

นายวรการ ลิมศิริ : การสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอนโครงสร้างซีเลคทีฟอิมิตเตอร์ และสนามไฟฟ้าบางบริเวณ ด้านหลังด้วยวิธี ต้นทุนต่ำ (THE FABRICATION OF CRYSTALLINE SILICON SOLAR CELLS WITH COMBINATION STRUCTURE OF SELECTIVE EMITTER AND LOCAL BACK SURFACE FIELD BASED ON LOW COST)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์วรรณ พิงสุวรรณรักษ์, 81 หน้า

คำสำคัญ : Selective Emitter , Local Back Surface Field , Selective Emitter and Local Back Surface Field

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอนมีรูปแบบโครงสร้างรอยต่อพีเอ็น สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้โดยตรงจากการรับพลังงานแสง แต่มีข้อจำกัดด้านความสามารถแปลงพลังงานแสงที่ยานความยาวคลื่นน้อยกว่า 1.1 ไมโครเมตร จากข้อกำหนดของแถบพลังงานช่องว่างของวัสดุผลึกซิลิคอน ขณะเดียวกันก็เกิดการสูญเสียการแปลงพลังงานแสงที่ยานความยาวคลื่นตามองเห็นสูงถึง 40% อย่างไรก็ตามการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตอบสนองต่อแสงย่านความยาวคลื่นสั้นหรือแสงสีน้ำเงิน ให้ดีขึ้น โดยการใช้วิธีการสร้างชั้นซีเลคทีฟอิมิตเตอร์ (Selective Emitter, SE) และการสร้างสนามไฟฟ้าบางบริเวณที่ด้านหลัง (Local Back Surface Field, LBSF) ด้วยการเปิดช่องลดตายชั้นฉนวนบางด้านหลัง เพื่อให้เกิดสนามไฟฟ้าภายในสูงชันและมีความต้านทานไฟฟ้าที่รอยสัมผัสต่ำ ส่งผลให้เกิดอัตราการรวมตัวใหม่ของพาหะต่ำ ในอุตสาหกรรมผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ใช้เทคโนโลยีแสงเลเซอร์สำหรับสร้างรอยต่อเปิดของชั้นฉนวนเพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำและรวดเร็ว อย่างไรก็ตามแสงเลเซอร์อาจเกิดความเสียหายต่อเซลล์ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์รูปแบบโครงสร้าง SE และ LBSF ด้วยวิธีต้นทุนต่ำจากการสร้างรอยต่อ SE ด้วยการพิมพ์ลาย (Screen printing) และสร้างรอยต่อเปิดชั้นฉนวนด้วยการประทับลาย (Stamping) เพื่อสร้าง LBSF

ในการศึกษานี้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอนรอยต่อพีเอ็นโครงสร้าง SE และ LBSF จากการกระบวนการแพร่สารเจือด้วยความร้อน โดยใช้สารเจือในรูปสารละลายโซลเจลเคลือบบนแผ่นฐานซิลิคอนชนิดพี ซึ่งเรียกว่ากระบวนการ SOD (Spin On Dopant) ให้เกิดขึ้นเอ็นซิลิคอน หลังกระบวนการแพร่สารเจือด้วยความร้อนจะเกิดชั้นฉนวน PSG ที่เกิดขึ้นด้านบนเซลล์รอยต่อพีเอ็นและชั้นฉนวน BSG ที่เกิดขึ้นด้านบนเซลล์จะถูกกำจัดทิ้ง แต่สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ชั้น PSG เป็นชั้นป้องกันการสะท้อนแสงกลับที่ผิวด้านบน (Anti-Reflection Coating: ARC) และชั้น BSG เพื่อเปิดช่องบางบริเวณก่อนทำการเคลือบชั้นโลหะอะลูมิเนียมและแพร่ซึมลงแผ่นฐานซิลิคอนชนิดพีให้เกิดเป็นบริเวณ P⁺⁺ ผลการทดสอบมีค่าการสะท้อนแสงที่ต่ำที่สุดคือ 20.56 % จากชั้น PSG และโครงสร้าง SE ให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าแผ่นของชั้น n-Si ที่แตกต่างกัน 2 บริเวณคือบริเวณ n⁺⁺ Si อยู่ได้ขั้วไฟฟ้ากริดมี ρ_{sheet} เท่ากับ 20 Ω /sheet จากการแพร่สารเจือฟอสฟอรัสเข้มข้น และบริเวณรับแสงมี ρ_{sheet} เท่ากับ 120 Ω /sheet จากการแพร่สารเจือเข้มข้นต่ำ โครงสร้าง LBSF ได้ทำการเปิดรอยต่อชั้นฉนวน BSG ด้านหลังลดตายเป็นวงกลมที่ 12% หลังจากสร้างขั้วโลหะให้กับเซลล์รูปแบบของ SE และ LBSF สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้มากกว่าโครงสร้างรอยต่อพีเอ็นมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.52% ถึง

0.98% เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตต่อวัตต์พบว่ามีค่าประมาณ 0.1631 USD/Watt ซึ่งให้เห็นว่าสามารถแข่งขันได้เมื่อเทียบกับโครงสร้างมาตรฐานในอุตสาหกรรม



สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2566

ลายมือชื่อนักศึกษา อภกร ลิ่มศิริ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วิท พงษ์

WARAKORN LIMSIRI : THE FABRICATION OF CRYSTALLINE SILICON SOLAR CELLS WITH COMBINATION STRUCTURE OF SELECTIVE EMITTER AND LOCAL BACK SURFACE FIELD BASED ON LOW COST.

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THIPWAN FANSUWANNARAK, Ph.D. 81 PP.

Keyword : Selective Emitter, Local Back Surface Field, Selective Emitter and Local Back Surface Field

Crystalline silicon solar cells with a p-n junction structure can generate electricity directly by absorbing light energy. The limitation theory of bandgap energy in crystalline silicon prevents them from converting light energy at wavelengths below 1.1 micrometers. At the same time, there is a loss of up to 40% in light energy conversion in the visible wavelength range. However, the development of Si solar cell technology aims to improve its response to short-wavelength or blue light while simultaneously increasing its back surface field. The technique of using Selective emitters (SE) and creating a local back surface field (LBSF) by opening the pattern of the thin insulating layer at the back are used. The result of this improvement is a higher internal electric field and lower resistivity at the contact interface, which leads to a lower recombination rate of carriers. The pattern of open channels in the insulating layer is created with laser technology in the solar cell manufacturing industry to achieve precise and rapid results. However, laser light can potentially damage the cells. Therefore, this research focuses on the development of solar cells with SE and LBSF structures using a low-cost method by creating SE patterns through screen printing and creating the openings in the insulating layer through stamping to form the LBSF.

This study aims to examine SE and LBSF designs in crystalline silicon solar cells. The demonstration of the p-n Si junction was made by using dopants in a sol-gel solution that was coated on p-type silicon substrates, which is called Spin On Dopant (SOD). The result of this process was an n-silicon layer. Thermal diffusion resulted in the formation of a PSG and a BSG insulating layer on the top and rear of the p-n junction cell. They were later removed in the industrial process, but the PSG and BSG were still used as an insulating layer in this study. The PSG is utilized as a layer of anti-reflection, while the BSG layer was also opened in certain locations. The p-type silicon substrate can become the site of a p^{++} region when an aluminum rear contact diffuses through the BSG opening. According to the test results, the PSG layer had the lowest reflectance value of 20.56%. The SE structure provided the different resistivity values for the n-Si layer in two regions. The n Si area beneath the grid electrode has a sheet

resistivity ρ_{sheet} of 20 Ω/sheet due to high-concentration phosphorus doping, while the light-receiving area has a ρ_{sheet} of 120 Ω/sheet due to low-concentration doping. A circular pattern covering 12% was covered by a BSG opening pattern in the LBSF structure. The efficiency of the SE and LBSF cell configurations was improved by between 0.52% and 0.98% compared to standard p-n junction structures after metal contacts were formed. When it comes to production costs per watt, the estimated value was roughly 0.1631 USD/Watt, which shows the industry's competitiveness compared to standard structures.



School of Electrical Engineering
Academic Year 2023

Student's Signature Warakorn Limsiri
Advisor's Signature ผศ. ทวี