บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์มีความต้องการเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆที่ให้ความสะดวกสบาย ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆเหล่านี้เกิดขึ้นจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาประยุกต์ใช้ ดังนั้นการค้นคว้าวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์จึงมีความจำเป็นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการค้นพบสมบัติต่างๆ ของวัสดุ จึงเป็นการเปิดเผยความลับของธรรมชาติที่สำคัญต่อการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษยชาติ

การค้นพบของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการนำวัสดุเซรามิกมาประยุกต์ใช้เป็นหัววัดอุณหภูมินั้น เกิดขึ้นเมื่อ ค.ศ.1833 ฟาราเดย์ (Faraday) ได้ค้นพบเกี่ยวกับพฤติกรรมกึ่งการนำไฟฟ้า (semiconducding behaviour) ของ Ag_2S และประยุกต์ใช้วัสดุเซรามิกให้เป็นหัววัดอุณหภูมิ (ceramic temperature sensor) ต่อมา ค.ศ.1940 เริ่มมีการใช้หัววัดอุณหภูมิในเชิงการค้า และมีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมกันอย่างกว้างขวางในปี 1950–1960 (Buchanan ,1991)

วัสดุที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้เป็นหัววัดอุณหภูมิส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่มีสมบัติของค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงในขณะที่อุณหภูมิเปลี่ยนซึ่งเรียกว่าเทอร์มิสเตอร์ (thermistor) มีชื่อย่อเป็น TSR (thermally sensitive resistor) มีอยู่ 2 ชนิดคือเทอร์มิสเตอร์แบบ PTC (positive temperature coefficient) และเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC (negative temperature coefficient) สำหรับวัสดุที่ศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นวัสดุเซรามิกซึ่งมีสมบัติเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC ซึ่งเทอร์มิสเตอร์ชนิดนี้จะมีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบ (negative temperature coefficient of resistance, NTCR หรือ α) เป็นค่าที่กำหนดความสามารถในการตอบสนองต่ออุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ กล่าวคือวัสดุชนิดใดก็ตามมีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบสูง วัสดุนั้นสามารถตอบสนองต่ออุณหภูมิได้ดี แต่วัสดุใดก็ตามมีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบต่ำ ความสามารถในการตอบสนองต่ออุณหภูมิของวัสดุนั้นก็จะต่ำลงไปด้วย ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบของวัสดุเป็นคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุนั้นๆ ที่ต้องพิจารณาก่อนที่จะนำวัสดุไปประยุกต์ใช้เป็นหัววัดอุณหภูมิ (Moulson และ Herbert, 1990)

ตัวอย่างวัสดุที่นิยมนำมาทำเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC ได้แก่ Fe_3O_4-$ZnCr_2O_4$, Fe_3O_4-$MgCr_2O_4$, $(NiMn)_3O_4$, $(NiMnCo)_3O_4$, $(NiMnFeCo)_3O_4$, $(Fe,Ti)_2O_3$ และ $Mn_xCo_{3-x}O_4$ (Buchanan ,1991) เป็นที่ทราบแล้วว่าวัสดุที่มีสมบัติเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC นั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นหัววัดอุณหภูมิได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้งานในด้านต่างๆได้เช่น หัววัดการไหลของความร้อน (heat flow sensor), หัววัดการแผ่รังสี (radiation sensing sensor), หัววัดสุญญากาศ (vacuum gauge), หัววัดความดัน (pressure gauge) และหัววัดการชดเชยอุณหภูมิ (temperature compensation sensor) เป็นต้น (Buchanan, 1991)

สำหรับห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้มีการเรียนการสอนเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์มาเป็นเวลานาน แต่วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดสอบสารยังไม่สมบูรณ์ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเตรียมชุดทดสอบวัสดุเพื่อค้นหาสมบัติเชิงฟิสิกส์ของสารและประยุกต์ใช้เป็นหัววัดอุณหภูมิ ซึ่งจะส่งผลให้การเรียนการสอนในปัจจุบันที่มุ่งเน้นเฉพาะทฤษฎีสามารถนำไปสู่การจัดการเรียนการสอนในเชิงปฏิบัติได้มากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองในยุคปัจจุบันส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้ประเทศต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมากในการจัดซื้ออุปกรณ์ต่างๆ ดังนั้นโครงงานวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์นี้ จะช่วยแก้ปัญหาการนำเข้าอุปกรณ์การทดลองจากต่างประเทศได้ส่วนหนึ่ง และในขณะเดียวกันยังช่วยลดการนำเข้าเทคโนโลยีต่างๆของประเทศได้บางส่วนอีกด้วย

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่างานวิจัยในยุคปัจจุบันได้มีการทดลองต่างๆเพื่อหาสมบัติเชิงฟิสิกส์ของสารชนิดต่างๆ แต่ไม่ได้มุ่งเน้นเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งาน สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมสาร $Mn_xNi_yFe_2O_4$ โดยใช้วิธีเทคนิคเซรามิกมาตรฐานและทดสอบสมบัติเชิงฟิสิกส์ได้แก่เสถียรภาพทางไฟฟ้า ปรากฏการณ์ NTC โดยใช้วิธีต่างๆ และได้แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิและควบคุมอุณหภูมิที่แสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งระบบการวัดและควบคุมอุณหภูมินี้สามารถใช้ได้ดีในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาวัสดุศาสตร์ของภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทำให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 การตรวจเอกสาร

หลังจากมีการค้นพบการประยุกต์ใช้หัววัดอุณหภูมิที่ทำจากเซรามิก ซึ่งเริ่มใช้ในทางการค้าเมื่อปี ค.ศ.1940 และมีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมกันอย่างกว้างขวางในปี ค.ศ.1950 ถึง ค.ศ.1960 นักวิทยาศาสตร์คณะต่างๆ ก็ได้เริ่มศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสมบัติของวัสดุเพื่อการประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ สำหรับการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุที่มีสมบัติเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC นั้นพอสรุปได้โดยสังเขปดังนี้

Soliman (1993) ในประเทศอียิปต์ ได้ทำการเตรียมสารตัวอย่างจากส่วนผสม Mn_2O_3 , NiO และ Co_2O_3 พบว่าสารตัวอย่างชนิดนี้มีสมบัติเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC และวัดค่าความต้านทานของสารที่อุณหภูมิต่างๆโดยใช้การแผ่รังสีของรังสีแกมมา ซึ่งทุกๆสารตัวอย่างที่เตรียมได้จะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าลดลงในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้น

Martinez Sarrion (1995) ในประเทศสเปน ได้เตรียมสารตัวอย่างที่มีสูตรเป็น $Fe_{2.18}Mn_{0.21}Ni_{0.61}O_4$ ซึ่งเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC วัดสภาพต้านทานที่สัดส่วนผสมต่างๆ พบว่าค่าสภาพต้านทานจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของนิกเกิล(Ni) ที่ลดลงและวัดค่าเสถียรภาพทางไฟฟ้า(electrical stability)ของสารตัวอย่างโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับเวลา ผลปรากฏว่าไม่ว่าเวลาจะผ่านไปเท่าใดก็ตาม ค่าความต้านทานของสารตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลงแสดงว่าสารตัวอย่างที่เตรียมได้มีเสถียรภาพทางไฟฟ้าดี

Adallbert Feltz (2000) ในประเทศออสเตรียได้เตรียมสารตัวอย่างชนิด $Fe_xNi_yMn_{1-x-y}O_4$ ซึ่งมีสมบัติเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC และวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิ ผลปรากฏว่าสภาพต้านทานไฟฟ้า(ρ) มีค่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ[1] เมื่อทำการหาอนุพันธ์ของสมการ ρ จะได้ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบของเทอร์มิสเตอร์[2] และสามารถหาค่า α ได้เท่ากับ -0.008 $^0C^{-1}$ ในช่วงอุณหภูมิ 200 ^0C ถึง 400 ^0C ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารตัวอย่างมีสมบัติเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC และสามารถนำไปใช้งานในช่วงอุณหภูมิสูงได้

Dipika Saha (2002) ในประเทศอินเดียได้เตรียมสารตัวอย่างที่มีสูตรดังนี้คือ $(Mn_{0.37}Fe_{0.63})_2O_3$, $(Mn_{0.66}Fe_{0.34})_2O_3$ และ $(Mn_{0.98}Fe_{0.02})_2O_3$ โดยใช้วิธีซิเตรต-ไนเตรต เจล (citrate-

---

[1] สมการ $\rho(T) = \rho_\alpha \exp(\frac{B}{T})$ เป็นสมการที่แสดงค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า(ρ) ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเมื่อ $\rho(T)$ เป็นสภาพต้านทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิใดๆ, ρ_α เป็นค่าคงที่ที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิโดยประมาณ และ B เป็นค่าคงที่ ที่แสดงถึงความไวในการตอบสนองต่ออุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ และ T คืออุณหภูมิ

[2] สมการ $\alpha = \frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dT}$ เป็นสมการแสดงค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบของเทอร์มิสเตอร์

nitrate gel method) และวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของสารทั้ง 3 สูตร ผลปรากฏว่าสารสูตร $(Mn_{0.37}Fe_{0.63})_2O_3$ เหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้เป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC เนื่องจากเฟสสารสูตร $(Mn_{0.37}Fe_{0.63})_2O_3$ มีความเสถียรมากที่สุดเมื่อเทียบกับสารสูตร$(Mn_{0.66}Fe_{0.34})_2O_3$ และสารสูตร $(Mn_{0.98}Fe_{0.02})_2O_3$ กล่าวคือ Mn_2O_3 ไม่เกิดการสลายตัวเป็น Mn_3O_4 หลังจากผ่านการเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1,500 ^{0}C และการลดลงของความต้านทานในขณะที่อุณหภูมิเปลี่ยนไปสำหรับสารสูตรนี้ $\{(Mn_{0.37}Fe_{0.63})_2O_3\}$ มีค่าใกล้เคียงกับสารตัวอย่างที่ใช้ในทางการค้าและคำนวณค่าดัชนีความไว (sensitivity index , β)[3] ได้เท่ากับ 6,000 K ในช่วงอุณหภูมิ 50 ^{0}C ถึง 150 ^{0}C

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวถึงข้างต้นจะเห็นว่า มีผู้วิจัยเกี่ยวกับเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC น้อย ซึ่งงานวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และค้นพบว่าสารตัวอย่างสูตรนี้ $(Mn_xNi_yFe_2O_4)$ มีความสามารถในการตอบสนองต่ออุณหภูมิดีมากจึงทำให้เกิดความสนใจที่จะศึกษาสมบัติเชิงฟิสิกส์และการประยุกต์ใช้งานให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิและควบคุมอุณหภูมิ

สำหรับกลุ่มนักวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับเตาไฟฟ้าและระบบควบคุมอุณหภูมิ พอจะสรุปได้โดยสังเขปดังนี้

Jeng-Rem Yang(1987) ได้ศึกษาเครื่องควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิด้วยคอมพิวเตอร์ ทำการเขียนโปรแกรมภาษาเบสิก ระบบการควบคุมอุณหภูมิด้วยคอมพิวเตอร์นี้ต้องอาศัยโซลิดสเตทรีเลย์ (solid state relay) ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดของเตาหลอม โดยทำการส่งไฟบ้าน 220 V ผ่านโซลิดสเตทรีเลย์นี้และทำการแยกสายดินออกจากคอมพิวเตอร์ซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้แรงดันไฟบ้านเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ หัววัดอุณหภูมิที่ใช้เป็นเทอร์โมคอพเปิลชนิด K ใช้ออพแอมป์ (op Amp) ขยายสัญญาณจากหัววัด (sensor) ใช้ ADC0809 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอก (analog signal) แล้วแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์

McConnel (1988) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องควบคุมเตาอบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ศึกษาวัสดุโฟโตอีลาสติก(photoelectric materials) ใช้เทอร์โมคับเปิลชนิดทองแดง คอนสแตน-แตน (copper constantan thermocouple) วัดอุณหภูมิของเตาอบและคอมพิวเตอร์ควบคุมโซลิดสเตทรีเลย์เพื่อให้เกิดการต่อและตัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดของเตาอบ ระบบการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นแบบ IEEE 488 และเขียนโปรแกรมควบคุมอุณหภูมิด้วยภาษาเบสิก

---

[3] สมการ $\beta = \frac{\ln R_1 - \ln R_2}{1/T_1 - 1/T_2}$ เป็นสมการที่แสดงถึงค่าความไวในการตอบสนองต่ออุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ โดยที่ R_1 และ R_2 เป็นความต้านทานที่อุณหภูมิ T_1 และ T_2 ตามลำดับ

Kaliyugavaraden (1997) ในประเทศอินเดีย ได้พัฒนาตัวควบคุมอุณหภูมิของสารให้ความร้อนโดยได้สร้างระบบควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์และใช้หัววัด RTD สำหรับวัดอุณหภูมิ

1.3 วัตถุประสงค์

เพื่อเตรียมก้อนสารรูปจานที่มีสูตรเป็น $Mn_xNi_yFe_2O_4$ โดยวิธีเทคนิคเซรามิกมาตรฐาน ตรวจสอบเฟสของก้อนสารที่เตรียมได้ด้วยเครื่อง XRD วัดสมบัติเชิงฟิสิกส์ ได้แก่ เสถียรภาพทางไฟฟ้าและปรากฏการณ์ NTC พร้อมทั้งแสดงตัวอย่างการนำไปประยุกต์ใช้งานให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดและควบคุมอุณหภูมิ