บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการผลิตฟิล์มบางนาโนซิลิคอนดอท (nc-Si dots) ในเฟสของซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) ด้วยวิธีเคลือบสารละลายโซล-เจลแบบหมุนเหวี่ยง (sol-gel spin-coating) เพื่อหาแนวทางการนำไปใช้เป็นชั้นหน้าต่างรับแสงที่ความยาวคลื่นกว้างขึ้นให้แก่เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนาโนควอนตัมดอท และได้ศึกษาการผลิตฟิล์มบาง SiO_2 และฟิล์บาง nc-Si dots ด้วย sol-gel spin-coating ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิห้อง ในบรรยากาศปกติ และเป็นเทคนิคการผลิตที่ไม่พึ่งพาระบบสุญญากาศพิเศษส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่ำและเหมาะกับการผลิตอุปกรณ์ในเชิงพาณิชย์ได้ ฟิล์ม nc-Si dots ที่ผลิตได้ใช้สารละลายแขวนลอยเป็นสารตั้งต้นที่ประกอบด้วยสารละลายตั้งต้นจากเตตระเอทิลออโธซิลิเกต และผงผลึกนาโนซิลิคอน การศึกษานี้ได้ผลิตผงผลึกนาโนซิลิคอนขึ้นเองด้วยวิธีการบดละเอียด ขนาดของผงมีขนาดเล็กไม่เกิน 250 nm คุณภาพความเป็นผลึกนาโนได้ทดสอบด้วยเทคนิคการวัดไมโครรามานสเปกโตรสโคปี พบว่าผง nc-Si ที่สังเคราะห์ได้มีคุณภาพผลึกในระดับนาโนเมตรที่ดี เนื่องจากสเปกตรัมรามานเลื่อนตำแหน่งยอดของความถี่ไปทางความถี่ต่ำลงจาก 521 cm^{-1} สำหรับแผ่นผลึกเดี่ยวซิลิคอนเป็น 511 cm^{-1} ผลดังกล่าวสามารถคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแกนผลึกนาโน (crystalline core) ได้มีค่าประมาณ 3 nm อยู่ในระดับที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นหน้าต่างรับแสงให้แก่เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโครงสร้างแทนเดม

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของฟิล์ม SiO_2 ด้วยเทคนิคฟลูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี พบยอดของสเปกตรัมหลักแสดงการเกาะเกี่ยวพันธะระหว่างอะตอมของ Si-O-Si ลักษณะนี้สามารถระบุถึงโครงสร้างทางเคมีของฟิล์ม SiO_2 ที่ผลิตด้วยวิธี sol-gel อีกทั้งจุดประสงค์ของการเตรียมผง nc-Si dots ด้วยวิธีการบดคือต้องการให้มีสารเจือเกาะเกี่ยวในโครงสร้างของ nc-Si dots เพื่อปรับเปลี่ยนปริมาณสารเจือได้ ในการศึกษานี้จึงได้ใช้เทคนิคการวัดโฟโตอิมิสชันสเปกโตรสโคปี (PES) พบว่ามีสเปกตรัมที่ระดับพลังงาน 187 eV แสดงถึงการมีพันธะเกาะเกี่ยวระหว่างอะตอม B-Si ผลการวิจัยสามารถนำฟิล์มบาง nc-Si dots ที่มีสารเจือในโครงสร้างผลึกนาโน ซึ่งผลิตด้วยวิธี sol-gel spin-coating นำไปพัฒนาผลิตเป็นชั้นหน้าต่างรับแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ จากการเปลี่ยนแปลงขนาดของผลึกนาโนได้

Abstract

This work is focused on the fabrication of nano-silicon dot (nc-Si dots) thin films embedded in the silicon dioxide (SiO_2) with using sol-gel spin coating technique. The aim of the synthesize of nc-Si dot thin film is to study the use of nc-Si dot thin film for the window layer of silicon solar cell responding to the wider light wavelength. Meanwhile, sol-gel spin coating is an alternative technique to be able to prepare SiO_2 and nc-Si dots films at room temperature in ambient air. This technique is not necessary to use a high vacuum system that is a higher-cost effective process. The sol-gel spin coating process for producing Si nanostructure is possible to run in the further industrial production line. Nc-Si dot films were prepared from the sol-suspension consisting of Tetraethylorthosilicate (TEOS) solution and nc-Si powders. In this study, nc-Si powders were fabricated in house from grinding p-type Si wafers. The prepared nc-Si powders obtained the average cluster size about 250 nm. The crystallinity quality of the prepared nc-Si powders is able to be verified by Micro-Raman spectroscopy measurement. It was found that the main frequency (1TO) peak for nc-Si powders at 511 cm^{-1} shifted downwardly from 521 cm^{-1} (c-Si wafer). The downward shift of the Raman peak indicates to their quality of nano-crystal and is able to calculate the approximate diameter size of the crystalline core that is around 3 nm. The average nc-Si size about a few nanometers is in the scale for applying in tandem silicon solar cell.

The results from Fourier transform infrared spectroscopy measurement are able to indicate Si-O-Si bonding in the prepared SiO_2 structure. It was noticed that SiO_2 film fabricated from sol-gel of TEOS solution provides the same oxide quality as one from other fabrication. The objectives to use nc-Si dots from grinding preparation are the existence of B-Si bonding and adjustability of dopant quantity in the Si nanostructure. Therefore, photoemission spectroscopy (PES) was used to identify Bi-Si bonding corresponding with the spin energy level at 187 eV. The experimental results showed the energy peak relating to B-Si bonding. This study results are able to develop various sizes of nc-Si dot film into novel window layers of all tandem silicon solar cell.