พีรวัฒน์ เลาะหะนะ : สมบัติที่เกิดจากการเหนี่ยวนำด้วยแสงของฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรต์ที่เตรียมด้วยเทคนิคอาร์เอฟแมกนีตรอนสปัตเตอริง (PHOTO-INDUCED PROPERTIES OF BISMUTH FERRITE THIN FILMS PREPARED BY RF MAGNETRON SPUTTERING TECHNIQUE). อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แสนรังค์, 81 หน้า.

คำสำคัญ: โครงสร้างเฮทเทอโรของฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรต์/สมบัติของความต้านทานไฟฟ้าที่ไวต่อแสง/ระบบเซ็นเซอร์แสง/การวัดค่าความนำไฟฟ้า

สมบัติของความนำไฟฟ้าที่ไวต่อแสงของโครงสร้างเฮทเทอโรนั้นมีความน่าสนใจเป็นอย่างมาก และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในระบบเซ็นเซอร์แสงและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบโฟโตอิเล็กทรอนิกส์ได้ โดยสารเพอรอสไกต์ที่มีโครงสร้างแบบเฮทเทอโร เช่น ฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรต์บนสตรอนเทียมไททาเนตถูกศึกษาการนำไฟฟ้าบริเวณรอยต่อที่เกิดจากกลุ่มอิเล็กตรอนแก๊สสองมิติ โดยมีการคำนวณตามทฤษฎีได้ระบุไว้ว่ามีกลุ่มอิเล็กตรอนแก๊สสองมิติบริเวณรอยต่อนี้ ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการควบคุมค่าการนำไฟฟ้าของฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรต์บนสตรอนเทียมไททาเนต โดยการให้สนามไฟฟ้าจากภายนอกร่วมกับการฉายแสงในย่านอัลตราไวโอเลต โดยฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรต์ถูกเคลือบด้วยระบบอาร์เอฟแมกนีตรอนสปัตเตอริงทั้งหมดมีเงื่อนไข 3 เงื่อนไข ได้แก่ การปลูกฟิล์มที่อุณหภูมิห้อง (RT) จากนั้นเผาในบรรยากาศที่อุณหภูมิ 600 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (CAL) และการปลูกฟิล์มที่อุณหภูมิสูงที่ 600 °C (HT) และโครงสร้างแบบเฮทเทอโรที่ได้ศึกษานั้นมี 3 รูปแบบ คือ Au/STO, Au/mBFO/STO (m ย่อมาจาก masked) และ Au/BFO/STO ในการทดลองนี้ฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรต์ที่ปลูกในเงื่อนไข RT จะเป็นตัวอย่างหลักในการศึกษาค่าความนำไฟฟ้า และการควบคุมค่าการนำไฟฟ้าด้วยการให้สนามไฟฟ้าจากภายนอก ในขณะที่เงื่อนไข CAL และ HT นำมาเปรียบเทียบกับเงื่อนไข RT ของโครงสร้างเฮเทอโรแบบ Au/BFO/STO เพียงเท่านั้น การศึกษาความนำไฟฟ้าจะมีทั้งแบบฉายแสงในย่านอัลตราไวโอเลตและไม่มีการฉายแสง จากผลการศึกษาพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและทำให้เกิดตำแหน่งว่างของออกซิเจนจนเกิดการเหนี่ยวนำกลุ่มอิเล็กตรอนแก๊สสองมิติบนรอยต่อได้ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าของโครงสร้างเฮเทอโรแบบ Au/mBFO/STO เพิ่มขึ้นแบบไม่เป็นเชิงเส้น และค่าการนำไฟฟ้านี้มากกว่าผลของฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรต์และสตรอนเทียมไททาเนตรวมกัน ซึ่งมีค่าความนำไฟฟ้าอยู่ที่ ~76.46 นาโนซีเมนส์ ในขณะที่ฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรต์และสตรอนเทียมไททาเนตมีค่าประมาณ ~0.23 และ ~3.67 นาโนซีเมนส์ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าความนำไฟฟ้ายังสามารถควบคุมให้มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้โดยการให้สนามไฟฟ้าจากภายนอกเพื่อสลับทิศทางของโพลาไรเซชันของฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรต์ ซึ่งค่าความนำไฟฟ้าของของโครงสร้างเฮเทอโรแบบ Au/mBFO/STO จะมีเพิ่มขึ้น $\Delta\sigma$ =58.91 นาโนซีเมนส์และ

ลดลง $\Delta\sigma$ =9.93 นาโนซีเมนส์ หลังจากการให้สนามไฟฟ้าจากภายนอกในทิศบวกและทิศลบภายใต้การฉายแสงในย่านอัลตราไวโอเลตร่วมด้วยตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถสลับทิศทางของไดโอดระหว่างการไบอัสตรงและการไบอัสย้อนกลับได้อีกด้วย ในลำดับสุดท้ายลักษณะเฉพาะของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า (I-V curve) แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของตัวอย่างเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่อนุมานถึงสนามไฟฟ้าแบบโพลาไรซ์ในตัวในตัวฟิล์มบางบิสมัทเฟอร์ไรต์ ภายใต้การฉายแสงในย่านอัลตราไวโอเลตร่วมด้วย การใช้สนามไฟฟ้าเพื่อเปลี่ยนโพลาไรเซชันของฟิล์มบางบางบิสมัทเฟอร์ไรต์สามารถควบคุมการลัดวงจรกระแส ($I_{SC}$) และเปิดวงจรแรงดันไฟฟ้า ($V_{OC}$) ให้มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ จากผลการทดลองเหล่านี้อาจจะใช้ในระบบเซ็นเซอร์แสงและพัฒนาอุปกรณ์โฟโตอิเล็กทรอนิกส์รุ่นต่อไปได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนักศึกษา ฟิรวัฒน์ เกาะหะนะ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วิทวัส ทองรื่น
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

PEERAWAT LAOHANA : PHOTO-INDUCED PROPERTIES OF BISMUTH FERRITE THIN FILMS PREPARED BY RF MAGNETRON SPUTTERING TECHNIQUE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WITTAWAT SAENRANG, Ph.D. 81 PP.

Keyword: $BIFEO_3$ THIN FILMS HETEROSTRUCTURE/PHOTORESISTIVE PROPERTY/PHOTO-SENSING SYSTEMS/CONDUCTANCE MEASUREMENT

Photoconductivity of a heterostructure is very interesting and can be applied in photo-sensing systems and photo-electric electronic devices. The perovskite heterostructures of $BiFeO_3$ (BFO) on $SrTiO_3$ (STO) have been studied for the photo-induced conductance of two-dimensional electron gas (2DEG), where the theoretical calculation indicates that a 2DEG exists at the interfaces. In this thesis, we present how to control the conductance of BFO thin films as a function of an external electric field and UV light irradiation. We prepared BFO thin films on STO (100) using an RF magnetron sputtering system with 3 different conditions as follows: at room temperature (RT), then calcination at 600 °C for 2 hours (CAL), in air, and at high temperature 600 °C (HT). There are 3 configurations of the heterostructure as follows: Au/STO, Au/mBFO/STO (m stands for masked), and Au/BFO/STO. In the experiment, the BFO thin films with RT conditions were the main sample to study the conductance of the heterostructure in 3 configurations and the effect of biasing high voltage. While the CAL and HT conditions were compared to the conductance with the RT condition, only the Au/BFO/STO configuration was tested. The conductance was studied with and without UV irradiation. It was found that when the UV light was turned on, the conductance of all samples increased abruptly due to the formation of oxygen-vacancy-induced 2DEG states with slow-charging. The conductance has non-linearly increased, with the Au/mBFO/STO configuration having greater conductance than the total of each individual BFO film and STO crystal. Under UV exposure, the conductance was ~76.46 nS, while the BFO film and STO crystal were ~0.23 nS and ~3.67, respectively. Moreover, the conductance can be controlled to increase or decrease by using an electric field to switch the ferroelectric polarization of BFO thin films. The conductances of the Au/mBFO/STO configuration were increased by $\Delta\sigma$ =58.91 nS and

decreased by $\Delta\sigma$ =9.93 nS after the positive and negative bias under UV illumination. The electric fields with positive and negative bias can also be switched in the diode directions with the forward and reverse bias directions, respectively. Finally, the current-voltage characterization (I-V curve) demonstrated the photovoltaic behaviors that inferred the self-polarized and built-in electric field in BFO thin films under illumination. The short- circuit current ($I_{SC}$) and open- circuit voltage ($V_{OC}$) can be controlled to increase or decrease by using an electric field to change the polarization of BFO thin films. These effects may find new applications in photo-sensing systems with research development for next generation optoelectronic devices.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Physics
Academic Year 2021

Student's Signature Peerawat Laohana
Advisor's Signature วิทวัส แสงชัด
Co-Advisor's Signature