

ทักษกฤษ แจ่มปรีชา : สมบัติเชิงโครงสร้าง ไฟฟ้าและแม่เหล็กของฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรท์
เจือด้วยทองแดงเตรียมด้วยเทคนิคการสปินโคตติง (STRUCTURAL, ELECTRICAL AND
MAGNETIC PROPERTIES OF Cu-DOPED BISMUTH FERRITE THIN FILMS
PREPARED BY SPIN COATING TECHNIQUE). อาจารย์ที่ปรึกษา :
ศาสตราจารย์ ดร.สันติ แม้นศิริ, 126 หน้า.

ฟิล์มบาง/วัสดุเฟอร์ไรท์อ็อกไซด์/แม่เหล็กแอนติเฟอร์โร

ในงานวิจัยเล่มนี้ได้ทำการประดิษฐ์และศึกษาคุณสมบัติเชิงโครงสร้าง ไฟฟ้าและแม่เหล็กของฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรท์ (BiFeO_3) ซึ่งถูกเจือด้วยธาตุทองแดง (Cu) เพื่อแทนที่ธาตุเหล็ก (Fe) โดยโครงสร้างฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรท์ที่ถูกเจือด้วยธาตุทองแดงนั้นจะอยู่ในรูปสารประกอบ $\text{BiFe}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_3$ ความเข้มข้นของการเจือที่ $x = 0.1 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.5 \ 1.0 \ 2.0$ และ 3.0 (1% 2% 3% 5% 10% 20% และ 30% โมล) ของธาตุโลหะในโครงสร้างฟิล์มบาง ตัวอย่างฟิล์มที่ถูกเตรียมขึ้นได้ถูกนำไปตรวจสอบสมบัติเชิงโครงสร้างผลึก สัณฐานวิทยาของพื้นผิวฟิล์มและความหนาสถานะทางเคมีและพันธะทางเคมี โดยเทคนิคการตรวจสอบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) การดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ (XAS) และ การปลดปล่อยอนุภาคโฟโตอิเล็กตรอนจากการฉายรังสีเอ็กซ์ (XPS) ส่วนสมบัติทางไฟฟ้าถูกศึกษาโดยเครื่อง Agilent4294A โดยการนำค่าความจุไฟฟ้า (C_p) และค่าการสูญเสียทางไฟฟ้า ($\tan \delta$) ที่วัดได้มาคำนวณและวิเคราะห์ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกค่าความต้านเชิงซ้อน รวมทั้งผลของอุณหภูมิที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์มบาง สมบัติทางแม่เหล็กถูกศึกษาโดยเครื่องวัดโมเมนต์แม่เหล็กแบบสั่นตัวอย่างในสนามแม่เหล็ก (VSM)

ฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรท์เจือด้วยทองแดง ($\text{BiFe}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_3$) ที่ถูกเตรียมขึ้นมีพื้นผิวฟิล์มเป็นเนื้อเดียวกันและความหนาประมาณ 200-300 nm แต่มีบางส่วนของผิวฟิล์มที่เป็นก้อนฟิล์มขนาดนาโนอยู่บนพื้นผิวฟิล์ม ความบริสุทธิ์เชิงโครงสร้างของฟิล์มมีความบริสุทธิ์ตามผลการแทรกสอดรังสีเอ็กซ์ของบิสมัทเฟอร์ไรท์ (BiFeO_3) เฉพาะฟิล์มที่ยังไม่มีการเจือธาตุทองแดงเท่านั้น ส่วนฟิล์มที่มีการเจือธาตุทองแดงจะมีความไม่บริสุทธิ์เชิงโครงสร้างของไบสมัทเตตระไฮไดรด์ออกไซด์ ($\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$) ปนอยู่ด้วย การดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ของฟิล์มบางได้แสดงสถานะเลขออกซิเดชันพบว่าเลขออกซิเดชันของธาตุ Bi Fe และ Cu มีเลขออกซิเดชันเป็น Bi^{3+} Fe^{3+} และ $\text{Cu}^{2+,3+}$ การปลดปล่อยอนุภาคโฟโตอิเล็กตรอนจากการฉายรังสีเอ็กซ์ของฟิล์มบางได้ยืนยันสถานะเลขออกซิเดชันของ Bi^{3+} และ Fe^{3+} และการมีอยู่ของช่องว่างออกซิเจน O_v ที่พลังงานยึดเหนี่ยว 531.5

eV การศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์มบางพบว่ามีความสมบัติการนำไฟฟ้าของฟิล์มบางมีค่าออกซิเดชันของ Bi^{3+} และ Fe^{3+} และการมีอยู่ของช่องว่างออกซิเจน O_v ที่พลังงานยึดเหนี่ยว 531.5 eV การศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์มบางพบว่ามีความสมบัติการนำไฟฟ้าของฟิล์มบางมีค่าลดลงเมื่อมีการเจือธาตุทองแดงมากขึ้น พิจารณาจากความนำไฟฟ้าที่มากขึ้นจากค่าความนำไฟฟ้าขอบเกรน (σ_{gb}) $1.9-0.13 \times 10^{-4} \text{ S.cm}$ แต่กระนั้นการนำไฟฟ้ากลับมากขึ้นเมื่อมีการเจือธาตุทองแดงที่สูงกว่า $x = 0.03$ อาจเป็นผลเนื่องจากการลดลงของผลึกคริสตัลไลน์และความไม่บริสุทธิ์ทางโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางบิสมาทเฟอร์ไรต์ ส่วนคุณสมบัติทางแม่เหล็กของฟิล์มบางบิสมาทเฟอร์ไรต์เจือด้วยทองแดงนั้นพบว่ามีการเจือธาตุทองแดงนั้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของโมเมนต์แม่เหล็กอันเนื่องมาจากขนาดของเกรนที่ลดลงและคุณสมบัติทางโดเมนแม่เหล็กดัดเบิ้ลเอ็กซ์เช้งที่มีการเจือปนของคอปเปอร์ออกไซด์ (CuO , Cu_2O_3) รวมไปถึงช่องว่างออกซิเจนของฟิล์มบางที่ซึ่งซึ่งทำให้เกิดชั้นเวเลนซ์อิเล็กตรอนอิสระ จากกราฟฮิสเทอรีซิสลูปพบว่า ค่าแมกนีไตเซชันอิ่มตัว (M_s) ค่าเรมานนซ์ (M_r) และ ค่า Coercivity (H_c) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเจือธาตุทองแดงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อทำการพิจารณา ค่า Susceptibility (χ) ที่สนามแม่เหล็ก (H) 2 kOe โดยเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 50-400 K พบว่า แนวโน้มของค่า Susceptibility (χ) บ่งบอกถึงคุณสมบัติแม่เหล็กแอนติเฟอร์โรของฟิล์มบาง ตามกฎของ คูรี-ไวร์ส ซึ่งมีอุณหภูมิเนล (T_N) อยู่ในช่วง 55-70 K ค่าอุณหภูมิเนล (T_N) เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเจือธาตุทองแดงเพิ่มขึ้นซึ่ง อาจเป็นผลเนื่องมาจากสารแอนติเฟอร์โรผสมของไฮดรอกไซด์ (F_2O_3) และคอปเปอร์ออกไซด์ (C_2O_3)

สาขาวิชาฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

ค.ช.พ.
ค.ช.พ.
ค.ช.พ.

TACHGISS JAMPREECHA : STRUCTURAL, ELECTRICAL AND
MAGNETIC PROPERTIES OF Cu-DOPED BISMUTH FERRITE
THIN FILMS PREPARED BY SPIN COATING TECHNIQUE.
THESIS ADVISOR : PROF. SANTI MAENSIRI, D.Phil. 126 PP.

THIN FILMS/FERROIC/ANTIFERROMAGNETISM

In this research, Cu-doped bismuth ferrite thin films were fabricated and studied structural, electrical, and magnetic properties. The Cu elements were doped to bismuth ferrite structure (BiFeO_3) for substitution Fe elements as concentration $x = 0.01, 0.02, 0.03, 0.05, 0.1, 0.2$ and 0.3 (1, 2, 3, 5, 10, 20 and 30 mol %). The $\text{BiFe}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_3$ thin films samples were investigated crystallite phases structure and crystallite sizes by x-ray diffraction (XRD). Surface morphology and thickness were revealed by scanning electron microscope (SEM). Oxidation states of films elements (Bi, Fe and Cu) were investigated by x-ray absorption spectroscopy (XAS). The elements (Bi, Fe and Cu) oxidation states and existence of oxygen vacancy were confirmed by x-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The electrical properties were investigated by Agilent4294A precision impedance analyzer by measurement capacitance (C_p) and loss tangent ($\tan \delta$). The magnetic properties were investigated by vibration sample magnetometer (VSM). The crystallite phase structure of the thin films was pure phase of bismuth ferrite (BiFeO_3) only on undoped bismuth ferrite thin films. For Cu-doped thin films samples were compounded with some impurity phase of dibismuth tetrairon oxide ($\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$). The films surfaces morphology showed some inhomogeneous of mountain films. The films thicknesses which were measured by SEM cross section technique, are about 200-300 nm. The oxidation states

of Bi^{3+} , Fe^{3+} and $\text{Cu}^{2+,3+}$ elements were investigated by x-ray absorption spectroscopy technique. The photoelectrons emission spectra which had been revealed valence electron binding energy of Bi and Fe elements, were confirmed oxidation states of Bi^{3+} , Fe^{3+} and existence of oxygen vacancy.

The electrical properties of the thin films were revealed by dielectric permittivity constant and complex impedance spectroscopy. The grain boundary conductance (σ_{gb}) decreased with increasing Cu content elements for $1.9-0.13 \times 10^{-4} \text{ S.cm}$ as $x = 0.01-0.3$. Increasing of grain boundary related to crystallite size effect. So, grain boundary resistance (R_{gb}) was increased trend when doped Cu elements as $x = 0.00-0.03$, according to decreasing of grain boundary conductance. The magnetic properties of the thin films were found that saturation magnetization (M_s), remanent magnetization (M_r) and coercive force (H_c) increased with increasing of Cu-doped concentration. Susceptibility (χ) versus variant temperature (50-400 K) graph of the thin films showed antiferromagnetic behavior, according to Curie- Weiss law. Néel temperature (T_N) of the $\text{BiFe}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_3$ thin films were about 55 and 70 K, as Cu-doped $x = 0.05$ and 0.2. The Néel temperature forward shifted with increasing Cu doping concentration may be because increasing weak ferromagnetic magnetic of copper oxide's electrons orbitals interaction (CuO , Cu_2O_3).

School of Physics

Academic Year 2018

Student's Signature

Advisor's Signature

Co-advisor's Signature

