บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

สำหรับในงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ด้วยเทคนิคการสปาร์คลวดซิงก์ด้วยศักย์ไฟฟ้าแรงสูงในบรรยากาศปกติ โดยกำหนดความหนาด้วยจำนวนรอบในการสปาร์ค คือ 10, 25, 50 และ 100 รอบ แล้วนำฟิล์มบางดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับโฟโตอิเล็กโทรดโดยการสกรีนผงซิงก์ออกไซด์หรือผงนาโนซิงก์ออกไซด์ทับเพื่อทำเป็นชั้นที่สองในโฟโตอิเล็กโทรดและเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสและการกระเจิงของแสง ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งการศึกษาจะเป็นการศึกษาในหลายๆด้านเช่น ลักษณะเฉพาะของฟิล์มซิงก์ออกไซด์ ความหนาที่เหมาะสมในโฟโตอิเล็กโทรด และเงื่อนไขอื่นๆที่เหมาะสมที่จะทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงดีขึ้น ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1.1 ลักษณะเฉพาะของฟิล์มซิงก์ออกไซด์

การวิเคราะห์ภาพที่ถ่ายด้วยกล้อง FE-SEM พบว่าฟิล์มบางที่เตรียมด้วยวิธีการสปาร์คลวดซิงก์ได้ฟิล์มที่มีโครงสร้างเป็นอนุภาคนาโนและ มีผิวขรุขระและมีรูพรุนมาก ขนาดของอนุภาคซิงก์ออกไซด์ที่ได้เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 – 40 นาโนเมตร และมีความหนาเพิ่มขึ้นเมื่อมีการสปาร์คที่จำนวนรอบมากขึ้น การวิเคราะห์ทางเอกเรย์ดิฟแฟรกชันของฟิล์มบางที่ได้จากการสปาร์ค พบว่าฟิล์มที่ได้เป็นซิงก์ออกไซด์ ส่วนลักษณะเฉพาะของฟิล์มผงซิงก์ออกไซด์และผงนาโนซิงก์ออกไซด์ พบว่าขนาดอนุภาคของผงซิงก์ออกไซด์มีขนาดใหญ่กว่าผงนาโนซิงก์ออกไซด์

สรุปในการวิจัยใช้ฟิล์มซิงก์ออกไซด์ที่เตรียมได้อยู่สามแบบ คือ ฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ที่ได้จากการสปาร์ค (ZN) ซึ่งมีขนาดอนุภาคซิงก์ออกไซด์เล็กที่สุดประมาณ 30 – 40 นาโนเมตร ต่อมาเป็นชั้นที่ได้จากการสกรีนโดยใช้ ผงนาโนซิงก์ออกไซด์ (ZNP) มีขนาดอยู่ที่ประมาณ 60 – 80 นาโนเมตร หรือ ผงซิงก์ออกไซด์ (ZP)มีขนาดอยู่ที่ประมาณ 100 – 150 นาโนเมตร ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าการสะท้อนของขั้วโฟโตอิเล็กโทรดด้วย UV-visible spectroscopy

ค่าการสะท้อนแสงของขั้วโฟโตอิเล็กโทรดที่ใช้สารซิงก์ออกไซด์มาทำเป็นสองชั้นโดยชั้นล่างเป็นฟิล์มซิงก์ออกไซด์ที่ได้จากการสปาร์ค และสกรีนทับด้วยผงซิงก์ออกไซด์หรือผงนาโนซิงก์ออกไซด์พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกรีนทับด้วยผงซิงก์ออกไซด์ค่าการสะท้อนจะมีค่าลดลงเมื่อความหนาของฟิล์มซิงก์ออกไซด์ชั้นล่างมีค่าเพิ่มขึ้น และจะคงที่เมื่อจำนวนรอบในการสปาร์คมีการสปาร์คที่ 100 รอบ ส่วนเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกรีนทับด้วยผงนาโนซิงก์ออกไซด์ พบว่าค่าการสะท้อนของแสงมีค่าใกล้เคียงกัน สามารถอธิบายได้ว่าเป็นเพราะขนาดของอนุภาคซิงก์ออกไซด์มีขนาดใกล้เคียงกัน

5.1.3 สรุปผลการวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

จากการทดลองกำหนดเงื่อนไขการศึกษาความหนาของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ที่เตรียมโดยวิธีการสปาร์คในโฟโตอิเล็กโทรด โดยควบคุมความหนาด้วยจำนวนรอบในการสปาร์คที่ 10, 25, 50 และ 100 รอบ แล้วสกรีนผงซิงก์ออกไซด์หรือผงนาโนซิงก์ออกไซด์ทับทำเป็นชั้นที่สองของโฟโตอิเล็กโทรด พบว่า ที่จำนวนรอบในการสปาร์ค 50 รอบให้ค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดที่ 1.11 % และ 1.14 % ซึ่งมีค่าสูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิงที่มีประสิทธิภาพ 0.68% และ 0.86% ของผงซิงก์ออกไซด์และผงนาโนซิงก์ออกไซด์ ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพในเซลล์แสงอาทิตย์สามารถอธิบายได้ด้วย สมบัติทางกายภาพเนื่องจากขนาดของอนุภาคซิงก์ออกไซด์ สมบัติทางแสงโดยการวัดการสะท้อนของแสงและสมบัติทางไฟฟ้าจากการวัดอิมพิแดนซ์ (EIS) ขนาดอนุภาคของซิงก์ออกไซด์ที่ได้จากการสปาร์คมีขนาดเล็กทำให้การดูดซับโมเลกุลของสีย้อมมีค่ามากซึ่งมีผลทำให้ค่าความหนาแน่นกระแสมีค่ามากขึ้นและการทำเป็นสองชั้นนี้จะช่วยลดการสะท้อนของแสงและเพิ่มการกระเจิงของแสงภายในขั้วโฟโตอิเล็กโทรดทำให้สามารถเก็บพลังงานแสงได้มากขึ้น และความต้านทานการนำประจุมีค่าลดลงโดยการทำ EIS

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ยังได้มีการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เทียบกับงานงานวิจัยอื่นๆ ที่ทำเป็นสองชั้นในโฟโตอิเล็กโทรดแสง ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงกับงานวิจัยอื่นๆ

Electrode	Reference Electrode	Dye	Efficiency (%)	Reference Efficiency (%)	Researcher
ZN/ZP	ZP	Eosin-Y	1.11	0.68	In this work
ZN/ZNP	ZNP	Eosin-Y	1.14	0.86	In this work
ZNRs/ZNPs	ZNPs	N719	2.19	1.80	L.Y. Lin *et al.*[7]
TiO_2 (P25/HS)	HS	N719	5.28	4.72	J.Yu *et al.*[5]
TiO_2 (NC/NT)	NC	N3	6.15	4.25	H. Xu *et al.*[6]

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้ฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ประยุกต์ใช้ในโฟโตอิเล็กโทรดและเทคนิคการใช้เครื่องสปาร์ค มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. สามารถนำเทคนิคการสปาร์คมาใช้กับสารอื่นต่อไปเพื่อที่จะสามารถสร้างอนุภาคนาโน เช่น ทองแดง นิเกิล หรือลวดโลหะอื่นๆ เป็นต้น เพื่อมาประยุกต์ที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ

2. การทำเป็นสองชั้นในโฟโตอิเล็กโทรดทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังมีจุดที่ทำให้ประสิทธิภาพมีค่าลดลงคือ เวลาของการกระเจิงของอิเล็กตรอนภายในเซลล์ที่มีค่ามาก เกิดจากอนุภาคของซิงก์ออกไซด์ที่มีขนาดเล็ก ควรหาวิธีใหม่แก้ไขที่จะสามารถช่วยลดการกระเจิงของอิเล็กตรอนลงที่จะศึกษาต่อไปเพื่อให้ประสิทธิภาพมีค่าเพิ่มขึ้น เช่นทำให้โครงสร้างของซิงก์ออกไซด์เป็นเส้นหรือเป็น network ที่ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น

3. การเพิ่มจำนวนรอบในการสปาร์คให้สูงขึ้นจะทำให้ฟิล์มที่ได้หนาขึ้นแต่จะมีข้อเสียคือฟิล์มที่ได้จะเกิดการหลุดหรือแตกออกไม่ค่อยติดกับแผ่นรองรับทำให้ฟิล์มเสียหายได้ จึงควรหาวิธีแก้ไขให้ดีขึ้น เช่น การให้ความร้อนกับแผ่นรองรับ หรือการสปาร์คกับการเผาสลับกันไปเพื่อให้ได้ฟิล์มที่ติดแน่นขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. ความหนาของชั้นซิงก์ออกไซด์ทั้งหมดเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นการเปลี่ยนความหนาของฟิล์มซิงก์ออกไซด์ทั้งหมดที่ใช้สกรีนโดยใช้ความหนาของชั้นซิงก์ออกไซด์ที่เตรียมจากการสปาร์คคงที่ ที่ 50 รอบ น่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจศึกษาต่อไป

5. จำนวนรอบในการสปาร์คเป็นตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ดังนั้นถ้าสามารถเพิ่มจำนวนรอบในการสปาร์คหรือความหนาของฟิล์มให้สูงขึ้นน่าจะเป็นปัจจัยอีกทางที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved