พีรวุฒิ รัตนวิชัย : การศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้า-แสง และทางจุลโครงสร้างของฟิล์มบางผลึกนาโนซิงค์ออกไซด์โดป สำหรับการประยุกต์ใช้งานในชั้นส่งผ่านพาหะของเซลล์แสงอาทิตย์เพอรอฟสไกต์ (STUDY OF OPTOELECTRICAL AND NANOSTRUCTURAL PROPERTIES OF NANOCRYSTALLINE ZINC OXIDE DOPED FOR APPLICATION IN THE CARRIER TRANSPORT LAYER OF PEROVSKITE SOLAR CELL)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์วรรณ ฟังสุวรรณรักษ์, 215 หน้า.

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์เพอรอฟสไกต์/ชั้นส่งผ่านพาหะ/ผลึกนาโนซิงค์ออกไซด์โดป/ต้นทุนต่ำ

ชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอน (Electron transport layer) ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเพอรอฟสไกต์ (Perovskite solar cells) เป็นชั้นที่มีความสำคัญมากในการดึงดูดและนำส่งพาหะอิเล็กตรอน (e^-) ที่ผลิตได้จากชั้น (Perovskite) ไปยังขั้วไฟฟ้า (Electrode) ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอนมีคุณสมบัติการทะลุผ่านของแสง (Transmittance) ที่สูง และสามารถเพิ่มปริมาณอิเล็กตรอนได้จากการตอบสนองต่อแสงในช่วงความยาวคลื่นสั้น เช่น แสงยูวี(UV) อย่างไรก็ตามการสร้างชั้นนำส่งพาหะอิเล็กตรอนให้มีคุณภาพที่ดียังต้องมีการปรับปรุงลักษณะพื้นผิวให้สามารถดักจับแสงอาทิตย์ได้มากขึ้น มีค่าการทะลุผ่านของแสงที่สูงขึ้นและมีค่าความนำทางไฟฟ้าที่ดี

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้า-แสง และทางจุลโครงสร้างของฟิล์มบางผลึกนาโนซิงค์ออกไซด์โด๊ปด้วยสารเจือบิสมัท (Bi) และสารเจืออะลูมิเนียม (Al) สำหรับการประยุกต์ใช้งานเป็นชั้นส่งผ่านพาหะอิเล็กตรอนของเซลล์แสงอาทิตย์เพอรอฟสไกต์ การผลิตฟิล์มบางสำหรับชั้นส่งผ่านพาหะอิเล็กตรอนสามารถเตรียมขึ้นโดยวิธีโซล-เจลจากสารละลายซิงค์ออกไซด์เจือด้วย Bi และ Al ที่อะตอมเปอร์เซ็นต์และความหนาของฟิล์มบางแตกต่างกัน โดยฟิล์มบางที่ได้นั้นถูกเคลือบลงบนแผ่นฐาน ITO และแผ่นฐาน quartz ด้วยเทคนิคการเคลือบแบบแรงหมุนเหวี่ยง (Spin coating) หลังจากนั้นนำฟิล์มบางที่ได้ไปผ่านการแอลนีลแบบ Rapid Thermal Annealing (RTA) ที่ 800 °C - 930°C เป็นเวลา 20วินาที ภายใต้บรรยากาศปกติ จากผลพบว่า ฟิล์มบาง ZnO:Bi เมื่อนำมาเคลือบบนแผ่นฐาน ITO สามารถช่วยเพิ่มค่าการทะลุผ่านของแสงประมาณ 10% เมื่อเทียบกับแผ่นฐาน ITO เปล่าๆ เนื่องจากฟิล์มบาง ZnO:Bi มีลักษณะพื้นผิวที่คล้ายกับกลีบและภายในประกอบไปด้วยผลึกนาโนทรงกลมขนาดเช่นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-20nm ทำให้สามารถช่วยดักจับแสงได้ดียิ่งขึ้น

ฟิล์มบาง AZO ที่ความเข้มข้นอะตอมเปอร์เซ็นต์ 4.0at% นั้นให้ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางที่มีความสม่ำเสมอ ไม่ปรากฏรอยแตกร้าวให้เห็น และให้ค่ากระแสโฟโตที่สูงมากกว่าฟิล์มบาง ZnO:Bi และเมื่อส่องด้วยกล้อง FESEM พบผลึกทรงกลมขนาด 5-15nm กระจายอยู่อย่างหนาแน่น และเมื่อนำมาเคลือบลงบนฟิล์มบาง ZnO:Bi นั้นทำให้ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางมีความเรียบขึ้น และ

ค่ากระแสโฟโตสูงขึ้น จากสมบัติที่ได้ของฟิล์มบาง AZO/ZnO:Bi ทำให้สามารถนำมาพัฒนาเพื่อเป็นชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอนให้กับเซลล์แสงอาทิตย์เพอรอฟสไกต์ได้

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ประกอบไปด้วยฟิล์มบาง AZO/ZnO:Bi ผ่านการอบแบบ RTA ที่อุณหภูมิมากกว่า 890°C นาน 20 วินาที ในโครงสร้าง Glass/ITO/ZnO:Bi/AZO/PS/Au ได้ให้ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานประมาณ 2.1% V_{oc} ประมาณ 0.64V I_{sc} ประมาณ 8.0mA/cm^2 และ FF ประมาณ 0.42

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนักศึกษา .....

ปีการศึกษา 2567 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

PEERAWOOT RATTANAWICHAI : STUDY OF OPTOELECTRICAL AND NANOSTRUCTURAL PROPERTIES OF NANOCRYSTALLINE ZINC OXIDE DOPED FOR APPLICATION IN THE CARRIER TRANSPORT LAYER OF PEROVSKITE SOLAR CELL. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THIPWAN FANGSUWANNARAK, Ph.D., 215 PP.

Keyword: Perovskite solar cell/Carrier transport layer/Nanocrystalline zinc oxide doped/Low cost

The electron transport layer in perovskite solar cells is crucial for capturing and transporting electrons produced by the perovskite layer to the electrode. This process enables the solar cell to generate electricity from sunlight. The electron transport layer has high light transmittance and can increase electron amounts by responding to short-wavelength light such as UV light. However, achieving a high-quality electron transport layer requires improving surface characteristics to better capture sunlight, increase light transmittance, and enhance electrical conductivity.

This research studied the electrical and optical properties, as well as the microstructure, of thin films made from nanocrystalline zinc oxide doped with bismuth (ZnO:Bi) and zinc oxide doped with aluminum (AZO). These films were intended for use as electron transport layers in perovskite solar cells. The thin films were prepared using a sol-gel method from zinc oxide precursor solutions doped with Bi and Al at different atomic percentages and thicknesses. The resulting thin films were coated onto ITO and quartz substrates using spin coating. Subsequently, the thin films underwent rapid thermal annealing (RTA) at temperatures between 800°C to 930°C for 20 seconds under normal atmospheric conditions. The findings revealed that the ZnO:Bi thin films, when coated on ITO substrates, could enhance light transmittance by approximately 10% compared to bare ITO substrates. This improvement was attributed to the flower-like surface morphology of the ZnO:Bi thin films, consisting of spherical nanoparticles approximately 10-20nm in diameter, which effectively trapped light.

The thin AZO film with a doping level of 4.0 atomic percent shows a smooth surface without visible cracks and exhibits a significantly higher photocurrent than the ZnO:Bi thin film. Under FESEM microscopy, spherical nanoparticles with sizes ranging

from 5-15nm are evenly dispersed on its surface. Coating this AZO film on ZnO:Bi enhances the smoothness of the thin film surface and increases its photocurrent. The combined properties of AZO/ZnO:Bi thin films make them suitable as electron transport layers for perovskite solar cells.

The prepared solar cells incorporating AZO/ZnO:Bi thin films, annealed via RTA at temperatures exceeding 890°C for 20 seconds in a Glass/ITO/ZnO:Bi/AZO/PS/Au structure, achieve an energy conversion efficiency of approximately 2.1%, V_{oc} around 0.64V, I_{sc} approximately 8.0mA/cm^2, and FF approximately 0.42.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Electrical Engineering
Academic Year 2024

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....