บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องประทับลายกึ่งอัตโนมัติ (Quasi-automatic stamp machine) การสร้างลวดลายของฟิล์มบางไดอิเล็กทริก และฟิล์มสารเจือ บนแผ่นซิลิคอนรอยต่อพี-เอ็น เพื่อปรับปรุงโครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยไม่พึ่งพาเทคนิคสร้างลวดลายแบบโฟโตลิโทรกราฟี ที่มีขั้นตอนความซับซ้อน เครื่องประทับลายกึ่งอัตโนมัติสามารถสร้างลวดลายฟิล์มบางได้ในขั้นตอนเดียว ประหยัดวัสดุ สามารถสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีต้นทุนต่ำได้ ส่วนประกอบเครื่องต้นแบบประกอบด้วย ชุดแผ่นประทับลายผลิตจากวัสดุโพลิเมอร์ไวแสงแฟลช (Flash foam) มีโครงสร้างรูพรุน ดูดซับสารละลายได้ดี ชุดส่งกำลังโดยใช้บอลสกรู และเฟืองขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์แบบสเต็ป ที่ควบคุมความเร็วรอบและทิศทางการหมุนได้ ด้วยการควบคุมการทำงานจากคำสั่งโปรแกรมที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ชนิดอาดูโน Arduino) วัตถุประสงค์ของการออกแบบเครื่องประทับลายกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ เพื่อสามารถใช้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ซิลิคอนโครงสร้างที่ให้ประสิทธิภาพสูงที่มีขนาดต่าง ๆ ได้ เช่น 3 cm^2, 4 cm^2, 5.5 cm^2 และ 8 cm^2 โดยขนาดของลายเส้นเล็กสุดได้ 100 ไมครอน ผลการทดสอบพบว่าเครื่องประทับลายกึ่งอัตโนมัติ ให้ลวดลายฟิล์มบางลงบนแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ที่แม่นยำ ได้ขนาดของลายเส้นที่มีความสม่ำเสมอได้ตามที่ต้องการ ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2.5% เมื่อเทียบกับลายต้นแบบ

เซลล์แสงอาทิตย์ซิลิคอนรอยต่อ n/p โครงสร้างชั้นสนามไฟฟ้าด้านหลังบางบริเวณ (Local back surface field, LBSF) ได้ทดสอบผลิตด้วยเครื่องประทับลายกึ่งอัตโนมัติ โดยทำการประทับลายของโบรอนซึ่งเป็นแหล่งสารเจือสำหรับการสร้างบริเวณ p^{++} ด้านหลังเซลล์ และขั้นตอนการประทับลายของกรดไฮโดรฟลูออริก สำหรับสกัดเปิดช่องให้กับชั้นไดอิเล็กทริกที่บริเวณเดียวกันกับ p^{++} ซึ่งขนาดลวดลายดังกล่าวมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์อย่างมาก โดยเซลล์ที่มีขนาดลายเส้น 500 μm ที่ Aperture ratio 15% ให้ค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 1.46% เมื่อเทียบกับเซลล์ที่ไม่เปิดช่อง ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้าง LBSF ด้วยวิธีประทับลาย สามารถนำไปผลิตในปริมาณมากในอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ ขั้นตอนการผลิตเซลล์ไม่ซับซ้อนสอดคล้องกับการผลิตเดิมที่มีอยู่

Abstract

This research involves with design and fabrication of a prototype quasi-automatic machine for producing the film patterns based on stamping technique. The patterned dielectric film and doping film were created on n/p junction silicon wafer in order to improve the higher efficiency of silicon solar cells without using a complex photolithography technique. The quasi-automatic stamp machine can produce the patterned film in one procedure step, conserve the raw solution material and use for producing low-cost solar cells. The stamp machine consists of the many main components such as flash foam part which is a good adsorb porous-polymer. Power transmission part by using a ball screw system and gear driver with stepping motor to be controllable its speed and its directional rotation. The stamper distance to solar cell is controlled by programing Arduino microcontroller. This design contributes solar cell production with various sizes such as cells 3 cm^2, 4 cm^2, 5.5 cm^2 และ 8 cm^2. Flash foam is a polymer material which has flash light responsibility. The line pattern was obtained the smallest size of 100 micro-meters. The experimental results are found that the machine obtained accurately the line pattern on the solar cell wafers. The desired width of line is patterned straightly with its error below 2.5% comparing with the original-pattern.

Prototype of crystalline n/p Si solar cells based local back surface field (LBSF) were demonstrated by using a quasi-automatic stamp machine. Formation of p^{++} pattern from stamping boron dopant solution was tested on the rear side of n/p-Si substrate. In additional study, patterning hydrofluoric acid stamps on dielectric layer to form the line opening which is positioned to the p^{++} line. The line width of localized p^{++} region directly effects to solar cell efficiency. 500 micrometers width with 15% aperture ratio can contribute the power conversion efficiency improvement by 1.46% comparing to a solar cell with fully dielectric rare-layer. Therefore, LBSF solar cells based stamping technique lead to mass-production in PV industrial process owing to low-cost and simple techniques.