เทคนิคการอัดแรงชนิดใหม่โดยใช้เทฟลอนสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

พีรศักดิ์ จันทร์งาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิคการอัดแรงชนิดใหม่โดยใช้แผ่นเทฟลอน สำหรับแก้ปัญหาการหลุดลอกของชั้นฟิล์ม TiO_2 ออกจากขั้วไฟฟ้าทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง ดังเช่นที่เกิดขึ้นกับเทคนิคการอัดแรงชนิดเดิม ผลการทดลองพบว่าชั้นฟิล์ม TiO_2 ที่ได้มีความโปร่งใสสม่ำเสมอเหมาะสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง อีกทั้งไม่มีร่องรอยแสดงถึงการหลุดลอกออกไปของชั้นฟิล์มของไททาเนียมไดออกไซด์ โดยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ชั้นฟิมล์ที่ผ่านเทคนิคการอัดแรงชนิดใหม่นี้มีประสิทธิภาพ 1.78% ในขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ผ่านการอัดแรงจะมีประสิทธิภาพ 0.43% แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของเทคนิดการอัดแรง โดยค่าประสิทธิภาพควอนตัมมีค่าสูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ 350 นาโนเมตร ซึ่งคาดว่าจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ด้วยการปรับปรุงคุณภาพของชั้นฟิล์ม TiO_2

คำสำคัญ : เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง / เทคนิคการอัดแรง / แผ่นเทฟลอน

* *Corresponding author : cpeerasak@gmail.com*

ผู้ช่วยศาตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

New Pressure Technique with Teflon for Dye-Sensitized Solar Cells

Peerasak Chantngarm

Rajamangala University of Technology Krungthep, Tungmahamek, Sathorn, Bangkok 10120

Abstract

This paper presents a new pressure technique using Teflon film to solve the peeling of TiO_2 films from a working electrode of dye-sensitized solar cell (DSC), where such problem happens when the traditional pressure technique is applied. The experimental results showed that the TiO_2 films prepared using the new technique have consistent transparency, which is suitable for DSC. Moreover, there is no evidence of peeling off of the TiO_2 films. The conversion efficiency of a solar cell prepared using the new pressure technique was 1.78%, while that of a solar cell not prepared using the new pressure technique was 0.43%. The quantum efficiency measurements showed a peak at around 350 nm. The technique is expected to help increase the conversion efficiency by improving the quality of TiO_2 films.

Keywords : Dye-Sensitized Solar Cell / Pressure Technique / Teflon Film

* *Corresponding author : cpeerasak@gmail.com*

Assistant Professor, Division of Electronics and Telecommunication Engineering, School of Engineering.

1. บทนำ

ด้วยวัตถุดิบหลักคือไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ที่มีราคาถูกและกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง [1] ได้รับความสนใจอย่างมากสำหรับเป็นทางเลือกใหม่ ในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีราคาถูกกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างจากซิลิคอนแบบเดิม ซึ่งเป็นเทคโนโลยีหลักที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน นอกจากต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า และกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนแล้ว เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงยังมีจุดเด่นอื่นๆ ที่น่าสนใจอีกเช่น เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ ที่แสงสามารถส่องผ่านได้ สามารถสร้างบนแผ่นฐานรองที่มีน้ำหนักเบาและโค้งงอได้ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้แม้ในสภาพที่แสงมีความเข้มต่ำ ซึ่งทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างหลากหลายกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่นๆ

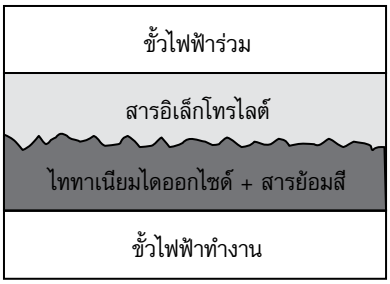
แต่ปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขในการนำเอาเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงมาใช้ในเชิงพาณิชย์มีอยู่หลายประการด้วยกัน เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงพลังงานให้สูงขึ้น การยืดอายุการใช้งาน และการเพิ่มทรูพุต (Throughput) ซึ่งหมายถึงจำนวนเซลล์แสงอาทิตย์ ที่สามารถผลิตได้ในหนึ่งหน่วยเวลาจากกระบวนการผลิต ดังนั้นทิศทางในการค้นคว้าวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงในปัจจุบันหลักๆ จึงได้แก่ การค้นหาสารสำหรับสีย้อม ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงพลังงานให้สูงขึ้น การพัฒนาคุณภาพของชั้นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ การคิดค้นโครงสร้างใหม่สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อยืดอายุการใช้งาน และพัฒนากระบวนการผลิต ที่ใช้อุณหภูมิต่ำประมาณ 400-600°C ซึ่งจะทำให้สามารถสร้างเซลล์แสงอาทิตย์บนแผ่นฐานรองอื่นที่ไม่ใช่กระจกได้ [2-4] รวมถึงการพัฒนาเทคนิคการสร้างชนิดใหม่ต่างๆ เช่น การอัดแรงและการสเปรย์ [5-7] ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้อุณภูมิต่ำ และสามารถช่วยการเชื่อมต่อกันระหว่างอนุภาคนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ให้ดีขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงพลังงานให้สูงขึ้นได้

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคการอัดแรง ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการสร้างเสถียรทางด้านกายภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการนำไฟฟ้าของโครงสร้างนาโนในแผ่นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ เนื่องจากเทคนิคการอัดแรง เป็นวิธีการหนึ่งในการกระตุ้นพื้นผิวของโครงสร้างนาโน ทำให้ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานสูงขึ้น [8] แต่ปัญหาที่พบในการนำเอาเทคนิคการอัดแรงมาใช้ คือการที่แผ่นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์บางส่วนหลุดลอกออกไปติดกับแผ่นโลหะที่ใช้ในการอัดแรง ในขณะทำการแยกแผ่นโลหะออก [9] งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้เสนอเทคนิคการอัดแรงใหม่ที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ โดยใช้แผ่นฟิล์มเทฟลอน (Teflon) และยังได้นำเสนอวิธีการใหม่ ในการสร้างชั้นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์จากสารแขวนลอย ซึ่งมีประโยชน์ในการเพิ่มทรูพุตในการผลิตให้สูงขึ้น

2. ทฤษฎีและหลักการทำงาน

รูปที่ 1 แสดงถึงโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง ซึ่งมีหลักการทำงานพื้นฐานดังนี้ ขั้วด้านหนึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน (working electrode) ประกอบด้วยกระจกใสนำไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่เป็นแผ่นฐานรองสำหรับชั้นของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ได้รับการย้อมสีแล้ว โดยไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้ได้ดีในเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงนี้ จะต้องมีลักษณะเป็นโครงสร้างนาโน คือเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์อยู่ระหว่าง 10-30 นาโนเมตร เพื่อให้มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวกับปริมาตรสูงและสามารถดูดซับโมเลกุลของสารย้อมสีได้มาก ขั้วอีกด้านหนึ่งเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงเรียกว่าขั้วไฟฟ้าร่วม (counter electrode) เป็นกระจกใสนำไฟฟ้าเช่นเดียวกัน โดยที่ระหว่างขั้วทั้งสองมีสารอิเล็กโทรไลต์อยู่

เมื่อแสงส่องกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานแสงจะกระตุ้นโมเลกุลของสารย้อมสีให้ปล่อยอิเล็กตรอนออกมา ซึ่งไททาเนียมไดออกไซด์จะรับอิเล็กตรอนนั้นมา และส่งต่อไปยังขั้วไฟฟ้าทำงาน หลังจากนั้นจึงไหลออกสู่วงจรภายนอกที่เชื่อมต่อกับเซลล์แสงอาทิตย์ ในขณะเดียวกันเมื่ออิเล็กตรอนหลุดออกไปก็จะทำให้เกิดโฮลขึ้นที่สารย้อมสี ซึ่งจะรับอิเล็กตรอนเข้ามาแทนที่จากสารอิเล็กโทรไลต์ หลังจากนั้น สารอิเล็กโทรไลต์ก็จะรับอิเล็กตรอนเข้ามาจากขั้วไฟฟ้าร่วม ทำให้เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร



รูปที่ 1 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วิจัยชิ้นนี้ได้เสนอเทคนิคใหม่สำหรับการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง โดยรายละเอียดสำคัญสำหรับวัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลองมีดังต่อไปนี้

3.1 ขั้วไฟฟ้า

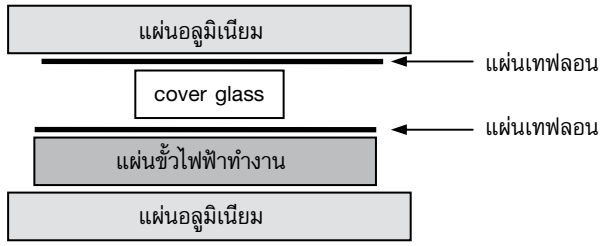
กระจกใสนำไฟฟ้า FTO (fluorine-doped tin oxide glass) ถูกใช้สำหรับเป็นขั้วไฟฟ้าทำงานและขั้วไฟฟ้าร่วม ซึ่งถูกเตรียมโดยนำมาทำความสะอาด ด้วยน้ำยาทำความสะอาด น้ำDI (deionize Water) และเอทานอลตามลำดับ ด้วยเครื่องล้างระบบอัลตร้าโซนิค (ultrasonic bath) แล้วทำการฉายแสงด้วยรังสีอัลตร้าไวโอเลต หลังจากนั้นจึงทำการแช่แผ่นกระจกใสสำหรับสร้างขั้วไฟฟ้าทำงานที่ได้ทำความสะอาดแล้ว ลงไปในสารละลาย $TiCl_4$ เพื่อสร้างชั้นขวางกั้น (blocking layer) สำหรับป้องกันการรั่วของกระแสไฟฟ้า แล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการเผา ด้วยเตาความร้อนที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 30 นาที สำหรับกระจกใสนำไฟฟ้า ที่สร้างเป็นขั้วไฟฟ้าร่วมนั้น จะถูกนำมาเจาะรูเพื่อเตรียมไว้สำหรับฉีดสารอิเล็กโทรไลต์เข้าไป แล้วปลูกชั้นฟิล์มแพลทตินัมด้วยเทคนิคสปัตเตอร์ริง (sputtering)

3.2 การดีโพซิชั่นชั้นไททาเนียมไดออกไซด์

งานวิจัยชิ้นนี้ใช้วิธีการปลูกชั้นฟิล์มไททาเนียม-ไดออกไซด์ ด้วยกระบวนการดีโพซิชั่น (deposition) โดยเริ่มต้นจากการสร้างสารแขวนลอยไททาเนียมไดออกไซด์ และมีขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้ สารแขวนลอยไททาเนียม-ไดออกไซด์ถูกเตรียมขึ้น โดยดัดแปลงจากวิธีการที่คิดค้นโดยอิโต้ [10] กล่าวคือทำการผสมผงไททาเนียมไดออกไซด์ชนิด P25 ซึ่งอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์มีขนาด 25 นาโนเมตรกับสารอื่นๆ เข้าด้วยกัน โดยใช้เครื่องบด (planetary mill) แทนการใช้ครกบดยา (mortar) โดยมีเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO_2) ทำหน้าที่ย่อยขนาดอนุภาคของไททาเนียมไดออกไซด์ ซึ่งจะส่งผลทำให้สารแขวนลอยที่ได้มีความเสถียรสูงขึ้น และเมื่อได้สารแขวนลอยเรียบร้อยแล้วเซอร์โคเนียมไดออกไซด์จะถูกแยกออกไป หลังจากนั้นทำการหยดสารแขวนลอยไททาเนียม-ไดออกไซด์ลงบนแผ่นฐานรอง สำหรับสร้างเป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน แล้วปล่อยให้เอทานอลในสารแขวนลอยระเหยไปเหลือแต่ชั้นฟิล์มของไททาเนียมไดออกไซด์ และทำขั้นตอนทั้งสองนี้ซ้ำๆ กัน จนกว่าจะได้ความหนาของชั้นฟิล์มของไททาเนียมไดออกไซด์ตามที่ต้องการ หลังจากนั้น จึงทำการเผาแผ่นฐานรองที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงทำการวัดความหนาของชั้นฟิล์มด้วยเครื่องวัดความขรุขระของพื้นผิว (surface profiler)

3.3 การอัดแรง

เพื่อเป็นการสร้างความเสถียรทางด้านกายภาพให้แก่ชั้นฟิล์มของไททาเนียมไดออกไซด์ ที่มีลักษณะเป็นวัสดุพรุน (porous) เทคนิคการอัดแรงได้ถูกนำมาใช้โดยอาศัยเครื่องบีบอัดไฮดรอลิกแบบบังคับด้วยมือที่แรงอัด 2 MPa เป็นเวลา 10 วินาที รูปที่ 2 แสดงลักษณะการวางเรียงของชั้นวัสดุต่างๆ ในการอัดแรง



รูปที่ 2 ลักษณะการวางเรียงของชั้นวัสดุต่างๆ ในการอัดแรง

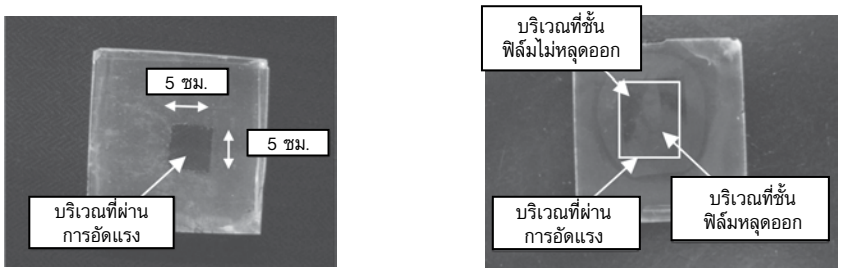
3.4 การย้อมสีและการประกอบเซลล์แสงอาทิตย์

แผ่นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่ถูกอัดแรงแล้วจะถูกเผาที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาทีเพื่อทำการไล่ความชื้นก่อนทำการแช่ในสีย้อม Hybridized Ruthenium Sensitizer (HRS) โดยทันที โดยการแช่จะถูกคงสภาพไว้ในที่มืดและมีอุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

หลังจากนั้นจึงนำขั้วไฟฟ้าทำงานและขั้วไฟฟ้าร่วมที่เตรียมไว้ มาประกบเข้าด้วยกัน และฉีดสารอิเล็กโทรไลต์ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นสารในกลุ่มไอโอดีน และเกลือไอโอไดด์ (iodine/iodide) เข้าไปภายในจากรูที่ได้เจาะเตรียมไว้ แล้วจึงปิดผนึกรูนั้นด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติค โดยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้มีขนาด (active area) 5×5 ตารางเซนติเมตร ตามขนาดของพื้นที่ที่ถูกอัดแรง

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

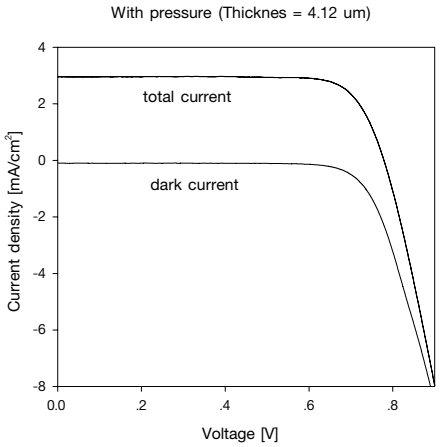
รูปที่ 3(a) แสดงภาพถ่ายของชั้นฟิล์มของไททาเนียม-ไดออกไซด์ ที่ผ่านการอัดแรงด้วยเทคนิคชนิดใหม่แล้ว โดยพื้นที่ใสตรงกลางซึ่งมีขนาด 5×5 ตารางเซนติเมตร เป็นส่วนที่ถูกอัดแรง ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความโปร่งใสสม่ำเสมอ แสดงถึงชั้นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีสมบัติเหมาะสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง ซึ่งเมื่อเทียบกับพื้นที่ส่วนที่ไม่ถูกอัดแรงจะเห็นว่ายังคงมีสีขาวขุ่นอยู่ อีกทั้งบริเวณที่ถูกอัดแรงไม่มีร่องรอยแสดงถึงการหลุดลอกออกไปของชั้นฟิล์มของไททาเนียมไดออกไซด์ ดังเช่นในชั้นฟิล์มที่ได้จากการอัดแรงด้วยเทคนิคชนิดเดิมที่ไม่ได้ใช้แผ่นเทฟลอนตามที่แสดงในรูปที่ 3(b) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้แผ่นเทฟลอนประสบความสำเร็จ ในการแก้ปัญหาการหลุดลอกออกไปของชั้นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ได้ ซึ่งสาเหตุมาจากการที่พื้นผิวของแผ่นเทฟลอนมีสมบัติเรียบและลื่นอยู่ในตัว ทำให้ชั้นฟิล์มของไททาเนียม-ไดออกไซด์ยึดเกาะได้ยากกว่า เมื่อเทียบกับแผ่นกระจกหรือแผ่นอลูมิเนียมที่ใช้กันทั่วไปสำหรับเทคนิคการอัดแรง จึงป้องกันไม่ให้ชั้นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์หลุดลอกติดไปกับแผ่นอลูมิเนียมในกระบวนการอัดแรง ดังเช่นในรายงานจากงานวิจัยอื่น [9, 11]



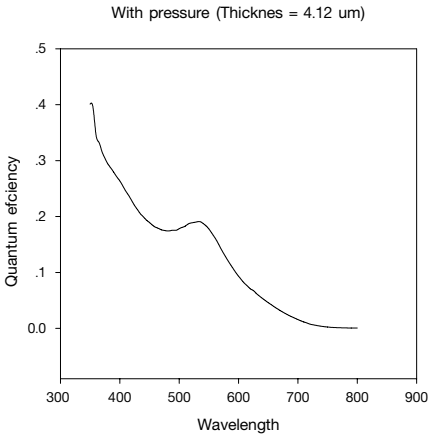
(a) (b)

รูปที่ 3 ภาพถ่ายของชั้นฟิล์มของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ผ่านการอัดแรงแล้ว
(a) ชั้นฟิล์มของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ผ่านการอัดแรงด้วยเทคนิคชนิดใหม่
(b) ชั้นฟิล์มของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ผ่านการอัดแรงด้วยเทคนิคชนิดเดิม

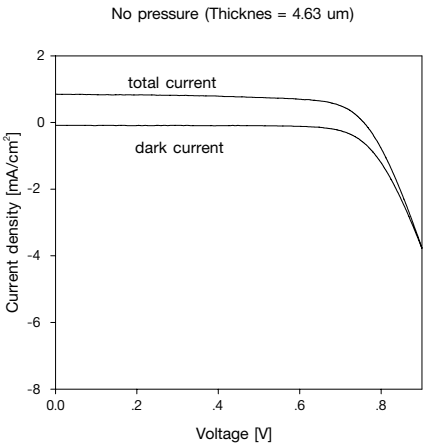
รูปที่ 4 และ 5 แสดงผลการวัดค่ากระแส-แรงดัน และค่าประสิทธิภาพควอนตัม (quantum efficiency: QE) หรือที่เรียกกันอีกอย่างหนึ่งว่า ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า (incident photon-to-current efficiency: IPCE) ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง ที่ใช้เทคนิคการอัดแรง ซึ่งมีความหนาของชั้นไททาเนียมไดออกไซด์ 4.12 ไมครอน รูปที่ 6 และ 7 แสดงผลการวัดค่ากระแส-แรงดันและค่าประสิทธิภาพควอนตัมของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง ที่ไม่ใช้เทคนิคการอัดแรง ซึ่งมีความหนาของชั้นไททาเนียม-ไดออกไซด์ 4.63 ไมครอน โดยการวัดค่ากระแส-แรงดันเป็นการวัดภายใต้ความเข้มแสง 1 SUN และผ่านฟิลเตอร์ AM1.5 อีกทั้งได้ทำการวัดทั้งในขณะที่มีแสงและไม่มีแสง จากผลการวัดค่ากระแส-แรงดันพบว่า ในกรณีของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เทคนิคการอัดแรง



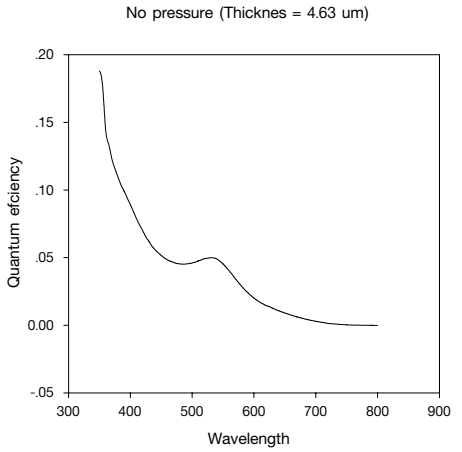
รูปที่ 4 แสดงค่ากระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ใช้เทคนิคการอัดแรง



รูปที่ 5 แสดงค่าประสิทธิภาพควอนตัมของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ใช้เทคนิคการอัดแรง



รูปที่ 6 แสดงค่ากระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ไม่ใช้เทคนิคการอัดแรง



รูปที่ 7 แสดงค่าประสิทธิภาพควอนตัมของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ไม่ใช้เทคนิคการอัดแรง

ค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 1.78% โดยมีค่าฟิลล์แฟคเตอร์ (fill factor: FF) 78.7% ในขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ใช้เทคนิคการอัดแรง พบว่าค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 0.43% โดยมีค่าฟิลล์แฟคเตอร์ 66.6% และจากผลการวัดค่าประสิทธิภาพควอนตัมของทั้งกรณีที่ใช้และไม่ใช้เทคนิคการอัดแรง พบว่าค่าสูงสุดอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 350 นาโนเมตร ซึ่งหมายถึงการที่เซลล์แสงอาทิตย์นี้ทำงานได้ดีในช่วงคลื่นรังสีอัลตร้าไวโอเลต

เมื่อเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพและค่าฟิลล์แฟคเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งในกรณีที่ใช้และไม่ใช้เทคนิคการอัดแรง พบว่ากรณีที่ใช้เทคนิคการอัดแรงมีค่าประสิทธิภาพสูงเป็น 4.14 เท่า ในขณะที่มีค่าฟิลล์แฟคเตอร์สูงเป็น 1.18 เท่าของกรณีที่ไม่ใช้เทคนิคการอัดแรง แสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของเทคนิคการอัดแรงซึ่งสามารถช่วยทั้งในการเพิ่มทรูพุตของกระบวนการผลิต และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดีเช่นกัน

สำหรับการที่ค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าค่อนข้างต่ำแม้ในกรณีที่ใช้เทคนิคการอัดแรงแล้วก็ตาม มาจากการที่ความยาวคลื่นที่เซลล์แสงอาทิตย์ในงานวิจัยชิ้นนี้ สามารถดูดซับได้ดีอยู่ในช่วงคลื่นรังสีอัลตร้าไวโอเลต ซึ่งเป็นส่วนน้อยของแสงอาทิตย์โดยรวม และเนื่องจากมีรายงานว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง ที่ใช้ HRS สามารถมีค่าประสิทธิภาพได้สูงถึง 9.5% [12] จึงคาดว่า

ค่าประสิทธิภาพที่ต่ำ มีสาเหตุหลักมาจากคุณภาพเชิงโครงสร้างนาโนของชั้นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่ผลิตจากสารแขวนลอย และคาดว่าความหนาของชั้นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน เป็นสาเหตุรองลงมา ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการวิเคราะห์ต่อไป

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเทคนิคการอัดแรงชนิดใหม่เพื่อแก้ปัญหาการหลุดลอกของชั้นฟิล์มไททาเนียม-ไดออกไซด์บางส่วนออกจากขั้วไฟฟ้าทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง โดยได้ทดลองใช้แผ่นเทฟลอนเป็นครั้งแรก ผลการทดลองพบว่าแผ่นเทฟลอน สามารถช่วยแก้ปัญหาการที่ชั้นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์บางส่วนหลุดลอกออกไปได้ ทำให้ได้แผ่นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใสตลอดทั้งแผ่น และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผ่านการอัดแรงจะมีประสิทธิภาพ 1.78% และค่าฟิลล์แฟคเตอร์ 78.7% ในขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ผ่านการอัดแรงจะมีประสิทธิภาพ 0.43% และค่าฟิลล์แฟคเตอร์ 66.6% ผลการวัดค่าประสิทธิภาพควอนตัมพบว่ามีค่าสูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ 350 นาโนเมตร จึงทำให้มีค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำ ซึ่งคาดว่ามีสาเหตุมาจากคุณภาพของโครงสร้างนาโนของชั้นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่ผลิตจากสารแขวนลอย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยโอซาก้าและ JASSO ที่ให้โอกาสและสนับสนุนงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

1. O'Regan, B. and Gratzel, M., 1991, "A Low-Cost, High-Efficiency Solar Cell Based on Dye-Sensitized Colloidal TiO_2 Films", *Nature*, Vol. 353, pp. 737-740.

2. Gao, F., Wang, Y., Shi, D., Zhang, J., Wang, M., Jing, X., Humphry-Baker, R., Wang, P., Zakeeruddin, S. and Gratzel, M., 2008, "Enhance the Optical Absorptivity of Nanocrystalline TiO_2 Film with High Molar Extinction Coefficient Ruthenium Sensitizers for High Performance Dye-Sensitized Solar Cells", *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 130, No. 32, pp.10720-10728.

3. Ito, S., Ha, N., Rothenberger, G., Liska, P., Comte, P., Zakeeruddin, S., Pechy, P., Nazeeruddin, M. and Gratzel, M., 2006, "High-Efficiency (7.2%) Flexible Dye-Sensitized Solar Cells with Ti-Metal Substrate for Nanocrystalline-TiO_2 Photoanode", *Chemical Communications*, Issue 38, pp. 4004-4006.

4. Park, H., Jun, Y., Yun, H., Lee, S. and Kang, M., 2008, "Fabrication of an Efficient Dye-Sensitized Solar Cell with Stainless Steel Substrate", *Journal of the Electrochemical Society*, Vol. 155, No. 7, pp.145-149.

5. Boschloo, G., Lindstrom, H., Magnusson, E., Holmberg, A. and Hagfeldt, A., 2002, "Optimization of Dye-Sensitized Solar Cells Prepared by Compression Method", *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, Vol. 148, pp. 11-15.

6. Yamaguchi, T., Tobe, N., Matsumoto, D. and Arakawa, H., 2007, "Highly Efficient Plastic Substrate Dye-Sensitized Solar Cells Using a Compression Method for Preparation of TiO_2 Photoelectrodes", *Chemical Communications*, Issue 45, pp. 4767-4769.

7. Uchida, S., Tomiha, M., Takizawa, H. and Kawaraya, M., 2004, "Flexible Dye-Sensitized Solar Cells by 28 GHz Microwave Irradiation", *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, *A*, Vol. 164, pp.93-96.

8. Yum, J., Kim, S., Kim, D. and Sung, Y., 2005, "Electrophoretically Deposited TiO2 Photo-Electrodes for Use in Flexible Dye-Sensitized Solar Cells", *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, Vol. 173, pp. 1-6.

9. Grinis, L., Dor, S., Ofir, A. and Zaban, A.,

2008, “Electrophoretic Deposition and Compression of Titania Nanoparticle Films for Dye-Sensitized Solar Cells”, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, Vol. 198, pp. 52-59.

10. Ito, S., Chen, P., Comte, P., Nazeeruddin, M., Liska, P., Pechy, P. and Gratzel, M., 2007, “Fabrication of Screen-Printing Pastes From TiO_2 Powders for Dye-Sensitized Solar Cells”, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, Vol. 15, No. 7, pp. 603-612.

11. O’Regan, B., Lenzmann, F., Muis, R. and Wienke, J., 2002, “A Solid-State Dye-Sensitized Solar Cell Fabricated with Pressure-Treated P25-TiO_2 and CuSCN: Analysis of Pore Filling and IV Characteristics”, *Chemistry of Materials*, Vol. 14, pp. 5023-5029.

12. Jiang, K., Masaki, N., Xia, J., Noda, S. and Yanagida, S., 2006, “A Novel Ruthenium Sensitizer with a Hydrophobic 2-thiophen-2-yl-vinyl-Conjugated Bipyridyl Ligand for Effective Dye Sensitized TiO_2 Solar Cells”, *Chemical Communications*, Vol. 23, pp. 2460-2462.