ศุภณัฐ เลาหวิโรจน์ : การศึกษาการผลิตฟิล์มบางซิลิคอนดอทจากการนำแผ่นซิลิคอนเสียหายมาผลิตใหม่เพื่อประยุกต์เป็นชั้นรับแสงบนเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน (THE STUDY IN SILICON DOTS FILMS FABRICATION FROM RECYCLING OF WASTE SILICON WAFER FOR APPLYING EMITTER LAYER OF SILICON SOLAR CELLS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์วรรณ ฟังสุวรรณรักษ์, 135 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้เตรียมหมึกซิลิคอนที่มีส่วนประกอบของผงซิลิคอนและสารละลายซิงค์ออกไซด์ เพื่อผลิตเป็นฟิล์มบางบนแผ่นควอตซ์และบนแผ่นฐานพีเอ็นซิลิคอน ด้วยวิธีการเคลือบด้วยแรงหมุนเหวี่ยง ผงซิลิคอนได้เตรียมจากแผ่นซิลิคอนที่เสื่อมสภาพเสียหายโดยผ่านกระบวนการบดด้วยลูกบดเซอร์โคเนีย ฟิล์มบางซิลิคอนดอท (Si dots) ในเงื่อนไขความหนาแน่นของผงซิลิคอนจาก 0 – 0.2 g ในสารละลายโซลเจลเจือด้วยบิสมัทในปริมาณ 2 ml ได้ทำไปอบที่อุณหภูมิ 550°C ภายใต้ความดันบรรยากาศ ฟิล์มบาง Si dots นี้ใช้เป็นชั้นด้านบนของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใหม่ ซึ่งสามารถเพิ่มการดูดกลืนแสงคลื่นสีน้ำเงิน เทคนิค XRD และ SEM ได้นำมาใช้เพื่อแสดงคุณภาพผลึกซิลิคอนและซิงค์ออกไซด์ ฟิล์มบาง Si dots ที่ผลิตขึ้นประกอบไปด้วยขนาดของผลึกนาโนที่แตกต่างกัน โดยผลึกนาโนซิลิคอนมีขนาดใหญ่อยู่ระหว่าง 64 nm – 155 nm ขณะที่ผลึก ZnO:Bi มีลักษณะทรงกลมขนาด 18 nm – 25 nm การวัด UV-VIS-NIR ให้ข้อมูลการขยายค่าช่องว่างพลังงานของฟิล์มบาง Si dots ได้ และค่าช่องว่างพลังงานสามารถปรับเปลี่ยนจากค่าความหนาแน่นของ Si dots ใน ZnO:Bi ขอบของการดูดกลืนแสงจะถูกเลื่อนจาก 1.1 eV ไปในช่วง 1.6 eV - 3.3 eV โดยวิธีการพล็อตของ Tauc การวัดภายใต้แสงของฟิล์มบาง Si dots ที่มีส่วนผสมของผงซิลิคอนปริมาณน้อย มีค่ากระแสโฟโตสูงกว่าสภาวะมืดประมาณ 10^3 เท่า ผลนี้สอดคล้องกับการเกิดสถานะดักจับที่ผิวสัมผัสระหว่าง Si และเมตริกซ์ ZnO:Bi

งานวิจัยนี้ได้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ฟิล์มบาง Si dots เป็นชั้นด้านบนจากโครงสร้างรอยต่อพีเอ็นซึ่งพบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีฟิล์มบาง Si dots ให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 2.17% เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้างรอยต่อพีเอ็น การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้านราคาต้นทุนการผลิตพบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีฟิล์มบาง Si dots ถูกกว่าเซลล์ทั่วไป 0.6% ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีฟิล์มบาง Si dots มีแนวโน้มที่จะประสบความสำเร็จในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงต่อไปในอนาคตได้

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนักศึกษา ศุภณัฐ เลาหวิโรจน์

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ทิพย์วรรณ

SUPANUT LAOHAWIROJ : THE STUDY IN SILICON DOTS FILMS FABRICATION FROM RECYCLING OF WASTE SILICON WAFER FOR APPLYING EMITTER LAYER OF SILICON SOLAR CELLS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THIPWAN FANGSUWANNARAK, Ph.D., 135 PP.

THIRD GENERATION SOLAR CELL/SILICON POWDER/ZINC OXIDE DOPED BISMUTH/LOW COST

In this research, silicon ink compositing of silicon powder and zinc oxide solution has been formulated and spin-coated on quartz and n/p-Si substrates. Silicon powder was prepared from waste silicon wafers as a raw material through a zirconia ball milling technique. Si dots thin films with varying Si powder densities from 0 – 0.2 g in zinc oxide doped bismuth sol-gel 2 ml were sintered at 550°C under the atmosphere. In order to enhance blue-light absorption, the thin film as a top-addition layer is able to be the highly promising layer for photo-generating carrier in third-generation photovoltaics. X-ray diffraction and scanning electron microscopy techniques have been employed for the presence of silicon and zinc oxide nano-crystallites. The Si dots thin films consist of different nanocrystal sizes of large Si nanocrystals (64 nm - 155 nm) and spherical ZnO:Bi nanocrystal (18 nm – 25 nm). UV-VIS-NIR Spectrophometer can obtain an evidence of band gap enlargement of the Si dots films. The band gaps of the thin films were tunable by adjusting silicon dots density in ZnO:Bi film. Energy upshift of light absorption edge depended on the silicon dots density has been observed in the range 1.6-3.3 eV related band gap enlargement by Tauc plot. Under illumination measurement, high photocurrent gain of the thin film

comprised of low Si dots density to be coated on a quartz substrate is given by ~ 10^3 times compared with its dark current. This result is agreeably explained in terms of its lower superficial trap states at the interface between silicon and zinc oxide matrix.

This work fabricated the Si dots solar cell as a third-generation solar cell for a top-additional layer. The efficiency improvement of Si dots solar cell is by 2.17% compared with a typical crystalline p/n-Si solar cell. Economic analysis was indicated that the production cost of Si dots solar cell is cheaper than that of typical Si solar cell by 0.6%. Thus, Si dots solar cell is very promising for the further high efficiency solar cell.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Electrical Engineering

Academic Year 2019

Student' Signature Supanut Lachamiroj

Advisor' Signature Thipar Fay