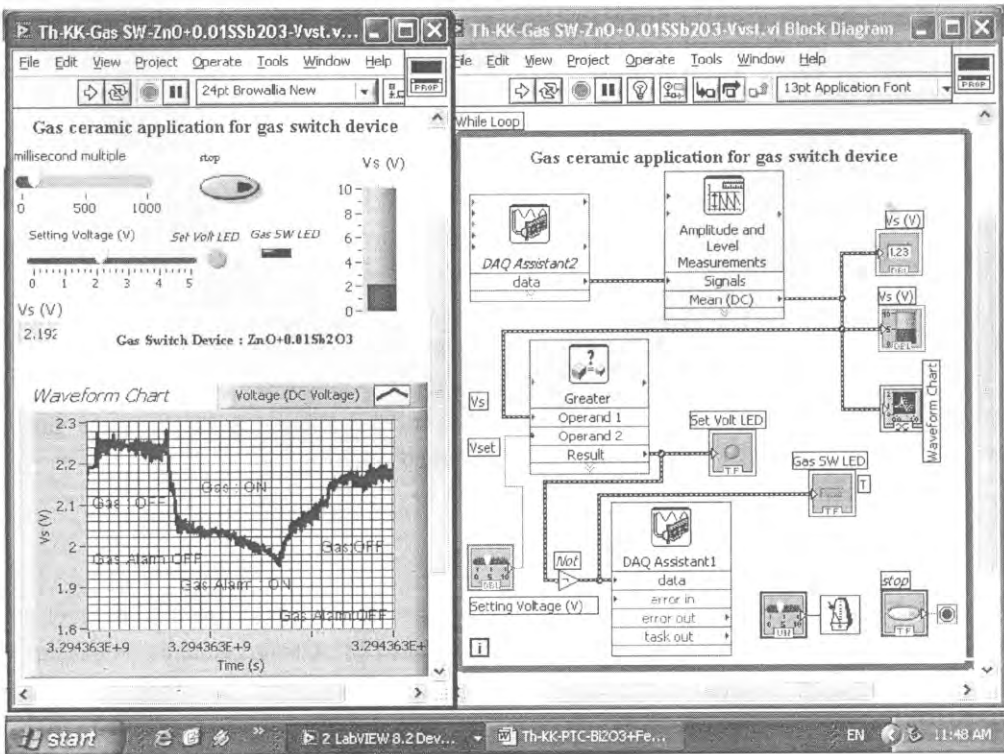


Figure 4 Front panel and block diagram for implementing the gas-sensing application in a gas switch device with LabVIEW.

to the LP connector, DAQ card, PCI slot and computer, respectively. The DAQ Assistant2 received voltage V_s from the LP connector and transmitted it through the DAQ card to the computer. V_s was measured for amplitude and level to display the mean DC. For the gas switch device test, initially, NH_3 gas was not applied and the drop across the sample voltage (V_s) was transmitted to Operand 1 of Greater and the setting voltage (V_{set}) was transmitted to Operand 2 of Greater. The voltage (V_s) was greater than the setting voltage (V_{set}). The result (0 V) from Greater was transmitted to Not gate. The Set Volt LED was illuminated and the Gas alarm LED was not. The voltage from Not gate was transmitted to DAQ Assistant1. DAQ Assistant1 controlled transmitting the 5 V to the relay drive circuit, with switch 3-5 closed. The solid state relay did not conduct electricity, so the electric current from the 220 V line could not flow through the gas alarm. When the NH_3 gas was applied, the drop across sample voltage (V_s) was transmitted to Operand 1 of Greater and the voltage (V_{set}) was transmitted to Operand 2 of Greater. The voltage (V_s) was less than the setting voltage (V_{set}). The result (5 V) from Greater was transmitted to Not gate. The Set Volt LED was not illuminated and the Gas alarm LED was illuminated. The voltage from Not gate was transmitted to DAQ Assistant1. DAQ Assistant1 transmitted the 0 V to the relay drive circuit and switch 3-5 was opened. The solid state relay conducted electricity, so the electric current from the 220 V line could flow through the gas alarm. This operation was carried out repeatedly, so that the NH_3 gas alarm was controlled successfully, with the sample operating as an NH_3 gas switch device. The voltage value (V_s) was displayed with a numerical indicator. The voltage versus time (V_s vs t) curve was displayed using a waveform chart, in order to control the gas switching of the gas alarm.

RESULTS AND DISCUSSION

Gas response demonstrative device

The result of the gas-sensing application using a demonstration device based on an NH_3 gas response with $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ is shown in Figure 2. This shows that the resistance of this sample at room temperature decreased from 4.4 MW to 3.7 M in the presence of NH_3 gas. An R-t characteristic indicates that a gas response was achieved. The ammonia gas responsivity (G) of this sample was -15.909%. The negative value of G showed that the resistance of this sample decreased in the presence of NH_3 gas. Gas ceramics were applied in the demonstration using the NH_3 gas response.

Gas switch device

The results can be seen in Figure 4 from the front panel and the block diagram of the system in LabVIEW using $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ in an NH_3 gas switch device. The results showed that the voltage drop across the sample was high in the absence of NH_3 gas, but the voltage drop across the sample was low in the presence of NH_3 gas. This indicated that the sample could be used as a gas switch device at room temperature. Therefore, the computer demonstrated the application of this sample as a gas switch device - when the sample was in the presence of NH_3 gas, the gas alarm worked.

CONCLUSIONS

The $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ ceramic pellets fabricated by standard ceramic techniques were in a disc-shaped form. This pellet form exhibited an NH_3 gas response. The results showed that the resistance of this sample at room temperature decreased in the interval of 4.4 MW to 3.7 MW in the presence of NH_3 gas. The measured gas responsivity value was about -15.909% in ambient air. This result signified the application potential

of these pellets for NH₃ gas detection. The ZnO+0.01Sb₂O₃ ceramic pellet was developed for use as an NH₃ gas switch device that operated at room temperature. The solid-state circuitry ensured accurate operation of the gas switch device. An automatic, data-acquisition system for monitoring the gas response and a gas switch device test were prepared using a procedure based on an LP connector, a data acquisition card, a computer and the LabVIEW program.

LITERATURE CITED

- Barney, G. C. 1988. **Intelligence Instrumentation: Microprocessor Applications in Measurement and Control**. 2nd, Prentice Hall, New York: 467 p.
- Forero, N. G. 2006. Development of a monitoring system for a PV solar plant. **Energy Conversion and Management** 47(15-16): 2329-2336.
- Moulson, A.J. and J.M. Herbert. 1990. **Electroceramics**. Chapman & Hall, London, 464 p.
- Zhipeng, S. 2007. Simple synthesis of CuFe₂O₄ nanoparticles as gas-sensing materials. **Sensors and Actuators B: Chemical** 125(1): 144-148.

Color Enhancement of Natural Type Ia Diamond Using a Neutron-Irradiation and Annealing Method

Siwaporn Sahavat^{1*}, Areeratt Kornduangkaeo², Kanphot Thongcham³,
Siwaporn Meejoo³, Wiwat Wongkokua¹ and Suree Likittachai¹

ABSTRACT

Color in diamonds arises from defects or impurities such as nitrogen, boron or a lattice vacancy. Therefore, suitable types and quantities of defects will assist in creating the most desirable color in a diamond. In this research, ESR spectroscopy was used to find the optimal annealing temperature for color changing in a neutron-irradiated type Ia diamond. It was found that negative vacancies (V^-) became mobile above 600°C and were completely trapped by nitrogen to form color centers at 750°C. Therefore, the optimal temperature for color treatment of irradiated diamonds was 750°C. After annealing, yellow diamond was obtained. The optimal fluence of neutron irradiation to produce green diamond was then determined. This research showed that neutron irradiation could turn brown diamond into green diamond with the shading dependent on the fluence of irradiation. The optimal fluence to obtain green diamond was 1.58×10^{16} n/cm², while at higher levels the diamond became opaque. After annealing at approximately 750°C, irradiated diamond turned into yellow diamond. A higher fluence of neutron irradiation provided a relatively dark yellow color after annealing. The pale or dark shade of enhanced yellow diamond seemed to be independent of the annealing time.

Key words: diamond, color enhancement, neutron irradiation, annealing, ESR

INTRODUCTION

For a long time diamond has been known as the most precious all gemstones. In general, natural diamond is found in several colors ranging from colorless, steel gray, blue, yellow, orange, red, pink, purple, and brown to black. Intense-colored diamonds are also called fancy diamonds (Harris, 1994) and these are rare. Only one out of every ten thousand near-colorless diamonds is a fancy diamond (Fritsch, 1998). This rarity gives them a much higher market value compared to

colorless diamonds.

The color of a diamond is influenced by defects or impurities. The types of impurities can also be used to classify diamonds (Wilks and Wilks, 1991). Nitrogen is the predominant impurity in natural diamond. In type Ia diamond, nitrogen atoms are present either in an aggregated form of nitrogen pairs $[N_s - N_s]^0$ (A center, Type IaA), or in a group of four nitrogen atoms surrounding a vacancy $[4N_s - V]^0$ (B center, type IaB). Type Ia diamond is colorless because the A and B centers can absorb only light with a

¹ Department of Physics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

² Thailand Institute of Nuclear Technology, Bangkok 10900, Thailand.

³ Department of Chemistry, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand.

* Corresponding author, e-mail: fscisws@ku.ac.th

A demonstration of the UV light response of ZnO+0.01Sb₂O₃ ceramics and application for UV light sensor and UV light switch using LabVIEW-based measurement system

Thongchai Panmatarith* and Kingkan Poatong

Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University,
Hat Yai, 90112, Thailand.

*Corresponding author. E-mail : tongchai.p@psu.ac.th

ABSTRACT

In the current paper, ZnO+0.01Sb₂O₃ ceramics were prepared using the mixed oxide method. A LabVIEW- based measurement systems were prepared and used for all experimentation. Ultraviolet light (UV) response of ZnO+0.01Sb₂O₃ ceramics have been investigated. Result showed that the resistance of this sample at room temperature (30°C) decreased in the interval of 3.5 MΩ –1.65 MΩ in the presence of UV light with intensity of 2530 Lux. The measured UV light responsivity (G) was -52.857 %. The negative value of UV light responsivity showed that the resistance of this sample decreased in the presence of UV light. This sample exhibited UV light response material and indicated their potential application as UV light sensor. The resistance versus UV light intensity characteristics was determined. We present the application of ZnO+0.01Sb₂O₃ ceramics for UV light sensor. The operation of this sample for UV light sensor used the relationship between voltage drop across the sample and UV optical intensity. This relation was used for the measurement of UV light intensity. In addition, this ZnO+0.01Sb₂O₃ ceramics can be used for UV light switch device testing. The operation of this sample for UV switch device used the result from comparison between voltage drop across the sample and setpoint voltage (3.979 V). Optical alarm was used for showing the operation of UV light switch device. This sample and system will be used for teaching and learning works in future.

Keywords : optical response ceramics , ultraviolet light sensor , ultraviolet light switch, LabVIEW.

INTRODUCTION

Ultraviolet (UV) detectors play an essential role in chemical and biological analysis and flame detection (Cheng *et al.*, 2008). ZnO exhibits excellent UV photosensitivity that is a key to UV photodetection. The band gap of ZnO ceramics is about 3.4 eV. Some earlier researches demonstrated the capability of ZnO UV photodetectors. ZnO is a semiconductor which has many applications, such as piezoelectric transducers, varistors, phosphors, and transparent conducting films. The main advantages of ZnO as a light emitter are its large exciton binding energy (Look, 2001). Illuminated I–V characteristics of ZnO MSM UV sensors with different contact electrodes were studied (Young, 2006). Complex impedance measurements were used to analyze the influence of ultraviolet and ozone gas on the electronic behaviour of ZnO films grown by rf magnetron sputtering (Gonçalves,

2006). Zinc oxide (ZnO) is an electroluminescent (EL) material that can emit light in different regions of electromagnetic spectrum when electrically excited (Lima, 2007). ZnO films was deposited on c-plane (0001) sapphire substrate at 250 °C. The high-temperature-dependent optical properties of ZnO film were measured by ultraviolet-visible transmission with temperatures ranging from room-temperature to 300 °C and analyzed by theoretically fitting the optical absorption edge curve (Chenghua, 2008). There are several reports on the optical properties of ZnO bulk ceramics, however, the descriptions on the application of ZnO+0.01Sb₂O₃ for UV switch using LabVIEW-based system has not been found in the literature.

This paper describes the demonstration of the UV light response test and the resistance versus UV light intensity characteristics of ZnO+0.01Sb₂O₃ ceramics and application for UV light sensor and UV light switch using LabVIEW-based measurement system.

METHODOLOGY

Sample preparation

The materials were prepared by the mixed oxide method using high purity ZnO and Sb₂O₃ powders. Preparation sample composition was ZnO+0.01Sb₂O₃. The powders were weighed and mixed in a mortar and a mixer for 10 min. An organic binder (PVA) of 1 wt.% was added and they were then pressed at 265 MPa into 12 mm diameter and about 2.5 mm high cylindrical pellets. The pellets were fired at 1100 °C with the furnace heating rate at about 5 °C/min for 4 hours. The crystalline structure of the pellet was investigated by X-ray diffraction. The opposite sites of the as-fired pellets were coated with a silver paste and the components were fired at 120 °C for 15 min.

The test for UV response

Experimental setup of the test for UV response with LabVIEW is shown in Figure 1. Front Panel and Block diagram of the test for UV response with LabVIEW is shown in Figure 2. The used sample was ZnO+0.01Sb₂O₃. This sample was 2.3 mm in thickness and 12.91 mm in diameter. The load resistance (R_L) was 2 M Ω . UV light source was EPROM Eraser. The equipment was prepared using LP connector, a DAQ data acquisition card, computer and LabVIEW program commercially supplied by National Instruments Corporation (<http://www.ni.com>). When the program started, the main menu of the LabVIEW came to screen. Users are expected to create the Front Panel and Block Diagram and set the properties of virtual devices and virtual instruments. The principle of operation was an electronic load connected in series with the sample as voltage divider. The divider which composed of load resistor and ceramic sample was used to supply a voltage as input to the LP connector and DAQ card. This card was used to detect the V_s and V_{L_s} signals generated in this voltage divider. Current from 5 V dc power supply flowed through a load resistor (R_L) of 2 M Ω and sample resistance (R_s). Voltage drop across R_s and R_L+R_s were V_s and V_{L_s} . Voltage V_s and V_{L_s} were transmitted to AI0 and AI1 of LP connector, DAQ Card, PCI slot and computer, respectively. DAQ Assistant worked by receiving voltage V_s and V_{L_s} from LP connector and

transmitted through DAQ Card into computer. V_s and V_{L_s} were transmitted to Amplitude and Level Measurements for Mean (DC) measuring. Split signal splitted V_s and V_{L_s} . For resistance determination, V_s and V_{L_s} were transmitted to Subtract for $V_L = V_{L_s} - V_s$. Load current (I_L) was calculated with $I_L = V_L / R_L$. Sample current (I_s) and load current ($I_s = I_L$) were equal. Sample resistance (R_s) was calculated with $R = R_s = V_s / I_s$. Resistance value (R_s) was displayed with Numeric Indicator. Resistance vs. time (R_s vs. t) of the sample was displayed using Waveform Chart. The sample was in the presence of UV light with intensity of 2530 Lux. The faces of the silver coated are parallel face, the UV light get through the sample in perpendicular direction (see Figure 1). The program was run to show the result. The Front Panel and Block Diagram were saved in computer and printed with printer. The computer will control the entire measurement process. UV light sensitivity (S) that was defined as $S = (R_{UV} - R_0) / R_0$ was calculated, where R_0 was sample resistance in the absence of UV light and R_{UV} was sample resistance in the presence of UV light with 2530 Lux.

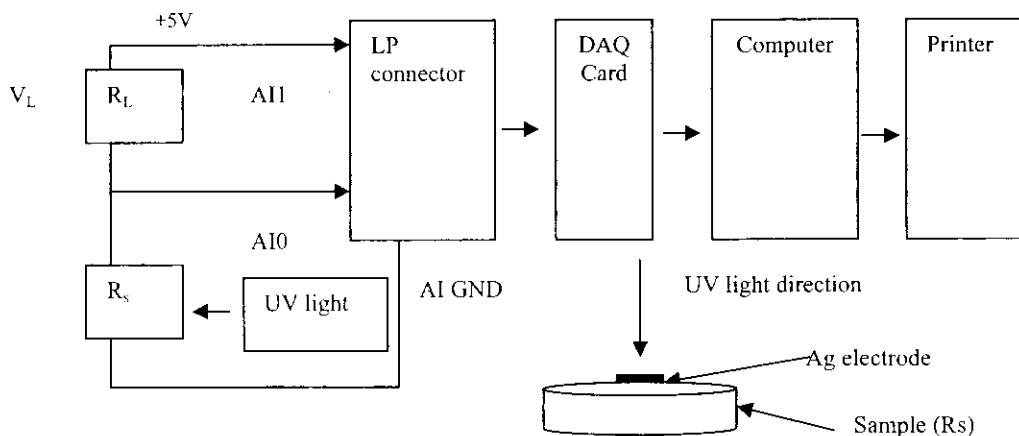


Figure 1 Experiment setup of the test for UV response with LabVIEW.

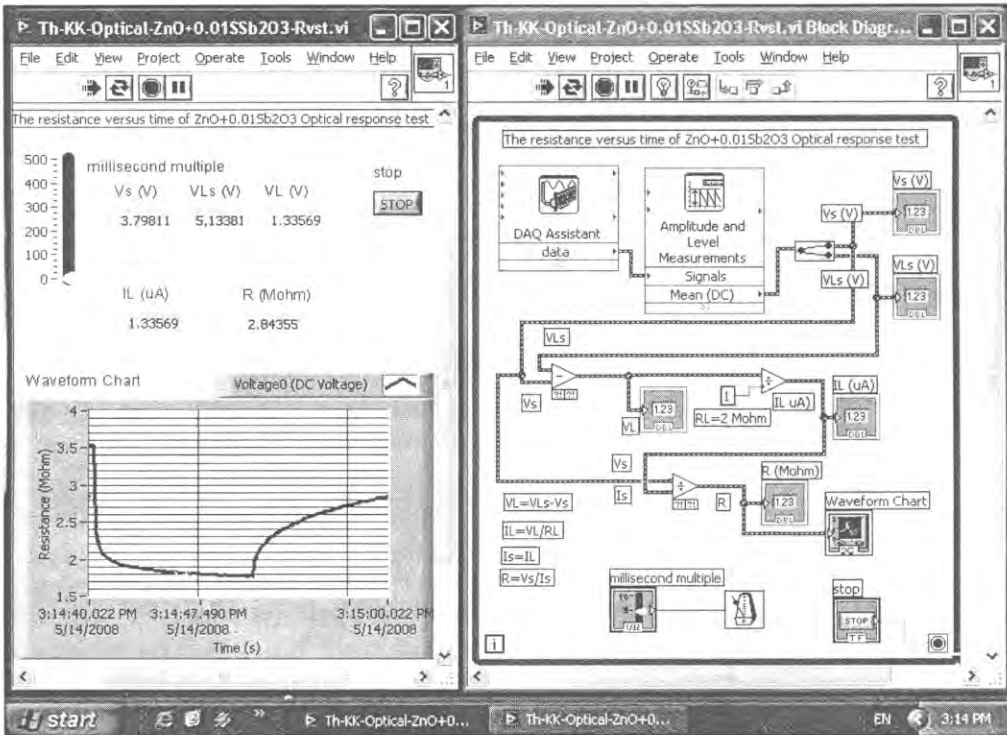


Figure 2 Front Panel and Block diagram of the test for UV response with LabVIEW.

The measurement for resistance versus UV light intensity

The determinaton for UV light intensity from Lux Meter versus voltage drop across commercial LDR (LI vs Vs)

Experiment setup for UV light intensity from commercial Lux meter versus voltage drop across commercial LDR (LI vs V_{LI}) with LabVIEW is shown in Figure 3. Front Panel and Block Diagram for displaying UV light intensity from Lux Meter versus voltage drop across commercial LDR (LI vs V_{LI}) with LabVIEW is shown in Figure 4. This program was RUN. The relation of UV light intensity from Lux Meter from computer screen (LI) and voltage drop across commercial LDR (V_{LI}) were read. The $LI=f(V_{LI})$ curve and the equation were written using EXCEL (Figure 5). The resultant equation was $LI = 1683.3V_{LI} - 3623.3$. V_{LI} is V. So, commercial LDR can be operated as UV light intensity sensor for measuring the UV light intensity from UV light source. The UV light intensity value is displayed using Numeric Indicator and The LI vs. t curve is displayed using Waveform Chart (Figure 4).

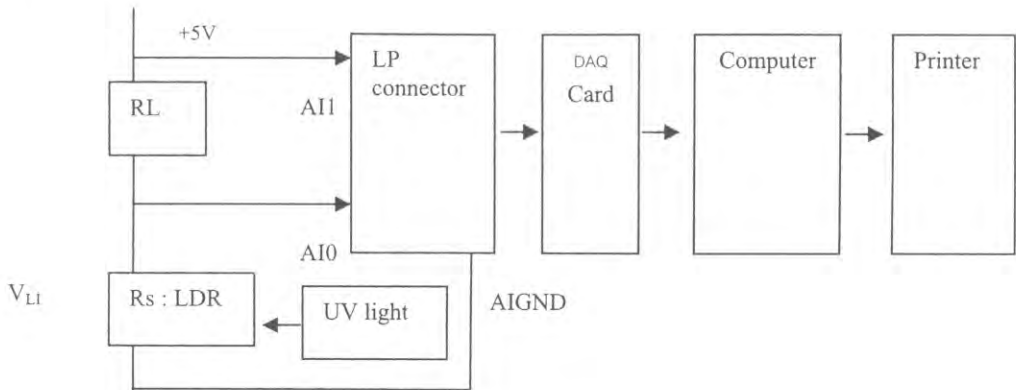


Figure 3 Experiment setup for UV light intensity from Lux meter versus voltage drop across commercial LDR (LI vs V_{LI}) with LabVIEW.

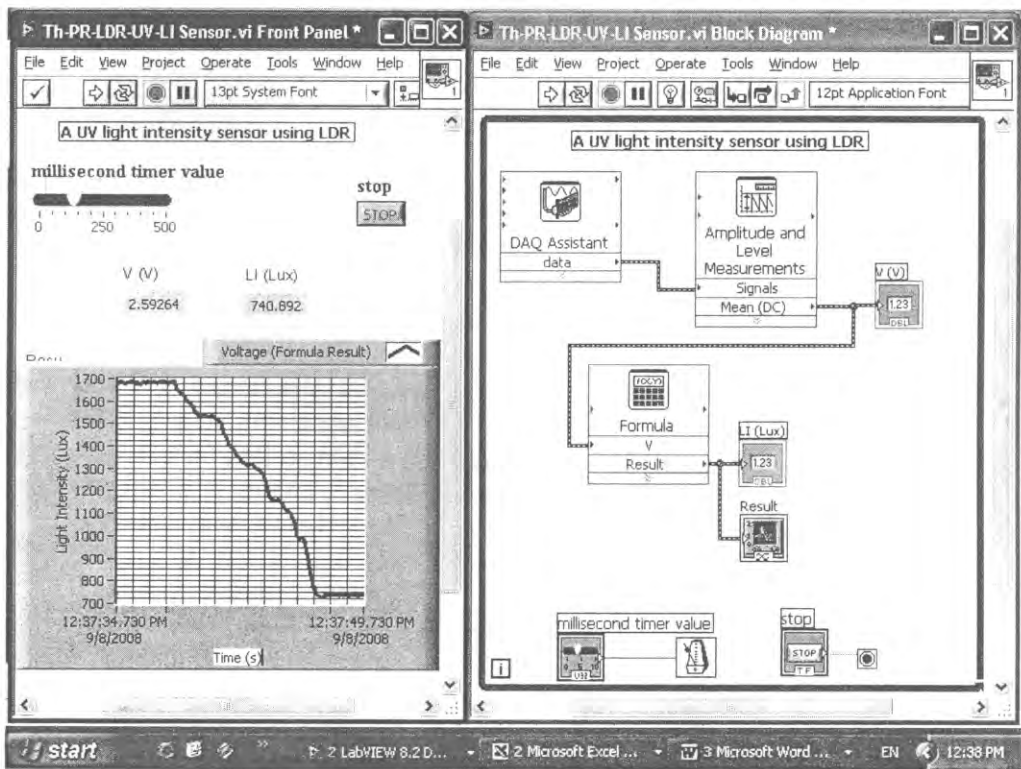


Figure 4 Front Panel and Block Diagram for displaying UV light intensity from Lux Meter versus voltage drop across commercial LDR (LI vs V_{LI}) with LabVIEW.

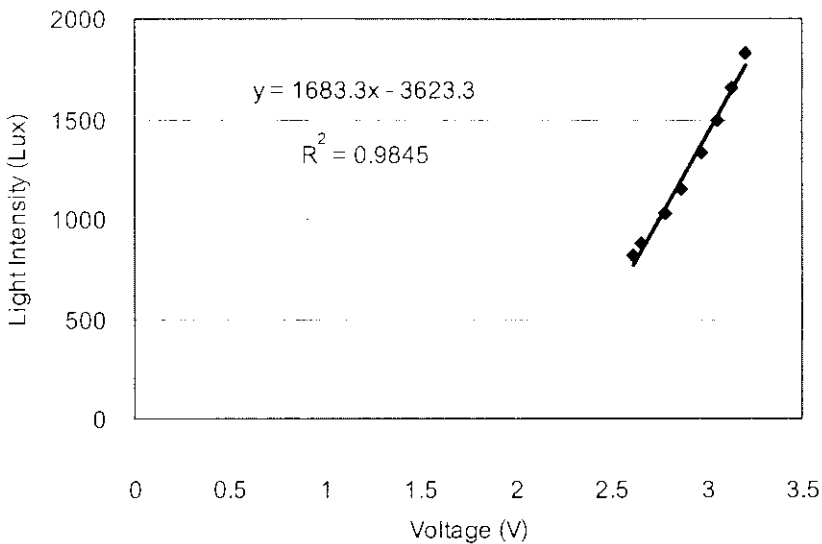


Figure 5 The $LI=f(V_{LI})$ curve and the equation were written using EXCEL.

Sample resistance versus UV light intensity measurement

Experiment setup for sample resistance vs. UV light intensity with LabVIEW is shown in Figure 6. Front Panel and Block diagram for sample resistance vs. UV light intensity with LabVIEW is shown in Figure 7. The used ceramic sample was a $ZnO+0.01Sb_2O_3$. The UV sensor was a commercial LDR. The load resistance (R_{LI}) was $2\text{ M}\Omega$. UV light source was EPROM Eraser. The divider which composed of load resistor and ceramic sample was used to supply voltage as input to the LP connector and DAQ card. Current from 5 V dc power supply flowed through a load resistor (R_{LI}) of $2\text{ M}\Omega$ and sample resistance (R or R_s). Voltage drop across R_s and R_L+R_s were V_s and V_{Ls} . Voltage (V_{LI}) was generated using commercial LDR for UV light intensity measuring. Voltage V_s , V_{Ls} and V_{LI} were transmitted to AI0, AI1 and AI2 of LP connector, DAQ Card, PCI slot and computer, respectively. DAQ Assistant worked by receiving voltage V_s , V_{Ls} and V_{LI} from LP connector and transmitted through DAQ Card into computer. V_s and V_{Ls} were transmitted to Amplitude and Level Measurements for Mean (DC) measuring. Split signal splitted V_s , V_{Ls} and V_{LI} . For resistance determination, V_s and V_{Ls} were transmitted to Subtract for $V_L=V_{Ls}-V_s$. Load current (I_L) was calculated with $I_L=V_L/R_L$. Sample current (I_s) and load current ($I_s=I_L$) were equal. Sample resistance (R) was calculated with $R=V_s/I_s$. Resistance value (R) was displayed with Numeric Indicator. Voltage (V_{LI}) was transformed to be UV light intensity (LI) with Formula and $LI = 1683.3V_{LI} - 3623.3$. UV light intensity value (LI) was shown with Numeric Indicator. UV light intensity (LI) and Resistance (R) of the sample were transmitted to X Input and Y Input of Build XY Graph for displaying R vs. LI graph. The sample was in the presence of UV light. The program was run to show the result. The Front Panel and Block Diagram were saved in computer and printed with printer.

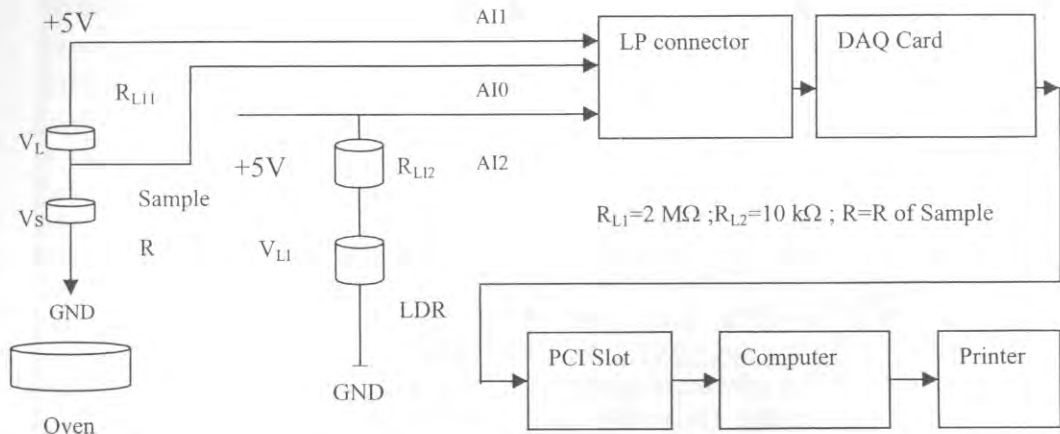


Figure 6 Experiment setup for sample resistance vs UV light intensity with LabVIEW, where the used sample was a ZnO+0.01Sb2O3 and the UV sensor was a commercial LDR.

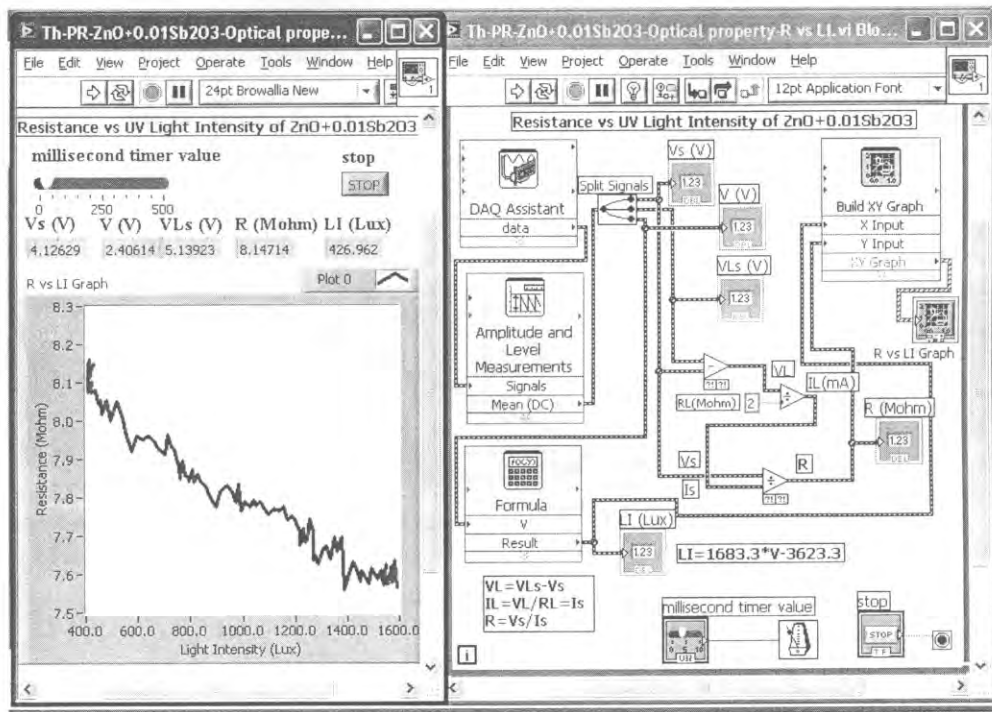


Figure 7 Front Panel and Block diagram for sample resistance vs. UV light intensity with LabVIEW, where the used sample was a ZnO+0.01Sb2O3 and the UV sensor was a commercial LDR.

Optical ceramic application for UV light sensor

Experimental setup for optical ceramic application for UV light sensor with LabVIEW is shown in Figure 8. Front Panel and Block Diagram for optical ceramic application for UV light sensor with LabVIEW is shown in Figure 9. UV light intensity (LI) was measured using commercial optical sensor and voltage drop across the $ZnO+0.01Sb_2O_3$ sample (V_s) was measured with LabVIEW. The LI and V_s were read and plotted using EXCEL (Figure 10). The resultant equation was $LI = 52883V_s^2 - 139723V_s + 92454$. Experiment setup for the measurement of UV light intensity using the $ZnO+0.01Sb_2O_3$ UV optical sensor with LabVIEW was the same as Figure 8. Front panel and Block Diagram for UV light intensity measurement using the $ZnO+0.01Sb_2O_3$ UV optical sensor with LabVIEW was the same as Figure 9. The relation of $LI = 52883V_s^2 - 139723V_s + 92454$ was written into Formula for transforming the voltage across the sample (V_s) to be the UV light intensity (LI). So, the $ZnO+0.01Sb_2O_3$ sample operated as UV light intensity sensor for measuring the UV light intensity. The UV light intensity value was displayed using Numeric Indicator and The LI vs. t curve was displayed using Waveform Chart.

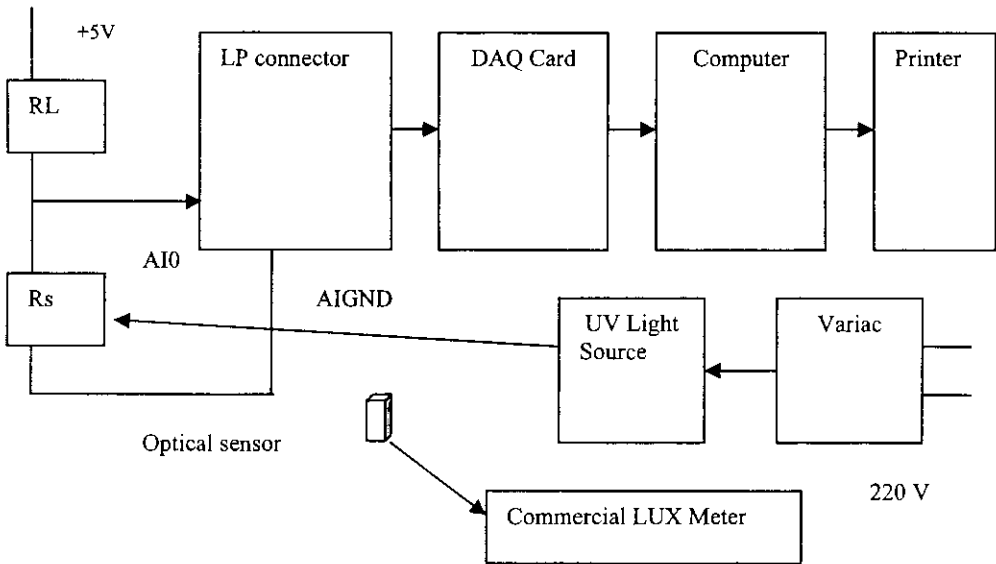


Figure 8 Experimental setup for optical ceramic application for UV light sensor with LabVIEW.

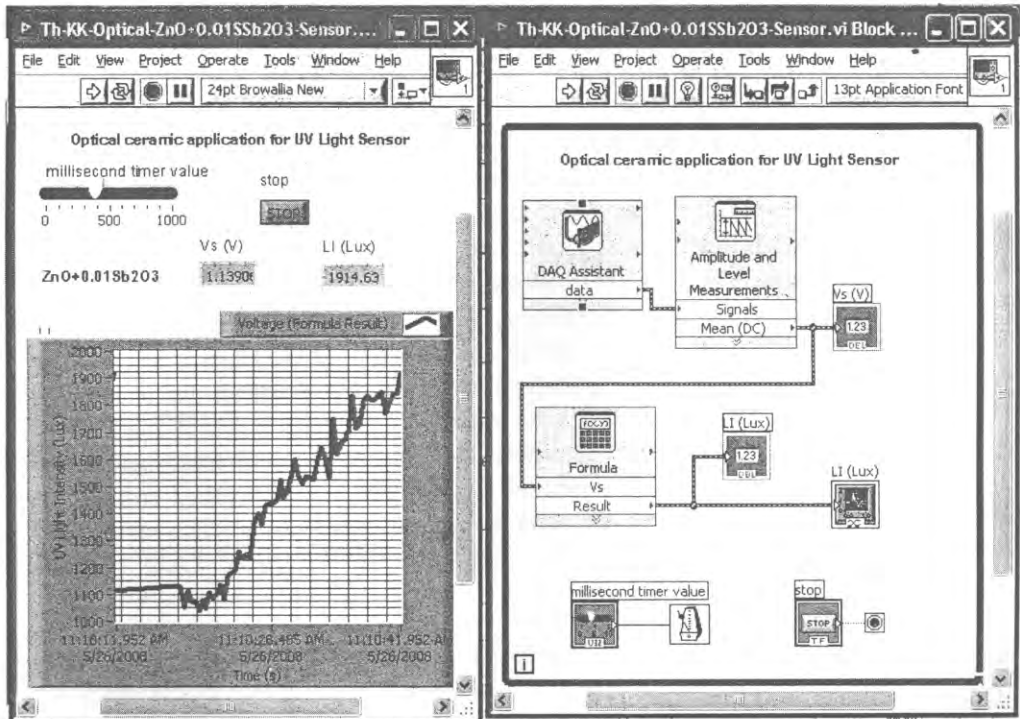


Figure 9 Front Panel and Block Diagram for optical ceramic application for UV light sensor with LabVIEW.

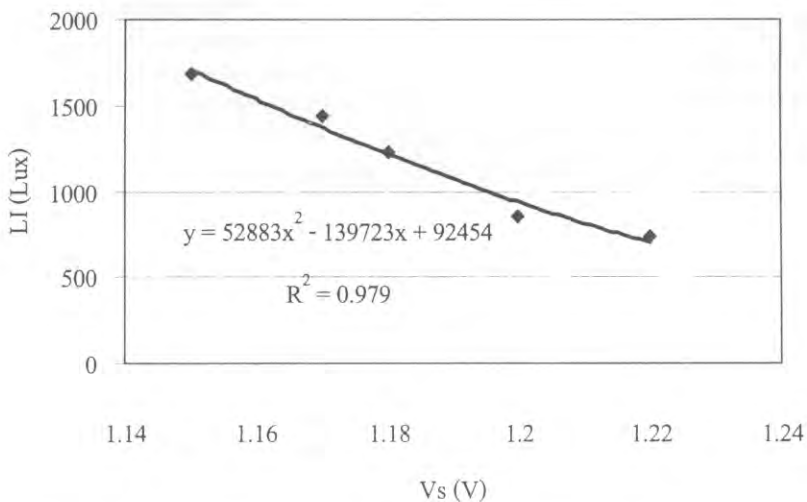


Figure 10 The relationship for UV light intensity from commercial optical sensor versus voltage drop across the ZnO+0.01Sb₂O₃ sample (LI vs. Vs) for calibration.

Optical ceramic application for UV light switch

Experimental setup for optical ceramic application of $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ for UV light switch with LabVIEW is shown in Figure 11. Front Panel and Block diagram for optical ceramic application of $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ for UV light switch with LabVIEW is shown in Figure 12. The used sample was $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$. The load resistance (R_L) was $2\text{ M}\Omega$. Light source was UV light. Current from 5 V dc power supply flowed through load resistor (R_L) $2\text{ M}\Omega$ and sample resistance (R_s). Voltage drop across R_s was V . Voltage (V) was transmitted to AI0 of LP connector, DAQ Card, PCI slot and computer, respectively. DAQ Assistant2 worked by receiving voltage (V) from LP connector and transmitted through DAQ Card into computer. Voltage (V) was transmitted to Amplitude and Level Measurements for Mean (DC) measuring. For UV optical switch test, initially, UV light was not applied, the voltage across sample (V) was transmitted to Operand 1 of Greater and setting voltage (V_{set}) was transmitted to Operand 2 of Greater. The setting voltage was 3.979 V . The voltage (V) was greater than setting voltage (V_{set}). The result (0 V) from Greater was transmitted to Not gate. Set Volt LED was light. Load LED was dark. The voltage from Not gate was transmitted to DAQ Assistant1. DAQ Assistant1 controlled for transmitting the 5 V to relay drive circuit, switch 3-5 was closed. Solid state relay did not electrically conducted, the electric current from 220 V line can not flow through UV light alarm. Finally, UV light was applied, the voltage drop across sample (V) was transmitted to Operand 1 of Greater and setting voltage (V_{set}) was transmitted to Operand 2 of Greater. The voltage (V) was less than setting voltage (V_{set}). The result (5 V) from Greater was transmitted to Not gate. Set Volt LED was dark. Load LED was light. The voltage from Not gate was transmitted to DAQ Assistant1. DAQ Assistant1 controlled for transmitting the 0 V to relay drive circuit, switch 3-5 was opened. Solid state relay electrically conducted, the electric current from 220 V line can flow through UV light alarm. This operation worked repeatedly, the UV light alarm was controlled, successfully. This sample operated as UV light switch. The voltage value (V) was displayed with Numeric Indicator. The voltage versus time (V vs t) curve was displayed using Waveform Chart. Program was run to show the result. It was done in order to use this sample for UV light switch test.

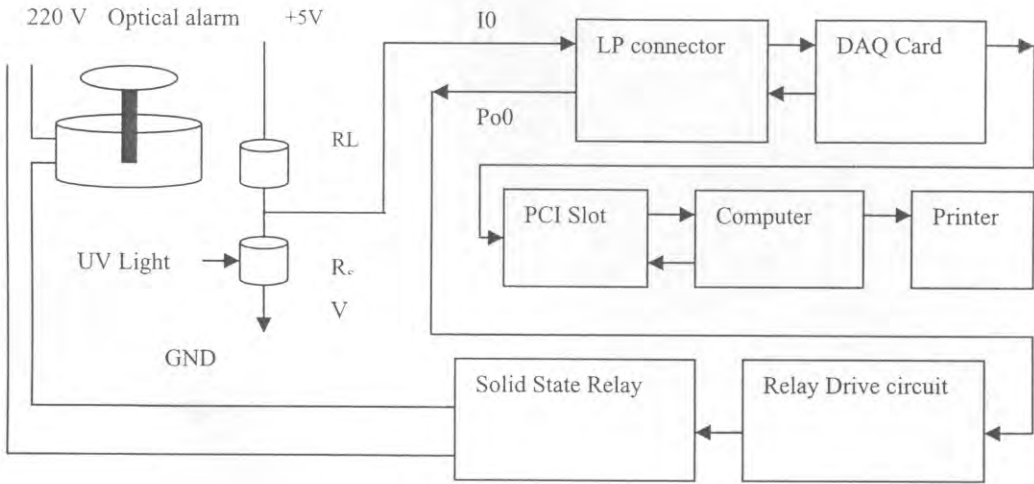


Figure 11 Experiment setup for optical ceramic application for UV light switch with LabVIEW.

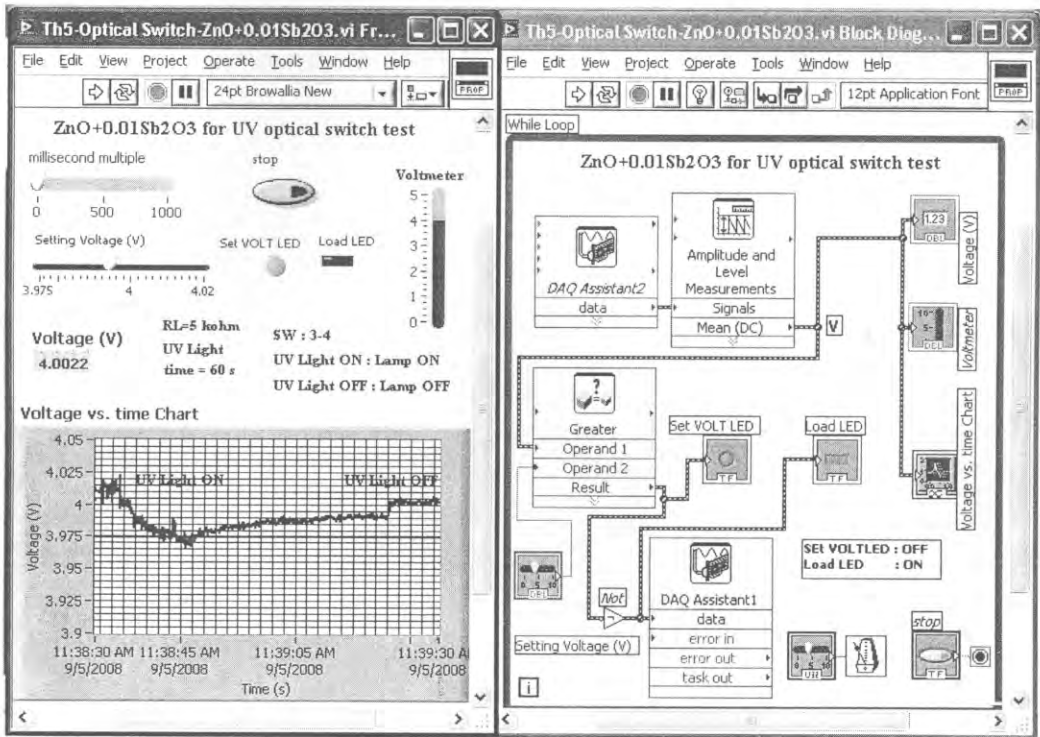


Figure 12 Front Panel and Block diagram for optical ceramic application for UV light switch with LabVIEW.

RESULTS AND DISCUSSION

Sample phase

The diffractogram of the ZnO+0.01Sb₂O₃ pellet is shown (Figure 13) and found that this sample phases were ZnO and Zn_{2.33}Sb_{0.67}O₄.

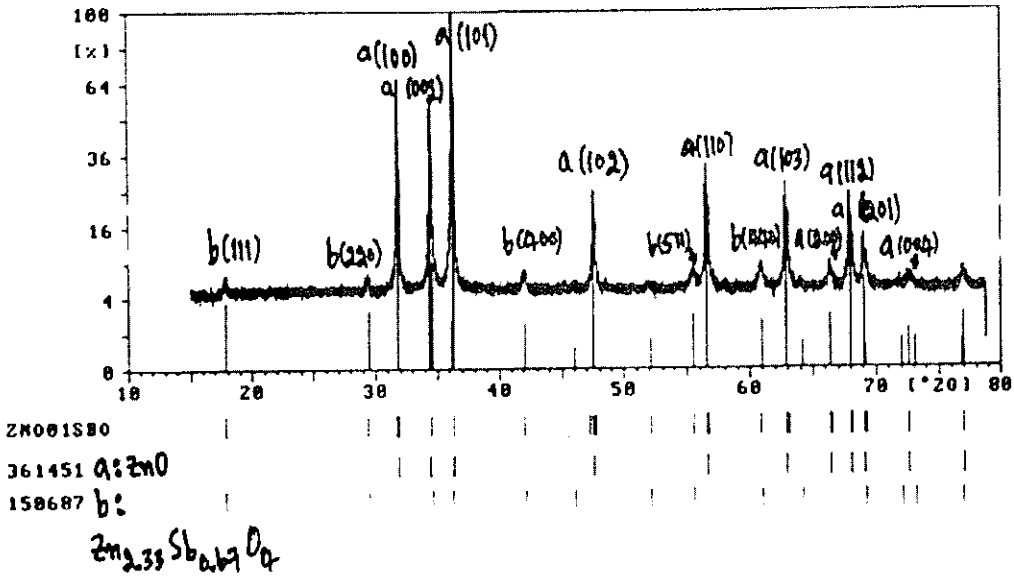


Figure 13 The diffractogram of the ZnO+0.02Sb₂O₃ prepared sample.

UV response test

The result for resistance versus time measurement of ZnO+0.01Sb₂O₃ is shown (Figure 2). Result showed that the resistance of this sample at room temperature decreased from 3.5 MΩ to 1.65 MΩ in the presence of UV light with intensity of 2530 Lux. A R-t characteristic indicates that a UV optical response was achieved. UV optical responsivity (G) of this sample was calculated with $G = [(R_f - R_i) / R_i] * 100$, where R_i and R_f were the sample resistance before and after in the presence of UV light. UV optical responsivity (G) of this sample was -52.857 %. The negative value of UV optical responsivity showed that the resistance of this sample decreased the presence of UV light. Optical ceramic application for UV light sensor.

Resistance versus UV light intensity

The result for sample resistance vs UV light intensity with LabVIEW, where the used sample was a ZnO+0.01Sb₂O₃ and the UV sensor was a commercial LDR is shown in Figure 7. When the UV light intensity increased, the sample resistance was decreased because of energy gap effect.

UV light sensor

The result can be seen from the Front Panel of LabVIEW for UV light sensor test of $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ (Figure 9). From the curve of UV light intensity versus time, this sample can be used as UV light sensor at room temperature. So, computer can demonstrate the application of this sample for the UV light sensor.

UV light UV light switch device

The result can be seen from the Front Panel of LabVIEW for optical ceramic application of $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ for UV light switch device (Figure 12). From this figure, voltage drop across load resistor was a high value when UV light did not illuminate. But voltage drop across load resistor was a low value when UV light illuminated. This sample can be used as optical switch at room temperature. When UV light was incident on the sample surface, the optical alarm will work. The description on the application of $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ for UV switch using LabVIEW-based system has not been found in the literature [1,2,3,4,5,6].

CONCLUSION

- 1) The $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ ceramic pellets fabricated by the mixed oxide method have disc-shaped form.
- 2) This pellet exhibited UV light response. Result showed that the resistance of this sample at room temperature increased in the interval of $3.5\text{ M}\Omega$ to $1.65\text{ M}\Omega$ in the presence of UV light with intensity of 2530 Lux at room temperature. The measured UV light responsivity value is about -52.857 % in ambient air. This results signify the application potential of this pellets for UV light detection.
- 3) The $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ ceramic pellet showed resistance versus UV light intensity at room temperature.
- 4) The $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ ceramic pellet was developed for the use as UV light sensor at room temperature.
- 5) The $\text{ZnO}+0.01\text{Sb}_2\text{O}_3$ ceramic pellet was developed for the use as UV light switch at room temperature. The solid-state circuitry ensure accurate about the operation of UV light switch.
- 6) An automatic, low cost data acquisition system for monitoring the optical response ,UV light sensor test and UV light switch has been developed using a procedure based on virtual instrumentation. It measures and displays the graphics of the results. The proposed equipment is based on LP connector, a DAQ data acquisition card, computer and LabVIEW program, for processing, displaying and storing the collected data.
- 7) This test was conducted from April, 2008 and indicated that the equipment developed was suitable for studying the optical ceramics at room temperature. This experimental work was carried out at the Physics Department, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Thailand.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by Prince of Songkla University, Thailand.

REFERENCES

- Cheng, J., Zhang, Y. and Guo, R. (2008). ZnO microtube ultraviolet detectors: *Journal of Crystal Growth*, 310(1), 57-61.
- Chenghua, S. (2008). High-temperature-dependent optical properties of ZnO film on sapphire substrate: *Thin Solid Films.*, 516(6), 1137-1141.
- Gonçalves, G. (2006). UV and ozone influence on the conductivity of ZnO thin films: *Journal of Non-Crystalline Solids*, 352(9-20), 444-1447.
- Lima, S.A.M. (2007). Electroluminescence of zinc oxide thin-films prepared via polymeric precursor and via sol-gel methods: *Thin Solid Films.*, 516(2-4), 165-169.
- Look, D.C. (2001). Recent advances in ZnO materials and devices: *Materials Science and Engineering B.*, 80(1-3), 383-387.
- Young, S.J. (2006). ZnO metal-semiconductor-metal ultraviolet sensors with various contact electrodes: *Journal of Crystal Growth*, 293(1), 43-47.