บทคัดย่อ

เซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้าง Local back surface field (LBSF) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ให้ประสิทธิภาพสูงจากการปรับปรุงค่าแรงดันเปิดวงจรและกระแสไฟฟ้าลัดวงจรให้สูงขึ้น เมื่อเทียบกับโครงสร้างของ Back surface field (BSF) โครงสร้างของ LBSF ประกอบด้วยชั้นออกไซด์พาสซิเวชันที่เปิดช่องบางส่วนที่ด้านหลังของเซลล์ แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านขั้นตอนและกระบวนการผลิตมีความซับซ้อนหลายขั้นตอน จึงไม่เหมาะกับการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้าง LBSF ในเชิงพาณิชย์ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาเครื่องพิมพ์แบบฉีดแบบความร้อนให้สามารถสร้างช่องเปิดของชั้นออกไซด์ที่ด้านหลังของแผ่นฐานซิลิคอนสำหรับ เซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้าง LBSF ทำให้กระบวนการผลิตนั้นง่ายขึ้น และพร้อมพัฒนาสู่อุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ต่อไป

รอยต่อชั้น n-emitter ของเซลล์แสงอาทิตย์ LBSF ที่ผลิตขึ้นใช้วิธีการแพร่ซึมด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 1000°C เป็นเวลา 60 นาที และใช้เทคนิค Spin on doping (SOD) ในการสร้างฟิล์มฟอสฟอรัสซิลิเกตเพื่อเป็นแหล่งสารเจือ ซึ่งความต้านทานไฟฟ้าแผ่นของชั้น n ที่ได้มีค่าประมาณ 128 Ω/square ชั้นออกไซด์พาสซิเวชันผลิตด้วยวิธีการเคลือบแบบหมุนเหวี่ยง (Spin coating method) และอบที่อุณหภูมิ 500°C เครื่องพิมพ์แบบฉีดที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถสร้างช่องเปิดแบบเส้นตรงที่ชั้นซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) ด้วยการใช้สารไวแสงชนิดบวกเป็นหน้ากากให้กับชั้น SiO_2 และการสั่งการให้เครื่องพิมพ์ฉีดสารละลายอะซีโตนไปทำละลายในบริเวณที่ต้องการเปิดช่อง ความกว้างของช่องเปิด SiO_2 มีขนาดแคบสุดประมาณ 105 μm สามารถผลิตเซลล์ LBSF ที่มีเงื่อนไขอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ส่วนที่ไม่เปิดช่องต่าง ๆ กัน ประกอบด้วย 12.95% 28.86% และ 50.50% และความหนาของออกไซด์ที่ 100 nm และ 150nm การสร้างบริเวณ p^+ ภายในช่องเปิดเพื่อให้เกิดสนามไฟฟ้าที่ผิวด้านหลังในบริเวณช่องเปิดนั้นด้วยกระบวนการแลกเปลี่ยนเฟสระหว่าง Al-Si เป็น Al-Si อัลลอยในบริเวณช่องเปิด SiO_2 ภายใต้เงื่อนไขของอุณหภูมิที่ 577°C นาน 30 นาที

ผลการวิเคราะห์ทางโครงสร้างด้วยเทคนิค Field emission scanning electron microscopy (FESEM) นั้นแสดงถึงบริเวณรอยสัมผัสของแถบ p^+ Si หรือ BSF จากอัลลอย Si-1%Al มีความหนาประมาณ 5 μm อีกทั้งผลการวัดค่าช่วงชีวิตของพาหะในเซลล์แสงอาทิตย์ LBSF ในเงื่อนไขต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าเซลล์ LBSF ที่มีความหนาของออกไซด์ที่ 100 nm และระยะช่องเปิดของชั้นพาสซิเวชันออกไซด์ที่ 105 μm ที่มีค่าอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ส่วนที่ไม่เปิดช่องเท่ากับ 12.95% นั้นให้มีค่าช่วงชีวิตของพาหะสูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 98.18 sec. ส่งผลให้การผลิต V_{oc} และ I_{sc} มีค่าสูงสุดเท่ากับ 600 mV และ 3.72 A ตามลำดับ เพิ่มขึ้น 0.5% และ 1.5% ตามลำดับเมื่อเทียบกับเซลล์โครงสร้าง BSF เซลล์ LBSF นี้มีค่าประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากการจำลองผลด้วย PC1D มีค่า η ประมาณ 18.01% ภายใต้แสง AM1.5

Abstract

Local back surface field solar cell (LBSF solar cell) is able to obtain the higher efficiency due to the improvements of open circuit voltage and short circuit current than back surface field solar cell (BSF solar cell). The structure of LBSF solar cell is composed mainly of oxide passivation pattern as some opened grooves at the rear side. However, the drawbacks of many production process steps and complexities are not suitable for industrial production. In this research, inkjet printer was developed in order to produce opened oxide patterns for LBSF solar cell by using the simple fabrication process.

The n-emitter Si layer LBSF solar cells in this work were fabricated by thermal diffusion process. Dopant source as phosphorus silicate glass film was produced by using a spin on doping technique. The sheet resistance was obtained of 128 Ω/square. In addition, silicon dioxide (SiO_2) passivation layer on rear cell was formed by spin coating method and subsequently annealed at 500°C. The inkjet printer was developed for producing the opened SiO_2 patterns with positive photoresist mask. The photoresist solvent as acetone was injected on SiO_2 layer in the pattern designed from the developed printer. The least width of 105 μm of the opened SiO_2 groove was obtained. The samples were studied on the various conditions of the aperture SiO_2 ratio values including 12.95% 28.86% and 50.50%. The SiO_2 thickness values of 100 nm and 150nm was interested in this passivation study. When aluminum layer was coated on the opened SiO_2 layer and annealed at 577°C for 30 min, p^+ region within the opened interface between A and Si was induced due to Al-Si phase exchange. Therefore, local back surface field (LBSF) was performed at the opened SiO_2 area.

The structure of samples was studied by field emission scanning electron microscopy (FESEM) to illustrate the local p^+ Si as BSF region from the alloy of Si-1%Al. p^+ Si band is around of 5 μm. Furthermore, the carrier life-time of LBSF cell with various values of aperture SiO_2 ratio resulted that LBSF cell with 100 nm SiO_2 thickness and the openings of 105 μm as 12.95% aperture ratio value is able to provide the higher carrier life-time than others. The measured carrier life-time is 98.18 sec resulting to V_{oc} and I_{sc} of 600 mV and 3.72 A, respectively. To compare with BFS solar cell, the electrical results of LBSF solar cell shown the V_{oc} and I_{sc} enhancement by 0.5% and 1.5%, respectively. The conversion efficiency (η) by PC1D simulation is 18.01% under AM1.5 illumination.