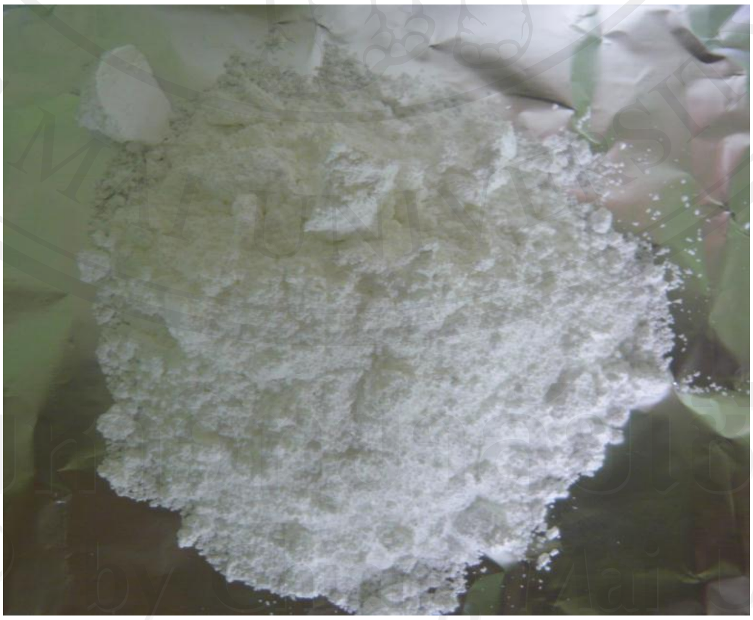
บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาถึงผลของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ที่ได้จากการสปาร์คที่มีต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยจะศึกษาการนำฟิล์มบางนี้ไปใช้ในชั้นโฟโตอิเล็กโทรดโดยการทำเป็นสองชั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยมีรายละเอียดของการใช้สารเคมี วัสดุและอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

3.1 สารเคมี วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมี

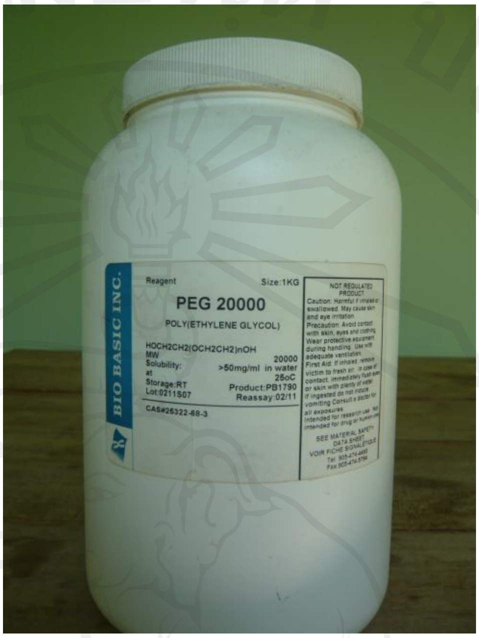
1. Zinc oxide powder มีความบริสุทธิ์ 99.9 % (Sigma Chemical Company and Aldrich Chemical Company) แสดงดังรูป 3.1
2. Zinc Oxide Nano Particles (Nano Meterials Technology Co.,Ltd



รูปที่ 3.1 แสดง Zinc oxide powder

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. Poly (ethylene Glycol) 20000 (PEG20000) (Bio Basic Inc. Company) แสดงดังรูป 3.2



รูปที่ 3.2 แสดง Poly (ethylene Glycol) 20000 (PEG20000)

4. Iodine ความบริสุทธิ์ 99.8% (Asia Pacific Specialty Chemical Limited) และ Lithium iodide anhydrous น้ำหนัก 50 g (Sigma Chemical Company and Aldrich Chemical Company) แสดงดังรูป 3.3

(a) (b)

รูปที่ 3.3 แสดง (a) Lithium iodide anhydrous (b) Iodine

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. Propylene carbonate (Sigma Chemical Company and Aldrich Chemical Company) แสดงดังรูป 3.4

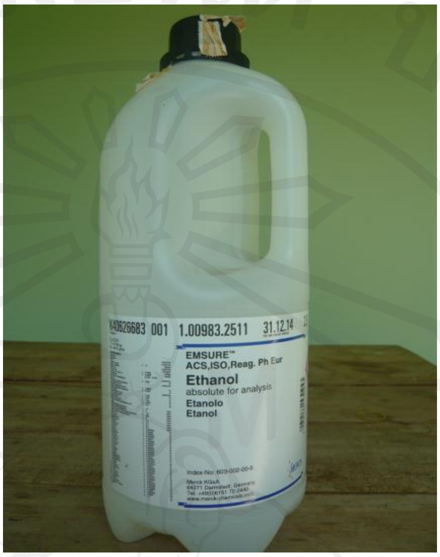
รูปที่ 3.4 แสดง Propylene carbonate

6. Eosin Y ($C_{20}H_6Br_4Na_2O_5$) น้ำหนัก 25 g (Panreac Company) แสดงดังรูป 3.5

รูปที่ 3.5 แสดงสีย้อม Eosin Y

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. เอทานอลความบริสุทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับ 99.9% แสดงดังรูป 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงเอทานอลความบริสุทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับ 99.9%

8. Acetone ชนิด Analytical Reagent grade ผลิตโดยบริษัท Merck & Co., Inc. แสดงดังรูป 3.7

รูปที่ 3.7 แสดง Acetone ชนิด Analytical Reagent grade ผลิตโดยบริษัท Merck & Co., Inc.

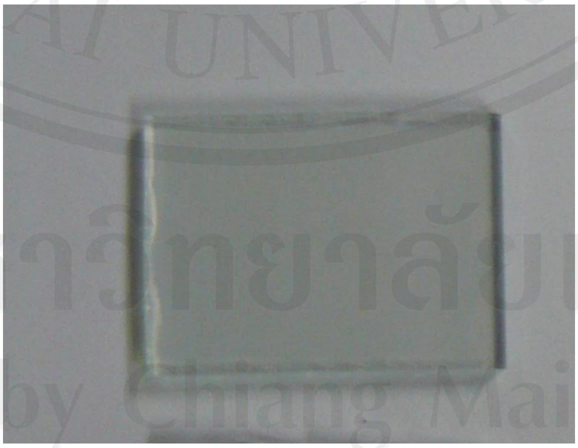
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

9. Hydrogen hexachloplatinate (IV) Hydrate (Cl_6H_2Pt) (Sigma Chemical Company and Aldrich Chemical Company) แสดงดังรูป 3.8

รูปที่ 3.8 แสดง Hydrogen hexachloplatinate (IV) Hydrate (Cl_6H_2Pt)

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. กระจกที่เคลือบด้วยสารนำไฟฟ้า (Fluorine-doped tin oxide, FTO) ขนาด 2 x 3 cm^2 แสดงดังรูป 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงกระจกที่เคลือบด้วยสารนำไฟฟ้า (Fluorine-doped tin oxide, FTO)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. Zinc wire มีความบริสุทธิ์ 99.97 % เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.38 mm (Advent Research Materials Ltd.) แสดงดังรูป 3.10

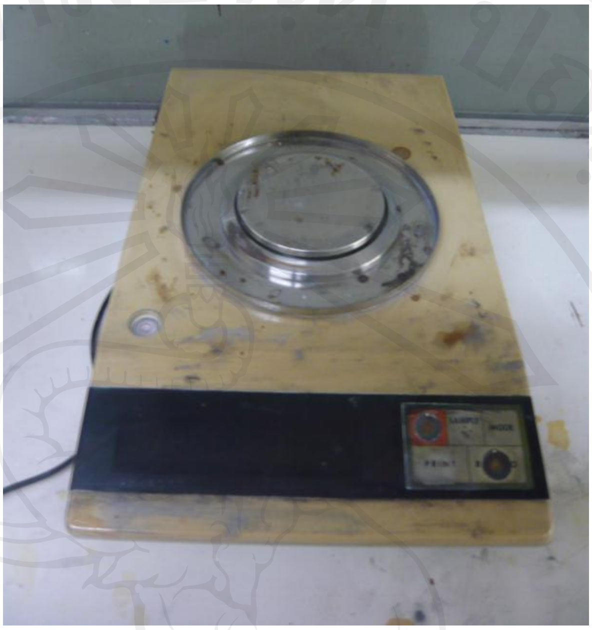
รูปที่ 3.10 แสดง Zinc wire มีความบริสุทธิ์ 99.97 % เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.38 mm (Advent Research Materials Ltd.)

3. เทปกาวใส
4. Parafilm
5. เตาเผาสาร (Lenton Furnaces) รุ่น UAF 16/10 ผลิตโดยบริษัท Lenton แสดงดังรูป 3.11

รูปที่ 3.11 แสดงเตาเผาสาร (Lenton Furnaces)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. เครื่องชั่งสารรุ่น Fx 4OCJ ผลิตโดยบริษัท A&D Company Limited แสดงดังรูป 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงเครื่องชั่งสารรุ่น Fx 4OCJ ผลิตโดยบริษัท A&D Company Limited

7. เครื่องปั่นสาร Hot plate stirrers HS7, IKA แสดงดังรูป 3.13

รูปที่ 3.13 แสดงเครื่องปั่นสาร Hot plate stirrers HS7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

8. ไมโครปิเปต รุ่น Rainin ขนาด 20 µl แสดงดังรูป 3.14

รูปที่ 3.14 แสดงไมโครปิเปตรุ่น Rainin ขนาด 20 µl

9. ใบมีดคัตเตอร์สำหรับใช้ในการสกรีนซิงก์ออกไซด์
10. เครื่องเป่าลมร้อน แสดงดังรูป 3.15

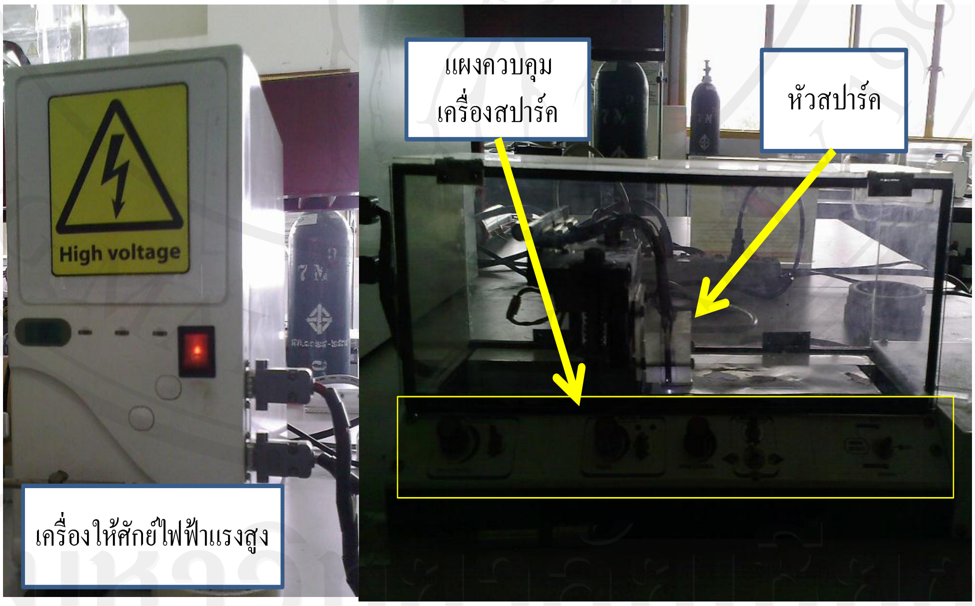
รูปที่ 3.15 แสดงเครื่องเป่าลมร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

11. เครื่องอัลตราโซนิก รุ่น S 30H Elmasonic แสดงดังรูป 3.16

รูปที่ 3.16 แสดงเครื่องอัลตราโซนิกรุ่น S 30H Elmasonic

12. เครื่องสปาร์ค แสดงดังรูป 3.17



รูปที่ 3.17 แสดงเครื่องสปาร์ค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

13. ชุดทดสอบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า แสดงดังรูป 3.18 ประกอบไปด้วย

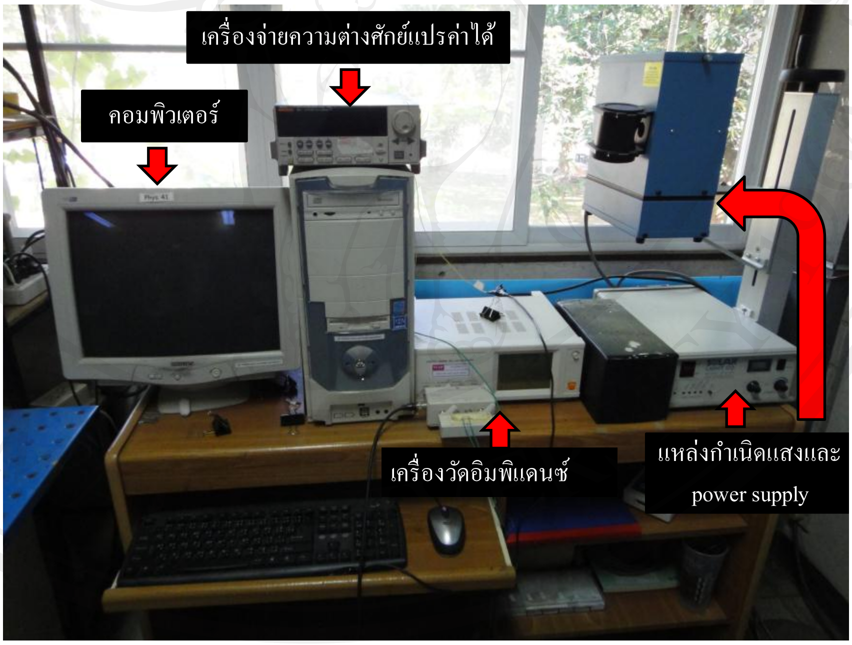
13.1 เครื่องจ่ายความต่างศักย์แปรค่าได้ (Model 2611 Single-Channel System SourceMeter Instrument)

13.2 แหล่งกำเนิดแสง (Photovoltaic Cell Testing Solar Simulator Model 16S-002 150/300 watt, Solar Light Company) จำลองแสง AM1.5 ความเข้มแสง 100 mW/cm^2

13.3 Power Supply สำหรับแหล่งกำเนิดแสง (Model XPS-400 Xenon Lamp Power Supply, Solar Light Company)

13.4 เครื่องวัดอิมพิแดนซ์ทางเคมีไฟฟ้าสเปกโทรสโคปี (Electrochemical Impedance Spectroscopy, EIS) รุ่น Hioki 3522-50

13.5 คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ

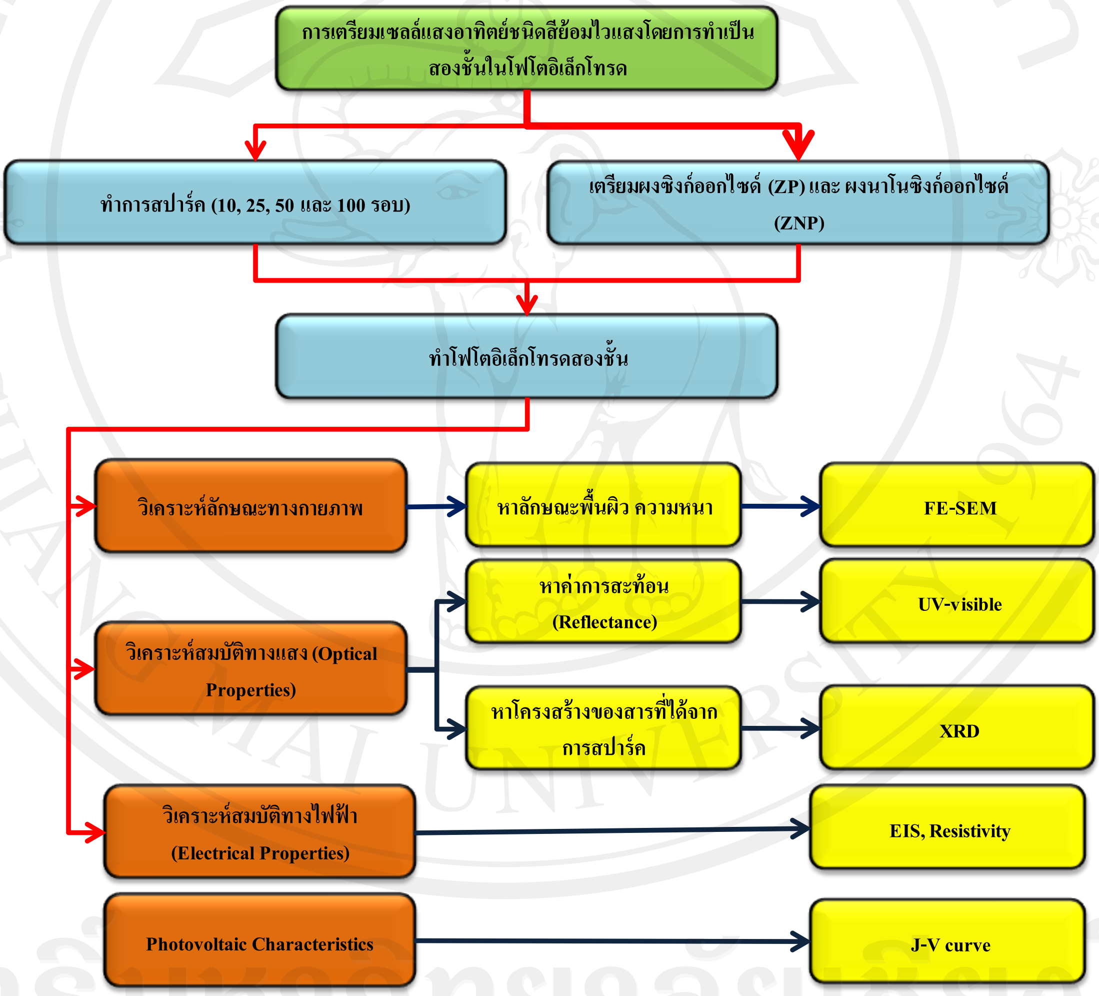


รูปที่ 3.18 แสดง ชุดทดสอบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า [12]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้จะได้ศึกษาผลของฟิล์มซิงก์ออกไซด์ในการทำเป็นสองชั้นในโฟโตอิเล็กโทรดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยใช้ฟิล์มซิงก์ออกไซด์เตรียมโดยวิธีสปาร์ค และการสกรีนผงซิงก์ออกไซด์ (ZP) และผงนาโนซิงก์ออกไซด์ (ZNP) นำไปวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ โดย FE-SEM วิเคราะห์สมบัติทางแสง UV-visible วิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้า โดยการวัดประสิทธิภาพกราฟ J-V, EIS ภาพรวมการทดลองแสดงดังรูป 3.19



รูปที่ 3.19 แสดงภาพรวมการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.1 การเตรียมสารละลายสีย้อมไวแสง Eosin Y

1) เตรียมสารละลายสีย้อมไวแสง Eosin Y ความเข้มข้น 0.6 mM จากสีย้อม Eosin Y ปริมาณ 0.04 g ละลายในเอทานอล 99.9% ปริมาตร 100 cm^3
2) นำสารละลายสีย้อมไวแสง Eosin Y มาปั่นเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมงเพื่อให้สีย้อม Eosin Y ละลายในเอทานอลจนหมด แสดงดังรูป 3.20

รูปที่ 3.20 แสดงสารละลายสีย้อมไวแสง Eosin Y

3.2.2 การเตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์

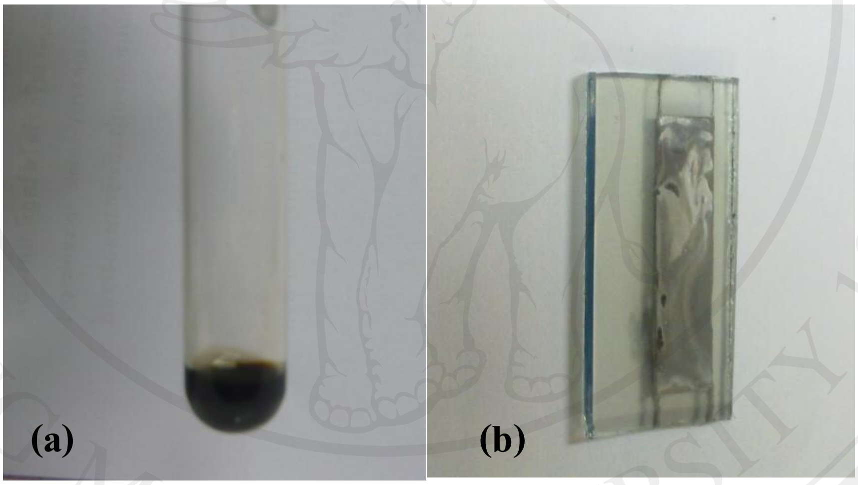
1) เตรียม I_2 0.13g และ LiI 0.67g ละลายในตัวทำละลาย Propylene carbonate 20 cm^3 จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นของ I_2 0.025M และ LiI 0.25M
2) นำสารละลายที่เตรียมได้มาปั่นเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ละลายเข้ากันหมด

3.2.3 การเตรียมเคาน์เตอร์อิเล็กโทรด

1) ตัดกระจกที่เคลือบด้วยสารนำไฟฟ้า (FTO) ให้มีขนาด $2 \times 3 cm^2$ แล้วทำความสะอาดกระจกนี้โดยใส่ในเอทานอลสำหรับทำความสะอาด หลังจากนั้นนำไปสั่นด้วยความถี่สูง ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2) เตรียมสารละลาย Cl_6H_2Pt ความเข้มข้น 20 mM โดยนำสาร Cl_6H_2Pt 0.021 g ละลายในอะซีโตนปริมาตร 1 cm^3
3) นำมาสั่นในเครื่องอัลตราโซนิคเป็นเวลา 30 นาทีจะได้สารละลายแพลทินัมดังรูป 3.21 (a)
4) ติดเทปกาวใส 1 ชั้นเทปบนกระจก FTO ที่เตรียมไว้ให้มีพื้นที่ว่าง $0.7\times2\,cm^2$ จากนั้นหยดสารละลาย Cl_6H_2Pt ที่เตรียมได้ ปริมาตร 20 μl ลงในพื้นที่ว่างนี้ รอสัก 1-2 นาทีแกะเทปกาวใสที่ติดอยู่ออก
5) นำกระจก FTO ที่หยดสารละลาย Cl_6H_2Pt ที่เตรียมได้ มาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยมีอัตราการขึ้นและลงของอุณหภูมิที่ 300 องศาเซลเซียส ต่อชั่วโมง จะได้กระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยแพลทินัม ดังรูป 3.21 (b)

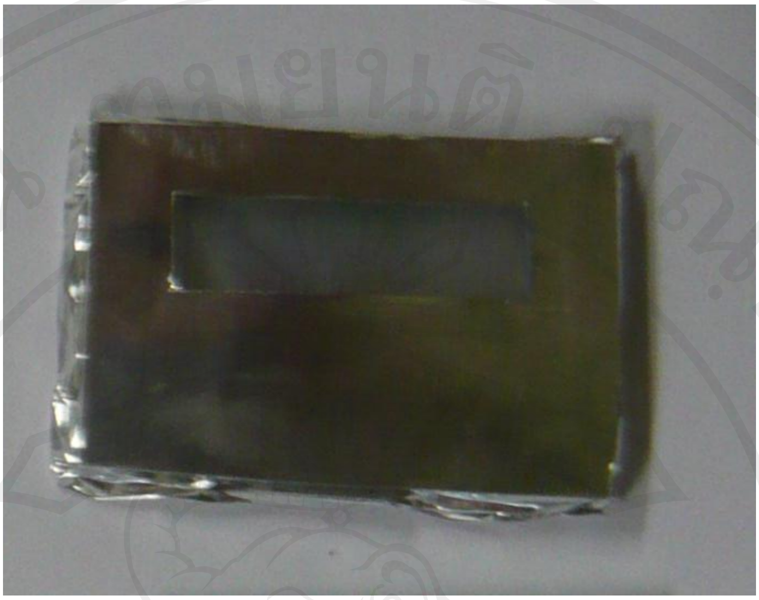


รูปที่ 3.21 แสดงตัวอย่าง (a) สารละลายแพลทินัม และ (b) กระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยแพลทินัม

3.2.4 การเตรียมและหาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ที่เตรียมได้จากวิธีการสปาร์คลวดซิงก์

1. นำกระจกนำไฟฟ้า (FTO) มาหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟรอยด์ให้เหลือพื้นที่ที่ใช้ในการสปาร์คที่ต้องการคือ 0.5 x 2 cm^2 แสดงดังรูป 3.22

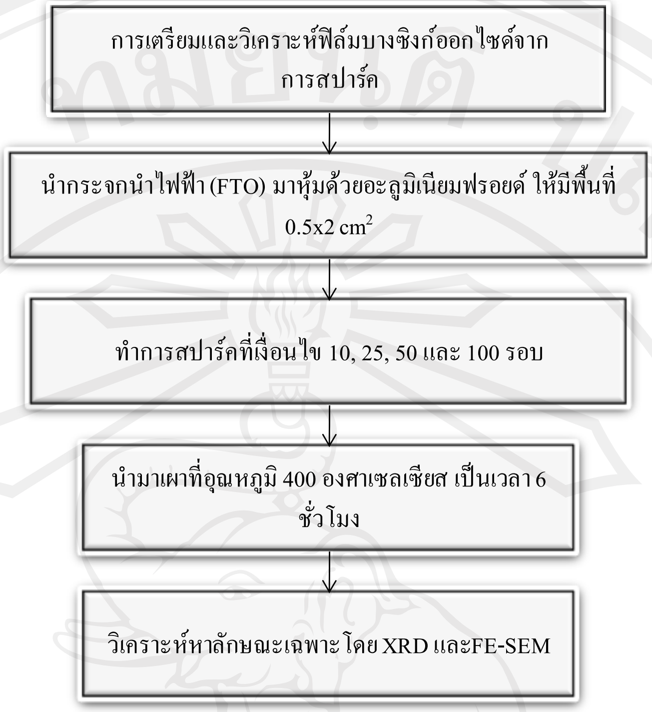
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.22 แสดงกระจกนำไฟฟ้า (FTO) มาหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟรอยด์ให้เหลือพื้นที่ที่ใช้ในการสปาร์คที่ต้องการคือ 0.5 x 2 cm^2

2. สปาร์คลวดซิงก์ลงบนกระจกนำไฟฟ้าที่เตรียมมาแล้วที่ศักย์ไฟฟ้าแรงสูงประมาณ 4.5 kV ในการทดลองนี้ได้กำหนดความหนาจากจำนวนรอบในการสปาร์ค คือ 10, 25, 50 และ 100 รอบ
3. นำเซลล์ที่ได้จากการสปาร์คมาเผาต่อที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง
4. นำเซลล์ที่ได้มาวิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะโดยนำไปวัดการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) เพื่อหาองค์ประกอบของสาร, การถ่ายภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (FE-SEM) เพื่อหาความหนาและลักษณะของพื้นผิว สามารถเขียนแผนผังได้ดังรูป 3.23

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



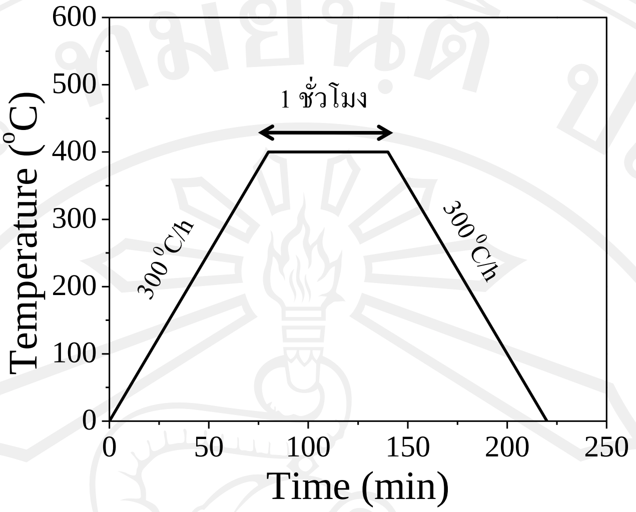
รูปที่ 3.23 แสดงแผนผังการเตรียมฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์โดยวิธีการสปาร์ค

3.2.5 การเตรียมโฟโตอิเล็กโทรดและหาลักษณะเฉพาะ

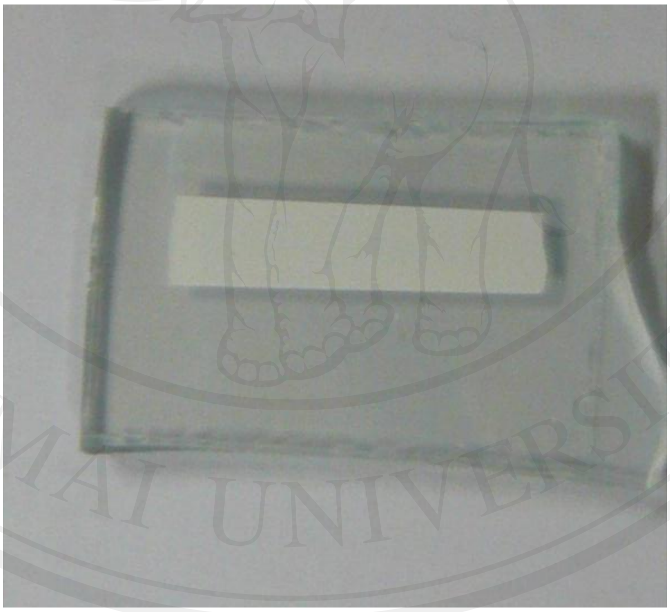
การเตรียมโฟโตอิเล็กโทรดอ้างอิง

1. ผสมผงซิงก์ออกไซด์กับผสมผงนาโนซิงก์ออกไซด์ เข้ากับสารละลาย PEG ความเข้มข้น 10 % โดย มวลในน้ำ โดยผสมในอัตราส่วน (5 g : 12 cc) นำไปปั่นให้ผงซิงก์ออกไซด์เข้ากับสารละลาย PEG
2. ติดเทปกาวใสลงบนกระจกนำไฟฟ้า (FTO) ให้มีพื้นที่ 0.5 x 2 cm^2 แล้วสกรีนสารละลายผงซิงก์ออกไซด์และผงนาโนซิงก์ออกไซด์ที่ได้ลงบนกระจกนำไฟฟ้า
3. นำผงซิงก์ออกไซด์และผงนาโนซิงก์ออกไซด์ที่สกรีนแล้ว นำมาเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยมีอัตราการขึ้นและลงของอุณหภูมิที่ 300 องศาเซลเซียส ต่อชั่วโมง แสดงดังรูป 3.24 และ แสดงฟิล์มซิงก์ออกไซด์ที่สกรีนแล้ว ดังรูป 3.25
4. นำผงซิงก์ออกไซด์และผงนาโนซิงก์ออกไซด์ที่เผาแล้วไปหาลักษณะพื้นผิวโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (FE-SEM)
5. นำฟิล์มที่ได้มาแช่ในสีย้อมไวแสงที่เตรียมไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
6. นำฟิล์มที่ได้ไปวิเคราะห์การสะท้อนของแสง โดยใช้เครื่อง UV-visible

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.24 แสดงอัตราการขึ้นและลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลา



รูปที่ 3.25 แสดงฟิล์มซิงก์ออกไซด์ที่สกรีนลงบนกระจกนำไฟฟ้า (FTO)

การเตรียมโฟโตอิเล็กโทรดโดยการทำเป็นสองชั้น

1. นำกระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยฟิล์มบางที่ได้จากการสปาร์คแล้ว ที่ควบคุมความหนาโดยกำหนดจำนวนรอบในการสปาร์คที่ 10, 25, 50 และ 100 รอบมาสกรีนทับด้วยผงซิงก์ออกไซด์และสกรีนด้วยผงนาโนซิงก์ออกไซด์ที่เตรียมไว้ข้างต้น โดยกำหนดความหนาด้วยชั้นเทปกาว 1 ชั้นและพื้นที่ 0.5 x 2 cm^2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. นำฟิล์มที่ทำเป็นสองชั้นแล้วไปเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงโดยมีอัตราการขึ้นและลงของอุณหภูมิที่ 300 องศาเซลเซียส ต่อชั่วโมง
3. นำฟิล์มที่ได้มาแช่ในสีย้อมไวแสงที่เตรียมไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. นำฟิล์มที่ได้ไปวิเคราะห์การสะท้อนของแสง โดยใช้เครื่อง UV-visible

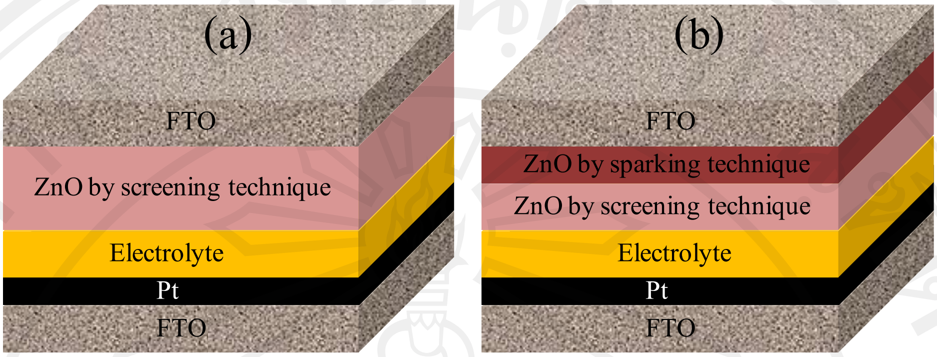
แสดงแผนผังการเตรียมโฟโตอิเล็กโทรดดังรูป 3.25

รูปที่ 3.26 แสดงแผนผังการเตรียมโฟโตอิเล็กโทรด

3.2.6 การประกอบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงและการวัดประสิทธิภาพ

1. นำโฟโตอิเล็กโทรดอ้างอิงและโฟโตอิเล็กโทรดที่ทำเป็นสองชั้นมาประกบกับเคาน์เตอร์อิเล็กโทรดโดยใช้แผ่นพาราฟิล์มคั่นอยู่ระหว่างกลางระหว่างขั้วโฟโตอิเล็กโทรดและเคาน์เตอร์อิเล็กโทรดให้มีช่องว่างสำหรับหยดสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แสดงโครงสร้างดังรูป 3.26
2. นำเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประกอบกันเสร็จแล้วมาหยดอิเล็กโทรไลต์ใส่ที่ช่องว่างที่ทำไว้จนทั่ว
3. นำเซลล์แสงอาทิตย์ที่เตรียมได้มาวัดประสิทธิภาพที่ชุดทดสอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.27 แสดงโครงสร้าง (a) เซลล์อ้างอิง (b) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำเป็นสองชั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved