

บทคัดย่อ

ชั้นพาสซีเวชันด้านหลังของเซลล์แสงอาทิตย์มีความสำคัญเพื่อลดผลของการรวมตัวของพาหะบริเวณด้านหลังของเซลล์ และจะส่งผลให้กระแสลัดวงจร (I_{sc}) แรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร (V_{oc}) สูงขึ้น ชั้นพาสซีเวชันด้วยช่องเปิดสัมผัสของชั้นไดออกไซด์เล็กทรอนิกส์สามารถให้ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานสูงถึง 24% แม้กระนั้นการผลิตยังคงพึ่งพาวิธีที่ซับซ้อนไม่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์อย่างเทคนิคการสร้างลวดลายรอยสัมผัสด้านหลังด้วยแสง (Photolithography technique) และเทคนิคเลเซอร์

ในโครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาการสร้างชั้นพาสซีเวชันด้านหลังด้วยการเปิดช่องสัมผัสทะลุชั้นซิลิคอนไดออกไซด์จากเทคนิคการเปิดช่องอย่างง่ายด้วยวิธี Al pinning ภายใต้อุณหภูมิ 500°C - 520°C บริเวณ Al เล็ก ๆ ทะลุเป็นช่องเล็ก ๆ ลงชั้น SiO_2 กว้างประมาณ 100 nm ถึง $1\ \mu\text{m}$ ต่อมาได้สร้างชั้น a-Si ลงบนชั้นอลูมิเนียม และผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนเฟสของ Al และ a-Si หรือเรียกว่ากระบวนการ ALILE (Aluminum induced layer exchange) ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 500°C ชั้น a-Si และ Al เกิดการแลกเปลี่ยนเฟสซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดการก่อตัวของ epitaxial p^+ Si คุณภาพของผลึก epitaxial p^+ Si และ Al ศึกษาจากการวัดด้วยเทคนิค X-ray diffraction เกรนผลึก epitaxial p^+ Si และ Al มีขนาดใหญ่มากขึ้นตามการลดลงของอัตราส่วนความหนาของ a-Si : Al ดังนั้นฟิล์มพาสซีเวชันจึงมีค่าความต้านทานไฟฟ้าปรับเปลี่ยนได้ระหว่างประมาณ 0.2×10^{-3} ถึง $5 \times 10^{-3}\ \Omega\cdot\text{cm}$ ได้จากการเพิ่มอัตราส่วนความหนาของชั้น a-Si : Al ตั้งแต่ 0.2 : 1 เพิ่มขึ้นจนถึง 5 : 1 อีกทั้งได้มีการศึกษาการแลกเปลี่ยนเฟสด้วยเทคนิคการวัดของ Auger electron spectroscopy เพื่อศึกษาวิวัฒนาการการก่อตัวของ epitaxial p^+ Si ในช่องเปิดรอยสัมผัส

โครงสร้างของชั้นพาสซีเวชันกับช่องเปิดรอยสัมผัสในการศึกษานี้เป็นแบบ MIS (Metal Insulator Semiconductor) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสนามไฟฟ้าด้านหลังที่ผิวเฉพาะพื้นที่เปิดช่องเล็ก ๆ (BSF: Back Surface Field) ส่งผลให้ค่าความเร็วในการรวมตัวที่ผิวด้านหลัง (S_{eff}) ลดลง การศึกษานี้ได้วัดค่าเวลาช่วงชีวิตของพาหะในฟิล์มด้วยเทคนิค micro-wave detected photo-conductance decay ($\mu\text{-PCD}$) ฟิล์มที่เจือไนซ์อัตราส่วน a-Si : Al เท่ากับ 0.2 : 1 มีค่าเวลาช่วงชีวิตของพาหะยาวกว่าเจือไนซ์อื่นโดยมีค่าเท่ากับ $18.36\ \mu\text{sec}$ พารามิเตอร์ที่วัดได้นำไปคำนวณในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ PC1D ผลที่ได้พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำชั้นพาสซีเวชันด้วยเทคนิค ALILE ให้ค่าประสิทธิภาพการแปลงพลังงานสูงกว่าชิ้นงานที่ไม่มีโครงสร้างชั้นพาสซีเวชัน ($\eta=12.84\%$) และยังให้ค่าประสิทธิภาพการแปลงพลังงานสูงที่สุดที่เจือไนซ์ ALILE 0.2:1 ($\eta=13.97\%$) ซึ่งสูงกว่าเซลล์ที่ไม่มีโครงสร้างชั้นพาสซีเวชันถึง 1.13%

Abstract

Rear surface Passivation of solar cell is a key factor for reducing minority carrier recombination of the cell by improving I_{SC} and V_{OC} . It is known that passivation with locally rare point-contact can improve the overall solar cell performance above 24%. Nevertheless, the production processes have been demonstrated to involve the use of laser scribing or masking and photolithography which is unsuitable for commercial process.

In this study, the simple and low cost technique utilizes Al pinning for opening pin-hole of a surface passivating SiO_2 layer. The process was operated at a low temperature heat treatment ($500 - 520^{\circ}C$). Aluminum has been reduced small SiO_2 regions as such pinholes ranging from 100 nm to 1 μm in localized regions. Amorphous silicon (a-Si) was subsequently deposited on the Al layer and another heated at low temperature ($500^{\circ}C$) to allow solid-phase epitaxial growth of p^+ Si in the pinholes. The a-Si and Al have phase exchange induced epitaxial growth of p^+ Si through the oxide opening and displaced the Al to the surface. Crystallite quality of epitaxial p^+ Si and Al phase was verified by using X-ray diffraction technique. Crystalline grain sizes of Si and Al increase with a decrease in the thickness ratio of a-Si/Al. Thus it results in resistivity value of the film can be variable from 0.2×10^{-3} to $5 \times 10^{-3} \Omega.cm$. by increasing the a-Si/Al thickness ratio from 0.2 : 1 to 5 : 1. In addition, the evaluation of Al-induced crystallization of a-Si in a-Si/Al bilayer was studied by Auger electron spectroscopy.

The passivation structure with formation of localized pinholes contacts behaves MIS solar cell. The Al/ SiO_2 /p-Si structural change process has been used to an advantage for solar cell with BSF (back surface field). This leads to the lower rear surface recombination velocity (S_{eff}). Lifetime value of fabricated films was measured by micro-wave detected photo-conductance decay (μ -PCD) technique. The passivating film with a-Si/Al ratio of 0.2 : 1 was obtained lifetime value of 18.36 μ sec. The measured parameters were used in PC1D simulation for analyzing conversion efficiency and solar cell. It was found that solar cell with passivating layer by ALILE process obtains higher efficiency ($\eta=13.97\%$) than standard solar cell by 1.13%