บทความวิจัย

การศึกษาปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์แบบตามขวางในแม่เหล็กเฟอร์โร

ทรงศักดิ์ พงษ์หิรัญ*

บทคัดย่อ

อันตรกริยาของแสงโพลาไรซ์กับตัวกลางที่มีสภาพความเป็นแม่เหล็กสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางแสงและทางแม่เหล็กของตัวกลางนั้นได้ การเปลี่ยนแปลงสมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับสถานะทางแม่เหล็กของวัสดุและสามารถแสดงออกมาในรูปของปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็ก ซึ่งจะนำไปสู่การศึกษาสมบัติทางแม่เหล็กของวัสดุได้ สารแม่เหล็กประเภทเหล็กและนิเกิลถูกใช้เป็นสารตัวอย่างฟิล์มบางในการทดลอง และสามารถแสดงถึงคุณลักษณะที่แตกต่างกันของปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กที่เกิดขึ้น การศึกษาสมบัติทางแม่เหล็กและทางจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม สามารถพบการเกิดแมกเนไทเซชั่นอิ่มตัวของวัสดุทั้งสองในสนามแม่เหล็กที่ต่ำ

คำสำคัญ: ปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็ก วัสดุแม่เหล็ก แมกเนไทเซชั่น

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, e-mail: songsak@swu.ac.th

A Study of Transverse Magneto-Optical Kerr Effect in Ferromagnetic metals

Songsak Phonghirun*

ABSTRACT

The interaction of polarized light with magnetized media may change the optical and magnetic properties of the media. The change of those properties depends on their magnetic state and manifests in the form of a magneto-optical effect, which to can be study use the magnetic properties of materials. Magnetic materials such as Fe and Ni were used as thin film samples in this experiment. The results demonstrate the different character istics of magneto-optical effects in different materials. Studies of the magnetic properties and micro-structures by atomic force microscopy (AFM) show and confirm that the magnetization saturation of these samples can be observed in low magnetic fields.

Keywords: Magneto-optical effect, Magnetic materials, Magnetization

Department of Physics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

*Corresponding author, e-mail: songsak@swu.ac.th

บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำสารแม่เหล็กไปใช้เป็นส่วนประกอบในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น หน่วยความจำ อุปกรณ์ตรวจวัด (sensor) บัตรเครดิต หรือวัสดุบันทึกข้อมูล (data storage) รวมถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ อีกมากมาย ซึ่งประเทศไทยนับเป็นฐานการผลิตที่ใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่งของโลก การศึกษาสมบัติของสารแม่เหล็กเบื้องต้น ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเทคโนโลยีต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เป็นการเริ่มต้นกระบวนการเรียนรู้ถึงโครงสร้าง และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารแม่เหล็กภายใต้การเหนี่ยวนำของสภาวะที่กำหนด เพื่อนำไปศึกษาและพัฒนาให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่

การศึกษาโครงสร้างของวัสดุประเภทสารแม่เหล็กยังเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งในการเรียนรู้และพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในสาขาวัสดุศาสตร์ ในการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของเทคโนโลยีในปัจจุบัน ความต้องการวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษหรือคุณลักษณะเฉพาะจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากหนึ่งในอุตสาหกรรมหลักในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ คือ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้ มีความเกี่ยวข้องกับการใช้ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า รวมถึงการพัฒนาวัสดุมาใช้เพื่อที่จะนำไปใช้ในเทคโนโลยีใหม่ๆ หรือเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดอุตสาหกรรมในการคิดค้นวัสดุที่มีคุณสมบัติแบบใหม่มาแทนที่วัสดุแบบเดิม ทั้งนี้ ทฤษฎีทัศนศาสตร์แม่เหล็ก (Magneto-optic) ยังเป็นหนึ่งในองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาข้างต้นโดยตรง ซึ่งจะคลอบคลุมถึงทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า คุณลักษณะของแสง และโครงสร้างของวัสดุแม่เหล็กภายใต้การเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก ซึ่งสามารถใช้ทฤษฎีทัศนศาสตร์แม่เหล็กในการศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของวัสดุ รวมถึงสภาพการนำไฟฟ้าสมบัติทางแม่เหล็กและแสง ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกระแสเทคโนโลยีในปัจจุบันเป็นอย่างมาก

สภาวะแม่เหล็กเฟอร์โร (Ferromagnetism) เป็นสภาวะจำเพาะอย่างหนึ่งของวัสดุเมื่ออยู่ภายใต้การเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะสามารถพบในวัสดุแม่เหล็กเฟอร์โรจำพวกเหล็ก (Fe) โคบอลต์ (Co) และนิเกิล (Ni) แม่เหล็กเฟอร์โรเหล่านี้มีโครงสร้างมาจากโดเมนแม่เหล็กขนาดเล็กๆ ภายในซึ่งเกิดการแมกเนไทเซชั่น (Magnetization) ในทิศทางเดียวกันของโมเมนต์แม่เหล็กด้วยตัวของมันเองจนถึงจุดอิ่มตัว (Saturation magnetization) และทำให้ผลรวมของโมเมนต์แม่เหล็กไม่เป็นศูนย์ โมเมนต์แม่เหล็กต่อหน่วยปริมาตร คือ แมกเนไทเซชั่น ซึ่งมีค่าตามสมการ [1]

$$M = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{1}{\Delta V} \sum_i m_i \qquad (1)$$

โดย m_i คือโมเมนต์แม่เหล็กในปริมาตร และ V คือปริมาตร

การศึกษากระบวนการแมกเนไทเซชั่นหรือการวัดค่าความเป็นแม่เหล็กของสารนั้นสามารถศึกษาได้จากวงฮิสเทริซิสของวัสดุ โดยสามารถใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ได้หลายชนิด [2-4] เช่น แมกนิโทมิเตอร์แบบเกรเดียนต์กระแสสลับ (alternating current gradient magnetometer) แมกนิโทมิเตอร์แบบอุปกรณ์แทรกสอดทางควอนตัมของตัวนำยิ่งยวดที่ความถี่วิทยุ (radio frequency superconducting quantum interference device magnetometer, RF-SQUID) หรือแมกนิโทมิเตอร์แบบตัวอย่างสั่น (vibrating sample magnetometer, VSM) ในขณะเดียวกัน การวัดวงฮิสเทริซิสของวัสดุนั้นยังสามารถ

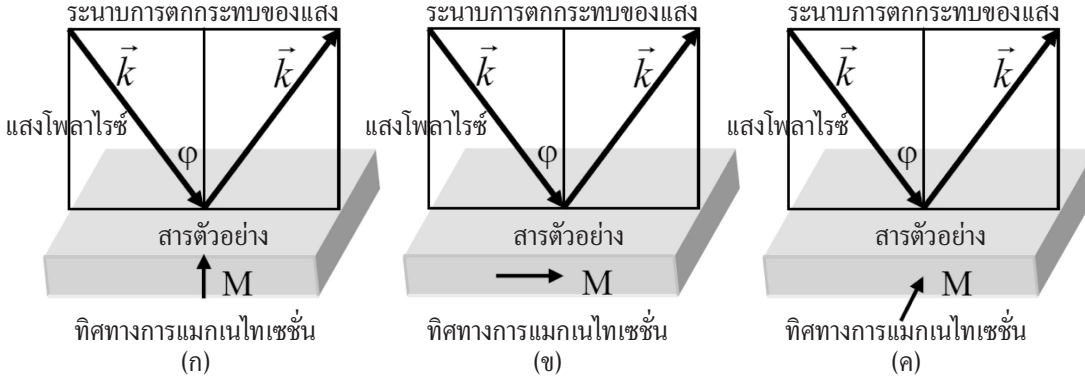
วัดได้จากระบบการวัดปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์ ซึ่งสามารถสร้างวงฮิสเทริซิสโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการหมุนของเคอร์ที่เปลี่ยนแปลงไปจากระนาบของการโพลาไรซ์ของแสงที่สะท้อนออกมาจากวัสดุกับสนามแม่เหล็ก หรือใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของแสงที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อวัสดุอยู่ภายใต้สนามแม่เหล็กซึ่งสัมพันธ์กับการแมกเนไทเซชั่นของสารแม่เหล็กโดยตรง [5]

ปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็ก คือ ปรากฏการณ์ที่แสงโพลาไรซ์ตกกระทบวัสดุแม่เหล็กและเกิดการเปลี่ยนแปลงระนาบของแสงเมื่อทะลุผ่านหรือสะท้อนออกจากวัสดุเมื่ออยู่ภายใต้การเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก ในกรณีแรกเมื่อมีการศึกษาสมบัติจากการส่องผ่านของแสงเรียกว่า ปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของฟาราเดย์ (Magneto-optical Faraday effect) และกรณีที่มีการศึกษาสมบัติทางแม่เหล็กผ่านการสะท้อนของแสงเรียกว่า ปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์ (Magneto-optical Kerr effect, MOKE) ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 3 ประเภท ขึ้นอยู่กับทิศทางของสนามแม่เหล็กในการเหนี่ยวนำให้สารนั้นเกิดการแมกเนไทเซชั่นในทิศทางที่กำหนด [1, 5]

ประเภทที่ 1 ปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์แบบเชิงขั้ว (Polar Kerr effect, PKE) ซึ่งกำหนดให้ทิศทางของสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับผิวของสารตัวอย่างและอยู่บนระนาบการตกกระทบของแสงดังรูปที่ 1(ก) ซึ่งแสงสะท้อนจะเกิดการหมุนของระนาบโพลาไรซ์และสามารถสังเกตความรีของเคอร์ได้

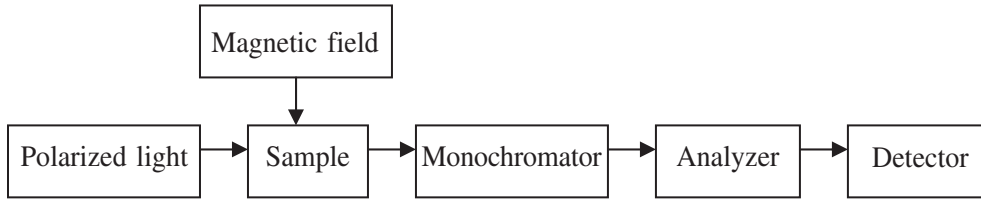
ประเภทที่ 2 ปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์แบบตามยาว (Longitudinal Kerr effect, LKE) เป็นการกำหนดทิศทางของสนามแม่เหล็กขนานกับผิวของสารและระนาบการตกกระทบของแสงดังรูปที่ 1(ข) และจะทำให้เกิดการหมุนของระนาบโพลาไรซ์และความรีของเคอร์ได้เช่นเดียวกัน

ประเภทที่ 3 ปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์แบบตามขวาง (Transverse Kerr effect, TKE) คือการกำหนดทิศทางของสนามแม่เหล็กให้ขนานกับผิวของสารแม่เหล็กแต่มีทิศตั้งฉากกับระนาบของแสงโพลาไรซ์ที่ตกกระทบดังรูปที่ 1(ค) ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่สะท้อนออกมา โดยสามารถศึกษาได้ในรูปของอัตราส่วนของค่าการเปลี่ยนแปลงสภาพสะท้อนกับสภาพการสะท้อนของสารตัวอย่าง ($\Delta R/R$) ซึ่งนำมาศึกษาในงานวิจัยนี้



รูปที่ 1 ทิศทางการตกกระทบของแสงและการสะท้อนจากสารตัวอย่างในสนามแม่เหล็กที่ถูกกำหนดทิศทาง (ก) แบบเชิงขั้ว (ข) แบบตามยาว (ค) แบบตามขวาง

วิธีการทดลอง



รูปที่ 2 แผนภาพการทำงานของเครื่องมือวัดทางทัศนศาสตร์แม่เหล็ก

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้สารแม่เหล็กชนิด Fe (เหล็ก) และ Ni (นิเกิล) ซึ่งเป็นสารแม่เหล็กบริสุทธิ์ 99.99% จากประเทศรัสเซีย มาเป็นสารตัวอย่างโดยใช้การสังเคราะห์เป็นฟิล์มบางด้วยวิธีการสปัตเตอร์ลำไอออนของอาร์กอน (Ion beam sputtering) โดยมีแก้วเป็นฐาน จากนั้นจะนำเข้าสู่กระบวนการวัดทางทัศนศาสตร์แม่เหล็กตามรูปที่ 2 โดยเครื่องมือวัดประกอบด้วยชุดอุปกรณ์เครื่องกำเนิดแสงจากหลอดฮาโลเจนขนาด 100 วัตต์ ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงซึ่งสามารถให้ค่าพลังงานในช่วง 0.4–4.2 eV แสงจากหลอดฮาโลเจนจะถูกโฟกัสโดยเลนส์นูนและจะถูกทำให้โพลาไรซ์โดยผ่านโพลาไรเซอร์ (polarizer) แสงโพลาไรซ์จะตกกระทบกับสารตัวอย่างที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กที่ความเข้ม 1.5 kOe โดยมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC power supply) ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าขนาด 5 แอมแปร์ให้กับขดลวดโซลินอยด์ในการสร้างสนามแม่เหล็ก ทิศทางของแมกเนไทเซชั่นเวกเตอร์ของสนามแม่เหล็กถูกกำหนดให้ขนานกับพื้นผิวของสารตัวอย่างและตั้งฉากกับระนาบการตกกระทบของแสงโพลาไรซ์ (ทิศทางตามรูปที่ 1(ค)) แสงที่สะท้อนออกจากสารตัวอย่างจะตกเข้าสู่ตัวทำแสงเอกรงค์ (monochromator) เพื่อที่จะทำการคัดเลือกช่วงพลังงานของแสงในแต่ละช่วงคลื่น แสงที่ถูกคัดเลือกช่วงพลังงานออกมาจะผ่านตัววิเคราะห์ (analyzer) และตกกระทบเข้าเซนเซอร์รับแสง ซึ่งต่อเข้ากับอุปกรณ์ควบคุมและสามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้า โดยจะสามารถนำไปหาอัตราส่วนของค่าการเปลี่ยนแปลงสภาพสะท้อนกับสภาพการสะท้อนของสารตัวอย่างได้ ขณะเดียวกันสามารถเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็กเพื่อทำการศึกษาการเกิดแมกเนไทเซชั่นของสารตัวอย่างได้ จากนั้นได้ทำการศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (atomic force microscopy) ใน noncontact mode ความละเอียด 256 × 256 pixels ที่ความถี่ 261.6 kHz แอมปลิจูด 1.39 ไมโครเมตร

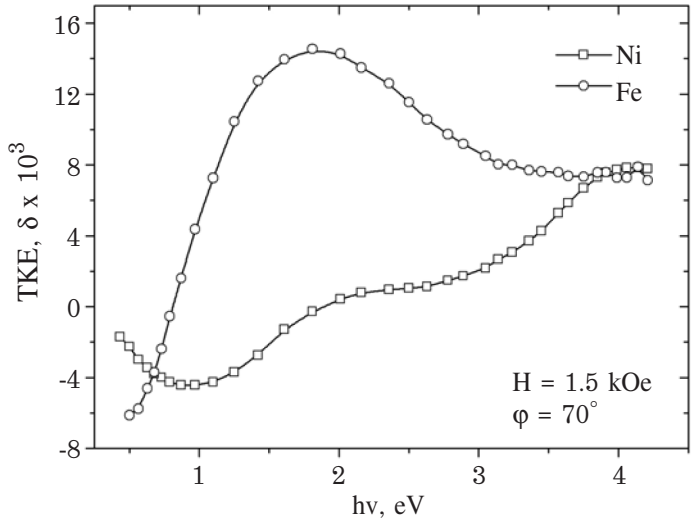
ผลการทดลอง

สมบัติทางทัศนศาสตร์

ปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์แบบตามขวางสามารถศึกษาได้จากการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงโพลาไรซ์ที่สะท้อนออกมาจากสารตัวอย่างที่อยู่ภายใต้สนามแม่เหล็ก ความเข้มของแสงที่สะท้อนออกมาจะนำไปหาอัตราส่วนของค่าการเปลี่ยนแปลงสภาพสะท้อน ($\Delta R = I_H - I_{H=0}$) กับสภาพการสะท้อนของสารตัวอย่าง ($R = I_{H=0}$) ตามสมการ [6]

$$\delta = \frac{I_H - I_{H=0}}{I_{H=0}} \tag{2}$$

โดย I_H และ $I_{H=0}$ คือความเข้มของแสงโพลาไรซ์ในสนามแม่เหล็กและปราศจากสนามแม่เหล็กตามลำดับ



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์แบบตามขวาง (TKE) และพลังงานควอนตัม (hv) ในแต่ละช่วงความยาวคลื่นแสงของสารแม่เหล็ก Ni และ Fe

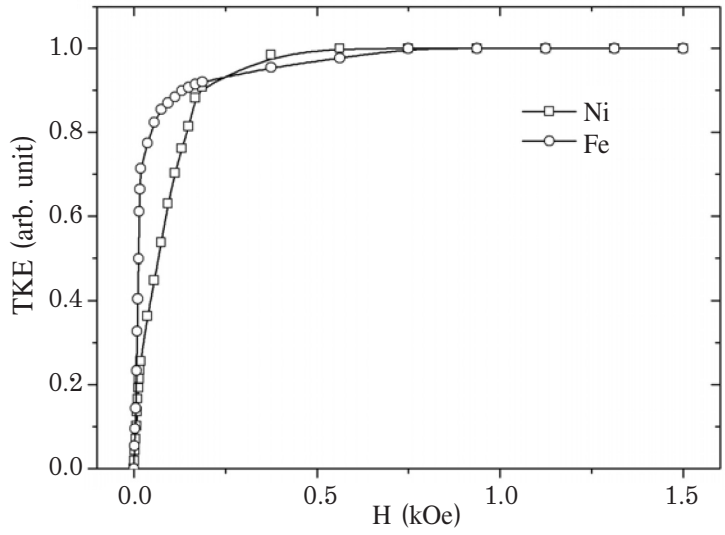
ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์แบบตามขวางและพลังงานของช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 0.4-4.2 eV ของสารแม่เหล็ก Ni และ Fe ที่ความเข้มของสนามแม่เหล็ก 1.5 kOe และมุมตกกระทบของแสงโพลาไรซ์ที่ 70° แสดงในรูปที่ 3 จากรูปจะพบว่าความเข้มของแสงที่เปลี่ยนแปลงจากการสะท้อนจากสารตัวอย่าง Ni และ Fe มีลักษณะที่ต่างกันในทุกๆ ช่วงความยาวคลื่นแสง

สำหรับสารตัวอย่าง Ni การเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงมากที่สุดจะพบในช่วงพลังงาน 4 eV เมื่อพลังงานลดลงการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงจะมีค่าลดลงตามไปด้วยและมีค่าเป็นศูนย์ในช่วงพลังงาน 2 eV จากนั้นจะมีค่าเป็นลบเมื่อแสงมีพลังงานน้อยกว่า 2 eV และพบว่าที่ 1 eV จะมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงต่ำสุด

ในสาร Fe ความเข้มของแสงในช่วงพลังงานตั้งแต่ 3.8-4.2 eV จะพบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับสาร Ni แต่เมื่อพลังงานลดลงมาจะพบว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงจะค่อยๆ มีค่าเพิ่มขึ้นและเพิ่มถึงค่าสูงสุดที่ช่วงพลังงานประมาณ 1.8-2.0 eV จากนั้นความเข้มของแสงจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วและมีค่าเป็นศูนย์ที่ช่วงพลังงานประมาณ 0.8 eV

สมบัติทางแม่เหล็ก

เส้นโค้งความเป็นแม่เหล็ก (magnetization curve) ของสารตัวอย่าง Ni และ Fe แสดงในรูปที่ 4 จากรูปแสดงถึงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์แบบตามขวางในหน่วย arbitary unit (TKE (arb. unit)) กับความเข้มของสนามแม่เหล็ก (H) ซึ่งพบว่า สารแม่เหล็กทั้งสองชนิดเกิดความเป็นแม่เหล็กในสนามแม่เหล็กที่ไม่สูงมาก สำหรับนิเกิล (Ni) จะมีสนามอิ่มตัว (saturation field) ของความเป็นแม่เหล็กที่ความเข้มของสนามแม่เหล็กประมาณ 0.6 kOe ในขณะเดียวกับสำหรับเหล็ก (Fe) สนามอิ่มตัวจะสามารถพบที่ประมาณ 0.75 kOe

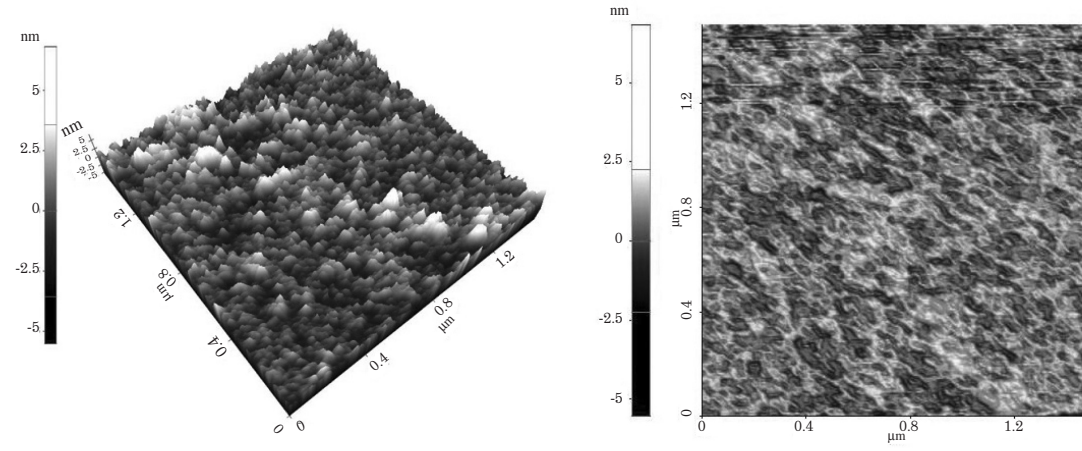


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์แบบตามขวางหน่วยหนึ่ง (arbitrary unit) และความเข้มของสนามแม่เหล็ก (H)

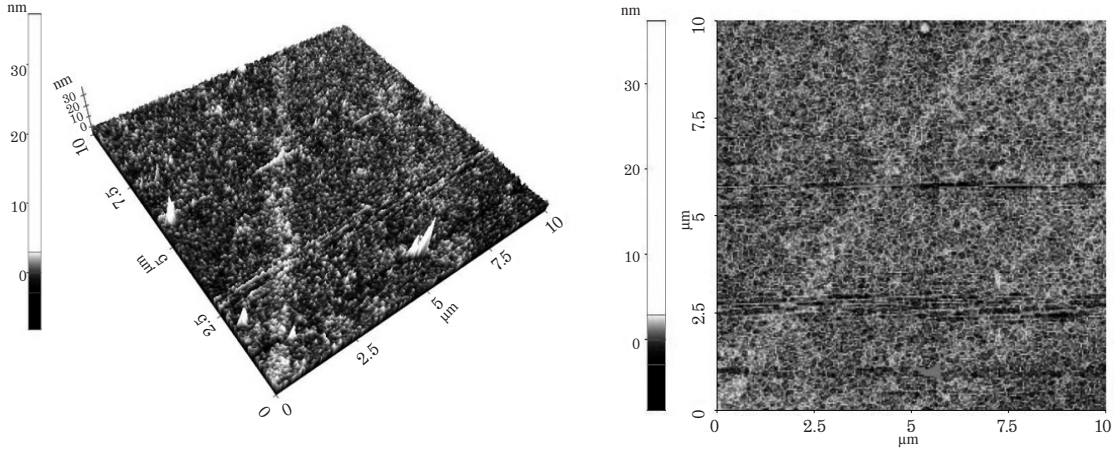
การเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่สะท้อนออกมาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กสามารถแสดงถึงกระบวนการในการเกิดแมกเนไทเซชั่นของสารตัวอย่างได้ โดยขณะที่สนามแม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์ การเรียงตัวของโมเมนต์แม่เหล็กภายในสารจะมีทิศทางที่ไม่เป็นระเบียบ ทำให้การเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงมีค่าต่ำ ในขณะที่มีการเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำทำให้โมเมนต์เหล็กเกิดการเรียงตัวไปในทิศทางของสนามแม่เหล็กมากขึ้นจนทำให้ขอบเขตโดเมนแม่เหล็กขยายกว้างขึ้น และเมื่อเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็กจนถึงจุดอิ่มตัว โมเมนต์แม่เหล็กภายในสารจะเรียงตัวกันในทิศทางของสนามแม่เหล็กทั้งหมด ทำให้การเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงมีค่ามาก ซึ่งเมื่อเพิ่มความเข้ม

ของสนามแม่เหล็กขึ้นไปความเข้มของแสงก็จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อไปอีกเนื่องมาจากโมเมนต์แม่เหล็กภายในสารไม่สามารถเรียงตัวไปในทิศทางอื่นได้นอกเหนือจากทิศทางของสนามแม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำ และจากการศึกษาพบว่าสนามอิ่มตัวที่เกิดขึ้นของสารตัวอย่างทั้ง Ni และ Fe ในงานวิจัยนี้มีค่าสูงกว่าสนามอิ่มตัวของสาร Ni และ Fe ที่มีลักษณะเป็นปริมาตรเล็กน้อย [7]

โครงสร้างจุลภาค



รูปที่ 5 โครงสร้างระดับจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอมของสาร Ni



รูปที่ 6 โครงสร้างระดับจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอมของสาร Fe

รูปที่ 5 และ 6 แสดงโครงสร้างระดับจุลภาคของสาร Ni และ Fe แบบ 3 มิติ และ 2 มิติ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม จากการศึกษาสามารถพบการรวมตัวเป็นกลุ่มก้อนคล้ายคลัสเตอร์ของอนุภาคแม่เหล็กได้ในสารแม่เหล็กทั้งสองชนิด จากรูปสามารถสังเกตเห็นลักษณะของพื้นผิวของสารตัวอย่างได้ซึ่งพบการเกาะกลุ่มของสารตัวอย่างและกระจายกันอย่างหนาแน่นทั่วบริเวณ

จากรูปโครงสร้างทางพื้นผิวของสารตัวอย่าง Ni ขนาด 1.5 × 1.5 ตารางไมโครเมตร สามารถพบลักษณะผิวที่ขรุขระของก้อนอนุภาคแม่เหล็กขนาดประมาณ 0.1 ไมโครเมตรกระจายอยู่ทั่วบริเวณ สำหรับสารตัวอย่าง Fe ถ่ายที่ขนาด 10 × 10 ตารางไมโครเมตร สามารถสังเกตพบกลุ่มก้อนของอนุภาคที่ขนาดประมาณ 0.2-0.3 ไมโครเมตร และมีการกระจายตัวของกลุ่มก้อนอนุภาคอย่างหนาแน่นเช่นเดียวกัน

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาสมบัติของสารแม่เหล็กชนิดฟิล์มบางของสาร Ni และ Fe โดยใช้วิธีการทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์แบบตามขวาง สามารถพบลักษณะที่ต่างกันของปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์ในสารตัวอย่างทั้งสอง สาร Fe สามารถพบการเปลี่ยนแปลงสูงกว่าในช่วงคลื่นแสงอัลตราไวโอเลตถึงย่านแสงใกล้อินฟาเรดเมื่อเทียบกับ Ni ในขณะเดียวกันสำหรับสาร Fe มีการเปลี่ยนแปลงที่สูงมากในช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงหรือผลสะท้อนของปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์นี้ ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนสภาวะของอิเล็กตรอน (electronic transition) ซึ่งสามารถกำหนดลักษณะเฉพาะทางแม่เหล็กของสารตัวอย่าง สถานะทางแม่เหล็กภายในสารตัวอย่างจึงสามารถศึกษาได้โดยอาศัยการศึกษาการสะท้อนของแสงโพลาไรซ์ [7]

การศึกษาค่าความเป็นแม่เหล็กของสารจากปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์ พบว่าสารแม่เหล็กทั้งสองสามารถเกิดแมกเนไทเซชั่นอิ่มตัวได้ในสนามแม่เหล็กที่ต่ำ ซึ่งจากการศึกษาภาพถ่ายทางโครงสร้างระดับจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอมแล้วจะพบว่า เกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มแบบคลัสเตอร์ของสารแม่เหล็กจำนวนมากอย่างหนาแน่น การรวมตัวกันนี้ทำให้เกิดการเรียงตัวกันของโมเมนต์แม่เหล็กในทิศทางเดียวกันในปริมาณที่สูงและสามารถเกิดแมกเนไทเซชั่นขึ้นได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับสมบัติของวัสดุแม่เหล็กประเภทเฟอร์โร [8]

การใช้ปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กของเคอร์ในการศึกษาสมบัติทางแม่เหล็กบนผิวของสารตัวอย่างที่ต่างชนิดกันสามารถพบคุณลักษณะที่แตกต่างกันไปในแต่ละสาร สมบัติทางแม่เหล็กของสารแม่เหล็กแต่ละชนิดที่มีความแตกต่างกันสามารถสะท้อนออกมาในรูปของปรากฏการณ์ทัศนศาสตร์แม่เหล็กสามารถนำไปวิเคราะห์และศึกษาถึงความกว้างของพลังงานในแถบดี (d-band) และการโพลาไรเซชันของสปินของอิเล็กตรอน (electron spin polarization) ของสารต่อไป [9]

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2552 ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ Professor Dr. Elena A. Gan'shina จาก Department of Magnetism, Faculty of Physics, Moscow State University ประเทศ Russia และอาจารย์ ดร.อารียา เอี่ยมบู่ ที่ช่วยให้คำปรึกษาด้านข้อมูลความรู้อันเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง รวมถึง บริษัท โคแอกซ์กรุป คอร์ปอเรชั่น จำกัด สำหรับข้อมูลทางเทคนิค

เอกสารอ้างอิง

1. Krinchick, G. 1985. Physika Magnitnykh Yavlenia. Moscow. MSU.
2. Tremolet De Lacheisserie, E., Gignoux, D., and Schlenker, M. 2002. Magnetism I-Fundamentals. Massachusetts. Kluwer Academic Publishers.
3. Tremolet De Lacheisserie, E., Gignoux, D., and Schlenker, M. 2002. Magnetism II-Materials and Applications. Massachusetts. Kluwer Academic Publishers.
4. Rattanasuporn, S. 2008. Design and Construction of the Magnneto-Optic Kerr Effect (MOKE) Measurement System. Master Thesis, M.S. (Physics). Bangkok. Graduate School, Srinakharinwirot University.
5. Zvezdin, A. K., and Kotov, V. A. 1997. Modern Magnetooptics and Magnetooptical Materials: Studies in Condensed Matter. London. Institute of Physics Pub.
6. Krinchick, G., and Kosturin, A. 1980. Magnetooptika. Moscow. Znanie.
7. Visnovsky, S. 2006. Optics in Magnetic Multilayers and Nanostructures. New York. CRC Press.
8. Jiles, D. 1991. Introduction to Magnetism and Magnetic Materials. New York. Chapman and Hall.
9. Erskine, J. and Stern E. 1973. Magneto-Optic Kerr Effect in Ni, Co and Fe. *Physical Review Letter* 30(26): 1329-1332.

ได้รับบทความวันที่ 9 กันยายน 2553
ยอมรับตีพิมพ์วันที่ 7 ตุลาคม 2553