บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสีย้อมไวแสงที่สกัดจากพืชธรรมชาติกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่มี ZnO nano และ ZnO powder เป็นฐานในขั้วโฟโตอิเล็กโทรด โดยใช้สีย้อมที่สกัดได้จากพืชธรรมชาติ ได้แก่ สารสกัดจากเปลือกมังคุด ลูกผักปรัง ลูกกระดูกอึ่ง ลูกหม่อน ในส่วนของการวิเคราะห์สมบัติของสีย้อมที่เตรียมได้นั้นจะนำไปวัดค่าการดูกลืนแสงด้วยและวิเคราะห์การยึดเกาะของสีย้อมบนพื้นผิวของ ZnO โดยการวัดค่าการสะท้อนด้วย UV-visible spectrometer ตามลำดับ จากนั้นนำขั้วโฟโตอิเล็กโทรดนี้ไปประกอบเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเพื่อหาค่าประสิทธิภาพและการถ่ายเทประจุภายในเซลล์ด้วยเครื่องวัดประสิทธิภาพและ EIS ตามลำลับ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

ในงานวิจัยนี้มีรายละเอียดของการใช้สารเคมีและอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

3.1.1 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองนี้สรุปได้ดังตาราง 3.1 โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สาร	รายละเอียด
1. ZnO powder	99.9% จากบริษัท Sigma - Aldrich
2. ZnO nano	99.5% + จากบริษัทนาโนแมททีเรียลนาโนจำกัด
3. Xanthone บริสุทธิ์	สารสกัดจากเปลือกมังคุด [15]
4. Xanthone ที่มี Xanthone มากกว่า30ชนิด	สารสกัดจากเปลือกมังคุด [15]
5. ลูกผักปรัง	พืชธรรมชาติในประเทศไทย
6. ลูกกระดูกอึ่ง	พืชธรรมชาติในประเทศไทย
7. ลูกหม่อน	พืชธรรมชาติในประเทศไทย
8. Eosin-Y	99.9% จากบริษัท Sigma-Aldrich
9. Ethanol	Standard laboratory และ analytical reagent grade จากบริษัท Merck
10. Acetone	Analytical reagent grade จากบริษัท Labscan
11. Parafilm	จากบริษัท Pechiney plastic packaging
12. PEG 20000	จากบริษัท Bio basic inc.
13. I_2	จากบริษัท Pechiney plastic packaging

1. ZnO powder ขนาดอนุภาคน้อยกว่า 1 μm มีความบริสุทธิ์ 99.99% ผลิตโดยบริษัท Sigma -Aldrich ใช้เป็นสารกึ่งตัวนำ ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ZnO powder

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ZnO nano ขนาดอนุภาคประมาณ 20 - 40 nm ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ZnO nano

3. สารสกัดจากเปลือกมังคุด Xanthone ที่มี Xanthone > 30 ชนิด (SS - DW01) ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 Xanthone > 30 ชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. Xanthone บริสุทธิ์ เป็นสารสกัดจากเปลือกมังคุด (SS - DW04) ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 Xanthone บริสุทธิ์

5. ลูกผักปรัง ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ลูกผักปรัง

6. ลูกกระดูกอึ่ง ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 ลูกกระดูกอึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. ลูกหม่อน ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 ลูกหม่อน

8. Eosin - Y มีความบริสุทธิ์ 99.99% ผลิตโดยบริษัท Aldrich เพื่อใช้เป็นตัวรับแสงในเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 Eosin-Y 99.99% จากบริษัท Aldrich

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

9. Ethanol ชนิด standard laboratory grade และ analytical reagent grade ผลิตโดยบริษัท Merck ใช้สำหรับทำความสะอาดและใช้สำหรับสารละลาย Eosin-Y ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.9

(a) (b)

รูปที่ 3.9 Ethanol ชนิด analytical reagent grade
(a) และ standard laboratory grade **(b)** จากบริษัท Merck

10. Acetone ชนิด Analytical reagent grade จากบริษัท Labscan ใช้สำหรับทำความสะอาด และใช้เป็นตัวทำละลาย Pt ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 Acetone ชนิด Analytical reagent grade จากบริษัท Labscan

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

11. แผ่นพาราฟิล์ม ผลิตโดยบริษัท Pechiney plastic packaging เพื่อใช้ประกอบเซลล์ ดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 แผ่นพาราฟิล์ม จากบริษัท Pechiney plastic packaging

12. Polyethylene glycol 20,000 (PEG 20000) น้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยเท่ากับ 20,000 amu ผลิตโดยบริษัท Bio basic inc. ใช้เป็นตัวประสาน (binder) ระหว่าง ZnO กับกระจกนำไฟฟ้า ดังรูป ที่ 3.12

รูปที่ 3.12 PEG 20000 จากบริษัท Bio basic inc.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

13. I_2 ผลิตโดยบริษัท asia pacific specialty chemicals limited (APS) ใช้เพื่อเป็นส่วนประกอบของสารละลาย electrolyte ดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 I_2 ผลิตโดยบริษัท asia pacific specialty chemicals limited (APS)

3.1.2 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสรุปได้ ดังตาราง 3.2

ตารางที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์	รายละเอียด
1. J-V tester	ใช้เพื่อวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์
2. EIS	จากบริษัท Hioki
3. UV-visible spectrophotometer	รุ่น Carry 50 จากบริษัท Varian
4. Ultrasonic cleaner	รุ่น Elma S 30 H Elmasonic
5. เครื่องชั่ง	รุ่น Fx 40CJ จากบริษัท A&D company limited
6. เตาเผาสาร	รุ่น UAF 16/10 จากบริษัท Lenton
7. ครกบดสาร	จากบริษัท International crystal laboratories
8. FTO	8 Ω /square
9. Stirrer	รุ่น HTS-1003 จากบริษัท Laboratory & medical supplies
10. เครื่องเปาลมร้อน	รุ่น KX 2000K จากบริษัท Black & Decker

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. เครื่องวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ (J-V tester) ดังรูปที่ 3.14

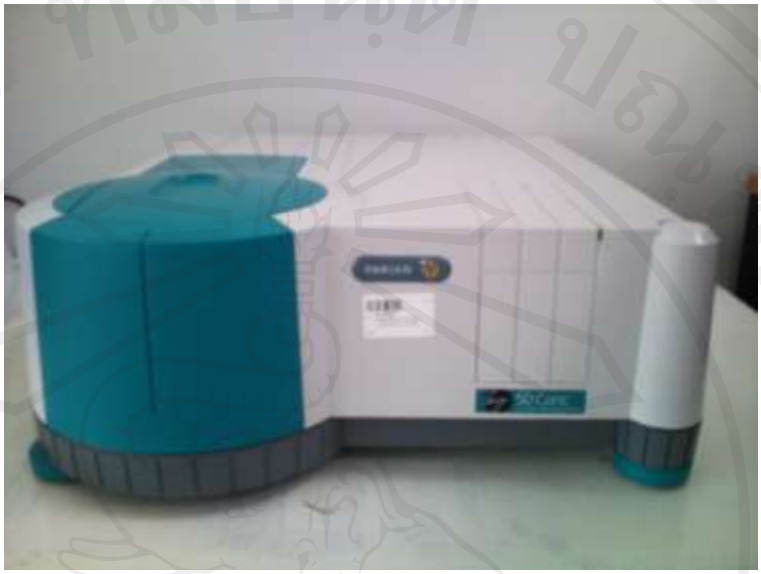
รูปที่ 3.14 เครื่องวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์

2. เครื่อง EIS ผลิตโดยบริษัท Hioki เพื่อใช้หาอิมพีแดนซ์ของเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 เครื่อง EIS จากบริษัท Hioki

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. เครื่อง UV-visible spectrophotometer ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 เครื่อง UV-visible spectrophotometer รุ่น cary 50 จากบริษัท Varian

4. Ultrasonic cleaner รุ่น S 30H Elmasonic ดังรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.17 เครื่อง Ultrasonic cleaner รุ่น S 30H Elmasonic

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. เครื่องชั่ง ดังรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 เครื่องชั่งสาร จารบริษัทป.เคมีอุปกรณ์จำกัด

6. เตาเผาสาร ดังรูปที่ 3.19

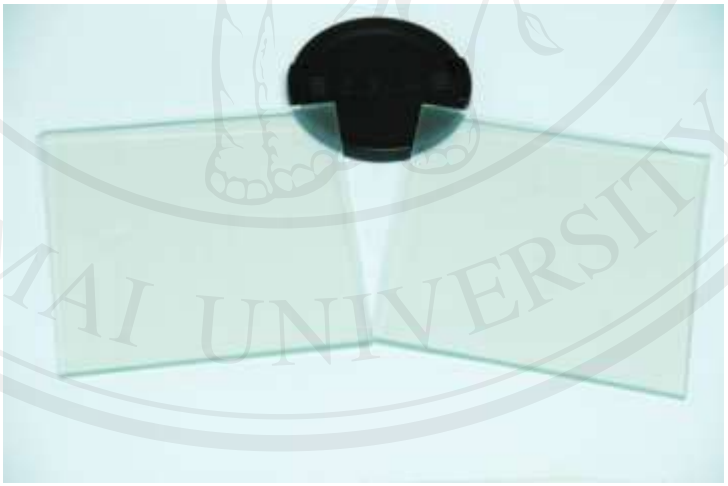
รูปที่ 3.19 เตาเผาสาร รุ่น UAF 16/10 จากบริษัท Lenton

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. ครกบดสาร ดังรูปที่ 3.20

รูปที่ 3.20 ครกบดสารจากบริษัท International crystal laboratories

8. FTO เป็นกระจกที่ถูกเคลือบด้วยชั้นของ Fluorine-doped Tin Oxide ไว้ด้านใดด้านหนึ่งเพื่อทำให้กระจกมีสมบัติสามารถนำไฟฟ้าได้ ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 กระจกนำไฟฟ้า 8 Ω /square จากบริษัท Solaronix

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

9. Stirrer ดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 เครื่องกวนสารรุ่น HTS-1003 จากบริษัท Laboratory & medical supplies

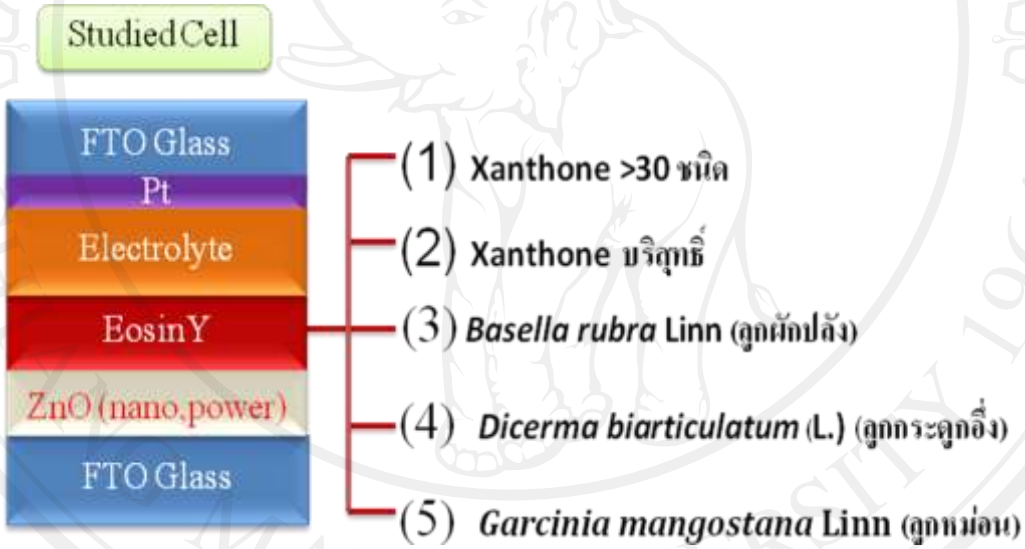
10. เครื่องเป่าลมร้อน ดังรูปที่ 3.23

รูปที่ 3.23 เครื่องเป่าลมร้อนรุ่น KX 2000K จากบริษัท Black & Decker

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

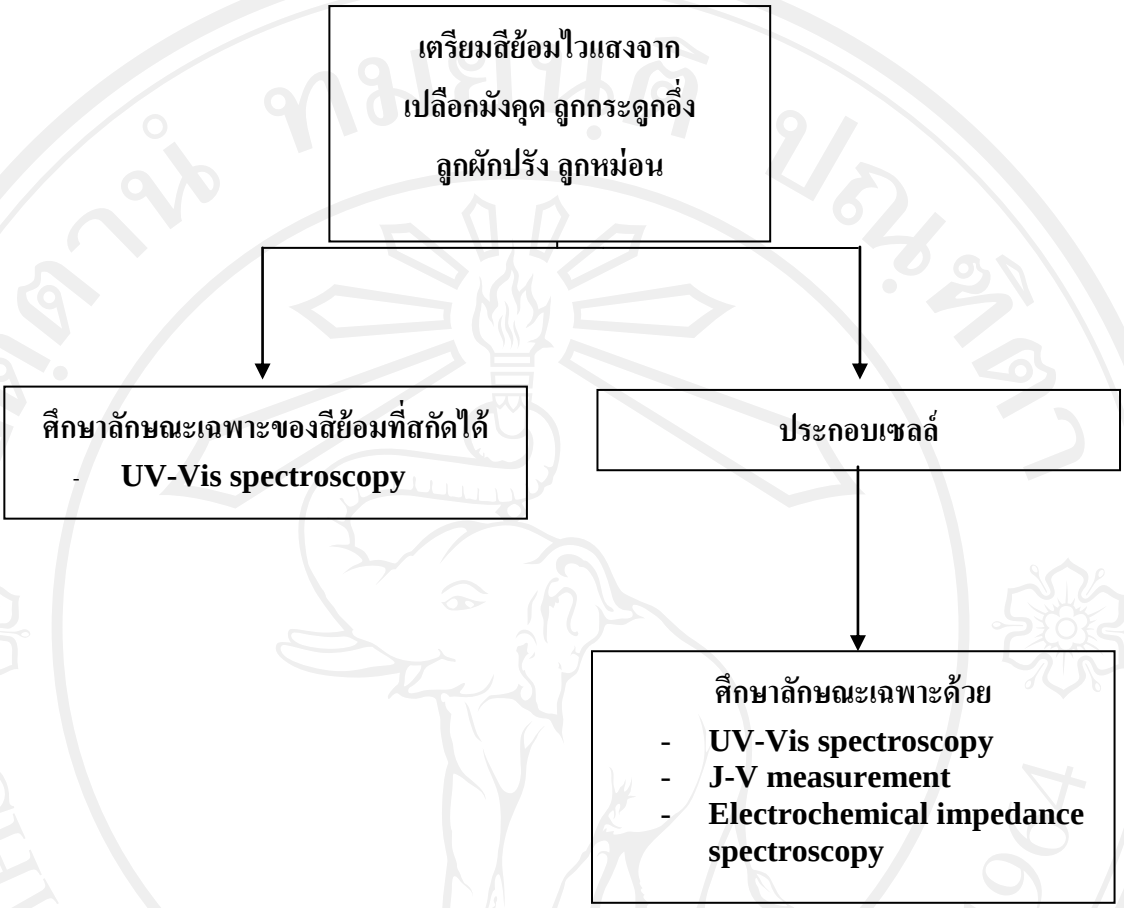
3.2 วิธีการทดลอง

การประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยหลายขั้นตอน ในการทดลองนี้จะใช้กระจกใสที่นำไฟฟ้าได้ มาจากกระจกโปร่งใสที่เคลือบฟิล์มของดีบุกออกไซด์ที่ผ่านการโดปด้วยฟลูออไรด์ (F-doped SnO_2) สำหรับเตรียมเป็นขั้ว โฟโตอิเล็กโทรด ซึ่งเป็นขั้วที่จะต้องหงายขึ้นรับแสง โดยการสกรีนด้วย ZnO ที่เป็นคอลลอยด์ ลงบนกระจกนำไฟฟ้าแล้วนำไปเผาเพื่อให้ ZnO เกาะติดกับกระจกได้ดีขึ้นซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ ZnO 2 ชนิดคือ ZnO Powder และ ZnO nano แล้วนำไปแช่ในสีย้อมที่สกัดได้จากพืช 5 ชนิดได้แก่ Xanthone บริสุทธิ์ Xanthone > 30 ชนิด ลูกผักปรัง ลูกกระดูกอึ่ง ลูกหม่อน โดยมี Eosin-Y เป็นสีย้อมที่นำมาใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ ส่วนขั้วเคาน์เตอร์อิเล็กโทรดเป็นฟิล์มบางของ Pt บนกระจกนำไฟฟ้า ดังแสดงเงื่อนไขที่ใช้ศึกษาดังรูปที่ 3.24 และได้ลำดับขั้นตอนการทดลอง ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.24 แสดงโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



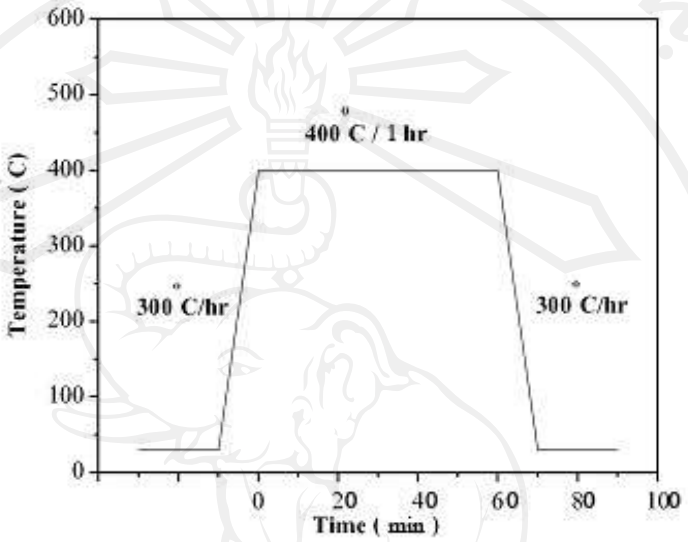
รูปที่ 3.25 แผนผังลำดับการทดลอง

3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมโฟโตอิเล็กโทรด

1. กระจกนำไฟฟ้าที่ใช้เป็นกระจกนำไฟฟ้าสำเร็จรูป ตัดกระจกนำไฟฟ้าให้มีขนาด 2 x 3 cm ทำความสะอาดกระจกนำไฟฟ้าโดยการแช่ใน acetone แล้วนำเข้าเครื่องอัลตราโซนิกส์เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นแช่ด้วยเอทานอลแล้วนำเข้าเครื่องอัลตราโซนิกส์อีกครั้งเป็นเวลา 30 นาที เป่าให้แห้งด้วยเครื่องเป่าลมร้อน
2. ผสม ZnO powder กับตัวประสาน (PEG 6%) ด้วยอัตราส่วน 1:2 โดยน้ำหนักแล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องกวนสารนาน 1 ชั่วโมงเพื่อให้เป็นสารคอลลอยด์ โดย ZnO nano ก็เตรียมเช่นเดียวกัน
3. นำ ZnO powder และ ZnO nano ที่เป็นคอลลอยด์ไปสกรีนลงบนกระจกนำไฟฟ้าที่ทำความสะอาดแล้วได้ได้พื้นที่ 0.5 × 0.5 cm^2 โดยกำหนดความหนาโดยใช้สกอตซ์เทป 1 ชั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. เมื่อสกรีนเสร็จแล้วลอกสกอตซ์เทปออกแล้วนำไปเผาที่ 400°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 300°C ต่อชั่วโมง จนถึง 400°C คงอุณหภูมิไว้นาน 60 นาที หลังจากนั้นลดอุณหภูมิลงโดยมีอัตราการลดอุณหภูมิเป็น 300°C ต่อชั่วโมงจนถึงอุณหภูมิห้อง โดยแสดงแผนผังการทำงานของเตาในรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 แผนผังการเผา ZnO

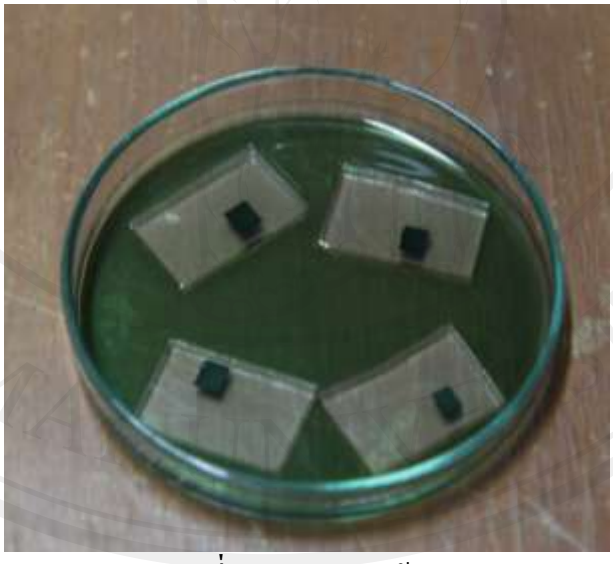
5. ขั้นตอนการเตรียมเม็ดสีย้อม

ในการเตรียมเม็ดสีย้อมในการทดลองนี้จะใช้สีย้อมที่สกัดจากพืช 5 ชนิดประกอบด้วย Xanthone บริสุทธิ์ Xanthone > 30 ชนิด ลูกผักปรัง ลูกกระดูกอึ่ง ลูกหม่อน และใช้สีย้อม Eosin-Y เป็นตัวเปรียบเทียบ โดยจะนำมาบดให้ละเอียดด้วยครกบทสาร นำพืชที่บดได้มาสกัดเป็นสีย้อมไว้แสงโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วน 1:2 โดยใส่ขวดทดลองแช่ไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเก็บไว้ไม่ให้โดนแสงแล้วนำเม็ดสีย้อมที่สกัดไว้มากรองเศษของกากเส้นใยพืชออกด้วยกระดาษกรองแล้วเก็บใส่ขวดไว้ดังรูปที่ 3.27 จากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้ไปทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) โดยใช้เครื่อง UV-visible spectrophotometer

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.27 สีย้อมไวแสงจากพืชธรรมชาติที่สกัดได้

6. นำ ZnO powder และ ZnO nano ที่เตรียมได้แช่ในสีย้อมที่สกัดได้ ที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง



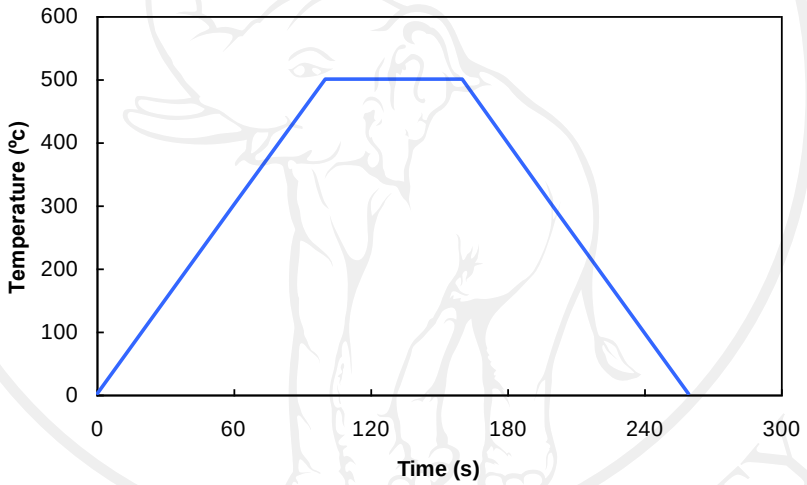
รูปที่ 3.28 การแช่สีย้อม

7. นำขั้วโฟโตอิเล็กโทรดไปทดสอบสมบัติการสะท้อนแสง (reflactance) โดยใช้เครื่อง UV-visible spectrophotometer

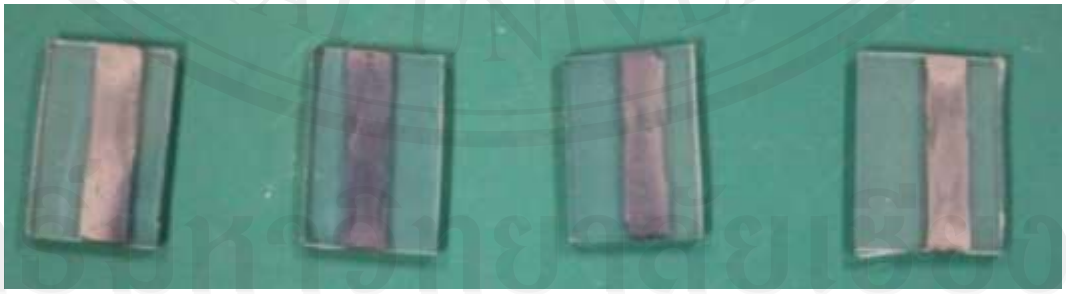
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมเคาน์เตอร์อิเล็กโทรด

1. ตัดกระจกนำไฟฟ้าให้มีขนาด 2 x 3 cm ทำความสะอาดกระจกนำไฟฟ้าโดยการแช่ใน acetone แล้วนำเข้าเครื่องอัลตราโซนิกส์ เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นแช่ด้วยเอทานอลแล้วนำเข้าเครื่องอัลตราโซนิกส์อีกครั้งเป็นเวลา 30 นาที เป่าให้แห้งด้วยเครื่องเป่าลมร้อน
2. หยดสารละลาย Hydrogen hexachloroplatinate ที่ใช้ acetone เป็นตัวทำละลายความเข้มข้น 20 mM ลงบนกระจกที่ทำความสะอาดแล้ว นำไปเผาที่อุณหภูมิ 500ºC นาน 60 นาที โดยมีอัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิ คือ 300ºC ต่อชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 3.29 และลักษณะของกระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วย pt ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.29 แสดงแผนผังอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาขั้วเคาน์เตอร์อิเล็กโทรด



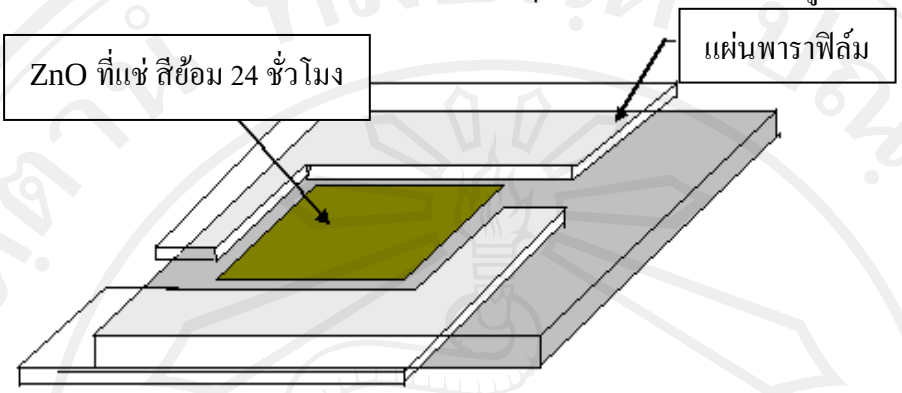
รูปที่ 3.30 กระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วย Pt

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.3 ขั้นตอนการประกอบเซลล์

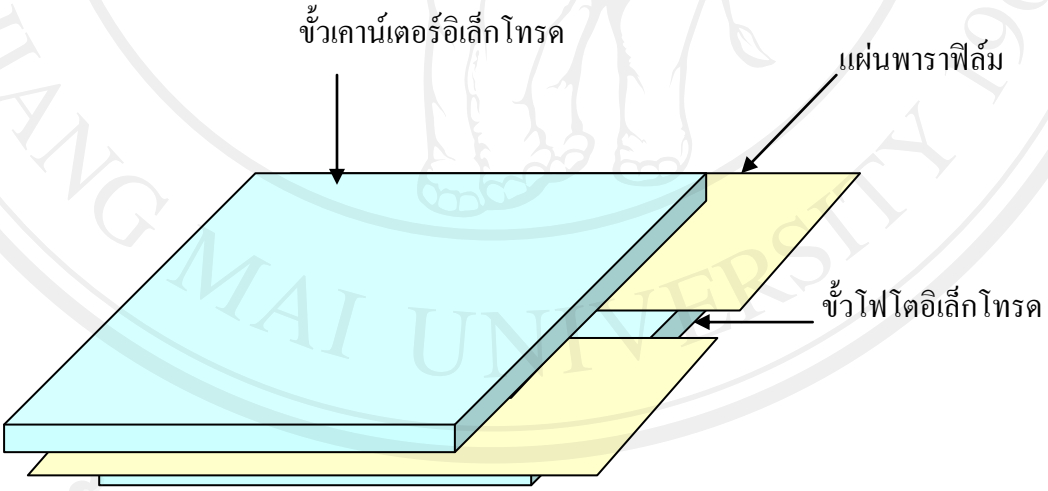
การประกอบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อวัดประสิทธิภาพมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ติดแผ่นพาราฟิล์มหนา 2 ชั้นบริเวณรอบๆ ขั้วโฟโตอิเล็กโทรด ดังรูปที่ 3.31



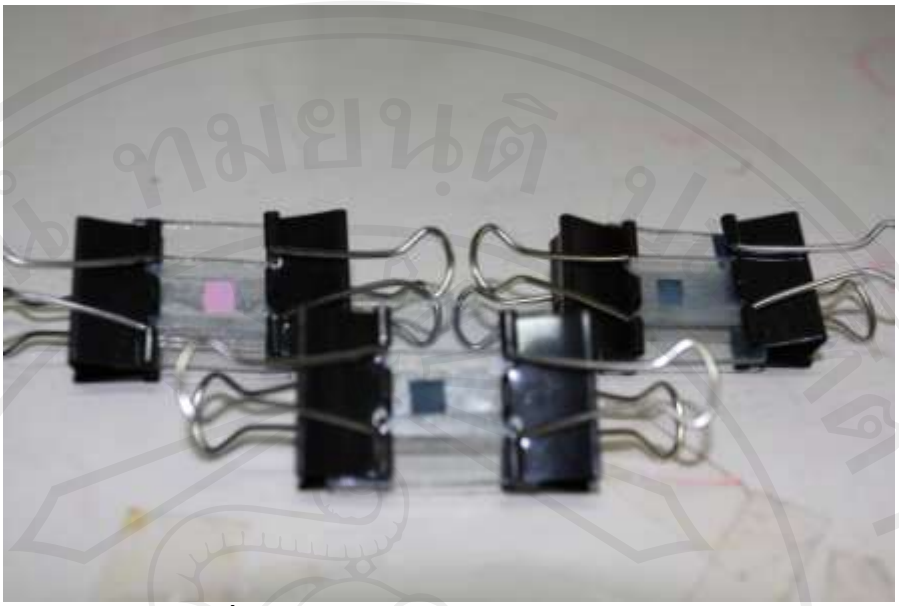
รูปที่ 3.31 แสดงการวางพาราฟิล์มลงบนขั้วโฟโตอิเล็กโทรด

2. นำโฟโตอิเล็กโทรดที่เตรียมไว้มาประกบแล้วใช้เครื่องเป่าลมร้อนเป่าเพื่อให้แผ่นพาราฟิล์มเริ่มหลอมและเชื่อมโฟโตอิเล็กโทรดกับเคาน์เตอร์อิเล็กโทรดเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 3.32 และลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประกอบเสร็จแล้วดังรูปที่ 3.33



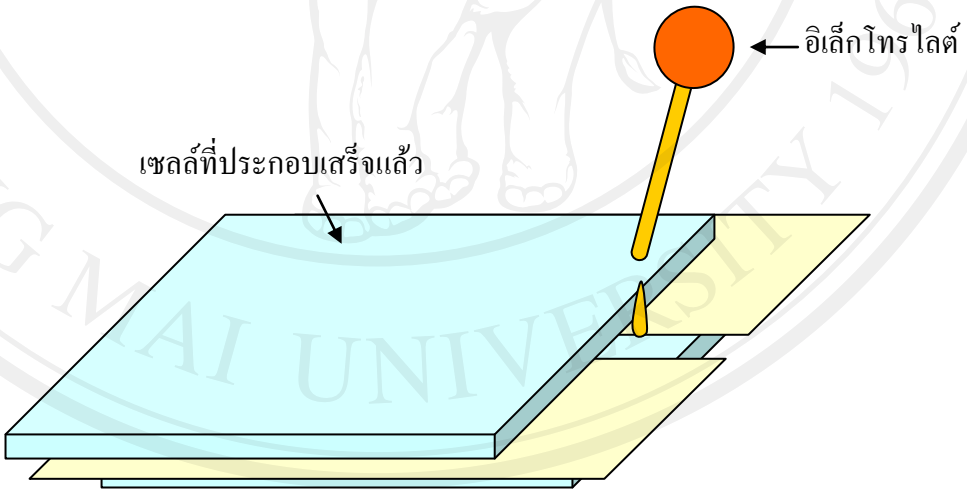
รูปที่ 3.32 แสดงการประกอบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.33 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ประกอบเสร็จแล้ว

3. หยดสารละลายอิล็กโทรไลต์ 0.03 M I_2 ผสมกับ 0.3 M LiI ใน propylene carbonate เข้าไประหว่างขั้วทั้งสองแล้วจึงนำไปวัดประสิทธิภาพและ EIS ต่อไป ดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 แสดงการหยดสารละลายอิเล็กโทรไลต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved