3. วัสดุและวิธีการวิจัย

ในการทดลองนี้ เน้นศึกษาสมบัติทางกายภาพ, ทางไฟฟ้าและการประยุกต์ใช้งานของสารตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด คือ สาร 1 : Tin dioxide-Iron oxide : SnO_2 - Fe_2O_3 สาร 2 : Copper oxide - strontium carbon oxide : CuO - $SrCO_3$ และสาร 3 : Cobalt Iron oxide : $CoFe_2O_4$

3.1 วัสดุ

1.1.1 ดีบุกออกไซด์ () ความบริสุทธิ์ $\geq$ 99.5 %

1.1.2 เหล็กออกไซด์ () ความบริสุทธิ์ $\geq$ 99.5 %

1.1.3 ทองแดงออกไซด์ () ความบริสุทธิ์ $\geq$ 99.5 %

1.1.4 $SrCO_3$ () ความบริสุทธิ์ 99.5 %

1.1.5 CoO () ความบริสุทธิ์ 99.5 %

1.1.6 โพลิไวนิลแอลกอฮอล์ (polyvinyl alcohol)

1.1.7 กระดาษทราย (SiC grinding paper) ยี่ห้อ Buehler

1.1.8 กาวเงิน (silver paste)

1.1.9 น้ำมันซิลิโคน (silicone oil)

1.1.10 น้ำกลั่น

2. อุปกรณ์

2.1.1 เครื่องชั่งสารแบบตัวเลข

2.1.2 เตาเผาอุณหภูมิ

2.1.3 เครื่องอัดระบบไฮโดรลิกที่สามารถอัดด้วยแรงดันสูงสุด 25 ตัน

2.1.4 ไมโครมิเตอร์ (micrometer) ความละเอียด 0.01mm

2.1.5 เครื่องเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์ (x-ray diffractrometer) ยี่ห้อ Phillips PW3710

2.1.6 เครื่องขัดผิวสาร (grinder/polisher) รุ่น PHOENI BETA

2.1.7 เครื่องวัด LCR Meter (HP 4263B)

2.1.8 เครื่องวัดอุณหภูมิ (AVD M890C$^+$)

2.1.9 เทอร์โมคอปเปิล ชนิด K

2.1.0 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC power supply)

2.11 เครื่องมัลติมิเตอร์ (FLUKE 45 Dual Display Multimeter)

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 เตรียมสาร SnO_2-Fe_2O_3 , CuO-$SrCO_3$ และ $CoFe_2O_4$ จากวัตถุดิบที่เป็นผงโดยใช้เทคนิคเซรามิกส์มาตรฐาน

3.2 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ

3.3 การตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้า

3.4 การประยุกต์ใช้งาน

3.4.1 สาร SnO_2- Fe_2O_3 เช่น ทดสอบประยุกต์ใช้เป็นหัววัดอุณหภูมิและอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

3.4.2 สาร CuO-$SrCO_3$ เช่น ทดสอบแรงดันเทอร์โมอิเล็กตริกที่ขึ้นกับอุณหภูมิของสาร และสร้างระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์สำหรับแสดงแรงดันเทอร์โมอิเล็กตริกที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

3.4.3 สาร $CoFe_2O_4$ เช่น ทดสอบการเหนี่ยวนำสารให้เป็นแท่งแม่เหล็กถาวรแล้วใช้ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์วัดสนามแม่เหล็กของสาร, ทดสอบการประยุกต์ใช้เป็นหัววัดการหมุน, วัดความถี่ของแรงดันไฟฟ้า

3.1. การเตรียมสารตัวอย่างโดยใช้เทคนิคเซรามิกส์มาตรฐาน (Buchanan,1991)

1) การเลือกสูตร คำนวณน้ำหนัก ชั่งน้ำหนัก ผสมผงของสาร

การเตรียมสารตัวอย่างจะใช้วิธีเทคนิคเซรามิกส์มาตรฐาน ขั้นตอนเริ่มจากเลือกสูตรของสาร นำสารไปชั่งด้วยเครื่องชั่งผสมสารตั้งต้นเข้าด้วยกันในครกบดสาร และหมุนผสมสาร หยดโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ผสมน้ำกลั่น10% โดยน้ำหนัก ในอัตรา 1 หยดต่อสาร 1 กรัม

2) ขั้นตอนการขึ้นรูป

นำผงสารที่เตรียมได้มาขึ้นรูปโดยกระบวนการอัดแบบแห้ง (dry-pressing) ซึ่งทำได้โดยการนำผงของสารที่ผ่านการผสมกับ PVA ใส่เบ้าอัด (mould) ขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.3 cm แรงอัด 1 ตัน ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะแม่พิมพ์

3) ขั้นตอนการเผา

นำก้อนสารไปเผาที่อุณหภูมิ 1100^{0}C, 900^{0}C และ 1100^{0}C ตามลำดับ โดยใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5 ^{0}C/min ของสารตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด (Buchanan,1991)

3.2 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ

3.2.1 ขนาดของสาร

วัดความหนาและเส้นผ่านศูนย์กลางของสารด้วยไมโครมิเตอร์ 3 ครั้ง แล้วบันทึกข้อมูลขนาดของชิ้นสารแต่ละชนิดอย่างละเอียด

3.2.2 การตรวจสอบโครงสร้างของสาร

การศึกษาเฟสของสารตัวอย่างที่เตรียมได้โดยหลักการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ด้วยเครื่อง XRD (X-ray difractometer) ใช้ความต่างศักย์ 3 kV กระแส 20 mA ได้การลวดลายการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (x-ray diffraction pattern) นำมาหาพีค (peak) ของระนาบ การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จากระนาบของอะตอมที่ขนานกันจะสอดคล้องตามกฎของแบรกก์ (Bragg's law)

$$2d \sin\theta = n\lambda \quad \text{.....(3.1)}$$

เมื่อ d คือ ระยะห่างระหว่างระนาบขนานที่ถัดกัน (d-spacing)

λ คือ ความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ซึ่งกำเนิดมาจากเป้าทองแดง (1.54 A^0)

θ คือ มุมแบรกก์ (Bragg angle)

3.3 การตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้า

3.3.1 สมบัติทางไฟฟ้าในสนามไฟฟ้ากระแสตรง(DC)

3.3.1.1 การทำขั้วไฟฟ้าและวัดความต้านทานไฟฟ้าก่อนการโพลิง

การตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของสารตัวอย่างโดยการนำกาวเงินลงบนผิวหน้าของสารทั้ง 2 ด้านของสาร พร้อมกับทำขั้วไฟฟ้า นำไปเผาที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 120^0C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นวัดความต้านทานไฟฟ้า (R) ของสาร SnO_2-Fe_2O_3 ที่อุณหภูมิ –100 ^{0}C ถึง 800 ^{0}C และสาร CuO–$SrCO_3$ ที่อุณหภูมิห้อง 24 ^{0}C ถึง 120 ^{0}C ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 แสดงการวัดความต้านทานที่อุณหภูมิต่างๆ

3.3.1.2 การโพลิง (poling) ในสาร SnO_2-Fe_2O_3 , CuO – $SrCO_3$

การทดลองป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (แรงดันไฟฟ้าโพลิง)10 kV ไปที่สารเป็นเวลา 4 นาที ในน้ำมันซิลิโคนที่อุณหภูมิห้อง การป้อนแรงดันไฟฟ้าเป็นแบบพัลส์ (pulse) หลังจากนั้นเอาแรงดันไฟฟ้าออก วัดความต้านทานไฟฟ้า (R) ของสาร SnO_2-Fe_2O_3 และ CuO – $SrCO_3$ ทั้งก่อนและหลังการโพลิงที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิห้องในช่วง 24^0C ถึง 120^0C ด้วยเครื่องมัลติมิเตอร์

รูปที่ 3.3 กระบวนการโพลิง

3.3.2 สมบัติทางไฟฟ้าในสนามไฟฟ้ากระแสสลับ

การวัดค่าอิมพีแดนซ์ (Z), ความนำไฟฟ้า (G), ความจุไฟฟ้า (C), ตัวประกอบการสูญเสีย (D) และ ตัวประกอบคุณภาพ (Q) ที่ความถี่ 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz และ 100 kHz ด้วยเครื่อง LCR Meter ดังรูปที่ 3.4 การวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ε_r ของสารตัวอย่าง ทำได้โดยคำนวณด้วยสูตร

$$\varepsilon_r = \{t_a \times C_p\} / \{\pi \times (d/2)^2 \times \varepsilon_0\} \quad \text{.....(3.2)}$$

เมื่อ ε_0 คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของสุญญากาศ (8.854×10^{-12} F/m)

t_a คือ ความหนาของสารตัวอย่าง (m)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของขั้วไฟฟ้าของสารตัวอย่าง (m^2)

C_p คือ ความจุไฟฟ้า (pF)

d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของขั้วการ์ด (guarded electrode, m)

รูปที่ 3.4 แสดงการวัดค่าความจุไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ

3.4 ประยุกต์ใช้งาน

3.4.1 ประยุกต์ใช้งานของสาร SnO_2-Fe_2O_3

3.4.1.1 หัววัดอุณหภูมิ

ขั้นตอนการทำมีดังนี้

1) ศึกษาโครงสร้างและการทำงานของคอมพิวเตอร์

CPU ทำหน้าที่คำนวณ ทำงานเป็นลำดับตามคำสั่งในโปรแกรม ROM ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบของเครื่องโดยอาศัยคำสั่งที่บรรจุอยู่ภายใน RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมที่ป้อนเข้าไป Key board ทำหน้าที่ป้อนข้อมูลหรือคำสั่งเข้าไปในเครื่อง TV monitor ทำหน้าที่แสดงผล เช่น แรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิ และ เส้นกราฟต่างๆ

2) ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ เช่น ตัวต้านทานค่าคงที่ ตัวเก็บประจุไฟฟ้า ไดโอดเรียงกระแส, LED, IC555, OP Amp741, ADC0809, 74LS244, โปรโตบอร์ด และ ET-PC8255 Card

3) ประกอบอุปกรณ์ลงบนโปรโตบอร์ดโดยอาศัยวงจรเชื่อมต่อที่ได้เตรียมไว้ หลังจากนั้นก็ป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าไปในวงจร ตรวจสอบจนใช้ได้ ถ้าวงจรใช้ได้ เมื่อเราปรับที่ VR10kΩ การติดดับของ LED จะเปลี่ยนไปมา ดังรูปที่ 3.5

4) เขียนโปรแกรม OUTPUT ด้วยภาษาเทอร์โบปาสคาล เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าออกทางพอร์ท B เป็นการตรวจสอบเพื่อให้ทราบว่าวงจรที่ต่อขึ้นใช้งานได้ สังเกตจากได้จากการติดดับของ LED ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากคอมพิวเตอร์เป็น 5V LED จะติด แต่ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากคอมพิวเตอร์เป็น 0V LED จะดับ การนำแรงดันไฟฟ้าออกนอกคอมพิวเตอร์จะใช้คำสั่ง Port [PB]:=0 หรือ Port[PB]:=255

5) เขียนโปรแกรม INPUT ด้วยภาษาเทอร์โบปาสคาล เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถอ่านหรือรับแรงดันไฟฟ้าจากวงจรเชื่อมต่อ แรงดันไฟฟ้าที่ปรับได้ด้วย VR10kΩ ถูกป้อนเข้าทางขา 26 (I_o) ของ ADC0809 แรงดันไฟฟ้าที่นี้เรียกว่า แรงดันอนาลอก ADC0809 จะทำหน้าที่แปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) วงจร IC555 จะทำหน้าที่ผลิตแรงดันรูปสี่เหลี่ยมแล้วส่งเข้าขา 10 ของ ADC0809 เพื่อให้ IC ตัวนี้ ทำงาน แรงดันดิจิตอลขนาด 8 บิต ถูกส่งผ่าน 74LS244 ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ ใช้ LED 8 ตัว อ่านหรือแสดงแรงดันดิจิตอลที่ output ของ74LS244 แรงดัน 8 บิต D7,D6,D5,D4,D2,D1,D0 นี้จะถูกส่งผ่าน ET-PC8255 Card โดยผ่านทางพอร์ท A ของ IC8255 แล้วถูกส่งต่อเข้าไปใน RAM การนำแรงดันไฟฟ้าจากวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์จะใช้คำสั่ง DV:=Port[PA] ใช้คำสั่ง writeln(‘ ‘) ให้เครื่องแสดงค่าของ DV, AV หรือ T บนจอใช้คำสั่ง Lineto(x,y) แสดงกราฟบนจอ

6) ทำการทดสอบเพื่อห้คอมพิวเตอร์ทำหน้าที่อ่านอุณหภูมิโดยใช้สารที่เตรียมได้เป็นหัววัด

ซึ่งทำได้โดยเริ่มจาก การนำสารที่เตรียมได้ต่ออนุกรมกับความต้านทาน 10kΩ แล้วป้อนแรงดันไฟฟ้า 5 V เข้าไป นำค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนความต้านทานในขณะที่อุณหภูมิเปลี่ยนป้อนเข้าขา 26 (I_0) ของ ADC0809 เพื่อแปลง AV เป็น DV ส่งผ่าน 74LS244 และ ET-PC8255 Card เข้าไปใน RAM สั่งให้แสดงค่า DV บนจอ แปลง DV เป็น AV ด้วยคำสั่ง AV:= (5/255)*DV สั่งให้แสดงค่า AV บนจอ เพิ่มอุณหภูมิของสารโดยใช้เตาไฟฟ้า ทำการปรับเทียบค่า (calibrate) โดยการอ่านอุณหภูมิจากเครื่องวัดจริง (Ttrue) ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ (Union 305) ซึ่งใช้เทอร์โมคอพเปิลชนิด K เป็นหัววัด และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (AV) บนจอคอมพิวเตอร์ในช่วงอุณหภูมิ 24 ^{0}C ถึง 100 ^{0}C นำค่า AV กับ Ttrue ไปพลอตกราฟและแสดงสมการ Ttrue = f(AV) ด้วย EXCEL เขียนสมการความสัมพันธ์ของ Ttrue vs AV ลงในโปรแกรมควบคุมการวัด หลังจากนั้นก็สั่ง RUN โปรแกรม แล้วอ่านอุณหภูมิจากเครื่องวัดจริง (Ttrue) กับอุณหภูมิจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้สารที่เตรียมได้เป็นหัววัด (Tmeasure) นำค่าทั้งสองไปพลอตกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่า เมื่อถึงขั้นตอนนี้ก็จะเสร็จสิ้นการปรับเทียบค่า

7) เราจะได้เครื่องวัดอุณหภูมิที่แสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์และใช้สารที่เตรียมได้เป็นหัววัด

รูปที่ 3.5 แสดงบล๊อคไดอะแกรมคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่อ่านอุณหภูมิ

3.4.1.2 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

วงจรเชื่อมต่อส่วนแรกจะเหมือนกับวงจรที่ได้ประกอบเตรียมไว้ในหัวข้อ 3.3.1.1 วงจรส่วนที่สองที่ต่อเพิ่มเข้ามาเป็นวงจรขับรีเลย์เพื่อควบคุมโซลิดสเตตรีเลย์ให้จ่ายไฟฟ้าเข้าเตาไฟฟ้า การปรับเทียบเพื่อให้คอมพิวเตอร์อ่านอุณหภูมิทำได้ในทำนองเดียวกันกับในหัวข้อ 3.3.1.1 เมื่อทดสอบจนคอมพิวเตอร์สามารถอ่านอุณหภูมิได้แล้วก็ให้เขียนโปรแกรมทดสอบให้วงจรขับรีเลย์ทำการจ่ายไฟฟ้า 5V กับ 0V สลับกัน เพื่อให้สวิทช์ของรีเลย์ทำงานในจังหวะเปิด และปิดสลับกัน การเปิดปิดสวิทช์ของรีเลย์จะไปควบคุมการทำงานของโซลิดสเตตรีเลย์ทำงานและหยุดทำงานสลับกันเพื่อให้เตาร้อนขึ้นในอัตราหนึ่ง คอมพิวเตอร์จะอ่านอุณหภูมิตลอดเวลา เมื่ออุณหภูมิถึงค่าที่ได้ตั้งไว้ก็ให้ก็ให้หยุด

จ่ายไฟฟ้าเข้าเตาไฟฟ้า สารที่เตรียมได้สามารถทำหน้าที่เป็นทั้งหัววัดอุณหภูมิและควบคุมอุณหภูมิโดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมและแสดงผล

รูปที่ 3.6 แสดงบล๊อคไดอะแกรมคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิ

3.4.2 ประยุกต์ใช้งานของสาร $CuO - SrCO_3$

3.4.2.1 ประยุกต์ใช้งานให้ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าเป็นความร้อน

การทดสอบการทำเป็นสารให้ความร้อน (heating element) โดยป้อนแรงดันไฟฟ้า 24V เข้าหม้อแปลงที่ปรับค่าได้ไปยังสารเป็นเวลา 13 นาที วัดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่สาร (V) ,กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสาร (I) และอุณหภูมิ (T) คำนวณหากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่สาร (P) หาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสารกับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่สาร (P vs T) หลังจากนั้นวัดความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสาร(T) กับ เวลา (t) ในการทดลองจะปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านสารเป็นเวลาเท่ากันกับการทดลองครั้งก่อน

รูปที่ 3.7 แสดงการประยุกต์ใช้งานให้ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน

3.4.2.2 **การใช้คอมพิวเตอร์วัดอุณหภูมิของสารให้ความร้อน**

การจัดวงจรเชื่อมต่อสำหรับให้คอมพิวเตอร์วัดอุณหภูมิของสารให้ความร้อนแสดงดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 แสดงบล๊อคไดอะแกรมคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่อ่านอุณหภูมิของสารให้ความร้อน

ขั้นตอนการทำมีดังนี้

1) ปล่อยกระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) ผ่านสาร สารจะแปลงไฟฟ้าเป็นความร้อน

2) ใช้เทอร์โมคอพเปิล (thermocouple) ชนิด K วัดอุณหภูมิของสาร เทอร์โมคอพเปิลจะแปลงอุณหภูมิให้เป็นแรงดันไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการของปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กตริก เนื่องจากแรงดันไฟฟ้ามีค่าต่ำเป็น mV ดังนั้นจึงต้องใช้ออพแอมป์ 741 ขยายสองครั้งเพื่อให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ในย่าน 0.5V ถึง 5V

3) ส่งแรงดันไฟฟ้านี้ที่เข้าทางขา 26 (I_o) ของ ADC0809 ไอซี ADC0809 จะทำหน้าที่แปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) แรงดันดิจิตอลขนาด 8 บิต ถูกส่งผ่าน 74LS244 ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ ส่งแรงดันดิจิตอล 8 บิต D7,D6,D5,D4,D2,D1,D0 นี้ไปยัง ET-PC8255 Card และให้ผ่านทางพอร์ท A ของ IC8255 แล้วเข้าไปใน RAM สั่งให้แสดงค่า DV บนจอ

4) แปลง DV เป็น AV สั่งให้แสดงค่า AV บนจอ เมื่ออุณหภูมิของสารให้ความร้อนเพิ่มขึ้นให้ทำการปรับเทียบค่า โดยการอ่านอุณหภูมิจากเครื่องวัดจริง (Ttrue) ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ(Union 305) และแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านขยายโดยออพแอมป์ (AV) บนจอคอมพิวเตอร์ในช่วงอุณหภูมิ 24^0C ถึง 200^0C นำค่า AV กับ Ttrue ไปพลอตกราฟและแสดงสมการ Ttrue = f(AV) ด้วย EXCEL เขียนสมการความสัมพันธ์ของ Ttrue vs AV ลงในโปรแกรมควบคุมการวัด หลังจากนั้นก็สั่ง RUN โปรแกรมแล้วอ่านอุณหภูมิจากเครื่องวัดจริงกับอุณหภูมิจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เทอร์โมคอพเปิลชนิด K เป็นหัววัด (Tmeasure) นำค่าทั้งสองไปเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่า เมื่อถึงขั้นตอนนี้ก็จะเสร็จสิ้นการปรับเทียบค่า

5) คอมพิวเตอร์สามารถอ่านอุณหภูมิของสารให้ความร้อนโดยใช้เทอร์โมคอพเปิลเป็นหัววัด

3.4.2.3 การวัดแรงดันเทอร์โมอิเล็กตริกที่ขึ้นกับอุณหภูมิ

การทดสอบวัสดุเทอร์โมอิเล็กตริกเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเทอร์โมอิเล็กตริก (V) กับอุณหภูมิ (T) ในช่วง 24^0C ถึง 120 ^{0}C จะจัดเครื่องมือในทำนองเดียวกันกับรูปที่ 3.2 แต่เปลี่ยนสเกลเป็น mV

3.4.2.4 การสร้างระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์สำหรับแสดงแรงดันเทอร์โมอิเล็กตริกที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

การจัดวงจรเชื่อมต่อสำหรับให้คอมพิวเตอร์แสดงแรงดันเทอร์โมอิเล็กตริกที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาแสดงดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 แสดงบล๊อคไดอะแกรมคอมพิวเตอร์วัดแรงดันเทอร์โมอิเล็กตริกที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

ขั้นตอนการทำมีดังนี้

1) สังเกตแรงดันเทอร์โมอิเล็กตริกที่ขึ้นกับเวลาด้วยมัลติมิเตอร์

2) ให้สารรับความร้อนจากเตาไฟฟ้า

3) เนื่องจากแรงดันเทอร์โมอิเล็กตริกนี้มีค่าต่ำเป็น mV ดังนั้นจึงต้องใช้ออพแอมป์ 741 ขยายสองครั้งเพื่อให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ในย่าน 0.5V ถึง 5V

4) ส่งแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านการขยายแล้วเข้าทางขา 26 (I_o) ของ ADC0809 ไอซี ADC0809 จะทำหน้าที่แปลงแรงดันอนาลอก (AV) เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) ส่ง DV ผ่าน 74LS244 ไปยัง ET-PC8255 Card ทางพอร์ท A แล้วเข้าไปใน RAM แรงดันที่เก็บอยู่ใน RAM เป็น DV

5) แปลง DV เป็น AV เปลี่ยนตัวแปร AV เป็น V (แรงดันเทอร์โมอิเล็กตริก) สั่งให้แสดงกราฟแสดงแรงดันเทอร์โมอิเล็กตริกที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (V vs t) บนจอ สั่งพิมพ์กราฟทางเครื่องพิมพ์

3.4.3 ประยุกต์ใช้งานของสาร $CoFe_2O_4$

3.4.3.1 ทดสอบแท่งแม่เหล็กถาวร

สร้างและทดสอบวงจรกำเนิดสนามแม่เหล็กความแรงสูงโดยใช้แรงดันไฟฟ้าที่เข้าขดลวด (V) มีค่า 53.7Vdc กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด (I) มีค่า 4.5A ช่วงเวลาที่จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด (t) มีค่า10 s หลังจากที่เหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก (magnetization) ในสาร $CoFe_2O_4$ เพื่อให้สารเป็นแม่เหล็กถาวรแล้ว นำสารไปวางใกล้เข็มหมุด ส่วนการล้างแม่เหล็กที่ค้างในสารให้หายไป ทำได้โดยนำสารไปเผาที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤต (T_C)

รูปที่3.10 แสดงการเหนี่ยวนำสารให้เป็นแท่งแม่เหล็กถาวร

3.4.3.2 การใช้ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์วัดสนามแม่เหล็กของสารตัวอย่าง

ขั้นตอนการทำมีดังนี้

1) ศึกษาสูตรที่ใช้คำนวณหาสนามแม่เหล็ก

$$B = \frac{V}{2\pi fr} \quad \text{.....(3.3)}$$

และ

$$R = \rho L/A = L/\sigma A \quad \text{.....(3.4)}$$

เมื่อ V คือ แรงดันไฟฟ้าที่ออกจากขดลวดรีเลย์

f คือ ความถี่การหมุนของแท่งสาร

L คือ ความยาวของขดลวด

2) จัดเตรียมอุปกรณ์และประกอบวงจรตามรูปที่ 3.11 เขียนโปรแกรมและตรวจสอบจนคอมพิวเตอร์สามารถอ่านแรงดันไฟฟ้าได้

3) วัดความยาวลวด และรัศมีการหมุน

4) เริ่มทดลองโดยนำแท่งแม่เหล็กซึ่งทำมาจากสารที่เตรียมได้ ($CoFe_2O_4$) ติดกับใบพัด แล้วปล่อยแรงดันไฟฟ้า 5 Vdc เข้ามอเตอร์ของพัดลม (พัดลมของคอมพิวเตอร์) นี้ สนามแม่เหล็กของสารที่เตรียมได้จะหมุนตัดขดลวดของรีเลย์ มีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นตามกฎของฟาราเดย์ เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าเป็น mV ต้องนำไปขยายด้วยออพแอมป์ 741 สองครั้ง แล้วส่งไปแปลงจาก AV เป็น DV ด้วย ADC0809 ส่งผ่าน 74LS244 และ ET-PC8255 Card เข้าคอมพิวเตอร์ แรงดันนี้ คือ DV ใช้คำ

สั่ง แปลง DV เป็น AV เปลี่ยนตัวแปร AV เป็น V แรงดันไฟฟ้าที่จอคอมพิวเตอร์ คือ V แต่เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าผ่านการขยายมาแล้ว จึงต้องหาอัตราขยายของออพแอมป์ แล้วคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าจริงที่ออกจากขดลวดของรีเลย์

5) วัดความถี่การหมุน (f) ด้วยมัลติมิเตอร์ โดยวัดที่เอาท์พุทของออพแอมป์

6) ใช้คำสั่งให้คอมพิวเตอร์คำนวณค่าสนามแม่เหล็กโดยใช้สูตรข้างบน

รูปที่ 3.11 แสดงบล๊อคไดอะแกรมคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่วัดสนามแม่เหล็กของสารที่เตรียมได้

3.4.3.3 **การประยุกต์ใช้เป็นหัววัดการหมุน** (rotation sensor)

ขั้นตอนการทำมีดังนี้

1) ศึกษาสูตรที่ใช้คำนวณหาความถี่การหมุน (f) ความถี่เชิง

$$f = f(V) \quad \text{.....(3.5)}$$

$$\omega = 2\pi r \quad \text{.....(3.6)}$$

และ

$$V = \omega r \quad \text{.....(3.7)}$$

2) จัดเตรียมอุปกรณ์และประกอบวงจรเหมือนกับรูปที่ 3.11เขียนโปรแกรมและตรวจสอบจนคอมพิวเตอร์สามารถอ่านแรงดันไฟฟ้าได้

3) วัดรัศมีการหมุน (r)

4) วัดเพื่อหาสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่การหมุนกับแรงดันไฟฟ้า (f vs V) ซึ่งทำได้โดยหมุนสารที่เตรียมได้ซึ่งติดกับใบพัดแล้วปล่อยแรงดันไฟฟ้า 5Vdc เข้ามอเตอร์ของพัดลม (พัดลมของคอมพิวเตอร์) นี้ สนามแม่เหล็กของสารที่เตรียมได้จะหมุนตัดขดลวดของรีเลย์ มีแรงดัน

ไฟฟ้าเกิดขึ้นตามกฎของฟาราเดย์ เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าเป็น mV ต้องนำไปขยายด้วยออพแอมป์ 741 สองครั้ง แล้วส่งไปแปลงจาก AV เป็น DV ด้วย ADC0809 ส่งผ่าน 74LS244 และ ET-PC8255 Card เข้าคอมพิวเตอร์ แรงดันนี้ คือ DV ใช้คำสั่ง แปลง DV เป็น AV เปลี่ยนตัวแปร AV เป็น V แรงดันไฟฟ้าที่จอคอมพิวเตอร์ คือ V แต่เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าผ่านการขยายมาแล้ว จึงต้องหาอัตราขยายของออพแอมป์ แล้วคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าจริงที่ออกจากขดลวดของรีเลย์ ทำการปรับเทียบค่าโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่การหมุน (f) กับแรงดันไฟฟ้าที่ได้มาจากแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดขดลวดของรีเลย์ (V หรือ AV) ความถี่อ่านจากมัลติมิเตอร์ และแรงดันไฟฟ้า V อ่านบนจอคอมพิวเตอร์ นำค่า f กับ V ไปพลอตกราฟและแสดงสมการ f=f(V) ด้วย EXCEL แล้วก็พิมพ์ f=f(v) นี้ลงในโปรแกรม เมื่อสั่น RUN คอมพิวเตอร์จะอ่านความถี่การหมุนนี้ได้

3.4.3.4 อุปกรณ์วัดความถี่

การทดสอบจะใช้วงจรเชื่อมต่อเดิม แต่มีการดัดแปลงเล็กน้อยตามรูปที่ 3.12 จ่ายแรงดันไฟฟ้าสลับจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า (signal generator) มายังสารที่ต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน R = 1 MΩ ใช้ไดโอดแปลงแรงดันไฟฟ้าสลับที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R ให้เป็นแรงดันไฟฟ้าตรงซึ่งเป็นแรงดันอนาลอก (AV) แล้วส่งเข้า ADC 0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอกให้เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) เมื่อปรับความถี่ (f) ของเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเปลี่ยน ส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R เปลี่ยนแปลงด้วย แรงดัน DV จากเอาท์พุทของ ADC 0809 ถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์ 74LS244 แล้วส่งผ่าน ET-PC 8255 Card เข้าคอมพิวเตอร์ เขียนโปรแกรม INPUT ด้วยภาษาเทอร์โบปาสคาล เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถวัดแรงดันไฟฟ้านี้ ใช้ คำสั่ง DV:=Port[PA] สำหรับรับแรงดันไฟฟ้าจากวงจรเชื่อมต่อ ทำการปรับเทียบค่าโดยการอ่านความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า (ftrue หรือ f) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R (AV) บนจอคอมพิวเตอร์ในช่วงความถี่ 10kHz ถึง 40kHz นำค่า AV กับ ftrue ไปพลอตกราฟและแสดงสมการ ftrue = f(AV) ด้วย EXCEL เขียนสมการความสัมพันธ์ของ ftrue vs AV ลงในโปรแกรมควบคุมการวัด หลังจากนั้นก็สั่ง RUN โปรแกรม แล้วอ่านความถี่จากเครื่องวัดจริง (ftrue) กับความถี่จากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้สารที่เตรียมได้เป็นหัววัด (fmeasure) นำค่าทั้งสองไปพลอตกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่า เมื่อถึงขั้นตอนนี้ก็จะเสร็จสิ้นการปรับเทียบค่า จะได้เครื่องวัดความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่แสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์และใช้สารที่เตรียมได้เป็นหัววัด

รูปที่ 3.12 แสดงบล๊อคไดอะแกรมคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่อ่านความถี่ของแรงดันไฟฟ้า