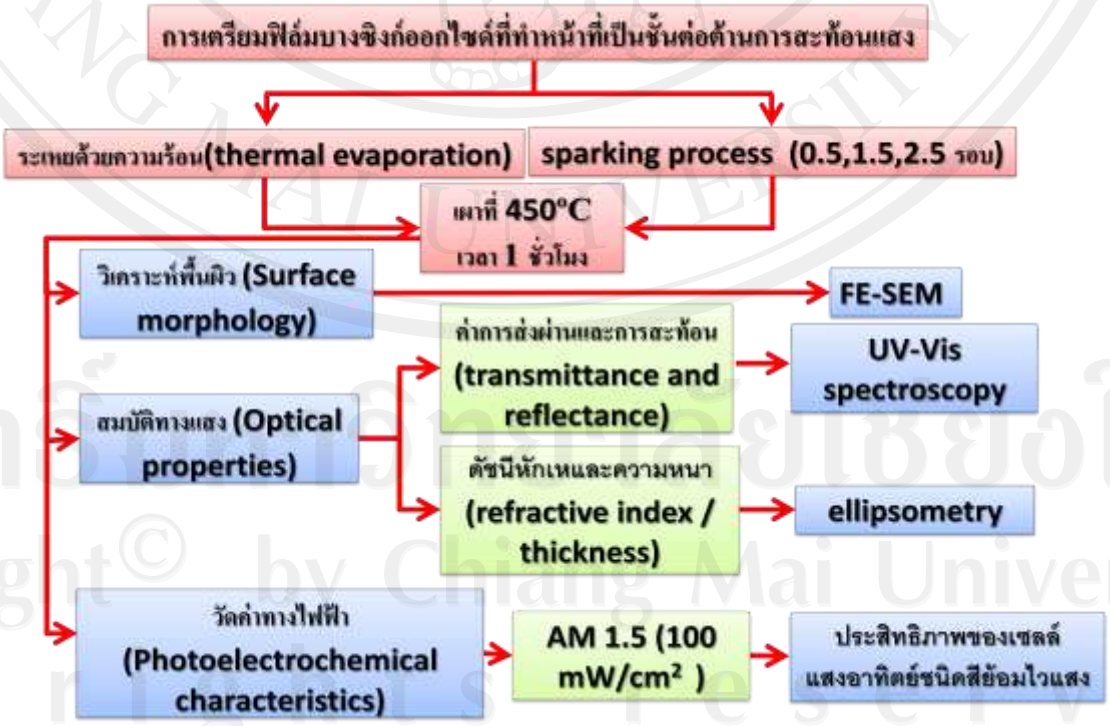
บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์ และ วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้จะศึกษาถึงผลของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์เป็นชั้นต่อต้านการสะท้อนของแสงสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงซิงก์ออกไซด์ ฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์เตรียมโดยวิธีการระเหยด้วยความร้อน(thermal evaporation) และวิธีการ sparking process บนพื้นผิวกระจก ฟิล์มที่ได้จะนำไปวิเคราะห์พื้นผิวโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (field emission scanning electron microscopy, FE-SEM) ศึกษาสมบัติทางแสงโดยการวัดค่าการส่งผ่านและการสะท้อนด้วยเครื่องยูวี วิสซิเบิล สเปคโทรสโคปี (UV-vis spectroscopy)วัดค่าดัชนีหักเหและความหนาของฟิล์มได้จากเครื่องอิลิปโซเมททรี (ellipsometry) และนำฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง เพื่อทำหน้าที่เป็นชั้นต่อต้านการสะท้อนแสงที่สามารถลดการสะท้อนของแสงที่ตกกระทบและเพิ่มการส่งผ่านของแสงที่นำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงซิงก์ออกไซด์ ภาพรวมการทดลองแสดงดังรูปที่3.1



รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

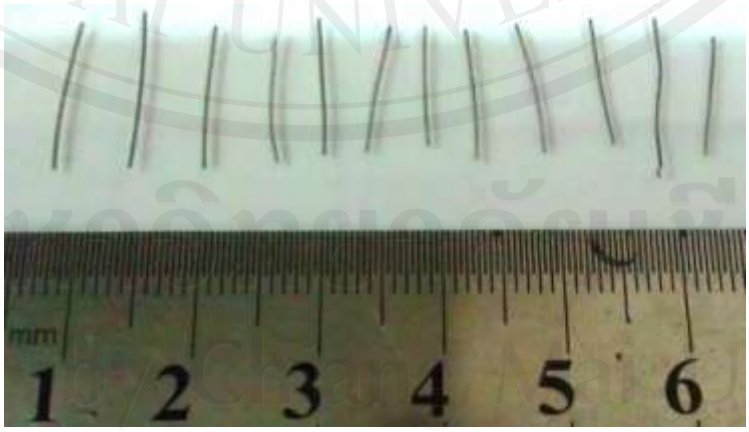
3.1 สารเคมี วัสดุและอุปกรณ์

ในงานวิจัยนี้มีรายละเอียดของการใช้สารเคมีและอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

3.1.1 สารเคมี

1. ลวดสังกะสี (เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.38 mm, ความบริสุทธิ์ 99.97%, Advent Research Materials Ltd).
2. Zinc oxide powder ขนาดอนุภาคเฉลี่ยน้อยกว่า 1 μm มีความบริสุทธิ์ 99.9 % (Sigma Chemical Company and Aldrich Chemical Company)
3. Poly ethylene Glycol 20000 (PEG20000) (Bio Basic Inc. Company)
4. Iodine ความบริสุทธิ์ 99.8% (Asia Pacific Specialty Chemical Limited)
5. Lithium iodide anhydrous น้ำหนัก 50 g (Sigma Chemical Company and Aldrich Chemical Company)
6. Propylene carbonate (Sigma Chemical Company and Aldrich Chemical Company)
7. Eosin -Y ($C_{20}H_6Br_4Na_2O_5$) น้ำหนัก 25 g 99.99% (Panreac Company)
8. เอทานอลความบริสุทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับ 99.99% standard laboratory และ analytical reagent grade (Merk)
9. Acetone ชนิด Analytical Reagent grade ผลิตโดยบริษัท Labscan.
10. Hydrogen hexachloplatinate (IV) Hydrate (Cl_6H_2Pt) (Sigma Chemical Company and Aldrich Chemical Company)
11. Paraflilm (Pechiney plastic packaging)

1. ลวดสังกะสี (เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.38 mm, ความบริสุทธิ์ 99.97%, Advent Research Materials Ltd) ใช้ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนด้วยวิธีการสปาร์ค (Synthesis of Nanoparticle by Sparking process) ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงลวดสังกะสี (เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.38 mm, ความบริสุทธิ์ 99.97%, Advent Research Materials Ltd)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. Zinc oxide powder ขนาดอนุภาคเฉลี่ยน้อยกว่า 1 μm มีความบริสุทธิ์ 99.9 % (Sigma Chemical Company and Aldrich Chemical Company) ใช้ในการเตรียมฟิล์มบางด้วยกระบวนการระเหยสารด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศและใช้เป็นสารกึ่งตัวนำในการประกอบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 แสดง Zinc oxide powder ขนาดอนุภาคเฉลี่ยน้อยกว่า 1 μm มีความบริสุทธิ์ 99.9 %

3. Poly ethylene Glycol 20000 (PEG20000) (Bio Basic Inc. Company) น้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยเท่ากับ 20,000 amu ผลิตโดยบริษัท Bio basic inc. ใช้เป็นตัวประสาน (binder) ระหว่าง ZnO กับกระจกนำไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 แสดง Poly ethylene Glycol 20000 (PEG20000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. Iodine ความบริสุทธิ์ 99.8% ผลิตโดยบริษัท Asia Pacific Specialty Chemical Limited (APS) ใช้เพื่อเป็นส่วนประกอบของสารละลาย electrolyte ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 แสดง Iodine ความบริสุทธิ์ 99.8%

5. Lithium iodide anhydrous น้ำหนัก 50 g ประกอบด้วยสัดส่วน purum มากกว่า 98% ผลิตโดยบริษัท Sigma Chemical Company and Aldrich Chemical Company ใช้เพื่อเป็นส่วนประกอบของสารละลาย electrolyte ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 แสดง Lithium iodide anhydrous น้ำหนัก 50 g ประกอบด้วยสัดส่วน purum มากกว่า 98%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. Propylene carbonates ผลิตโดยบริษัท Sigma Chemical Company and Aldrich Chemical Company ใช้เพื่อเป็นตัวทำละลายในสารละลาย electrolyte ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 แสดง Propylene carbonates

7. Eosin -Y ($C_{20}H_6Br_4Na_2O_5$) น้ำหนัก 25 g มีความบริสุทธิ์ 99.99% ผลิตโดยบริษัท Panreac Company เพื่อใช้เป็นตัวรับแสงในเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 แสดง Eosin -Y ($C_{20}H_6Br_4Na_2O_5$) น้ำหนัก 25 g มีความบริสุทธิ์ 99.99%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

8. เอทานอลความบริสุทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับ 99.99% ชนิด standard laboratory และ analytical reagent grade ผลิตโดยบริษัท Merck ใช้ทำความสะอาดและใช้สำหรับสารละลาย Eosin-Y ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 แสดง Ethanol ชนิด analytical reagent grade (a), standard laboratory grade (b)

9. Acetone ชนิด Analytical Reagent grade ผลิตโดยบริษัท Labscan ใช้เป็นตัวทำละลาย Pt ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 แสดง Acetone ชนิด Analytical Reagent grade

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

10. Hydrogen hexachloplatinate (IV) Hydrate (Cl_6H_2Pt) ผลิตโดยบริษัท Sigma Chemical Company and Aldrich Chemical Company ดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 แสดง Hydrogen hexachloplatinate (IV) Hydrate (Cl_6H_2Pt)

11. แผ่นพาราฟิล์ม (Paraflilm) ผลิตโดยบริษัท Pechiney plastic packaging เพื่อใช้ประกอบเซลล์ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 แสดงแผ่นพาราฟิล์ม (Paraflilm)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

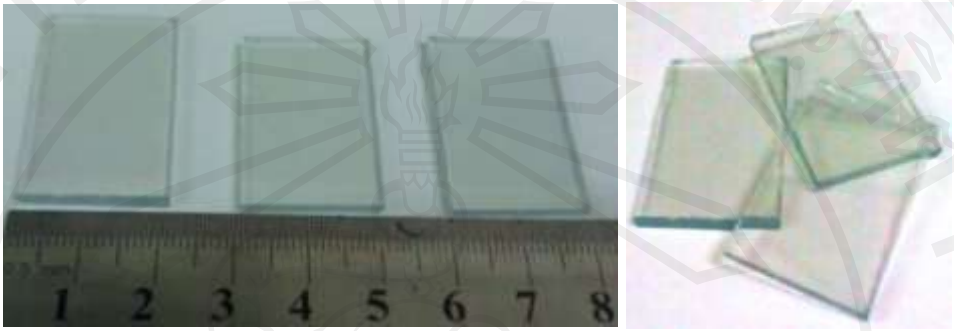
3.1.2 วัสดุ อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กระจกที่เคลือบด้วยสารนำไฟฟ้า (fluorine-doped tin oxide, FTO) มีความต้านทาน 8 Ω/square
2. เตาเผาสาร (Lenton Furnaces) รุ่น UAF 16/10 ผลิตโดยบริษัท Lenton ดังรูปที่ 3.1
3. เครื่องชั่งสารรุ่น Fx 4OCJ ผลิตโดยบริษัท A&D Company Limited
4. เครื่องปั่น Hotplate Stirrer รุ่น HTS-1003 ของบริษัท Laboratory& Medical Supplies ดังรูปที่ 3.2
5. ไมโครปิเปต รุ่น Rainin ขนาด 20 μl
6. เครื่องเป่าลมร้อน
7. เครื่องอัลตราโซนิก รุ่น S 30H Elmasonic
8. เครื่องระเหยสารด้วยความร้อน (thermal evaporator)
9. เครื่อง sparking process
10. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (field emission scanning electron microscopy, FE-SEM)
11. UV-visible spectrophotometer รุ่น Carry 50 จากบริษัท Varian
12. เครื่องอิลิปโซเมททรี (ellipsometry)
13. ชุดทดสอบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า (J-V tester) ประกอบไปด้วย
    - 13.1เครื่องจ่ายความต่างศักย์แปรค่าได้ (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
    - 13.3Power Supply สำหรับแหล่งกำเนิดแสง (Model XPS-400 Xenon Lamp Power Supply, Solar Light Company)
    - 13.4เครื่องวัดความเข้มแสง (Model:PMA2144, Solar Light Company)
    - 13.5เครื่องวัดอิมพิแดนซ์ทางเคมีไฟฟ้าสเปกโทรสโคปี (Electrochemical impedance spectroscopy, EIS) รุ่น Hioki 3522-50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. กระจกที่เคลือบด้วยสารนำไฟฟ้า (fluorine-doped tin oxide, FTO) มีความต้านทาน 8 Ω/square ผลิตจากบริษัท ใช้เพื่อเป็นแผ่นรองรับในการประกอบเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงกระจกที่เคลือบด้วยสารนำไฟฟ้า (fluorine-doped tin oxide, FTO)

2. เตาเผาสาร (Lenton Furnaces) รุ่น UAF 16/10 ผลิตโดยบริษัท Lenton ดังรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 แสดงเตาเผาสาร (Lenton Furnaces)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. เครื่องชั่งสารรุ่น Fx 4OCJ ผลิตโดยบริษัท A&D Company Limited ดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 แสดงชั่งสารรุ่น Fx 4OCJ

4. เครื่องปั่น Hotplate Stirrer รุ่น HTS-1003 ของบริษัท Laboratory& Medical Supplies ดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 แสดงเครื่องปั่น Hotplate Stirrer รุ่น HTS-100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ไมโครปิเปต รุ่น Rainin ขนาด 20 μl ดังรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.17 แสดงไมโครปิเปต รุ่น Rainin

6. เครื่องเป่าลมร้อน ดังรูปที่ 3.18

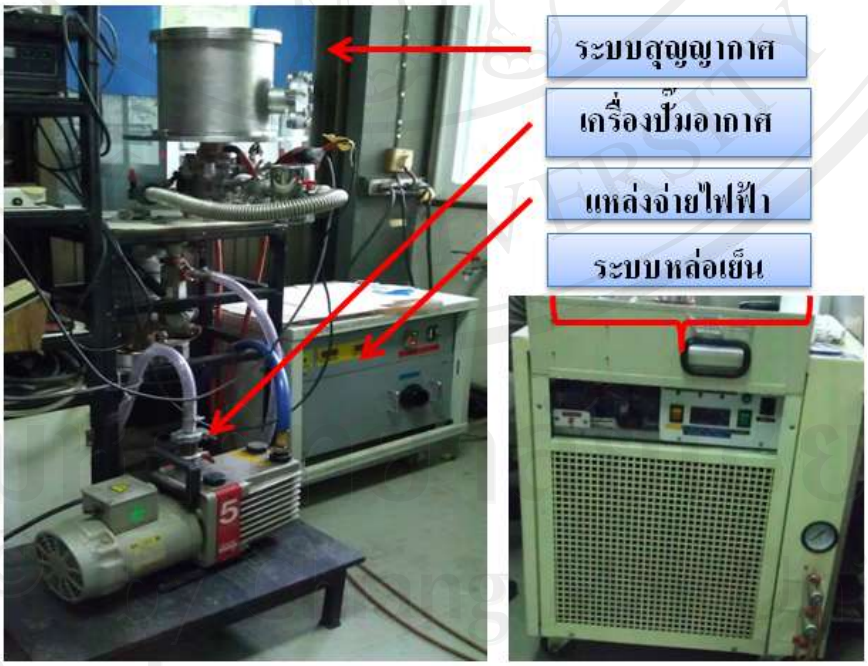
รูปที่ 3.18 แสดงเครื่องเป่าลมร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. เครื่องอัลตราโซนิก รุ่น Elmasonic ดังรูปที่ 3.19

รูปที่ 3.19 แสดงเครื่องอัลตราโซนิก รุ่น Elmasonic

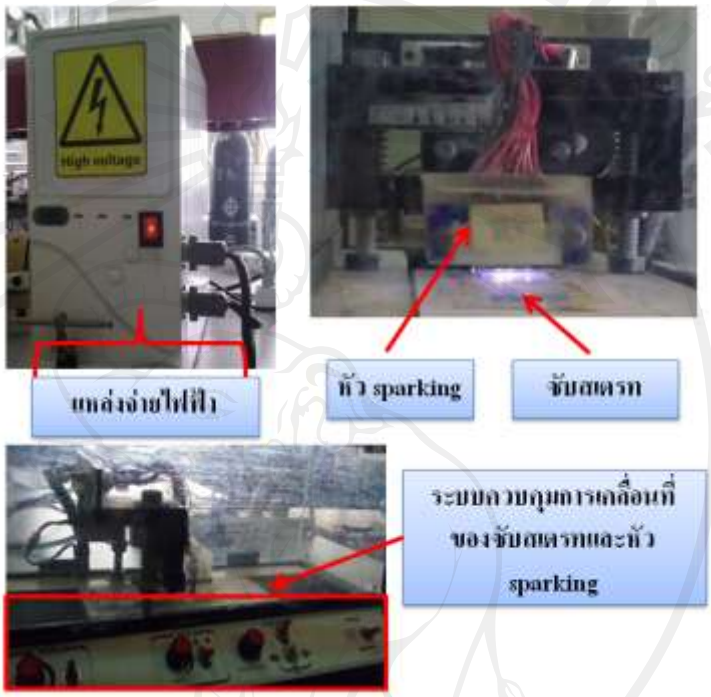
8. เครื่องระเหยสารด้วยความร้อน (thermal evaporator) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ ปั๊มสุญญากาศ ระบบหล่อเย็น และส่วนจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ความร้อนแก่สาร แสดงส่วนประกอบดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องระเหยสารด้วยความร้อน (thermal evaporator)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

9. เครื่อง sparking process ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้า หัว sparking และระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของแผ่นรองรับและหัว sparking แสดงส่วนประกอบดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่อง sparking process

10. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (field emission scanning electron microscopy, FE-SEM)
11. UV-visible spectrophotometer รุ่น Carry 50 จากบริษัท Varian ดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 แสดงเครื่อง UV-visible spectrophotometer รุ่น Carry 50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

12. เครื่อง อิลิปโซเมททรี (ellipsometry) รุ่น alpha-SE ดังรูปที่ 3.23

รูปที่ 3.23 แสดงเครื่อง อิลิปโซเมททรี (ellipsometry) รุ่น alpha-SE

13. ชุดทดสอบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า (J-V tester) ประกอบไปด้วย

13.1เครื่องจ่ายความต่างศักย์แปรค่าได้ (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

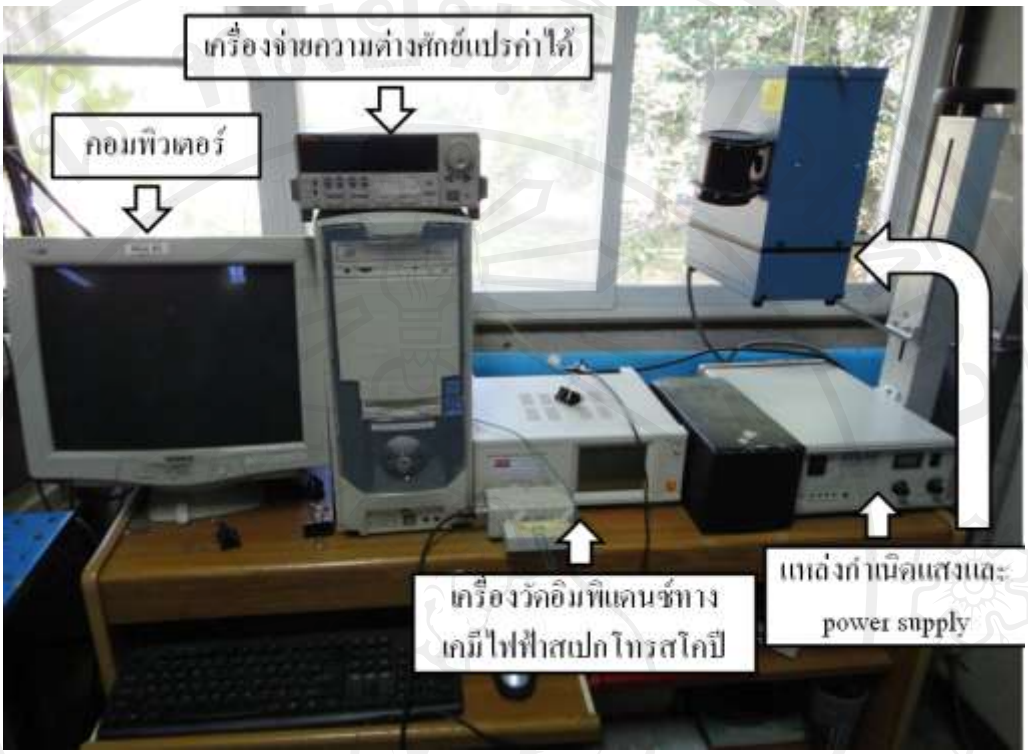
13.3Power Supply สำหรับแหล่งกำเนิดแสง (Model XPS-400 Xenon Lamp Power Supply, Solar Light Company)

13.4เครื่องวัดความเข้มแสง (Model:PMA2144, Solar Light Company)

13.5เครื่องวัดอิมพิแดนซ์ทางเคมีไฟฟ้าสเปกโทรสโคปี (Electrochemical impedance spectroscopy, EIS) รุ่น Hioki 3522-50

แสดงดังรูปที่ 3.24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.24 แสดงส่วนประกอบหลักของชุดทดสอบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า (J-V tester)

3.2 การทดลอง

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งการทดลองหลักๆ ออกเป็น 3 ส่วน คือ การเตรียมฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ การหาสมบัติของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์และการวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

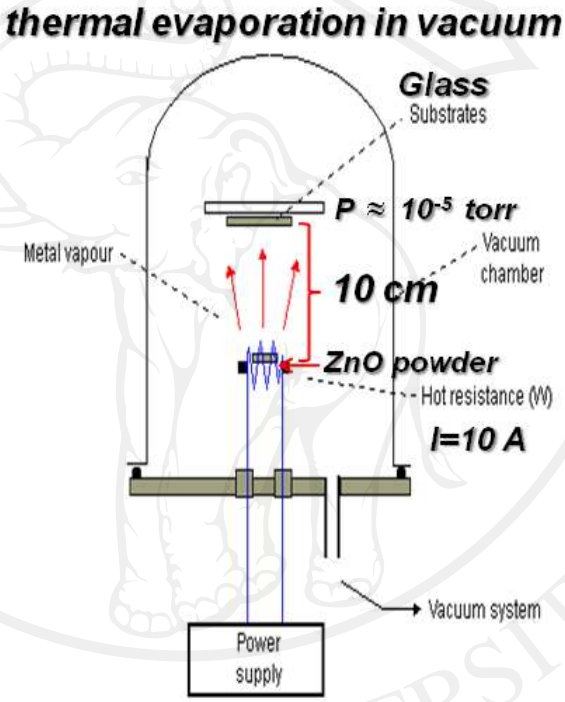
3.2.1 การเตรียมฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์

3.2.1.1 การเตรียมฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ด้วยกระบวนการระเหยสารด้วยความร้อน (thermal evaporation)

1) ฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ในงานวิจัยนี้เตรียมได้โดยเทคนิคการระเหยด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ ซึ่งจะผ่านกระแสไฟฟ้าแก่เกลียวของขดลวดทังสเตนจนเกิดความร้อนสูงให้แก่สารซิงก์ออกไซด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2) การเตรียมฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์สำหรับงานวิจัยนี้ ควบคุมระยะห่างระหว่างแผ่นรองรับกับแหล่งกำเนิดของสารซิงก์ออกไซด์ที่ 10 cm และปริมาณสารซิงก์ออกไซด์ 0.0125 g
3) ในการระเหยสารต้องให้แชมเบอร์อยู่ในความดันต่ำประมาณ 1×10^{-5} torr และจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ 10 A และความต่างศักย์ไฟฟ้า 9 V จะทำให้เกิดการก่อเกิดไอสารจากสารตั้งต้น แล้วเคลื่อนย้ายไอสารไปยังแผ่นรองรับ เกิดควบแน่นของสารบนแผ่นรองรับเพื่อฟอร์มตัวเป็นฟิล์มบาง ดังแสดงรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 แสดงการระเหยด้วยความร้อนของซิงก์ออกไซด์บนกระจก [33]

4) ฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ที่เคลือบบนกระจกจะถูกวิเคราะห์ด้วย อัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโทรสโคปี กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และอิลิปโซเมททรี

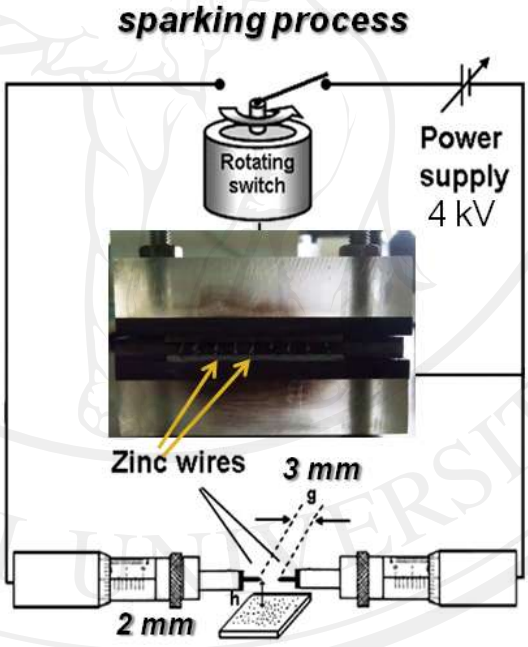
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.1.2 การเตรียมฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ด้วยกระบวนการ sparking process

1) ฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ในงานวิจัยนี้เตรียมได้โดยเทคนิคการ sparking process เป็นการสังเคราะห์อนุภาคนาโนของโลหะ โดยจัดให้มีระยะห่างระหว่างลวดโลหะประมาณ 1 มิลลิเมตร และวางซับสเตรทด้านล่างของปลายลวดโลหะประมาณ 2 มิลลิเมตร

2) เมื่อจ่ายความต่างศักย์สูง (ประมาณ 4000 V ขึ้นไป) คร่อมระหว่างปลายลวดสังกะสีสองด้านจะทำให้โมเลกุลของอากาศบริเวณปลายลวดแตกตัวเป็นไอออนและอิเล็กตรอน ซึ่งไอออนจะเคลื่อนที่ชนปลายลวดด้านลบ (Cathode) และอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ชนปลายด้านบวก (Anode) ทำให้เกิดการสปาร์ค เกิดความร้อน และแรงดันสูงบริเวณปลายลวด

3) ทำให้โลหะสังกะสีบริเวณปลายลวดหลุดลงบริเวณแผ่นรองรับตกสะสมกลายเป็นอนุภาคฟิล์มนาโน ซึ่งในงานวิจัย ทำการ sparing ที่ 0.5, 1.5, 2.5 รอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 แสดงการ sparking ลวดสังกะสีทำให้เกิดอนุภาคนาโนซิงก์ออกไซด์บนกระจก [23]

4) ฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ที่เคลือบบนกระจกจะถูกวิเคราะห์ด้วย อัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโทรสโคปี กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และอิลิปโซเมททรี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

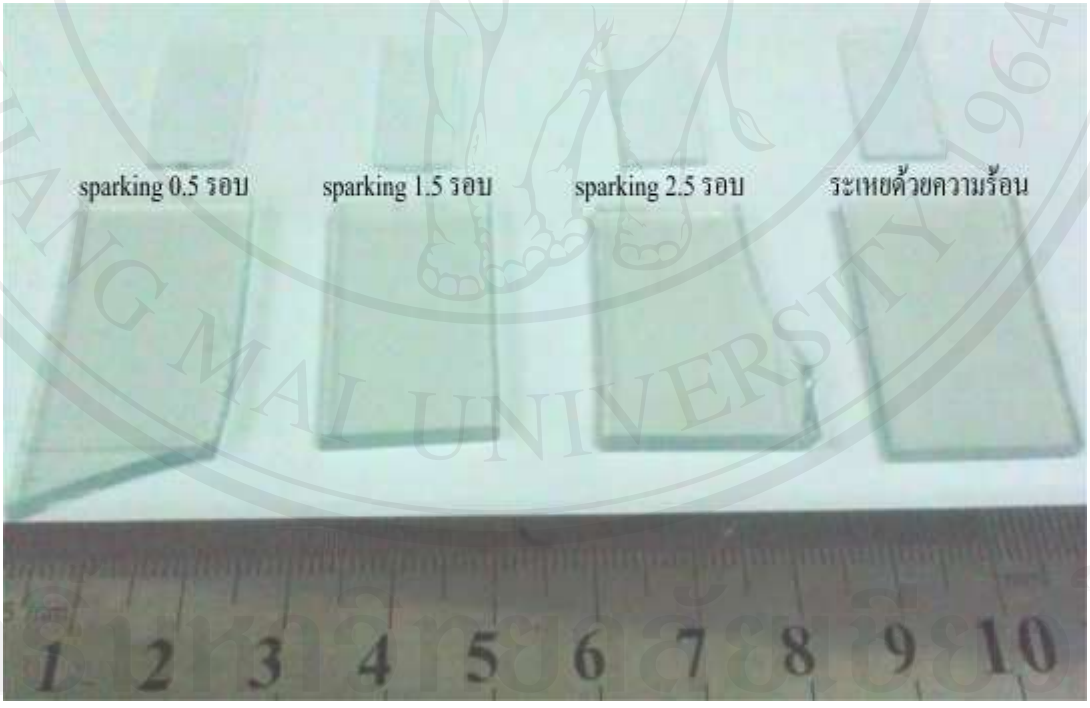
3.2.2 การหาสมบัติของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์

ลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของฟิล์มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย ความหนาของฟิล์ม และดัชนีหักเหของฟิล์ม สมบัติทางแสง และลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์หลังจาก ซึ่งมีรายละเอียดการทดลองดังนี้

3.2.2.1 ความหนาของฟิล์มและดัชนีหักเหของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์

สมบัติส่วนนี้ของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ สามารถหาได้โดยใช้เครื่องอิลลิปโซเมททรีตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์บนแผ่นกระจก วิธีการเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาทำได้โดย

1. ตัดแผ่นกระจกให้มีขนาดประมาณ 2 × 3 cm แล้วนำไปทำความสะอาดด้วยเครื่อง ultrasonic cleaner ใน ethanol เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. นำแผ่นกระจกที่ได้ไปติดตั้งที่เครื่องระเหยด้วยความร้อน และ เครื่อง sparking
3. นำตัวอย่างที่ได้ออกจากเครื่องแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย อิลิปโซเมททรี ดังรูปที่ 3.27



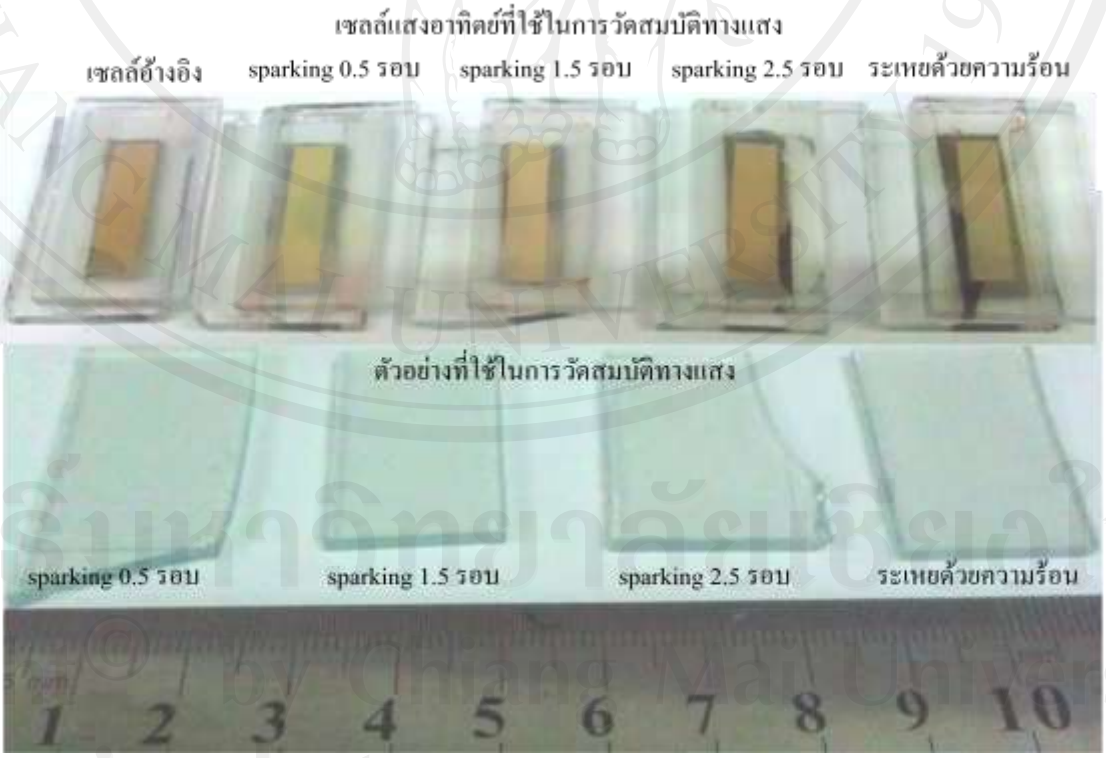
รูปที่ 3.27 ตัวอย่างที่นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอิลิปโซเมททรี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2.2 สมบัติทางแสงของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์

สมบัติทางแสงของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์สามารถหาได้โดยใช้เครื่อง UV-visible spectrophotometer ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์เคลือบบนกระจกและฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ที่เคลือบบนเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง เพื่อวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและสัมประสิทธิ์การทะลุผ่าน วิธีการเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาทำได้โดย

1. ตัดแผ่นกระจกนำไฟฟ้าให้มีขนาดประมาณ 2 × 3 cm แล้วนำไปทำความสะอาดด้วยเครื่อง ultrasonic cleaner ใน ethanol เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. นำแผ่นกระจกนำไฟฟ้าที่ได้ไปติดตั้งที่เครื่องเครื่องระเหยด้วยความร้อน และเครื่อง sparking เพื่อเคลือบฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์
3. นำตัวอย่างชุดหนึ่งที่เตรียมได้ไปประกอบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง
4. นำตัวอย่างที่เป็นฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์เคลือบบนกระจกและฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ที่เคลือบบนเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงไปวิเคราะห์ด้วย UV-visible spectrophotometer ดังรูปที่ 3.28



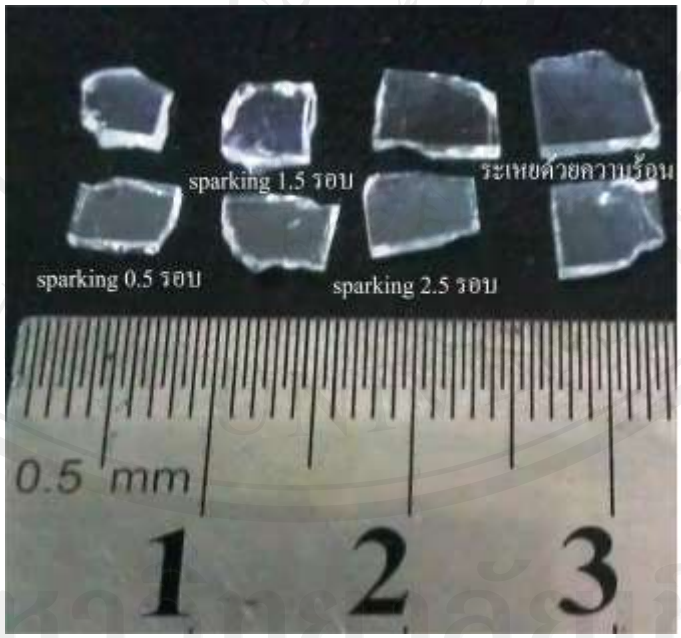
รูปที่ 3.28 ตัวอย่างที่นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2.3 ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์

เป็นการศึกษาถึงขนาดและรูปร่างบริเวณผิวของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์เปรียบเทียบระหว่างการเตรียมด้วยวิธีการระเหยด้วยความร้อน และ วิธีการ sparking ด้วยเครื่อง FE-SEM ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์บนแผ่นกระจก แล้วนำไปวิเคราะห์ FE-SEM จะต้องมีขนาดเล็ก วิธีการเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาทำได้โดย

1. ทำความสะอาดแผ่นกระจกด้วยเครื่อง ultrasonic cleaner ใน ethanol เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. นำแผ่นกระจกนำไฟฟ้าที่ได้ไปติดตั้งที่เครื่องเครื่องระเหยด้วยความร้อน และเครื่อง sparking เพื่อเคลือบฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ตามเงื่อนไขของการทดลอง
3. นำตัวอย่างที่เป็นฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์เคลือบบนกระจกตัดให้มีขนาดเล็กแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย FE-SEM ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 แสดงตัวอย่างที่นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FE-SEM

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.3 การวัดประสิทธิภาพและความต้านทานของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

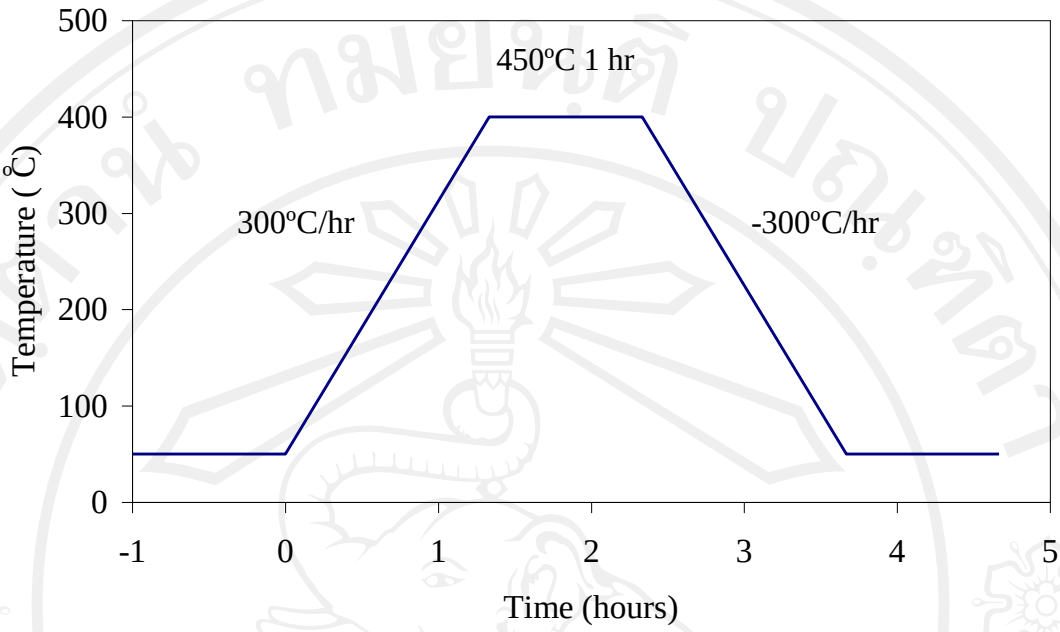
จากที่ทราบมาแล้วในบทที่ 2 ว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงมีส่วนประกอบหลัก ๆ 2 ส่วน คือ โฟโตอิเล็กโทรด และเคาน์เตอร์อิเล็กโทรด ในงานวิจัยนี้จะศึกษาถึงส่วนของโฟโตอิเล็กโทรด ที่เคลือบชั้นต่อต้านการสะท้อนแสงซิงก์ออกไซด์ และมีขั้นตอนการเตรียมการทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพและความต้านทานของเซลล์แสงอาทิตย์ดังต่อไปนี้

3.2.3.1 ขั้นตอนการเตรียมโฟโตอิเล็กโทรด

ขั้นตอนการเตรียมโฟโตอิเล็กโทรด มีรายละเอียดดังนี้ และตามแผนภาพขั้นตอนการเตรียมโฟโตอิเล็กโทรด ดังรูปที่ 3.31

1. ตัดกระจกนำไฟฟ้าให้มีขนาดประมาณ 2 × 3 cm^2 แล้วนำไปทำความสะอาดด้วยเครื่อง ultrasonic cleaner ใน ethanol เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. ผสม ZnO กับตัวประสาน (PEG 6%) ด้วยอัตราส่วน 1:2 โดยน้ำหนักแล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องกวนสารนาน 1 ชั่วโมง เพื่อให้สารเป็นคอลลอยด์
3. นำ ZnO ที่เป็นคอลลอยด์ไปสกรีนลงบนกระจกนำไฟฟ้าที่ทำความสะอาดแล้ว ให้มีพื้นที่ 0.5 × 2 cm^2 กำหนดความหนาโดยใช้สกอตซ์เทป 1 ชั้น
4. เมื่อสกรีนเสร็จจึงลอกสกอตซ์เทปออกแล้วนำไปเผาที่ 450ºC เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตามแผนผังการเผาสารในรูปที่ 3.30
5. หลังจากเผาเสร็จแล้วจึงนำด้านที่ไม่ได้สกรีน ZnO ไปทำการเคลือบด้วยกระบวนการระเหยด้วยความร้อน และวิธีการ sparking ที่ 0.5, 1.5, 2.5 รอบ แล้วนำไปเผาที่ 450ºC เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตามแผนผังการเผาสารในรูปที่ 3.30 อีกครั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.30 แผนผังการเผาฟิล์ม ZnO

6. นำฟิล์มที่เตรียมได้ไปแช่ในสารละลาย Eosin-Y ใน Ethanol ความเข้มข้น 5.8×10^{-4} mol/L ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง ระหว่างการเตรียมโฟโตอิเล็กโทรดต้องระวังไม่ให้ผิวด้านที่เคลือบชั้นต่อต้านการสะท้อนแสงสัมผัสกับผิวอื่นๆ และขณะแช่สีย้อมต้องไม่ให้สีย้อมสัมผัสกับชั้นต่อต้านการสะท้อนแสง ดังนั้นขณะที่แช่สีย้อมจะต้องคว่ำด้านฟิล์ม ZnO ลง ให้ปริ่มกับสีย้อม จึงได้ขั้วโฟโตอิเล็กโทรดดังแสดงในรูปที่ 3.31

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.31 แผนภาพขั้นตอนการเตรียมโฟโตอิเล็กโทรด

3.2.3.2 ขั้นตอนการเตรียมเคาน์เตอร์อิเล็กโทรด

ขั้นตอนการเตรียมเคาน์เตอร์อิเล็กโทรด มีรายละเอียดดังนี้ และตามแผนภาพขั้นตอนการเตรียมโฟโตอิเล็กโทรด ดังรูปที่ 3.32

1. ตัดกระจกนำไฟฟ้าให้มีขนาดประมาณ 2 × 3 cm^2 แล้วนำไปทำความสะอาดด้วยเครื่อง ultrasonic cleaner ใน ethanol เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. หยดสารละลาย Cl_6H_2Pt ใน acetone ความเข้มข้น 20 mM ลงบนกระจกนำไฟฟ้าแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550ºC นาน 1 ชั่วโมง จะได้ลักษณะของกระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วย Pt ดังรูปที่ 3.32

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.32 แผนภาพขั้นตอนการเตรียมเคาน์เตอร์อิเล็กโทรด

3.2.3.3 ขั้นตอนการประกอบเซลล์

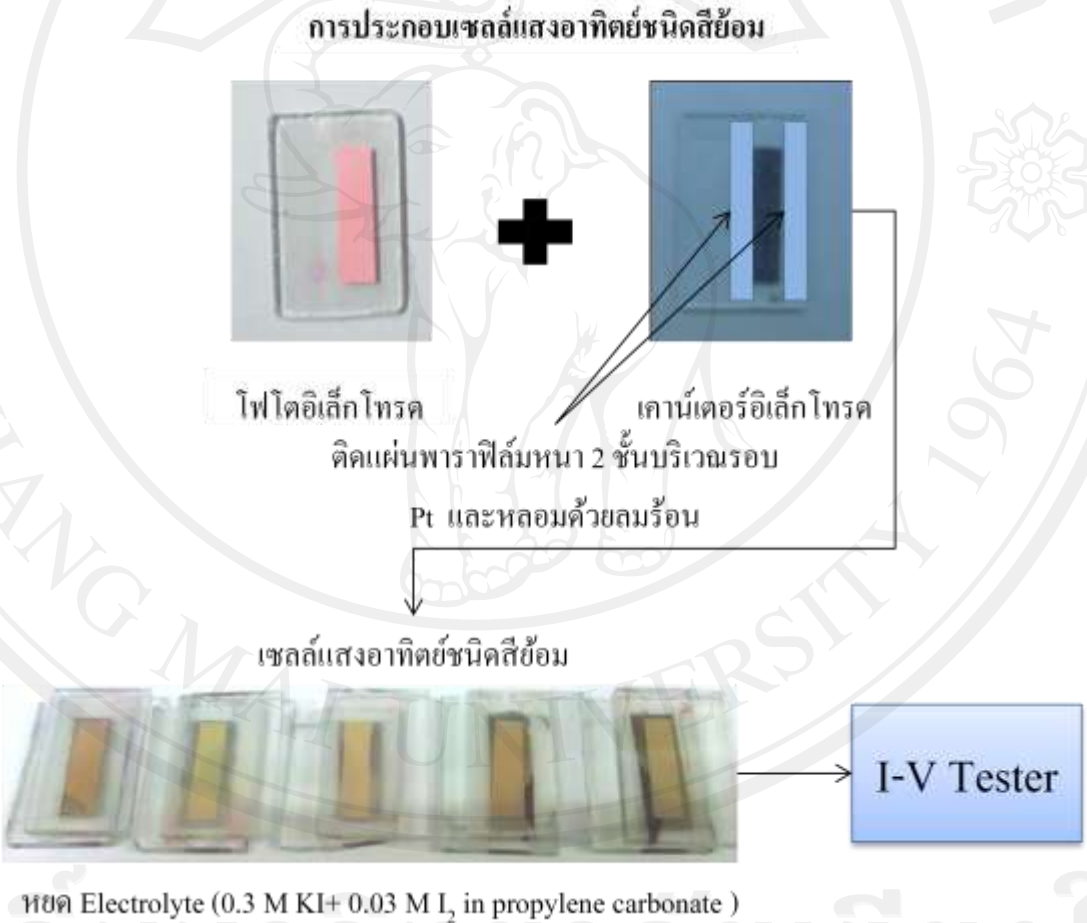
การประกอบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อวัดประสิทธิภาพมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ติดแผ่นพาราฟิล์มหนา 2 ชั้นบริเวณรอบ Pt
2. นำโฟโตอิเล็กโทรดที่เตรียมไว้มาประกบแล้วใช้เครื่องเป่าลมร้อนเป่าให้แผ่นพาราฟิล์มเริ่มหลอมและเชื่อมโฟโตอิเล็กโทรดและเคาน์เตอร์อิเล็กโทรดเข้าด้วยกัน
3. หยดสารละลายอิเล็กโทรไลท์ 0.03 M I_2 + 0.3 M LiI ในตัวทำละลาย propylene carbonate เข้าไประหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง แล้วจึงนำไปวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม(Electric energy

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

conversion efficiency), ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร (short circuit photocurrent densities) และ ค่าศักย์ไฟฟ้าวงจรปิด (the open circuit voltages) โดยใช้เครื่อง I-V Tester ดังแสดงในรูปที่ 3.33

4. เมื่อวัดค่าทางไฟฟ้าด้วย I-V Tester จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร (short circuit photocurrent densities) และ ค่าศักย์ไฟฟ้าวงจรปิด (the open circuit voltages) และนำมาทำกราฟ IV จากนั้นวิเคราะห์หาค่าความต้านทาน R_s และ R_{sh} จากความชันของกราฟที่ได้



รูปที่ 3.33 แผนภาพแสดงขั้นตอนการประกอบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved