พีรวุฒิ รัตนวิชัย : การศึกษาการผลิตฟิล์มบางผลึกนาโนซิงค์ออกไซด์ที่เจือด้วยบิสมัทสำหรับชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอนของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเพอรอฟสไกต์ (THE STUDY IN THIN FILM FABRICATION OF NANOCRYSTALLINE ZINC OXIDE DOPED WITH BISMUTH FOR ELECTRON TRANSPORT LAYER OF PEROVSKITE SOLAR CELLS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์วรรณ ฟังสุวรรณรักษ์, 117 หน้า.

ชั้นนำส่งพาหะอิเล็กตรอน (ETL) ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเพอรอฟสไกต์ (PSC) เป็นส่วนที่มีความสำคัญสำหรับขนส่งพาหะอิเล็กตรอน ($e^-$) ที่ผลิตได้จากชั้นเพอรอฟสไกต์ (PS) ไปขั้วไฟฟ้า ขณะแสงตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ PSC มีค่าประสิทธิภาพในการแปลงพลังงาน (PCE) รวมถึงได้ปริมาณ $e^-$เพิ่มมากขึ้นในชั้น ETL ซึ่งตอบสนองต่อแสงช่วงความยาวคลื่นสั้น และมีค่าการทะลุผ่านของแสง (T%) ที่สูง อย่างไรก็ตามการสร้าง ETL ให้มีคุณภาพทางไฟฟ้า ทางแสงและทางจุลโครงสร้างที่ดีนั้นยังพึ่งพากระบวนการอบฟิล์ม

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา การผลิตชั้นฟิล์มบาง ETL จากผลึกนาโนทรงกลมซิงค์ออกไซด์เจือด้วยบิสมัท (snc-ZnO:Bi) สำหรับ PSC ชั้น ETL เตรียมด้วยวิธีโซล-เจลจากสารละลายซิงค์ออกไซด์เจือด้วยบิสมัท และเคลือบบนแผ่นฐาน ITO/quartz slide ด้วยแรงหมุนเหวี่ยง (Spin coating) และฟิล์มที่ได้ผ่านการอบในเงื่อนไข Rapid Thermal Annealing (RTA) ที่ 700-930°C เป็นเวลา 10-20 วินาที และเงื่อนไขการแอลนีลที่อุณภูมิ ระหว่าง 350-550°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงภายใต้บรรยากาศปกติ จากผลพบว่าฟิล์มบาง snc-ZnO:Bi ในเงื่อนไข RTA ที่ 930°C เป็นเวลา 20 วินาที มีค่า T% มากกว่า 90% และค่าการสะท้อนกลับของแสง (R%) น้อยกว่า 3% ในช่วงความยาวคลื่นแสง 250-850 nm ซึ่งบ่งบอกได้ว่าฟิล์มบาง snc-ZnO:Bi สามารถดักจับแสงได้ดี พื้นผิวของฟิล์มบางมีความสม่ำเสมอ ไม่มีรอยแตกร้าวปรากฏให้เห็น และมีขนาดผลึกอยู่ในช่วง 10-20 nm ดังนั้นฟิล์มบาง snc-ZnO:Bi ในเงื่อนไขการอบแบบ RTA ให้คุณสมบัติของฟิล์มบาง snc-ZnO:Bi ดีขึ้นมากกว่าเงื่อนไขการแอลนีลที่อุณหภูมิสูง และทำให้ค่าความต้านทานของแผ่นฐาน ITO เพิ่มขึ้นเล็กน้อยมีค่าประมาณ 27 ohm/sheet

ในงานวิจัยนี้ได้นำฟิล์มบาง snc-ZnO:Bi มาใช้เป็นชั้น ETL ใน PSC ในโครงสร้าง Glass/ITO/snc-ZnO:Bi/$CH_3NH_3PbI_3$/Au ขนาดเซลล์ประมาณ 0.0452 $cm^2$ จากผลการวัดได้ค่ากระแสลัดวงจร ($J_{sc}$) เท่ากับ 4.07 mA/$cm^2$ และแรงดันเปิดวงจรเท่ากับ ($V_{oc}$) 465 mV และค่าฟิวเฟคเตอร์ (FF) เท่ากับ 0.302 ทำให้ได้ PCE เท่ากับ 0.57% ภายใต้ความเข้มแสง 1.77 mW/$cm^2$

ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าฟิล์มบาง snc-ZnO:Bi สามารถนำมาพัฒนาเพื่อเป็นชั้น ETL ให้กับแสงอาทิตย์ชนิด PS ได้




สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

PEERAWOOT RATTANAWICHAI : THE STUDY IN THIN FILM FABRICATION OF NANOCRYSTALLINE ZINC OXIDE DOPED WITH BISMUTH FOR ELECTRON TRANSPORT LAYER OF PEROVSKITE SOLAR CELLS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THIPWAN FANGSUWANNARAK, Ph.D., 117 PP.

NANOCRYSTALLINE ZINC OXIDE/ELECTRON TRANSPORT LAYER /PEROVSKITE SOLAR CELL

Electron transport layer (ETL) is an important part for accumulating electrons produced in perovskite (PS) to be delivered to its metal contact of perovskites solar cell (PSC). Under illumination test, PSC can provide the power conversion efficiency and additional electrons enhancement in the ETL which can respond with short wavelength light and high transmittance (%T). However, high ETL qualities in the terms of good electrical property, proper optical characterizations and good surface morphology have base on a high annealing dependence.

This research studies on the fabrication of ETL from spherical nano zinc oxide crystals doped with bismuth (snc-ZnO:Bi) for PSC application. ETLs were prepared by sol-gel of ZnO doped with Bi solution which was coated on an ITO/glass slide by spin coating. ETL films were sintered with varying conditions of a rapid thermal annealing (RTA) at 700-930°C for 10-20 seconds and a conventional annealing at 350-550°C for 2 hours into the atmosphere. The results illustrated that snc-ZnO:Bi films with RTA at 930°C for 20 seconds condition provide T% above 90% and reflectance (R%) below 3% in the wavelength range of 250-850 nm. The optical results reply to proper light-trapping of such ETL films. There are clearly invariable film thickness with no crack at

the surface. ETL contains the grain crystal size around 10-20 nm. Therefore, ETL produced from RTA provides the better quality of snc-ZnO:Bi than the conventional annealing. RTA can also improve ITO resistivity with a small sheet resistivity of 27 ohm/sheet comparing with the convention annealing.

In this study, snc-ZnO:Bi film was used for ETL in PSC (Glass/ITO/snc-ZnO:Bi/$CH_3NH_3PbI_3$/Au). The PS cells demonstrated with the diameter size of 0.0452 $cm^2$ provide short circuit current density ($J_{sc}$) of 4.07 $mA/cm^2$, open voltage ($V_{oc}$) of 455 mV and fill factor (FF) of 0.302 that lead to the power conversion efficiency of PSC at 0.57% under light intensity at 1.77 $mW/cm^2$. The electrical results of PSC indicate that snc-ZnO:Bi can be a candidate ETL for PSC application.



School of Electrical Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2019 Advisor's Signature _____