

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การประดิษฐ์ฟิล์มบาง CuInSe_2 โดยวิธีซีลีไนเซชันเพื่อประยุกต์เป็นเซลล์
แสงอาทิตย์

ชื่อโครงการ(ภาษาอังกฤษ) Fabrication of CuInSe_2 Thin Films by Selenization Method for Solar
Cell Application

แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2554 ถึง 30 กันยายน 2555

หัวหน้าโครงการวิจัย

นางงามนิษฐ์ วงษ์เจริญ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520, E-mail: kwngamni@kmitl.ac.th

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

นายฐิตินัย แก้วแดง สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520, E-mail: kgthitini@kmitl.ac.th

นางทิพรัตน์ วงษ์เจริญ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ อ.
คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120, E-mail: tiparatana.w@bu.ac.th

นายชัยสิงห์ ภูริภักดิ์ เกียรติ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน
กรุงเทพฯ 10330, E-mail: Chaisingh.P@chula.ac.th

บทคัดย่อ

สารกึ่งตัวนำคอปเปอร์อินเดียมไดซีลีไนด์ (CuInSe_2 , CIS) เป็นวัสดุกึ่งตัวนำที่สำคัญชนิด
หนึ่งในการใช้ประดิษฐ์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากมีสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติทางแสงที่
เหมาะสม อายุการใช้งานยาวนานและราคาไม่สูงนัก CIS เป็นสารกึ่งตัวนำในกลุ่ม I-III-VI₂ ที่มี
โครงสร้างผลึกแบบซาลโคไฟไรต์ สามารถใช้ประดิษฐ์เป็นชั้นดูดกลืนแสงของเซลล์แสงอาทิตย์
ชนิดฟิล์มบางได้เนื่องจากช่องว่างแถบพลังงานเป็นแบบตรงและมีค่าประมาณ 1.04 อิเล็กตรอน
โวลต์ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงมีค่าสูงในระดับ 10^4 ต่อเซนติเมตร มีเสถียรภาพทางความร้อน
และทางไฟฟ้าที่ดี ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ
 CuInSe_2 ทั้งที่ไม่ได้เจือและที่มีการเจือด้วยอะตอมของธาตุ Na โดยที่เตรียมวิธีระเหยสารตั้งต้นที่
เป็นผลึกอัดเม็ดด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศที่ความดัน 5×10^{-6} มิลลิบาร์ ลงบนแผ่น
ฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์ จากนั้นจึงนำฟิล์มบางที่ได้ไปผ่านกระบวนการซีลีไนเซชันโดย
มีเม็ดธาตุ ซีลีเนียมบรรจุอยู่ในกล่องแกรไฟต์และอยู่ในบรรยากาศของแก๊สอาร์กอนในช่วงอุณหภูมิ
400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ไปทำการตรวจสอบโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางด้วย

วิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ พบว่าเป็นผลึกพหุพันธ์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบซาลโคไพไรท์ จาก
ระนาบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จะทำการหาค่าคงที่ของโครงสร้างผลึก ขนาดของเกรน ความหนาแน่น
ดิสโลเคชัน ความเครียดระดับจุลภาคและความน่าจะเป็นของการจัดเรียงระนาบผิวดัด พบว่า
ขนาดของเกรนจะโตขึ้นเมื่ออุณหภูมิของการซีลีไนเซชันเพิ่มขึ้นและขนาดเกรนของฟิล์มที่เจือด้วย
อะตอมของธาตุ Na จะมีขนาดโตกว่าฟิล์มที่ไม่ได้ทำการเจือ ได้ทำการศึกษาลักษณะของพื้นผิวด้วย
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและศึกษาลักษณะเฉพาะของการส่งผ่านแสงของฟิล์ม
บางที่เตรียมได้ ด้วยเครื่องดับเบิลบีมสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในช่วงความยาวคลื่น 300-2500 นาโน
เมตร ส่วนค่าดัชนีหักเหและค่าช่องว่างแถบพลังงานทางแสงสามารถคำนวณได้จากสเปกตรัมการ
ส่งผ่านแสงพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับของผลึกเดี่ยว สามารถคำนวณได้จากสเปกตรัมการส่งผ่านแสง
ด้วยเช่นกัน ค่าดัชนีหักเหที่เปลี่ยนแปลงตามความยาวคลื่นแสงสอดคล้องกับแบบจำลอง
ออสซิลเลเตอร์เดี่ยว ซึ่งทำให้สามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ทางแสงที่สำคัญต่างๆ เช่น ค่าดัชนี
การหักเหของแสง สัมประสิทธิ์การสูญเสียของแสง พลังงานออสซิลเลเตอร์ พลังงานดิสเพอร์ชัน
ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก และค่าความนำทางแสงได้

คำสำคัญ: ฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuInSe_2 , วิธีการระเหยความร้อนในระบบสุญญากาศ,
กระบวนการซีลีไนเซชัน, พารามิเตอร์ทางแสง

Research Title: Fabrication of CuInSe₂ Thin Films by Selenization Method for Solar Cell Application

Researcher: ~~Mrs. Ngamnit Wongcharoen, Mr. Thitinai Gaewdang, Mrs. Tiparatana~~
~~..... Wongcharoen, Mr. Chaisingh Poo-Rakkiat~~

Faculty: Science **Department:** Physics

ABSTRACT

Copper indium diselenide (CIS) is one of the most promising semiconductor materials used in solar cells in recent years due to its favourable electrical and optical properties, durability and cost effectiveness. CIS is a member of I-III-VI₂ group of semiconductors with chalcopyrite structure. It can be used as an absorber layer in thin film solar cell due to its direct band gap (1.04 eV), high absorption coefficient (about 10^4 cm^{-1}), good thermal and electrical stability. In this research, the pure CuInSe₂ (CIS) and Na doped CuInSe₂ thin films were prepared by single source thermal evaporation method using powder of CuInSe₂ single phase pressed in pellet form. The films were deposited on glass sheet substrates in vacuum better 5×10^{-6} mbar. The selenization process was subsequently carried out inside a partially closed graphite container at 400-550 °C for 30 min in argon ambient with element selenium incorporation. The crystal structure of these films was checked by X-ray diffraction (XRD) technique. Structural investigations on these films revealed the polycrystalline in nature with chalcopyrite structure. The lattice parameters were determined from the diffraction peaks. Furthermore, crystallite size, dislocation density, microstrain and stacking fault probability have been evaluated and the results are discussed. The grain size is found to be increase with increasing selenization temperature and CIS films incorporation with Na obviously provides the larger grain growth comparable to the non-doped films. The surface morphology of the films was studied using scanning electron microscope (SEM). The transmission characteristics of the pure and Na-doped CuInSe₂ films were studied using double beam spectrophotometer in the wavelength range 300-2500 nm. Optical band gap values of the films, determined from spectral transmission data, are close to the one of single crystal. The refractive index of the pure and Na-doped CuInSe₂ thin films was also been evaluated from the transmittance spectra. The dependence of the refractive index on the wavelength obeys

the single oscillator model, from which the important parameters such as refractive index, extinction coefficient, oscillator energy (E_0), dispersion energy (E_d), dielectric constant and optical conductivity were determined.

Keywords: CuInSe₂ thin films, Thermal evaporation, selenization, optical parameters

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีก็ด้วยความอนุเคราะห์ ดร. ศิริรัตน์ พิรมนตรี และคุณ อารักษ์ วิฑิตย์ธีรานนท์ กองการวัดกัมตภาพรังสี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่อนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ทางแสงในย่านความยาวคลื่น ยูวี-วิสิเบิล-อินฟราเรด (UV-VIS-NIR spectrometer Shimadzu 3101PC) ในการวัดการส่งผ่านแสงของฟิล์มบาง ในช่วงความยาวคลื่น 300 ถึง 2500 นาโนเมตร

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ จูติรุ่งเรือง หัวหน้าศูนย์วิจัยอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์น้ำปลอดประจุม่าใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณนายปรกรณ์ สิทธิเขตรกรณ์ นางสาวเมธิรา ร่วมสุข และนายอดิสร นพรุจิกุล นักศึกษาของห้องปฏิบัติการวิจัยวัสดุโฟโตนิกส์ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลของการทดลองและช่วยทำรูปเล่มรายงานจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์และการแนะนำในการใช้เครื่อง ยูวี-วิสิเบิล แบบดับเบิล บีม สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Thermo electron corporation รุ่น Heλios α ที่ใช้ในการศึกษาคุณสมบัติเชิงแสงโดยการวัดการส่งผ่านแสงของฟิล์มบางในช่วงความยาวคลื่นอัลตราไวโอเล็ตไปจนถึงย่านอินฟราเรด (ความยาวคลื่น 190 – 1100 nm) และเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Bruker รุ่น D8 Advance ซึ่งรังสีเอกซ์มีความยาวคลื่นในย่าน $\text{Cu}_{K\alpha}$ 1.5406 Å ในการศึกษาลักษณะโครงสร้างผลึกเชิงจุลภาคและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM - 6400 ในการศึกษาโครงสร้างผลึกเชิงมหภาคของฟิล์มบาง

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบรายได้ประจำปีงบประมาณ 2555 ของคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

นางงามนิตย์ วงษ์เจริญ
นายฐิตินัย แก้วแดง
นางทิพรรัตน์ วงษ์เจริญ
นายชัยสิงห์ ภูรัศม์เกียรติ