

ศุภณัฐ เลหาวิโรจน์ : การศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าและแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด
ซิลิคอนรอยต่อเฮเทอโรโครงสร้างซิลิคอนดอทในเมตริกซ์ของซิงค์ออกไซด์ที่มีสารเจือ
(STUDY OF ELECTRICAL AND OPTICAL CHARACTERISTICS IN HETEROJUNCTION
SILICON SOLAR CELL WITH SILICON DOTS IN DOPED ZINC OXIDE MATRIX)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์วรรณ พิงสุวรรณ์รักษ์, 190 หน้า.

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์รุ่นที่สาม/ผงซิลิคอน/ซิงค์ออกไซด์โด๊ปสารเจือ/ต้นทุนต่ำ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการพัฒนาการสร้างฟิล์มบางแสงซิลิคอนดอท (SD) จากสารละลาย
เมตริกซ์ซิงค์ออกไซด์ที่ถูกเจือด้วยบิสมีทและอะลูมิเนียมผสมเข้ากับผงซิลิคอนที่ผลิตขึ้นจากแผ่น
ซิลิคอนเสื่อมสภาพ ด้วยเทคนิคการเคลือบด้วยแรงหมุนเหวี่ยง และผ่านการอบที่เงื่อนไขการอบด้วย
ด้วยความร้อนสูงอย่างรวดเร็ว (Rapid thermal annealing: RTA) ด้วยอุณหภูมิ 930 °C ภายใต้
ความดันบรรยากาศ เพื่อสร้างผลึกซิงค์ออกไซด์ให้ก่อรูปเกรนผลึกขึ้น ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าและเพิ่มค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะ ซึ่งฟิล์มบางที่ผลิตขึ้นถูกจำแนก
ออกเป็นโครงสร้างซ้อนทับและโครงสร้างสลับชั้น

โดยพบว่าการสะท้อนกลับของแสงของฟิล์มบางรับแสง SD ทั้งในเมตริกซ์ AZO และ BiZnO
มีค่าสูงขึ้นเมื่อมีจำนวนชั้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งโครงสร้างซ้อนทับแสดงผลการสะท้อนกลับน้อยกว่าโครงสร้าง
สลับชั้น แต่สำหรับค่าการทะลุผ่านของแสง ผลที่ได้จะมีลักษณะตรงกันข้ามกับค่าการสะท้อนแสงกลับ
ของแสง และโครงสร้างซ้อนทับมีค่าการทะลุผ่านที่มากกว่าโครงสร้างสลับชั้นในช่วงแสงทุกๆ ย่าน
ความยาวคลื่น เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของฟิล์มบางรับแสง SD พบว่า มีการขยาย
ขอบการดูดกลืนแสง แต่เดิมฟิล์มบางรับแสง AZO หรือ BiZnO มีขอบการดูดกลืนแสงอยู่ที่บริเวณ
ความยาวคลื่นแสง Ultraviolet (UV) เมื่อพัฒนาเป็นฟิล์มบางรับแสง SD สามารถขยายขอบการ
ดูดกลืนแสงมาที่บริเวณความยาวคลื่นแสงที่ดวงตามองเห็น (Visible) และมาที่บริเวณความยาวคลื่น
แสง Infrared (IR) ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นของฟิล์มบางรับแสง SD แม้ว่าอนุภาคผงซิลิคอนจะมีขนาด
ระดับไมครอนแต่สามารถแสดงการขยายขอบการดูดกลืนแสงได้ นอกจากนี้ค่าดัชนีหักเหแสงของฟิล์ม
บาง SD ยังอยู่ในขอบเขตที่เหมาะสมแก่การนำมาเป็นชั้นรับแสงบนเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนมีค่า
ระหว่าง 1.8 – 2.3 สำหรับคุณสมบัติทางไฟฟ้าพบว่าฟิล์มบางรับแสง SD ในเมตริกซ์ BiZnO มีค่า
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่มากกว่าฟิล์มบางรับแสง SD ในเมตริกซ์ AZO และฟิล์มบางรับแสง SD
โครงสร้างสลับชั้นมีค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่มากกว่าโครงสร้างซ้อนทับ ซึ่งคือฟิล์มบางใน
เงื่อนไข BiZnO/SD/BiZnO_4 stack อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าความหนาของฟิล์มบาง SD จะพบว่า
ความหนาของฟิล์มบาง SD ตั้งแต่ 300 nm – 1000 nm ให้ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้ามากที่สุด

นอกจากนี้ในงานวิจัยได้พัฒนาการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนโครงสร้าง p/n/SiNx ที่มีฟิล์มบางรับแสง SD พบว่าเงื่อนไขเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีฟิล์มบาง SD โครงสร้างสลับชั้นจำนวน 2 ชั้น สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้มากถึง 1.86% เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้าง p/n/SiNx และจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เรื่องของราคาต้นทุนการผลิต พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีฟิล์มบาง SD มีราคาที่ถูกกว่าเซลล์ทั่วไป 0.48 บาทต่อวัตต์ เพราะฉะนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีฟิล์มบาง SD สามารถนำมาต่อยอดและพัฒนาให้กับทางอุตสาหกรรมได้อย่างมาก อีกทั้งยังเป็นแนวทางที่จะประสบความสำเร็จในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงต่อไปในอนาคต



สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2567

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

SUPANUT LAOHAWIROJ : STUDY OF ELECTRICAL AND OPTICAL CHARACTERISTICS IN HETEROJUNCTION SILICON SOLAR CELL WITH SILICON DOTS IN DOPED ZINC OXIDE MATRIX. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THIPWAN FANGSUWANNARAK, Ph.D., 190 PP.

Keyword: Third generation solar cell/Silicon powder/Doped zinc oxide/Low cost

Silicon dots (SD) thin films were developed using the zinc oxide matrix doped with bismuth and aluminum, mixed with silicon powder derived from waste silicon. The SD thin films were deposited by the spin coating technique. To promote the formation of the zinc oxide crystal grains and enhance the current density and conductivity, the rapid thermal annealing (RTA) process was performed at 930 °C under the ambient atmosphere. The fabricated SD thin film can be classified into 2 structures: a continuous SD layer structure and a sandwich-like structure.

The optical properties showed that the reflectance of SD thin films in both AZO and BiZnO matrices increased as the number of layers increased. The continuous SD layer structure exhibits lower reflectance than the sandwich-like structure. However, the opposite trend was observed for the transmittance, which decreased as more layers were added. The continuous SD layer structure exhibits higher transmittance than a sandwich-like structure across all wavelength ranges. The absorption coefficient results indicated the expansion of the absorption edge. While AZO and BiZnO thin films primarily absorbed ultraviolet (UV) wavelengths, the SD thin films were able to absorb visible (VIS) wavelengths and, in some cases, extended into the infrared (IR) wavelengths, depending on the number of SD layers in both structures. Moreover, the refractive index of the SD thin films was within an appropriate range of 1.8 – 2.3 making them suitable for use as a window layer on silicon solar cells. The electrical properties of SD thin films were also examined. The current density of SD thin films of BiZnO matrix was higher than SD thin films of AZO matrix. Additionally, the sandwich-like structure provided higher current density than a continuous SD layer structure, specifically in the BiZnO/SD/BiZnO₄ stack configuration. When considering the thickness of the SD thin films, It was concluded that the optimal thickness for achieving the highest current density is between 300 nm – 1000 nm.

Furthermore, this research developed SD silicon solar cell with $p/n/SiN_x$ structure incorporating SD thin films. The efficiency of these cells expressed that the silicon solar cell with a $p/n/SiN_x$ structure and a sandwich-like configuration of 2 stacks of SD thin films achieved an efficiency greater than 1.86% compared to the silicon solar cell $p/n/SiN_x$ structure without SD thin film. The economic analysis revealed that the production cost of SD solar cells is lower than solar cell without SD film by 0.48 Bath per watt. Therefore, the SD solar cells demonstrate high potential for improvement and development for the industry, representing a promising technology for high-efficiency solar cells.



School of Electrical Engineering
Academic Year 2024

Student' Signature..... Sugant Lachawiroj
Advisor' Signature..... Mr. [Signature]