อภิรักษ์ มังกรแก้ว : การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซีเลคทีฟอิมิตเตอร์ ด้วยเทคนิคต้นทุนต่ำ (FABRICATION OF SELECTIVE EMITTER SOLAR CELLS BY LOW COST TECHNIQUE) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์วรรณ ฟังสุวรรณรักษ์, 120 หน้า.

เซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้างแบบซีเลคทีฟอิมิตเตอร์ (SE cell) เป็นโครงสร้างแบบหนึ่งที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น เนื่องจากชั้น n-Si ที่เป็นชั้นรับแสงมีความบางและมีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแผ่น (Sheet resistance, ρ_{Sheet}) สูงขึ้นจากการแพร่สารเจือในปริมาณต่ำ (Low dopant) ซึ่งทำให้ลดผลของค่าความเร็วการรวมตัวใหม่ของพาหะได้ มีค่าช่วงชีวิตของพาหะสูงขึ้นอย่างเหมาะสม และทำให้มีคุณสมบัติที่สามารถดูดกลืนคลื่นแสงสีน้ำเงินได้เพิ่มขึ้น และชั้นบริเวณ n^{++}-Si ใต้ขั้วไฟฟ้าให้มีค่า ρ_{Sheet} ต่ำ เกิดจากการแพร่สารเจือในปริมาณสูง (High dopant) ส่งผลให้เกิดโอห์มมิคที่ดี และเป็นการลดผลที่เกิดจากค่าความต้านทานที่ผิวสัมผัส (Contact resistance, R_C) บริเวณรอยต่อขั้วไฟฟ้ากับชั้น n-Si ส่งผลให้เซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้าง SE มีกระแสลัดวงจร (I_{SC}) และแรงดันเปิดวงจร (V_{OC}) มีค่าสูงขึ้น

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและสร้าง SE cell ด้วยเทคนิคต้นทุนต่ำจากการใช้แหล่งสารเจือสารละลายโซล-เจล ฟอสฟอรัส (PSG) ที่มีความต่างกันของอะตอมฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.30 %at. ถึง 0.86 %at. สารละลาย PSG เข้มข้นต่ำเคลือบบนบริเวณรับแสงด้วยวิธีหมุนเหวี่ยง และสารละลาย PSG เข้มข้นสูงเคลือบบริเวณใต้ขั้วไฟฟ้ากริดด้วยวิธีพิมพ์ลายหลังจากการแพร่สารเจือด้วยความร้อน 1000 °C นาน 60 นาที ได้ค่า ρ_{Sheet} ที่แตกต่างกัน 2 บริเวณ โดยที่บริเวณรับแสง n-Si มีค่า ρ_{Sheet} สูงประมาณ 240 Ω/Sq บริเวณที่ ρ_{Sheet} ใต้ขั้วไฟฟ้ามีค่าต่ำประมาณ 20 Ω/Sq ความลึกชั้น n-Si คำนวณได้จากกฎของ Fick (Fick law) มีค่าประมาณ 0.60 μm ในการศึกษาสมบัติทางแสง ได้สร้างชั้นป้องกันการสะท้อนแสงกลับ และยังเป็นชั้นพาสซิเวชันด้วยฟิล์มบาง PSG ซึ่งก่อตัวขึ้นหลังจากการแพร่สารเจือด้วยความร้อน ฟิล์มบาง PSG ที่ผลิตขึ้นมีความหนา 100 ถึง 110 nm สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงกลับ (%R) มีค่าเฉลี่ยลดลง 9.94%WR ในช่วงความยาวคลื่น 280ถึง 800 nm เมื่อเทียบกับชิ้นงานที่ไม่มีชั้น PSG เมื่อพิจารณาช่วงความยาวคลื่น 550 ถึง 800 nm พบว่าชั้น PSG สามารถลดค่า %R ได้ถึง 10.93%WR เปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่มีชั้น PSG

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของโครงสร้าง SE cell ในเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นสารเจือฟอสฟอรัส จากผลการวัดค่าช่วงชีวิตของพาหะที่เกิดขึ้นที่ชั้น n-Si พบว่าชิ้นงานที่มีโครงสร้างซีเลคทีฟอิมิตเตอร์ (SE) ให้ค่าช่วงชีวิตสูงขึ้น เมื่อเทียบกับชิ้นงานโครงสร้าง n-Si แบบสม่ำเสมอ SE cell ที่ใช้วิธีผลิตแบบต้นทุนต่ำจากสารละลาย PSG

สามารถส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงพลังงานให้มีค่าเพิ่มขึ้น 1.47% เมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้างทั่วไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2559

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

APIRAK MANGKORNKAEW : FABRICATION OF SELECTIVE EMITTER SOLAR CELLS BY LOW COST TECHNIQUE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THIPWAN FANGSUWANNARAK, Ph.D., 120 PP.

SELECTIVE EMITTER SOLAR CELL/SCREEN PRINTING/STAMPING/LOW COST

Selective emitter photovoltaic cell (SE cell) is a scheme to result in the efficiency improvement of crystalline silicon solar cell. This is due to that thin n-Si layer from low-dopant diffusion has appropriately higher value of sheet resistance ρ_{sheet}. It contributes to effective reduction of carrier recombination velocity, longer carrier life-time and finally higher ability of blue-wavelength absorption. Another heavily doped n^+ Si area underneath the metallized region provides low ρ_{sheet} value from high-dopant diffusion to contribute to good ohmic metallized contact and effective reduction of contact resistance (R_C). This leads to higher short circuit current (I_{SC}) and increased open circuit voltage (V_{OC}) for SE solar cell.

In this study, the fabrication of SE cell was investigated by the using low-cost technique with exploiting phosphorus sol-gel (PSG). The phosphorus concentration was varied between 0.30 %at and 0.86 %at. PSG solution with low concentration was spin-coated for acting as low-dopant source, while PSG solution with high concentration was screen-printed for using as high-dopant source. The different ρ_{sheet} values occurred after thermal diffusion process. High ρ_{sheet} (240 Ω/Sq) and low ρ_{sheet} (20 Ω/Sq) were formed in n-Si emitter area and underneath metallized area,

respectively. The depth of n-Si layer calculated by Fick's law is of 0.60 μm. In optical study, anti-reflection coating (ARC) layer was fabricated for reducing light-reflection and passivation approach to provide thickness around 100-110 nm. This thin PSG obtained average reflective coefficient reduced by 9.94%WR comparing with sample with no PSG. In particular wavelength between 550-800 nm, PSG film can reduce %R by 10.93%WR comparing with sample with no PSG.

In addition, electronic properties of the SE cells in the various concentrations of phosphorus dopant were implemented in this study. It was noted that life-time of SE samples showed the higher value than that of homogenous n-Si sample. SE cells based on low-cost technique from PSG solution can contribute to increase of PV efficiency by 1.47% comparing with typical p/n solar cell.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Electrical Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2016 Advisor's Signature _____