หัวข้อดุษฎีนิพนธ์ การพัฒนาชั้นขนส่งพาหะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงซิงก์ออกไซด์

ผู้เขียน นายสุทธิพจน์ สุทธนะ

ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

คณะกรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาพ ชูพันธ์	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงมณีว่องรัตนะไพศาล	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
	ดร. สุรเชษฐ์ ผดุงธิติธาดา	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

การดัดแปลงพื้นผิวซิงก์ออกไซด์โฟโตอิเล็กโทรดถูกสาธิตโดยกระบวนการปรับปรุงพื้นผิวทางเคมี ซิงก์ออกไซด์จะถูกเตรียมบนแผ่นรองรับและปรับปรุงพื้นผิว กระบวนการปรับปรุงประกอบด้วย (1) กระบวนการปรับปรุงขั้นตอนเดียว (2) กระบวนการปรับปรุงสองขั้นตอน (3) กระบวนการเคลือบและปรับปรุงสองขั้นตอน (4) กระบวนการปรับปรุงด้วยไอเคมี หลังการปรับปรุงฟิล์มได้ถูกตรวจสอบลักษณะเฉพาะด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีสมรรถนะสูงชนิดฟิลด์อีมิสชัน เครื่องวัดการดูดกลืนแสงในย่านยูวีและวิสิเบิล บีอีที รามานสเปกโตรสโกปี และวิเคราะห์ด้วยกระบวนการประมวลผลภาพ จากนั้นนำไปประกอบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงและประเมินสมรรถนะด้วยการวัดลักษณะเฉพาะทางโฟโตโวตาอิกและสมบัติทางไฟฟ้าเคมี

ฟิล์มที่ปรับปรุงจากทุกกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงแสง สมบัติไฟฟ้าเคมี สำหรับฟิล์มที่ปรับปรุงโดยกระบวนการปรับปรุงขั้นตอนเดียว ด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (สารละลายเบส) และไฮโรคลอริก:ไนตริก:น้ำกลั่น (สารละลายกรด) ให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดเป็น 2.00 เปอร์เซ็นต์และ 2.02 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพเป็นผลมาจากโครงสร้างของฟิล์มพรุนซึ่งเพิ่มการดูดซับสีย้อมได้ดีขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเป็น 2.26 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเตรียมบนฟิล์มซึ่งปรับปรุงโดยกระบวนการปรับปรุงสองขั้นตอน ด้วยสารละลายเบสและกรดเป็นเวลา 2 นาทีและ 10 วินาทีตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับการเพิ่มของสีย้อมอันเนื่องมาจากฟิล์มมีความพรุนดีขึ้นสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของรูพรุนขนาดเล็กในช่วง 5-10 นาโนเมตร ซึ่งยืนยันด้วยค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูงสุด ดังนั้นจึงสามารถพิจารณาได้ว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การก่อตัวของรูพรุนขนาดเล็กเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเพิ่มปริมาณการดูดซับสีย้อมและส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์ สำหรับการปรับปรุงพื้นผิวโดยกระบวนการเคลือบและปรับปรุงสองขั้นตอน พบว่ากระแสลัดวงจรเพิ่มขึ้นเนื่องจากฟิล์มมีความหนาขึ้นซึ่งช่วยเพิ่มฐานยึดเกาะสำหรับสีย้อม ยิ่งไปกว่านั้นฟิลล์แฟคเตอร์ได้รับการปรับปรุงขึ้นด้วยซึ่งเป็นเพราะการก่อตัวของรูพรุนช่วยเพิ่มพื้นผิวรอยต่อของ ซิงก์ออกไซด์/สีย้อม/อิเล็กโทรไลต์ ทำให้กระบวนการรีเจนเนอเรชั่นดีขึ้น ดังนั้นประสิทธิภาพจึงเพิ่มขึ้นเป็น 2.28 เปอร์เซ็นต์ และฟิลล์แฟคเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 0.51 สำหรับเซลล์ที่เตรียมบนฟิล์มซิงก์ออกไซด์ซึ่งดัดแปลงโดยกระบวนการเคลือบและปรับปรุงสองขั้นตอนด้วยสารละลายกรดและสารละลายเบส นอกจากนี้สำหรับเซลล์ที่เตรียมบนฟิล์มซิงก์ออกไซด์ซึ่งดัดแปลงโดยกระบวนการเคลือบและปรับปรุงสองขั้นตอนด้วยสารละลายกรดทั้งสองขั้นตอนมีประสิทธิภาพเป็น 2.35 เปอร์เซ็นต์ และฟิล์แฟคเตอร์เป็น 0.54 ท้ายที่สุดกระบวนการปรับปรุงด้วยไอเชิงเคมีได้รับการสาธิตว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการเพิ่มการยึดเกาะของสีย้อม เพิ่มการกระเจิงแสงและลดการรวมตัวของอิเล็กตรอนซึ่งช่วยสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพของเซลล์ถูกปรับปรุงเพิ่มขึ้นโดยเป็นผลมาจากกระแสลัดวงจรที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับกระบวนการอื่นๆ โดยพบว่ามีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของรูพรุนอย่างมีนับสำคัญ ยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่ามีความสัมพันธ์กับการกระเจิงแสงที่เพิ่มขึ้นและการรวมตัวของอิเล็กตรอนที่ลดลงด้วย

งานวิจัยนี้ได้สาธิตว่ากระบวนการปรับปรุงพื้นผิวสามารถสร้างฟิล์มพรุนขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มปริมาณสีย้อมซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงซิงก์ออกไซด์ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มการกระเจิงแสงและลดการรวมตัวของอิเล็กตรอนได้อีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Dissertation Title	Development of Carrier Transport Layers for Efficiency Enhancement of ZnO Dye-sensitized Solar Cells	
Author	Mr. Sutthipoj Sutthana	
Degree	Doctor of Philosophy (Applied Physics)	
Advisory Committee	Asst. Prof. Dr. Supab Choopun	Advisor
	Asst. Prof. Dr. Duangmanee Wongratanaphisan	Co-advisor
	Dr. Surachet Phadungdhitidhada	Co-advisor

ABSTRACT

Surface modification of ZnO films were demonstrated using chemical texturing processes. Firstly, ZnO films were prepared on SnO_2:F substrates and modified. The modification processes consist of one-step texturing process, two-step texturing process, two-step coating-texturing process and acid vapor texturing process. After texturing process, the texturing films were characterized by FE-SEM, UV-Vis spectroscopy, BET, Raman shift, and analyze using an image processing. The films based dye-sensitized solar cells were evaluated by measuring of photovoltaic characteristics and electrochemical impedance spectroscopy.

All of the texturing films from each modification processes exhibit a change in characteristics include physical property, optical property, electrochemical property. For dye-sensitized solar cells applications, the films textured by one-step texturing process with NH_4OH (base solution) and HCl:HNO_3:distilled water (acid solution) exhibit maximum power conversion efficiency of 2.00% and 2.02%, respectively. The power conversion efficiency is enhanced due to a formation of porous structure which is achieved better dye adsorption. Moreover, an enhanced power conversion efficiency of 2.26% is obtained for the cells fabricated with the two-step texturing films with a sequential texturing step of NH_4OH and HCl:HNO_3:distilled water for texturing time of 2 min and 10 s, respectively. The enhancement is related with increased dye adsorption due to a better high-ordered fine porous formation which is observed from a significant increase of small pore size in range of 5-10 nm and confirmed by maximum specific

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

surface area. Thus, the fine porous formation is considerate an important factor for achieving dye adsorption and enhancing power conversion efficiency. For a two-step coating-texturing process, it is found that short-circuit current density is successfully increased because thickness of the films is increased and support more dye adsorption. Furthermore, fill factor is effectively improved because porous films is formed and supported better interfacial contact of ZnO/dye/electrolyte for better regeneration process. Thus, the power conversion efficiency and fill factor of 2.28% and 0.51 are observed for the two-step coating-texturing process using acid and base solution. Nevertheless, the maximum power conversion efficiency is observed of 2.35% with fill factor of 0.54 for the two-step coating-texturing process using double acid solution. Finally, a vapor texturing process is demonstrated an effective method for improving dye adsorption, increasing light scattering and reducing electron recombination which is provided an enhanced power conversion efficiency of dye-sensitized solar cells. Power conversion efficiency is enhanced related to increased short-circuit current density similar to another processes. The short-circuit current density is increased due to an increased dye adsorption which is agreed with the change in pore density. Besides, the short-circuit current density is also increased due to increased light scattering and reduced electron recombination.

Therefore, this work demonstrates that surface texturing processes have ability to create appropriate porous films for achieving dye adsorption. The dye adsorption plays the significant factor for enhancing power conversion efficiency of ZnO dye-sensitized solar cells. In addition, the porous films can also improve light scattering and reduce electron recombination.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved