บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้

3.1.1 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มตัวอย่าง FePd, CoFe และ FePd/Ru/CoFe

3.1.1.1 เป้าโลหะผสม FePd 50:50 at%, CoFe 50:50 at% และเป้าโลหะ Ru

3.1.1.2 แผ่นวัสดุรองรับ Al_2O_3 1.5x1.5 cm^2

3.1.1.3 แก๊สอาร์กอน

3.1.1.4 เครื่องดีซี-อาร์เอฟ แมกนิตรอน สปัตเตอริง

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะทางโครงสร้างและสมบัติทางแม่เหล็ก

3.1.2.1. เครื่อง X-ray diffractometer

3.1.2.2 เครื่องแมกนิโตมิเตอร์

3.1.3 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวัด REST

3.1.3.1 มัลติมิเตอร์พร้อมแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า Keithley 2400

3.1.3.2 มัลติมิเตอร์ FLUKE 189

3.1.3.3 สายไฟขนาดเล็ก

3.1.3.4 ลวดทองแดงขนาดเล็ก

3.1.3.5 แท่งหมุดทองแดง 4 แท่ง

3.1.3.6 แผ่นไมก้า (Mica)

3.1.3.7 กาวเงิน (Silver glue)

3.1.3.8 ไนโตรเจนเหลว

3.1.4 วัสดุ อุปกรณ์ระบบการให้ความร้อนในสุญญากาศ

3.1.4.1 chamber ทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 เซนติเมตร

3.1.4.2 ปั๊มดูดอากาศแบบโรตารี

3.1.4.3 เบลโล (Bellow)

3.1.4.4 เกจความดัน

3.1.4.5 อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้หลอดฮาโลเจน (Halogen)

3.1.4.6 Thermocouple

3.1.4.7 แก๊สอาร์กอน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.1.4.8 Gas flow meter

3.1.4 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด Giant magnetoresistance

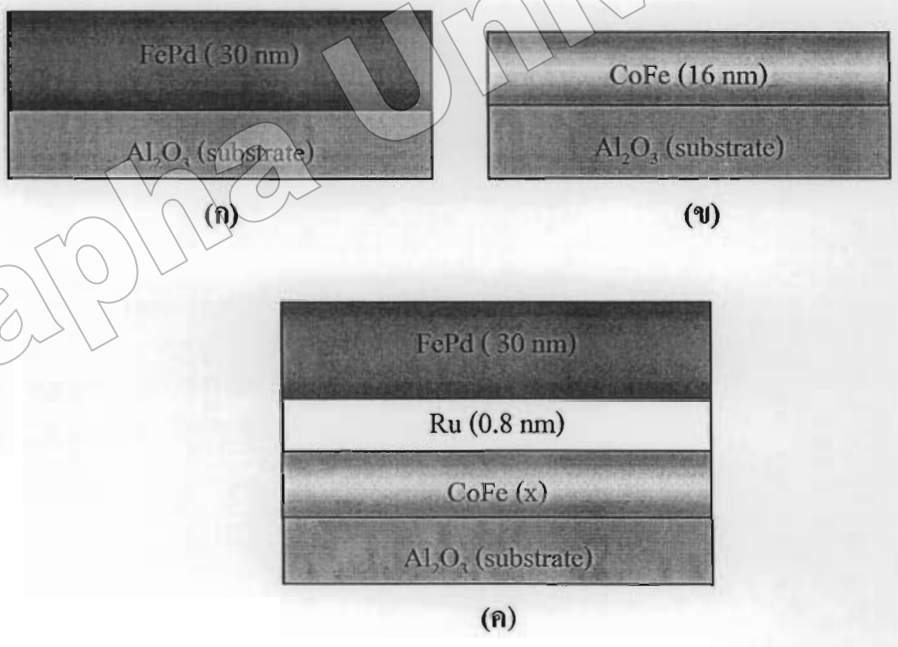
3.1.4.1 อุปกรณ์กำเนิดสนามแม่เหล็ก Cenco

3.1.4.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

3.1.4.3 เกาส์มิเตอร์ (Gaussmeter) LakeShore 425

3.2 การเตรียมฟิล์ม FePd, CoFe และ FePd/Ru/CoFe

ฟิล์มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมจากสถาบัน Institute for Physics and Chemistry of Materials in Strasbourg (IPCMS) ประเทศฝรั่งเศส ฟิล์มที่เตรียมนั้นประกอบไปด้วยฟิล์มแบบชั้นเดียว FePd(30 nm), CoFe(16 nm) และฟิล์มแบบ 3 ชั้น FePd(30 nm)/Ru(0.8 nm)/CoFe(x nm) เมื่อ x = 12, 14 และ 16 nm ด้วยวิธีการเตรียมแบบดีซีและอาร์เอฟแมกนิตรอนสปัตเตอริงบนแผ่นวัสดุรองรับอะลูมินา (Al_2O_3) ที่อุณหภูมิห้อง โดยลักษณะชั้นของฟิล์มตัวอย่างที่เตรียมได้แสดงดังภาพที่ 34



ภาพที่ 34 แสดงลักษณะชั้นของฟิล์มตัวอย่างที่เตรียมได้ (ก) ภาพฟิล์มตัวอย่าง FePd(30 nm) (ข) ภาพฟิล์มตัวอย่าง CoFe(16 nm) (ค) ภาพภาพฟิล์มตัวอย่าง FePd(30 nm)/Ru(0.8 nm)/CoFe(x nm) เมื่อ x = 12, 14 และ 16 nm

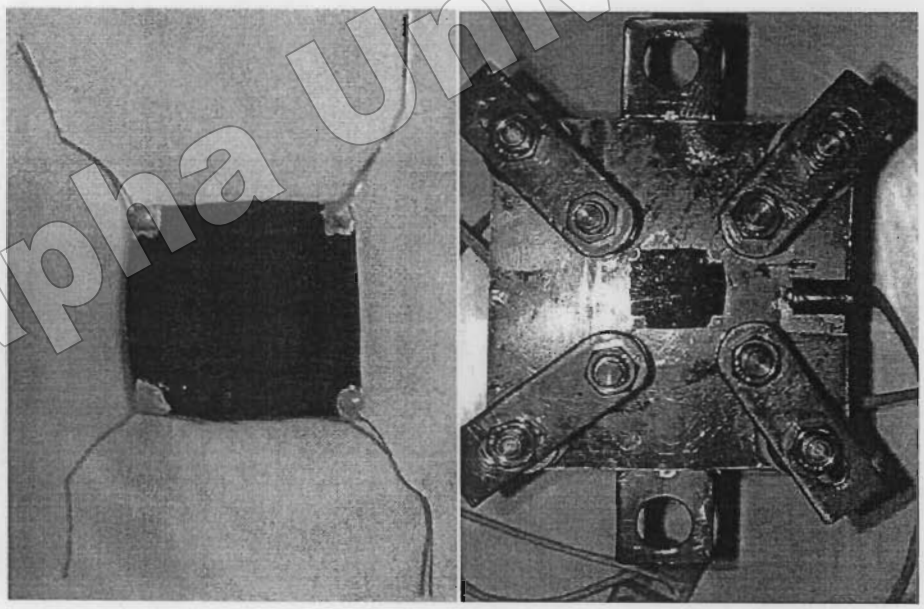
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางโครงสร้างและสมบัติทางแม่เหล็ก

ฟิล์มตัวอย่าง FePd, CoFe และ FePd/Ru/CoFe ที่เตรียมได้ จะถูกนำไปศึกษาลักษณะทางโครงสร้างโดยเทคนิค XRD ที่มีการใช้รังสีเอกซ์ชนิด Cu-K_α ซึ่งมีความยาวคลื่น 1.5406 Å และทำการศึกษาสมบัติทางแม่เหล็กของฟิล์มตัวอย่าง FePd/Ru/CoFe ด้วยเครื่อง VSM หลังจากนั้นฟิล์มตัวอย่างที่เตรียมได้ จะถูกนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบไอโซโครนัลในบรรยากาศของแก๊สอาร์กอนจนถึงอุณหภูมิ 613, 733 และ 813 K ก่อนถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD และเครื่อง AGFM เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางโครงสร้างและสมบัติทางแม่เหล็กในฟิล์มตัวอย่างตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการอบความร้อน

3.4 การศึกษาการจัดระเบียบของอะตอมและการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของ FePd

การศึกษาการจัดระเบียบของอะตอมและการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของชั้น FePd ในฟิล์มตัวอย่าง FePd/Ru/CoFe นั้น สามารถทำได้โดยการวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าตกค้าง หรือ REST หลังจากนำฟิล์มตัวอย่างไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบไอโซโครนัลที่อุณหภูมิต่าง ๆ



(ก) (ข)

ภาพที่ 35 (ก) แสดงการเชื่อมต่อลวดทองแดงที่มุมทั้งสี่ของฟิล์มตัวอย่างด้วยกาวเงิน (ข) แสดงการจัดวางฟิล์มตัวอย่างใน Chamber ของชุดอุปกรณ์ให้ความร้อนในบรรยากาศของแก๊สอาร์กอน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ก่อนนำฟิล์มตัวอย่างไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบไอโซโครนัลนั้น ผู้ทำวิจัยจะทำการเชื่อมต่อลวดทองแดงขนาดเล็กที่มุมทั้งสี่ของชิ้นงานด้วยกาวเงิน ดังแสดงในภาพที่ 35(ก) ต่อมาฟิล์มตัวอย่างจะถูกนำไปวางไว้ที่แท่นวางชิ้นงาน ซึ่งยื่นออกมาจากเพดานของ Chamber ในชุดอุปกรณ์ให้ความร้อนในบรรยากาศของแก๊สอาร์กอน และนำลวดทองแดงที่มุมทั้งสี่ของฟิล์มตัวอย่างไปเชื่อมต่อกับขั้วไฟฟ้าที่ติดตั้งไว้บนแท่นวางดังกล่าว เพื่อใช้ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าและวัดความต่างต่างศักย์ของชิ้นงานตัวอย่าง ดังภาพที่ 35(ข) โดยใช้แหล่งจ่ายกระแส Keithley 2400 และมัลติมิเตอร์ FLUKE 189 วัดความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยผู้วิจัยได้ใช้ชุดอุปกรณ์ให้ความร้อนจากหลอดฮาโลเจนที่ติดตั้งอยู่ภายใน Chamber เป็นแหล่งให้พลังงานความร้อน

สำหรับวิธีการอบความร้อนนั้น ขั้นตอนแรก อากาศภายใน Chamber จะถูกดูดออกโดยปั๊มแบบโรตารีจนมีความดันภายในเท่ากับ 3×10^{-2} mbar หลังจากนั้นแก๊สอาร์กอนจะถูกเติมเข้าไปใน Chamber จนมีความดันภายในเท่ากับ 3×10^{-1} mbar เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขณะให้ความร้อนกับชิ้นงาน ต่อมาฟิล์มตัวอย่างจะถูกให้ความร้อนโดยกระบวนการให้ความร้อนแบบไอโซโครนัล (ΔT = 20 K, Δt = 1200 s) โดยเริ่มต้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 473 K เป็นเวลา 1200 s หลังจากนั้นจะเพิ่มอุณหภูมิต่อไปให้สูงขึ้น 20 K และให้ความร้อนเป็นเวลานาน 1200 s อีกครั้ง เมื่อให้ความร้อนครบตามเงื่อนไขดังกล่าวแล้ว เพดานของ Chamber จะถูกถอดออกและจุ่มส่วนของแท่นวางชิ้นงานพร้อมกับฟิล์มตัวอย่างลงในภาชนะที่บรรจุไนโตรเจนเหลว เพื่อทำการวัด REST ของฟิล์มตัวอย่างโดยใช้เทคนิคการวัดแบบแวนเดอพาวซึ่งจะทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปที่คู่ขั้วไฟฟ้าด้านหนึ่งของฟิล์มตัวอย่าง และวัดความต่างศักย์จากคู่ขั้วไฟฟ้าด้านตรงข้าม สำหรับรายละเอียดของเทคนิคการวัดแบบแวนเดอพาวนั้น ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.4.3 หลังจากนั้น ฟิล์มตัวอย่างจะถูกนำกลับเข้าไปใน Chamber เพื่อทำการอบความร้อนที่อุณหภูมิสูงที่สูงขึ้น 20 K จากอุณหภูมิการอบเดิม และอบที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีก 20 K ก่อนตัวอย่างจะถูกนำออกมาทำการวัด REST ครั้งต่อไป โดยการอบความร้อนและการวัด REST ของฟิล์มตัวอย่างดังกล่าวจะดำเนินการไปจนถึงอุณหภูมิ 813 K

3.5 การศึกษาพฤติกรรมของการเกิดอันตรกิริยาแบบ AFC ด้วยการวัด GMR

การวัด GMR ของฟิล์มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ ใช้วิธีวัดแบบ CIP โดยก่อนทำการวัดนั้น ฟิล์มตัวอย่างจะถูกนำมาเชื่อมต่อกับลวดทองแดงขนาดเล็กที่บริเวณด้านข้างที่อยู่ตรงข้ามกันของแผ่นฟิล์มด้วยกาวเงิน ดังภาพที่ 36(ก) และถูกนำไปวางบนแผ่นรองรับไมก้าซึ่งมีแผ่นขั้วไฟฟ้าหนีบลวดทองแดงทั้งสองไว้ หลังจากนั้นฟิล์มตัวอย่างจะถูกนำไปติดตั้งในชุดอุปกรณ์กำเนิด

สนามแม่เหล็กที่มีการจ่ายสนามแม่เหล็กเข้าไปในทิศที่ขนานกับระนาบของแผ่นฟิล์มและตั้งฉากกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปในชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 36(ข) โดยทำการบันทึกค่าสนามแม่เหล็กและความต่างศักย์ที่วัดได้ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามการแปรผันของสนามแม่เหล็กที่จ่ายให้กับชิ้นงาน ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของเปอร์เซนต์ของอัตรา MR ($MR\%$) โดยสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์

$$MR\% = \frac{R_H - R_S}{R_S} \times 100 \qquad (30)$$

เมื่อ R_H คือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าของตัวอย่างที่วัดได้ที่สนามแม่เหล็ก H ใด ๆ และ R_s คือค่าความต้านทานไฟฟ้าของตัวอย่างที่สนามแม่เหล็กทำให้ค่าความต้านทานคงที่ หรือค่าความต้านทานไฟฟ้าที่สภาวะ H_s

(ก) (ข)

ภาพที่ 36 (ก) แสดงการเชื่อมต่อลวดทองแดงที่บริเวณด้านข้างของฟิล์มตัวอย่าง (ข) แสดงการจัดวางฟิล์มตัวอย่างระหว่างขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University