กิตติศักดิ์ อมรสุรินทวงศ์ : การศึกษาโครงสร้าง และคุณสมบัติทางไฟฟ้าของชั้นพาสซิเวชันด้านหลัง ต้นทุนต่ำในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน (STUDY OF STRUCTURAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF LOW COST PASSIVATION LAYER AT BACK SURFACE IN SILICON SOLAR CELL) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์วรรณ ฟังสุวรรณรักษ์, 128 หน้า.

ชั้นพาสซิเวชันด้านหลังของเซลล์แสงอาทิตย์มีความสำคัญเพื่อลดผลของการรวมตัวของพาหะบริเวณด้านหลังของเซลล์ และจะส่งผลให้กระแสลัดวงจร (I_{SC}) และแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร (V_{OC}) สูงขึ้น ชั้นพาสซิเวชันด้วยช่องเปิดสัมผัสของชั้นไดอิเล็กตริกสามารถทำให้ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานสูงถึง 24% แม้กระนั้นการผลิตยังคงพึ่งพาวิธีที่ซับซ้อนไม่เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์อย่างเทคนิคการสร้างลวดลายรอยสัมผัสด้านหลังด้วยแสง (Photolithography technique) และเทคนิคเลเซอร์

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสร้างชั้นพาสซิเวชันด้านหลังด้วยการเปิดช่องสัมผัสทะลุชั้นซิลิคอนไดออกไซด์จากเทคนิคการเปิดช่องอย่างง่ายด้วยวิธี Al pining (Al spiking) ภายใต้อุณหภูมิ 500, 520 and 520°C บริเวณ Al เล็กๆทะลุเป็นช่องเล็ก ๆ ลงชั้น SiO_2 กว้างประมาณ 100 nm ถึง 1 μm ต่อมาได้สร้างชั้น a-Si ลงบนชั้นอลูมิเนียม และผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนเฟสของ Al และ a-Si หรือเรียกว่า กระบวนการ ALILE (Aluminum induced layer exchange) ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 520°C ชั้น a-Si และ Al เกิดการแลกเปลี่ยนเฟสซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดการก่อตัวของ exitaxial p^+-Si คุณภาพของผลึก exitaxial p^+-Si และ Al ศึกษาได้จากการวัดด้วยเทคนิค X-ray diffraction เกรนผลึก exitaxial p^+-Si และ Al มีขนาดใหญ่ขึ้นตามการลดลงของอัตราส่วนความหนาของ a-Si : Al ดังนั้นฟิล์มพาสซิเวชันจึงมีค่าความต้านทานไฟฟ้าปรับเปลี่ยนได้ระหว่างประมาณ $0.2x10^{-3}$ ถึง $5x10^{-3}$ Ω.cm ได้จากการเพิ่มที่ผิวสามารถอัตราส่วนความหนาของ a-Si : Al ตั้งแต่ 0.2 : 1 เพิ่มขึ้นจนถึง 3 : 1 อีกทั้งได้มีการศึกษากลไกการแลกเปลี่ยนเฟสด้วยเทคนิคการวัดของ Auger electron spectroscopy เพื่อศึกษาวิวัฒนาการการก่อตัวของ exitaxial p^+-Si ในช่องเปิดรอยสัมผัส โครงสร้างของชั้นพาสซิเวชันกับช่องเปิดรอยสัมผัสในการศึกษานี้เป็นแบบ MIS (Metal Insulator Semiconductor) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสนามไฟฟ้าด้านหลังที่ผิวเฉพาะพื้นที่เปิดช่องเล็ก ๆ (BSF : Back Surface Field) ส่งผลให้ค่าความเร็วในการรวมตัวที่ผิวด้านหลัง (S_{eff}) ลดลง การศึกษานี้ได้วัดค่าช่วงชีวิตของพาหะในฟิล์มด้วยเทคนิค micro-wave detected photo-conductance decay (μ-PCD) ฟิล์มที่เงื่อนไขอัตราส่วน a-Si : Al เท่ากับ 0.2 : 1 มีค่าเวลาช่วงชีวิตของพาหะยาวกว่าเงื่อนไขอื่นโดยมีค่าเท่ากับ 18.36 μsec พารามิเตอร์ที่สัดได้นำไปคำนวณในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ PC1D ผลที่ได้พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำชั้นพาสซิเวชันด้วยเทคนิค ALILE ให้ค่าประสิทธิภาพการแปลง

พลังงานสูงกว่าชิ้นงานที่ไม่มีโครงสร้างชั้นพาสซิเวชัน (=13.97%) ซึ่งสูงกว่าเซลล์ที่ไม่มีโครงสร้างชันพาสซิเวชันถึง 1.13%

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

KITTISAK AMONSURINTAWONG : STUDY OF STRUCTURAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF LOW COST PASSIVATION LAYER AT BACK SURFACE IN SILICON SOLAR CELL. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THIPWAN FUNGSUWANNARAK, Ph.D., 128 PP.

PINHOLE CONTACT/SILICON DIOXIDE/Al SPIKING/PHASE EXCHANGE PROCESS/SOLAR CELL

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 know 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 coat technique utilizes Al pinning (Al spiking) for opening pin-hole of a surface passivating SiO_2 layer. The process was operated at a low temperature heat treatment (500, 520 and 550°C). Aluminum has been reduce small SiO_2 regions as such pinholes ranging from 100 nm to 1 μm in localized regions. Amorphous silicon (a-Si) was subsequent deposited on the Al layer and another heated at low temperature (500°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 $0.2x10^{-3}$ to $5x10^{-3}$ Ω.cm. by increasing the a-Si/Al thickness ratio from 0.2 : 1 to 3 : 1. In addition, the evaluation of al-induced crystallization of a-Si in a a-Si/Al bilayer was studied by auger electron spectroccopy.

The passivation structure with formation of localize 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 μsec. The measured parameters were used in PC1D simulation of analyzing conversion efficiency and solar cell. It is found that solar cell with passivating layer by ALILE process obtains higher efficiency (=13.97%) than standard solar cell by 1.13%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Electrical Engineering Student's Signature_____

Academic Year 2012 Advisor's Signature_____