NIKHIL JADEN NAIDOO : การเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอนด้วยชั้นหน้าต่างแคดเมียมซัลไฟด์ที่มีชั้นบัฟเฟอร์ของซิงค์ออกไซด์เจือบิสมัท (ENHANCEMENT OF POWER CONVERSION EFFICIENCY OF BULK CRYSTALLINE SOLAR CELLS THROUGH CADMIUM SULPHIDE WINDOW LAYER WITH BISMUTH *DOPED* ZINC OXIDE BUFFER LAYER)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์วรรณ ฟังสุวรรณรักษ์, 102 หน้า.

คำสำคัญ : ฟิล์มบาง แคดเมียมซัลไฟด์ ซิงค์ออกไซด์ แถบพลังงานช่องว่าง ความยาวคลื่น

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ฟิล์มบางควอนตัมดอทจากแคดเมียมซัลไฟด์และซิงค์ออกไซด์เจือบิสมัทเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันมีการใช้งานจากวัสดุซิลิคอน ซึ่งซิลิคอนมีขีดจำกัดในการแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า หนึ่งในการปรับปรุงคือการสร้างชั้นฟิล์มบางบนเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อลดการสูญเสียพลังงานทางแสงที่ตกกระทบลงบนเซลล์แสงอาทิตย์และลดการรวมตัวกันของพาหะ และยังสามารถเป็นหน้าต่างรับแสงเพื่อลดการสะท้อนแสงกลับของแสงและช่วยเพิ่มการดูดกลืนพลังงานจากแสงอาทิตย์

ฟิล์มบางแคดเมียมบนซิงค์ออกไซด์ถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการหมุนเหวี่ยงบนแผ่นควอตซ์ที่มีชั้นซิงค์ออกไซด์เป็นชั้นบัฟเฟอร์ และได้ถูกวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ พบว่าจากการวิเคราะห์ทางแสงด้วยเครื่อง UV-VIS ฟิล์มบางแคดเมียมบนซิงค์ออกไซด์มีค่าการสะท้อนแสงกลับที่ต่ำในย่านความยาวคลื่นช่วงคลื่นตามองเห็น แต่ในขณะที่ค่าการทะลุผ่านของแสงของฟิล์มบางมีค่าที่มากในย่านความยาวคลื่นช่วงตามองเห็น และมีค่าการทะลุผ่านของแสงในช่วงความยาวคลื่นเหนือม่วงที่น้อยกว่า 400 nm จากการวิเคราะห์การเกาะเกี่ยวทางเคมีด้วยเครื่อง FTIR พบว่าฟิล์มบางเกิดการเกาะเกี่ยวพันธะระหว่างแคดเมียมและซัลเฟอร์ ซึ่งกล่าวได้ว่าสามารถสร้างฟิล์มบางแคดเมียมซัลไฟด์ด้วยวิธีการหมุนเหวี่ยงได้

จากการวิเคราะห์พื้นผิวฟิล์มบางด้วยภาพถ่ายจากเครื่อง FESEM พบว่าฟิล์มบางที่มีชั้นซิงค์ออกไซด์สามารถปรับปรุงพื้นผิวให้ฟิล์มบางแคดเมียมซัลไฟด์เกาะอยู่บนพื้นผิวได้ดีขึ้น เรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน และลดรอยแตกร้าวของฟิล์มบางลง ซึ่งผลจากการวัดเชิงโครงสร้างด้วยเครื่อง XRD แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของแคดเมียมซัลไฟด์ที่มีโครงผลึกเป็นรูปแบบของคิวบิก (Cubic) และโครงสร้างของซิงค์ออกไซด์ที่มีโครงผลึกแบบ Hexagonal wurtzite นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเมื่อทำการ

อบฟิล์มที่อุณหภูมิสูงฟิล์มบางที่สังเคราะห์ขึ้นจะเกิดการแยกเฟส และจากการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าด้วยวิธี Two-probe เพื่อนำค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้มาคำนวณหาค่าความต้านทานจำเพาะและค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะของฟิล์มบางที่สร้างขึ้น โดยจากผลที่ได้พบว่าฟิล์มบางมีค่าความนำไฟฟ้าที่ดีมากขึ้น โดยเงื่อนไขที่มีชั้นซิงค์ออกไซด์และชั้นฟิล์มบางแคดเมียมจำนวนอย่างละ 3 ชั้น ให้ค่าความนำไฟฟ้าที่มากที่สุด และเหมาะสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้เป็นชั้นหน้าต่างรับแสงสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนักศึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

NIKHIL JADEN NAIDOO : ENHANCEMENT OF POWER CONVERSION EFFICIENCY OF BULK CRYSTALLINE SOLAR CELLS THROUGH CADMIUM SULPHIDE WINDOW LAYER WITH BISMUTH DOPED ZINC OXIDE BUFFER LAYER. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THIPWAN FANGSUWANNARAK. Ph.D., 102 PP.

Keyword: THIN FILM/ CADMIUM SULPHIDE/ ZINC OXIDE/ QUANTUM DOT/ BAND GAP/ WAVELENGTH

This thesis presents an investigation into the use of quantum dot thin films as potential window layer materials in the improvement of photovoltaic solar cell efficiency. The materials studied are bismuth doped zinc oxide and cadmium sulphide. Methods of fabrication are studied to determine a simple method of synthesis and deposition. While other methods are studied, both materials used are deposited through spin coating, onto quartz substrates, for characterizations, and onto PN silicon in an attempt to create a prototype photovoltaic device. The properties of the thin films — optical, structural, and electrical — are studied through various means, including, UV-Vis, FTIR, XRD, FESEM, and two-probe technique. Together with the properties of the thin films, the factors affecting these properties are also studied in this research. The properties studied are to determine whether the materials would be a viable option for solar cell applications. Absorption, transmittance, reflectance, band gap, conductivity and resistivity, surface morphology and structural bonding are all investigate. Manipulation of the properties is also possible through the changing of certain factors like grain size, number of layers and temperature, which is documented in this thesis. To prove that the materials are suitable for improvement of efficiency, the properties are analysed with respect to those of crystalline silicon, attempting to limit the light that is wasted by the silicon solar cells, while also mitigating parasitic losses to the window layer materials. After characterizing the films, the films are deposited onto crystalline silicon and tested. Contacts are made through screen printing, with silver front contacts and aluminium rear contacts. Results obtained from UV-Vis analysis of the films, for optical properties show low reflectance in the wavelengths in the visible light region of the spectrum, while transmittance is high in

the visible light region of the spectrum, and low in the UV-region — <400nm. Structural analysis of the films through FTIR showed bonds formed between cadmium and sulphur, creating the cadmium sulphide particles, proving the method of deposition successful. The surface morphology data, studied through XRD and FESEM show improved homogeneity of the CdS film when deposited on a ZnO:Bi buffer layer, compared to deposition on plain quartz. Increased temperature was also shown to affect the surface morphology, with a higher temperature resulting in phase separation. Electrical properties measured from two-probe method show good conductivity on certain films, suitable for window layer materials.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Electrical Engineering Student's Signature .....

Academic Year 2021 Advisor's Signature .....