จารุ จุติมูสิก : การหาลักษณะเฉพาะเชิงโครงสร้างของวัสดุเฟร์โรอิกโดยใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีขั้นสูง (STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF FERROIC MATERIALS BY ADVANCED SPECTROSCOPY TECHNIQUES) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.รัตติกร ยิ้มนิรัญ, 209 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้มุ่งศึกษาวัสดุเฟร์โรอิกซึ่งมีสมบัติโดดเด่นคือบิสมัทเฟร์ไรต์ซึ่งเจือด้วยแมงกานีส ($BiFe_{1-x}Mn_xO_3$) และฟิล์มบางแบบหลายชั้น Co/CoO/Au เนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์สปินทรอนิกส์ (spintronics device) และการจัดเก็บข้อมูล ในงานวิจัยนี้โครงสร้างเฉพาะบริเวณและการเกิดเฟสปลอมปนของสารประกอบอื่นใน $BiFe_{1-x}Mn_xO_3$ และ Co/CoO/Au ถูกศึกษาโดยใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีการดูดกลืนรังสีเอกซ์ (XAS) และการสะท้อนของโพลาไรซ์นิวตรอน (PNR) นอกจากนี้เทคนิค PNR ยังถูกนำมาใช้ตรวจสอบการฟื้นคืนสภาพของ untrained state ในฟิล์มบางแบบหลายชั้น Co/CoO/Au หลังจากที่ได้ทำการวัดวงวนฮิสเทอรีซิสเสร็จสิ้นไปแล้ว 2 รอบ ซึ่งการฟื้นคืนสภาพในลักษณะดังกล่าวนี้ คาดว่าเป็นผลมาจากการจ่ายสนามแม่เหล็ก (reorientation field, $H_{RE}$) ในทิศทางซึ่งทำมุมต่างๆ (orientation angle, $\Omega_{RE}$) กับทิศทางเดิมของสนามแม่เหล็กที่ใช้ระหว่างการลดอุณหภูมิในตอนเริ่มต้น

ในระบบของ $BiFe_{1-x}Mn_xO_3$ เมื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างโดยรอบของอะตอมแมงกานีสโดยทำการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนรังสีเอกซ์ในช่วงโครงสร้างบริเวณใกล้ขอบการดูดกลืน (XANES) ที่ขอบการดูดกลืน K ของอะตอมแมงกานีส พบว่าในสารตัวอย่างที่มีปริมาณแมงกานีสต่ำๆ อะตอมแมงกานีสส่วนใหญ่เข้าไปแทนที่ตำแหน่งอะตอมของเหล็กในบิสมัทเฟร์ไรต์ และเมื่อปริมาณแมงกานีสเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดเฟสปลอมปนของ $BiMnO_3$ และ $BiMn_2O_5$ ในสารตัวอย่าง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับผลการคำนวณสเปกตรัมโดยโปรแกรม FEFF8.2

ในระบบของ Co/CoO/Au เมื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างโดยรอบของอะตอมโคบอลต์ โดยทำการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนรังสีเอกซ์ในช่วงโครงสร้างบริเวณใกล้ขอบการดูดกลืน (XANES) ที่ขอบการดูดกลืน K ของอะตอมโคบอลต์ พบว่ามีเฟสปลอมปน $Co_3O_4$ เกิดขึ้นบริเวณชั้นฟิล์มบางชั้นคู่ Co/CoO และจากการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค linear combination fitting ทำให้สามารถหาค่าปริมาณเฟสปลอมปน $Co_3O_4$ ที่มีอยู่ในสารตัวอย่างได้ ซึ่งปริมาณเฟสปลอมปนดังกล่าวยังถูกนำมาใช้ในการจำลองสเปกตรัมการดูดกลืนรังสีเอกซ์ทางทฤษฎี โดยการใช้โปรแกรม FEFF 8.2 ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องเป็นอย่างดีกับผลจากการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์วงวนฮิสเทอรีซิสของแม่เหล็กที่วัดโดยใช้เทคนิค SQUID พบว่ามีการฟื้นคืนสภาพของ untrained state ที่ $\Omega_{RE}$ = 45 องศา และ 90 องศา ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์วงวนฮิสเทอรีซิสของแม่เหล็กที่วัดโดยใช้เทคนิค

PNR นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจาก PNR ยังพบว่าลักษณะการฟื้นคืนสภาพของ untrained state จะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อ $\Omega_{RE}$ = 45 องศา และ $H_{RE}$ มีค่าอยู่ระหว่าง 3.0 kOe ถึง 10 kOe สำหรับ $\Omega_{RE}$ = 135 องศา จะไม่มีการฟื้นคืนสภาพของ untrained state เกิดขึ้น




สาขาวิชาฟิสิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2558 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

JARU JUTIMOOSIK : STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF FERROIC MATERIALS BY ADVANCED SPECTROSCOPY TECHNIQUES. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. RATTIKORN YIMNIRUN, Ph.D. 209 PP.

BISMUTH FERRITE/MULTILAYER/X-RAY ABSORPTION SPECTROSCOPY / POLARIZED NEUTRON REFLECTIVITY

In this work, the materials of interest are $BiFe_{1-x}Mn_xO_3$ ceramic and Co/CoO/Au multilayer due to their potential applications in data storage and spintronics devices. The Synchrotron-based X-Ray Absorption Spectroscopy (XAS) and Polarized Neutron Reflectivity (PNR) techniques were employed to investigate the structural properties of $BiFe_{1-x}Mn_xO_3$ ceramic and Co/CoO/Au multilayer, especially to study the local structure of Mn in $BiFe_{1-x}Mn_xO_3$ ceramic and to verify the formation of secondary phase in Co/CoO/Au multilayer. In addition, the Co/CoO/Au multilayer was examined to explore the degree of recovery of the untrained state after the first two field cycles. Such a recovery was expected by field cycling a reorientation field ($H_{RE}$) along a direction of orientation angle ($\Omega_{RE}$) away from the initial field cooling direction.

In Mn-doped $BiFeO_3$ system, the measured Mn *K*-edge X-ray Absorption Near Edge Structure (XANES) spectra showed that Mn atoms substituted in Fe sites in $BiFeO_3$ at low Mn content, which corresponded well with the calculated XANES spectra by FEFF8.2 program. Both the experimental and calculated XANES results

indicated that an increase of Mn content in $BiFeO_3$ led to the formation of second phases of $BiMnO_3$ and $BiMn_2O_5$.

In Co/CoO/Au multilayer system, the results of the Co K-edge XANES spectra indicated that the presence of $Co_3O_4$ in Co/CoO bilayers within the multilayer corresponded well with the calculated linear combination of XANES spectra by FEFF8.2 program. The analysis of SQUID magnetization hysteresis loops demonstrated the recovery of untrained state for $\Omega_{RE}$ = 45° and 90°, which corresponded with the PNR data. Furthermore, the results of PNR data analysis revealed that the best recipe for the recovery occurred at $\Omega_{RE}$ = 45°, which could be achieved partially with $H_{RE}$ = 3.0 kOe and remained significant even with $H_{RE}$ = 10.0 kOe. For any other higher angles of orientation (e.g., $\Omega_{RE}$ = 135°), no recovery of the untrained state arose.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Physics

Academic Year 2015

Student's Signature_____

Advisor's Signature_____

Co-advisor's Signature_____