

ณัฐพงศ์ ผิวผา : การศึกษาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จากการสร้างลวดลายชั้นพาสซีเวชันด้วยเครื่องพิมพ์แบบฉีด (STUDY OF SOLAR CELL EFFICIENCY FROM PASSIVATION LAYERS BY INKJET PRINTER) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์วราธรณ พิงสุวรรณรักษ์, 138 หน้า.

การสร้างลวดลายขนาดเล็กของชั้นไดอิเล็กทริกบาง ๆ จากวัสดุซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) หรือซิลิคอนไนไตร (Si_3N_4) ที่อยู่ระหว่างแผ่นซิลิคอนฐานรองและชั้นไฟฟ้าโลหะด้านหลังของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนรอยต่อพี-เอ็น ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าภายในบริเวณดังกล่าว เราเรียกว่าชั้นไดอิเล็กทริกนี้ว่าชั้นพาสซีเวชัน ส่งผลให้เกิดอัตราการรวมตัวของพาหะลดลง เนื่องจากความเร็วในการรวมตัวของพาหะลดลงและอายุของพาหะเพิ่มขึ้น ผลเหล่านี้มีส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้น แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านกระบวนการในการสร้างลวดลายที่ซับซ้อนจากเทคนิคโฟโตลิโทกราฟี (photolithography) จึงไม่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในเชิงพาณิชย์ งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาเครื่องพิมพ์แบบฉีดให้สามารถสร้างลวดลาย SiO_2 ขนาดเล็ก บนวัสดุแผ่นฐานซิลิคอนเพื่อเป็นชั้นพาสซีเวชันที่ผิวด้านหลังให้แก่เซลล์แสงอาทิตย์ เทคนิคการฉีดตัวทำละลายสารไวแสงโดยตรงช่วยลดความซับซ้อนของกระบวนการสร้างลวดลายขนาดเล็กได้และพร้อมพัฒนาสู่อุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ต่อไป

ในส่วนแรกของงานวิจัยได้พัฒนาเครื่องพิมพ์แบบฉีดให้สามารถพิมพ์ลวดลายในแนวนอนลงบนแผ่นฐานเรียบแข็งได้ตามที่ออกแบบไว้จากคอมพิวเตอร์ และได้ศึกษาการสร้างชั้นเอ็นซิลิคอน (n-Si) บนแผ่นฐานซิลิคอนชนิดพี (p-Si) ด้วยวิธี spin on dopant (SOD) เพื่อให้เกิดรอยต่อพี-เอ็นขึ้น และได้ทำการสังเคราะห์ฟิล์มไดอิเล็กทริก SiO_2 จากการใช้สารละลาย TEOS และเคลือบบนแผ่นฐาน p-Si ด้วยวิธีการเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง (spin coating) จากนั้นได้ศึกษาการเปิดช่องเส้นตรงของฟิล์มสารไวแสง (photoresist) ชนิดบวกที่เคลือบบนฟิล์ม SiO_2 ด้วยการฉีดสารทำละลายด้วยสารอะซิโตน (acetone) เมื่อได้ช่องเปิดขนาดเล็กของฟิล์มสารไวแสงซึ่งมีชั้น SiO_2 อยู่ด้านล่างแล้ว จากนั้นทำการสกัดฟิล์ม SiO_2 ด้วยสารละลายไฮโดรฟลูออริก (HF) เข้มข้น 5% นาน 25 วินาที และล้างฟิล์มสารไวแสงทั้งหมดออก ดังนั้นฟิล์มบาง SiO_2 ที่ได้มีลักษณะเป็นลวดลายช่องเปิดเป็นร่องขนาดความกว้างแคบที่สุดเฉลี่ยประมาณ 150 μm และได้ศึกษาระยะห่างของลวดลายเส้นตรงต่าง ๆ กันเช่น 190 μm 350 μm และ 780 μm อีกทั้งได้ศึกษาความหนาของชั้น SiO_2 ที่หนาด่างกันเช่น 100 nm และ 150 nm ต่อมาได้สร้างชั้นอะลูมิเนียม (Al) บนลวดลายช่องเปิด SiO_2 สำหรับเป็นขั้วไฟฟ้าด้านหลังให้กับเซลล์แสงอาทิตย์และผ่านกระบวนการอบความร้อนภายใต้อุณหภูมิ 577°C นาน 30 นาที เพื่อให้เกิดการแพร่ซึมของอะตอม Al ลงไปในแผ่นฐาน p-Si เป็นบริเวณร่องของ $\text{p}^+\text{-Si}$ เกิดเป็นสนามไฟฟ้าที่ผิวรอยต่อด้านหลังขึ้น (back surface field, BSF)

ในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาผลของการผลิตชั้นพาสซีเวชันของช่องเปิด SiO₂ ดังกล่าวทางโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนกำลังขยายสูง(field emission scanning electron microscope, FESEM) จากผลพบว่าบริเวณที่เกิดการผสมระหว่าง Al-Si ที่เกิดจากการแพร่ซึมของ Al ลงไปในคลิ็กแผ่นฐาน p-Si มีความกว้างเฉลี่ย 101 μm และมีความลึกประมาณ 20 μm ที่บริเวณช่องเปิด SiO₂ อีกทั้งได้มีการศึกษาผลการวัดค่าช่วงชีวิตของพาหะด้วยเทคนิค quasi-steady-state photoconductance (QSSPC) ตัวอย่างเซลล์ที่มีชั้นพาสซีเวชัน SiO₂ ลวดลายเส้นตรงขนาดความกว้างเฉลี่ยเท่ากับ 150 μm ระยะห่างเท่ากับ 780 μm และขนาดความกว้างของ p⁺-Si เฉลี่ยเท่ากับ 101 μm นั้นมีค่าช่วงชีวิตของพาหะที่สูงที่สุดเท่ากับ 98.18 μs จากนั้นนำค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวไปคำนวณในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ PC1D ผลที่ได้พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีลวดลายชั้นพาสซีเวชันด้วยการสร้างลวดลายแบบฉิดให้ค่าประสิทธิภาพการแปลงพลังงานเท่ากับ 14.64% ซึ่งสูงกว่าชิ้นงานที่ไม่มีโครงสร้างชั้นพาสซีเวชันอยู่ 1.66%

NATTHAPHONG PHIWPHA : STUDY OF SOLAR CELL EFFICIENCY

FROM PASSIVATION LAYERS BY INKJET PRINTER. THESIS

ADVISOR : ASSOC. PROF. THIPWAN FANGSUWANNARAK, Ph.D.,

138 PP.

INKJET PRINTER/SILICON DIOXIDE/SURFACE PASSIVATION/SOLAR CELL

The small patterns of dielectric thin layers from silicon dioxide (SiO_2) or silicon nitride (Si_3N_4) to be performed between silicon substrate and metal back contacts of p-n junction silicon solar cells can create the built-in potential. This electrical behavior of the dielectric layer is called as “passivation layer” to result in a decrease of the carrier recombination rate due to the decreased carrier recombination velocity and the increased carrier life-time. These results can enhance the efficiency of energy conversion of solar cells. However, a complex procedure based on photolithography is the main limitation to be not commercially available in solar cell industry. In this work, a typical inject printer was adapted and developed for creating small SiO_2 patterns on Si substrates in order to produce the back surface passivation layer in solar cells. To inject directly the solvent of photoresist, this low-cost technique can reduce the complex procedure for fabrication of the patterned passivation layers and can be developed into the further commercial processes.


In the first section of this research, a developed inject printer was used to print the desired patterns on a flat base designed by computer drawing program. Furthermore, the study on fabrication of n-Si diffusion layer on p-Si substrate was investigated with using spin on dopant (SOD) technique in order to perform p/n Si junction. In addition, the synthesis of SiO_2 dielectric material by using the TEOS

solution base was studied and the SiO₂ films on p/n-Si samples were formed at the back of solar cells by a spin coating technique. In order to achieve the SiO₂ groove pattern, firstly, the printer injected acetone solvent on the photoresist which was coated on the SiO₂ films. Secondly, the opened SiO₂ grooves were removed by chemical etching from hydrofluoric acid (5% HF) within 25 seconds. Finally, the all photoresist was removed by its solvent. The narrowest groove width is about 150 μm with varying groove gaps at 190, 350, and 780 μm. The SiO₂ film thickness was obtained at 100 and 150 nm for the functional thin dielectric. Aluminum (Al) for back contacts was screened on the opened SiO₂ layer and then annealed at 577 °C for 30 minutes. Al atoms were diffused into the localized p-Si surface under the thermal annealing to form localized p⁺ Si grooves as same as back surface filed (BSF).

In this thesis, the experimental results of opened SiO₂ passivation layers were verified by a field emission scanning electron microscope (FESEM). It was found that the localized compound Al-Si region with the width size and the depth of 101 μm and 20 μm, respectively results from Al diffusion into p-Si substrate within the opened SiO₂ region. Moreover, life-time measurement of the generated carriers in the samples was studied by using a quasi-steady-state photoconductance (QSSPC) technique. The solar cell containing patterned SiO₂ passivation with the groove width, gap, and localized p⁺ width of 150 μm, 780 μm, and 101 μm, respectively provides the optimum life-time of 98.18 μm. PC1D simulation was used for calculations the energy conversion efficiency of solar cells. It was noticed that the solar cell containing the patterned SiO₂ passivation obtained the efficiency at 14.64% which was higher than the solar cell without any SiO₂ passivation by 1.66%.

School of Electrical Engineering

Academic Year 2013

Student's Signature 

Advisor's Signature 