

## บทที่ 3

### วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการดัดแปลงข้าวโพดโตเล็กโทรดซิงก์ออกไซด์ เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งส่วนประกอบหลักๆ ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีอยู่ 3 ส่วนที่สำคัญ คือ ข้าวโพดโตเล็กโทรด ข้าวแกนเตอร์อิเล็กโทรด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยงานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาเงื่อนไขการเตรียมสารกึ่งตัวนำซิงก์ออกไซด์ สำหรับใช้เป็นข้าวโพดโตเล็กโทรด โดยชั้นสารกึ่งตัวนำนั้น จะใช้ซิงก์ออกไซด์ลักษณะต่างๆเป็นฟิล์มสองชั้น และเป็นแบบผสม โดยมีรายละเอียดของสารเคมี วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองพร้อมทั้งวิธีการทดลองดังนี้

#### 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

##### 3.1.1 ซิงก์ออกไซด์อนุภาคนาโน, ผงซิงก์ออกไซด์ และซิงก์ออกไซด์เตตระพอด (ZnO-nanoparticle, ZnO-powder and ZnO-tetrapod)

ซิงก์ออกไซด์อนุภาคนาโน ความบริสุทธิ์ 99.5% มีมวลโมเลกุล 81.39 g/mol มีความหนาแน่น 5.6 g/cm<sup>3</sup> ขนาดอนุภาคประมาณ 20-40 nm ผลิตโดยบริษัท นาโนเมททีเรียลส์เทคโนโลยี จำกัด ชลบุรี ประเทศไทย ผงซิงก์ออกไซด์ ความบริสุทธิ์ 99.9% มีมวลโมเลกุล 81.37 g/mol มีความหนาแน่น 5.61 g/cm<sup>3</sup> ขนาดอนุภาค > 100 nm ผลิตโดยบริษัท Aldrich Chemical ในประเทศสหรัฐอเมริกา และ ซิงก์ออกไซด์เตตระพอด เตรียมได้จากการเผาด้วยความร้อน (thermal oxidation reaction technique) ที่อุณหภูมิ 1000 °C ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ลักษณะของซิงก์ออกไซด์ แบบต่างๆ

### 3.1.2 Eosin-Y

มีสูตรทางเคมีเป็น  $C_{20}H_5Br_4Na_2O_5$  ทำหน้าที่ย้อมในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม ผลิตโดยบริษัท Aldrich Chemical ในประเทศสหรัฐอเมริกา ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ลักษณะของ Eosin-Y ที่ใช้เป็นสีย้อม

## 3.2 วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

### 3.2.1 กระจกนำไฟฟ้า (Fluorine-doped Tin oxide, FTO)

เป็นกระจกที่ถูกเคลือบด้วยชั้นของ Fluorine-doped Tin oxide ไว้ด้านใดด้านหนึ่งเพื่อทำให้กระจกมีสมบัติสามารถนำไฟฟ้าได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ลักษณะกระจก FTO

### 3.2.2 ที่ตัดกระจก (glass cutter)

ที่ตัดกระจกชนิดพกพามีน้ำมันหล่อลื่นช่วยตัด ผลิตโดยบริษัท Nagaoka ประเทศญี่ปุ่น  
ดังแสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ลักษณะที่ตัดกระจก

### 3.2.3 ครกบดสารพร้อมที่บด (marble mortar and pestle)

ทำมาจากหินมโนรา (agate) ผลิตโดยบริษัท International Crystal Laboratories ประเทศ  
สหรัฐอเมริกา ใช้ในการบดผงซิงก์ ให้มีขนาดเล็กกว่าเดิม ดังแสดงในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ลักษณะครกบดสารพร้อมที่บด

### 3.2.4 เครื่องชั่งสาร (weight scale)

รุ่น GR-202 ผลิตโดยบริษัท A&D ประเทศญี่ปุ่น เลือกใช้งานได้ 2 โหมด ตามค่าน้ำหนักที่ชั่งได้สูงสุด คือ 210 g ที่ความละเอียด 0.1 mg และ 42 g ที่ความละเอียด 0.01 mg แสดงในภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 ลักษณะเครื่องชั่งสาร

### 3.2.5 เครื่องทำความสะอาดกระจก (ultrasonic cleaner)

รุ่น Elma S 30 H Elmasonic ประเทศเยอรมนี ทำงานโดยใช้คลื่นอุลตราโซนิกในการทำความสะอาดชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 ลักษณะเครื่อง ultrasonic cleaner

### 3.2.6 เครื่องปั่นสาร (hotplate stirrer)

รุ่น HTS-1003 ผลิตโดยบริษัท Laboratory & Medical Supplies ทำการปั่นสารโดยเครื่องจะปล่อยสนามแม่เหล็กออกมา ซึ่งจะส่งผลให้ก้อนแม่เหล็กที่อยู่ในถ้วยใส่สารเกิดการหมุน ดังแสดงในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ลักษณะเครื่อง hotplate stirrer

### 3.2.7 เครื่องเป่าลมร้อน (heat gun)

รุ่น KX 2000K กำลัง 2000 W ใช้กับความต่างศักย์ 220 V ความถี่ 50 Hz ผลิตโดยบริษัท Black & Decker ประเทศอังกฤษ ดังแสดงในภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ลักษณะของเครื่องเป่าลมร้อน

### 3.2.8 เตาเผาสาร (muffle furnaces)

รุ่น SS 304 ผลิตโดยบริษัท Labec Laboratory Equipment มีอัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิคือ  $300^{\circ}\text{C}$  ต่อชั่วโมง มีรูปลักษณะภายนอกดังภาพที่ 3.10



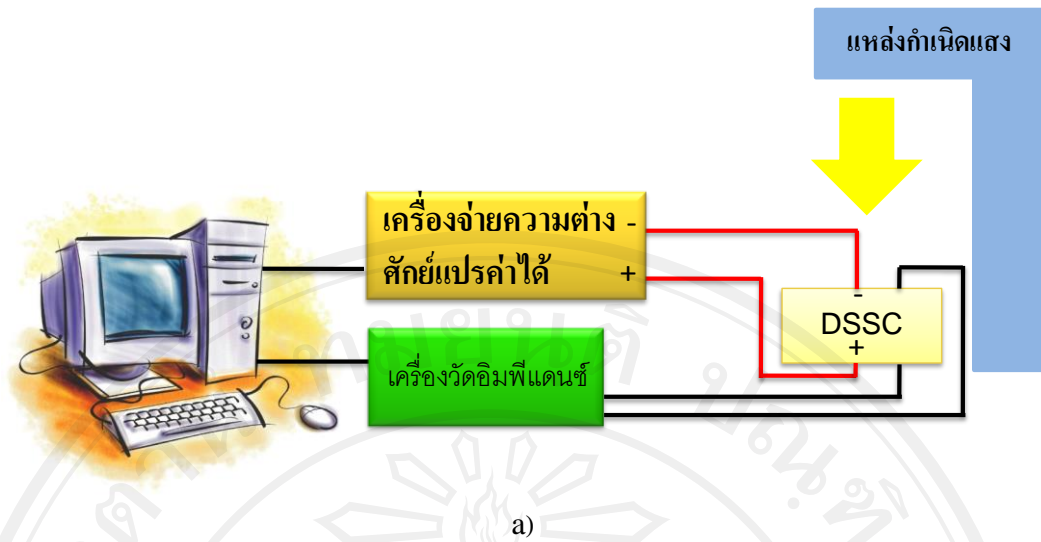
ภาพที่ 3.10 ลักษณะของเตาเผาสาร

### 3.2.9 เครื่อง LCR Hitester รุ่น 3522-50 ผลิตโดยบริษัท Hioki Corporation ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์

ประกอบไปด้วย

- 1.1 เครื่องจ่ายความต่างศักย์แปรค่าได้ (model 2611 single-channel system source meter instrument)
- 1.2 แหล่งกำเนิดแสง (photovoltaic cell testing solar simulator model 16S-002 150/300 watt, Solar Light Company) จำลองแสง AM1.5 ความเข้มแสง  $100\text{ mW/cm}^2$
- 1.3 power supply สำหรับแหล่งกำเนิดแสง (Model XPS-400 Xenon Lamp power supply, Solar Light Company)
- 1.4 เครื่องวัดความเข้มแสง (Model:PMA2144, Solar Light Company)
- 1.5 เครื่องวัดอิมพีแดนซ์ทางเคมีไฟฟ้าสเปกโทรสโกปี (electrochemical impedance spectroscopy, EIS) รุ่น Hioki 3522-50
- 1.6 คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ

ดังแสดงในภาพที่ 3.11 a) และ b)



ภาพที่ 3.11 ลักษณะเครื่องวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์

3.2.10 เทปกาวใส

3.2.11 กระจกบอทวง ขนาด 10 ml

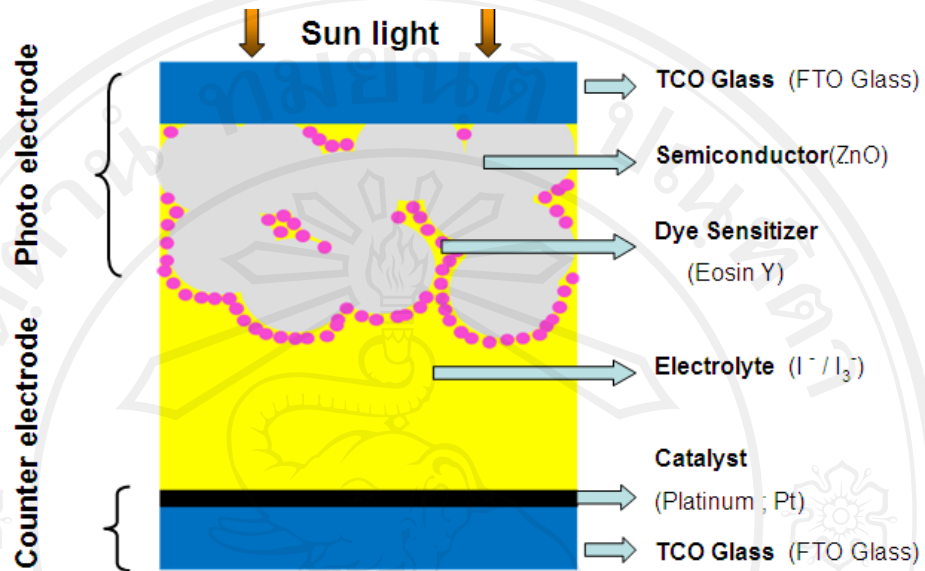
3.2.12 parafilm

3.2.13 ไมโครปิเปต รุ่น Rainin ขนาด 20  $\mu$ l

3.2.14 ไขมีดคัดเตอร์สำหรับสกรีน

### 3.3 วิธีการทดลอง

ในการศึกษาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ถูกเตรียมขึ้นเพื่อใช้ในศึกษานั้น จะมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน คือ ขั้วแคโทดหรืออิเล็กโทรด สารละลายอิเล็กโทรไลต์ และขั้วโฟโตอิเล็กโทรด ดังแสดงในภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมในส่วนของโฟโตอิเล็กโทรด ดังนั้นจึงแบ่งขั้นตอนการทดลองในงานวิจัยนี้เป็นลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

- 1) การเตรียมแคโทดหรืออิเล็กโทรด
- 2) การเตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์
- 3) การเตรียมสีย้อมไวแสง (Eosin-Y)
- 4) การเตรียมซิงออกไซด์เตตระพอด
- 5) การศึกษาชั้นความหนาที่เหมาะสมของซิงออกไซด์ แต่ละแบบ เพื่อใช้เป็นโฟโตอิเล็กโทรด

ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ที่ความหนา 1 – 4 ชั้นเทป

6) การศึกษาอัตราส่วนความหนาของแต่ละชั้นฟิล์มที่เหมาะสมของซิงออกไซด์ เพื่อใช้เป็นโฟโตอิเล็กโทรด ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ที่มีอัตราส่วนความหนาเป็น 1:1, 1:2, 1:3, 2:2 และ 3:1 โดยใช้ชั้นเทปเป็นตัวควบคุมความหนา

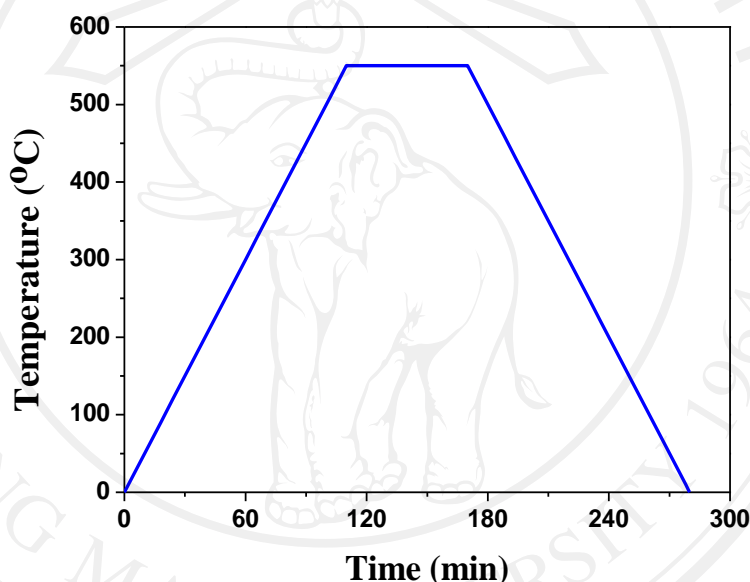
7) การศึกษาอัตราส่วนผสมของซิงออกไซด์ เพื่อใช้เป็นโฟโตอิเล็กโทรด ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ที่มีอัตราส่วนผสมเป็น 1:3 , 1:1 และ 3:2



### 3.3.1 การเตรียมแผ่นแคโทดรีดิวซ์

1) ตัดกระจกนำไฟฟ้าให้มีขนาด  $2 \times 3 \text{ cm}^2$  ทำความสะอาดกระจกนำไฟฟ้าโดยการแช่ใน acetone แล้วนำเข้าเครื่อง ultrasonic cleaner เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง แล้วทำให้แห้งด้วยการเป่าลมร้อน

2) หยดสารละลาย Hydrogen hexachloroplatinate ที่ใช้ acetone เป็นตัวทำละลาย ความเข้มข้น 20 mM ปริมาตร ลงบนกระจกที่ทำความสะอาดแล้ว บนพื้นที่  $0.75 \times 2 \text{ cm}^2$  แล้วนำไปเผาที่ อุณหภูมิ  $550 \text{ }^\circ\text{C}$  นาน 60 นาที โดยมีอัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิ คือ  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  ต่อชั่วโมง ดังแสดงใน ภาพที่ 3.13



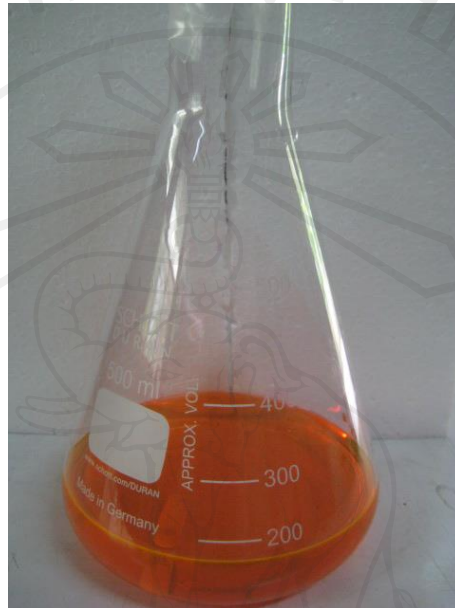
ภาพที่ 3.13 แผนผังอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาแคโทดรีดิวซ์

### 3.3.2 การเตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์

- 1) เตรียม  $\text{I}_2$  จำนวน 0.03 โมล และ  $\text{LiI}$  จำนวน 0.3 โมล
- 2) ละลาย  $\text{I}_2$  จำนวน 0.03 โมล และ  $\text{LiI}$  จำนวน 0.3 โมลที่ได้เตรียมมาลงใน Propylene carbonate ปริมาณ 100 CC
- 3) นำไปปั่นด้วยเครื่อง stirrer นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้  $\text{I}_2$  และ  $\text{LiI}$  ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกับ Propylene carbonate

### 3.3.3 การเตรียมสีย้อมไวแสง (Eosin-Y)

- 1) เตรียม สีย้อมไวแสง Eosin-Y จำนวน 0.04 กรัม
- 2) เตรียม เอทานอล 99.0 % ปริมาตร 100 cm<sup>3</sup>
- 3) ผสมสารในข้อ 1) และ ข้อ 2) ปั่นด้วยเครื่อง stirrer นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้สีย้อม Eosin-Y ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกันดังแสดงในภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 สีย้อมไวแสง Eosin-Y ที่เตรียมได้

### 3.3.4 การเตรียม ซิงก์ออกไซด์เตตระพอด

- 1) ผสมผงซิงก์ ที่บดละเอียดด้วยครกบดสาร กับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ผสมกันพอชื้น

2) นำสารจากข้อ 1 ตักใส่ถ้วยชิลิก้าประมาณ 1 cm<sup>3</sup> จากนั้นนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 1000 °C เป็นเวลาประมาณ 5 วินาที แล้วเอาออกจากเตา ดังแสดงในภาพที่ 3.15

- 3) ได้ ซิงก์ออกไซด์เตตระพอด ซึ่งเป็นไปตามสมการเคมี (3.1) , (3.2) [23]





ภาพที่ 3.15 เตาเผาแบบท่อ สำหรับสังเคราะห์ ชิงก์ออกไซด์เตตระพอด

### 3.3.5 การศึกษาชั้นความหนาที่เหมาะสมของ ชิงก์ออกไซด์อนุภาคนาโน, ผงชิงก์ออกไซด์ และชิงก์ออกไซด์เตตระพอด เพื่อใช้เป็นโพโตอิเล็กโทรด ในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ที่ความหนา 1 – 4 ชั้นเทพ เพื่อใช้อ้างอิง

ในตอนแรกเราจะทำการศึกษาชั้นความหนาของโพโตอิเล็กโทรด ที่เหมาะสมที่สุด ของชิงก์ออกไซด์แต่ละชนิด โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1) ตัดกระจกนำไฟฟ้าให้มีขนาด  $2 \times 3 \text{ cm}^2$  ทำความสะอาดกระจกนำไฟฟ้าโดยการแช่ใน acetone แล้วนำเข้าเครื่อง ultrasonic cleaner เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง แล้วทำให้แห้งด้วยการเป่าลมร้อน

2) ผสม ผงชิงก์ออกไซด์ และชิงก์ออกไซด์อนุภาคนาโน (แยกผสม) ปริมาณ 5 กรัม กับ สารละลาย Polyethylene glycol (PEG) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสาน ความเข้มข้น 10 % wt จำนวน  $12 \text{ cm}^3$  แล้วปั่นด้วยเครื่อง stirrer นาน 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้สารเป็นคอลลอยด์ สำหรับชิงก์ออกไซด์เตตระพอด จะใช้ปริมาณ 2 กรัม ผสมกับตัวประสาน 4.8 กรัม เนื่องจากตัวสาร ชิงก์ออกไซด์เตตระพอดมีความฟูนุ่ม ทำให้ปั่นด้วยเครื่อง stirrer ลำบาก

3) นำสารที่ปั่นเสร็จแล้วไปสกรีนลงบนกระจกนำไฟฟ้าในด้านที่นำไฟฟ้า ซึ่งทำความ

สะอาดแล้ว ในบริเวณพื้นที่  $0.5 \times 2 \text{ cm}^2$  โดยใช้เทปใสกำหนดพื้นที่ และความหนาที่จะทำการสกรีน โดยควบคุมจากจำนวนชั้นเทป (1 – 4 ชั้นเทป) ซึ่ง 1 ชั้นเทปจะหนาประมาณ  $10 \mu\text{m}$  ดังแสดงในภาพที่ 3.16



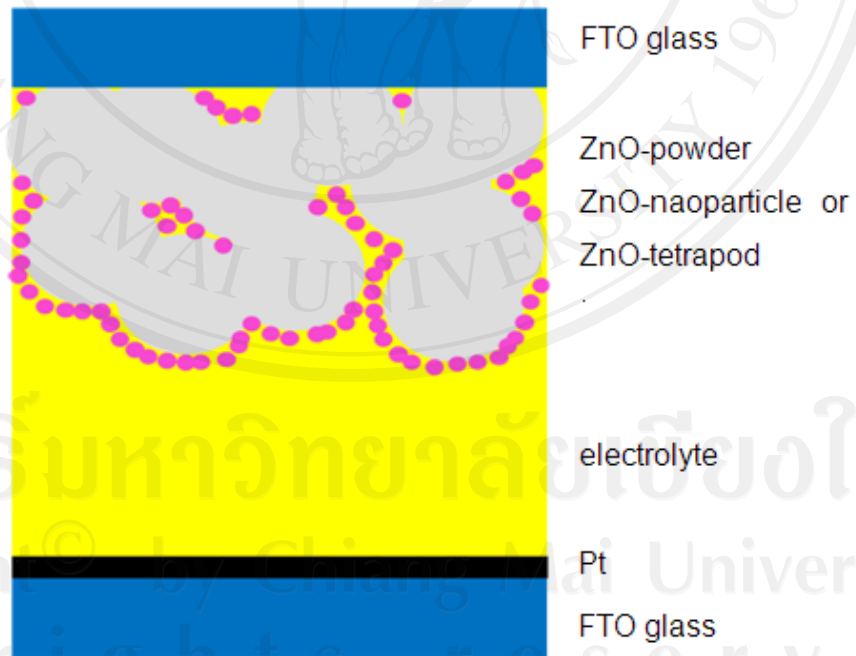
ภาพที่ 3.16 กระจกนำไฟฟ้าที่ถูกสกรีนด้วยซิงค์ออกไซด์ทับลงไป

- 4) นำกระจกนำไฟฟ้าที่ถูกสกรีนแล้วไปเผาที่อุณหภูมิ  $400^\circ\text{C}$  นาน 1 ชั่วโมง โดยมีอัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิเท่ากับ  $300^\circ\text{C}$  ต่อชั่วโมง
- 5) นำกระจกที่ผ่านการเผาแล้วไปแช่สีย้อมชนิด Eosin-Y ที่มี ethanol ความเข้มข้น  $5.8 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  เป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- 6) นำกระจกที่แช่สีย้อมแล้วมาประกอบกับแคโทดอีเล็กโทรด โดยมีแผ่นพาราฟิล์มหนา 2 ชั้น กั้นระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง
- 7) หยดสารละลายอีเล็กโทรไลต์ที่มีส่วนผสมของ  $0.03 \text{ M Li}_2 + 0.3 \text{ M LiI}$  ในตัวทำละลาย Propylene carbonate เข้าระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง
- 8) นำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมที่เตรียมได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.17 ไปทดสอบประสิทธิภาพ



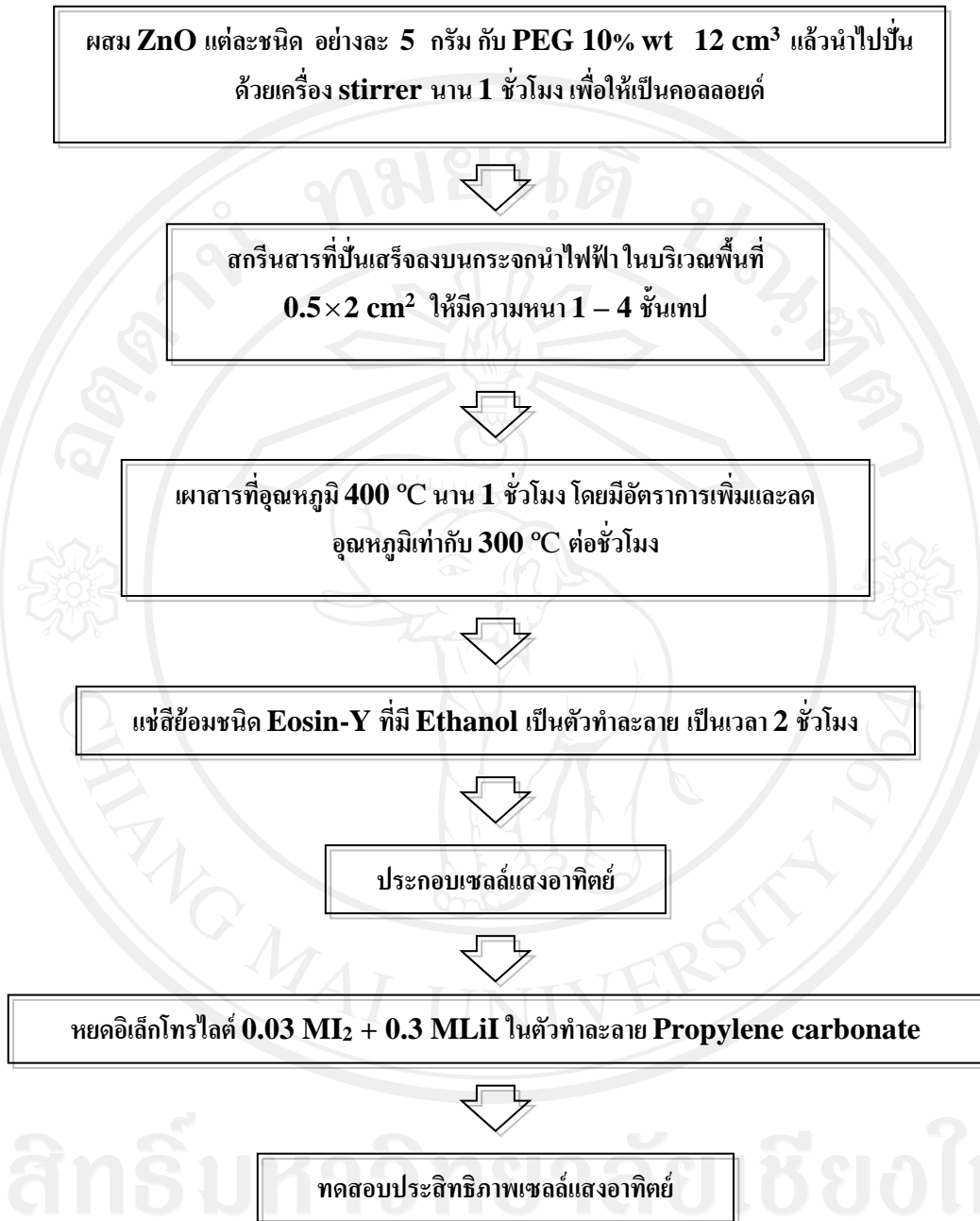
ภาพที่ 3.17 เซลล์แสงอาทิตย์ที่เตรียมได้ และพร้อมจะนำไปทดสอบประสิทธิภาพต่อไป

เมื่อทำการประกอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เราเตรียมได้จากเงื่อนไขข้างต้น เราจะได้โครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ดังแสดงในภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 โครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่เตรียมได้

นอกจากนี้เรายังสามารถเขียนวิธีการเตรียมเซลล์แสงอาทิตย์ออกมาเป็นแผนผังการศึกษาได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.19 แผนผังการเตรียมเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ ผงซิงก์ออกไซด์, ซิงก์ออกไซด์อนุภาคนาโน และ ซิงก์ออกไซด์เตตระพอด เป็นโฟโตอิเล็กโทรด ที่มีความหนา 1 - 4 ชั้นเทป

3.3.6 การศึกษาอัตราส่วนความหนาที่เหมาะสม ของซิงก์ออกไซด์ แต่ละชั้นฟิล์ม เพื่อใช้เป็น โฟโตอิเล็กโทรดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง แบบฟิล์มสองชั้น ที่อัตราส่วนความหนา 1:1, 1:2, 1:3, 2:2 และ 3:1 โดยใช้ชั้นเทปเป็นตัวควบคุม

ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของฟิล์มสองชั้นซิงก์ออกไซด์ ที่จะใช้เป็นโฟโตอิเล็กโทรด โดยกำหนดอัตราส่วนความหนาของแต่ละชั้นฟิล์มเป็น 1:1, 1:2, 1:3, 2:2 และ 3:1 (โดยใช้ชั้นเทปเป็นตัวควบคุม) และกำหนดให้ชั้นฟิล์มของซิงก์ออกไซด์อนุภาคนาโน เป็นฟิล์มชั้นล่าง ติดกับกระจก FTO โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1) การเตรียมฟิล์มชั้นล่าง

1.1) ตัดกระจกนำไฟฟ้าให้มีขนาด  $2 \times 3 \text{ cm}^2$  ทำความสะอาดกระจกนำไฟฟ้าโดยการแช่ใน acetone แล้วนำเข้าเครื่อง ultrasonic cleaner เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง แล้วทำให้แห้งด้วยการเป่าลมร้อน

1.2) สกรีนสาร ซิงก์ออกไซด์อนุภาคนาโน ที่ผสมเตรียมไว้ข้างต้น ลงบนกระจกนำไฟฟ้าที่ทำ ความสะอาดแล้ว ในบริเวณพื้นที่  $0.5 \times 2 \text{ cm}^2$  โดยใช้เทปใสกำหนดพื้นที่ และความหนาที่จะทำการ สกรีนควบคุมจากจำนวนชั้นเทป (1 – 3 ชั้นเทป) ซึ่ง 1 ชั้นเทปหนาประมาณ  $10 \mu\text{m}$

1.3) นำกระจกนำไฟฟ้าที่ถูกล้างแล้วไปเผาที่อุณหภูมิ  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  นาน 1 ชั่วโมง โดยมีอัตรา การเพิ่มและลดอุณหภูมิเท่ากับ  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  ต่อชั่วโมง

2) การเตรียมฟิล์มชั้นบน

2.1) สกรีนผงซิงก์ออกไซด์ หรือ ซิงก์ออกไซด์เตตระพอด ที่ผสมเตรียมไว้ข้างต้น ทับลงไป บนฟิล์มชั้นล่างที่เตรียมจากข้อ 1) บนพื้นที่เท่ากันโดยใช้เทปใสกำหนดพื้นที่  $0.5 \times 2 \text{ cm}^2$  และความ หนาจากจำนวนชั้นเทป (1 – 3 ชั้นเทป) เพื่อให้ได้อัตราส่วนความหนาของฟิล์มชั้นบน ต่อ ชั้นล่าง เป็น 1:1, 1:2, 1:3, 2:2 และ 3:1

2.2) นำกระจกนำไฟฟ้าที่ถูกล้างเป็นฟิล์มสองชั้นเรียบร้อยแล้ว ไปเผาซ้ำที่อุณหภูมิ  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  นาน 1 ชั่วโมง โดยมีอัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิเท่ากับ  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  ต่อชั่วโมง

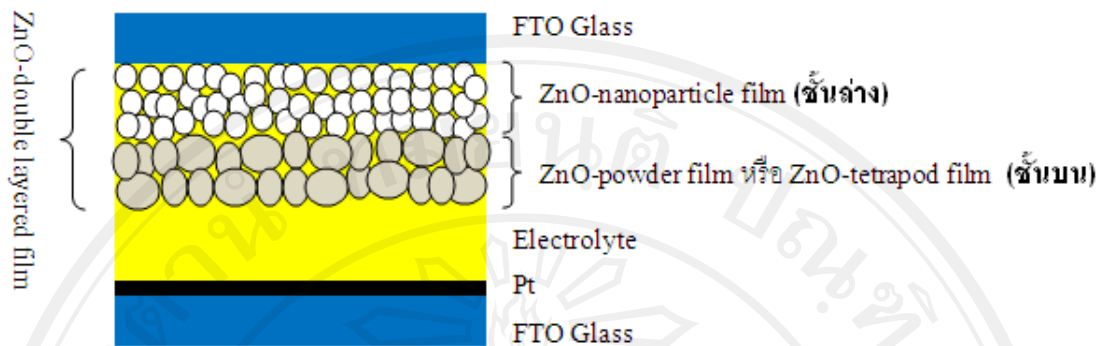
3) นำกระจกที่ผ่านการเผาแล้วไปแช่สีย้อมชนิด Eosin-Y ที่มี ethanol ความเข้มข้น  $5.8 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  เป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4) นำกระจกที่แช่สีย้อมแล้วมาประกอบกับแคโทดรีโอเล็กโทรด โดยมีแผ่นพาราฟิล์มหนา 2 ชั้น กั้นระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง

5) หยดสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีส่วนผสมของ  $0.03 \text{ M Li}_2\text{S} + 0.3 \text{ M LiI}$  ในตัวทำละลาย Propylene carbonate เข้าระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง

6) นำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมที่เตรียมได้ ไปทดสอบประสิทธิภาพ

เมื่อทำการประกอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เราเตรียมได้จากเงื่อนไขข้างต้น เราจะได้โครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ดังภาพที่ 3.20



ภาพที่ 3.20 โครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีขั้วอิเล็กโทรดเป็นฟิล์มสองชั้น

นอกจากนี้เรายังสามารถเขียนวิธีการเตรียมเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มสองชั้นออกมาเป็นแผนผังการศึกษาได้ดังแสดงในภาพที่ 3.21

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved



สกรีนสาร **ZnO-nanoparticle** ที่ปั่นเสร็จลงบนกระจกนำไฟฟ้า ในบริเวณพื้นที่  $0.5 \times 2 \text{ cm}^2$  ให้มีความหนา 1 – 3 ชั้นเทป (เพื่อเป็นฟิล์มชั้นล่าง)



เผาสารที่อุณหภูมิ  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  นาน 1 ชั่วโมง โดยมีอัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิเท่ากับ  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  ต่อชั่วโมง



สกรีนสาร **ZnO-powder** หรือ **ZnO-tetrapod** ที่ปั่นเสร็จลงทับบนฟิล์ม **ZnO-nanoparticle** (เพื่อเป็นฟิล์มชั้นบน) ในบริเวณพื้นที่  $0.5 \times 2 \text{ cm}^2$  เท่ากัน ให้มีความหนา 1 – 3 ชั้นเทป ตามอัตราส่วนความหนา 1:1, 1:2, 1:3, 2:2 และ 3:1



นำสารไปเผาที่อุณหภูมิ  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  นาน 1 ชั่วโมง อีกครั้ง โดยมีอัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิเท่ากับ  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  ต่อชั่วโมง



แช่สีย้อมชนิด **Eosin-Y** ที่มี **ethanol** เป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 2 ชั่วโมง



ประกอบเซลล์แสงอาทิตย์



หยดอิเล็กโทรไลต์  $0.03 \text{ M LiI} + 0.3 \text{ M I}_2$  ในตัวทำละลาย **Propylene carbonate**



ทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์

ภาพที่ 3.21 แผนผังการศึกษาอัตราส่วนความหนาที่เหมาะสม ของซิงก์ออกไซด์ แต่ละชั้นฟิล์ม เพื่อใช้เป็นขั้วโฟโตอิเล็กโทรด ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยมีอัตราส่วนความหนาของชั้นฟิล์มเป็น 1:1, 1:2, 1:3, 2:2 และ 3:1

### 3.3.7 การศึกษาอัตราส่วนผสมของซิงก์ออกไซด์ เพื่อใช้เป็นโฟโตอิเล็กโทรด ของเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดสีย้อมไวแสง ที่มีอัตราส่วนผสมเป็น 1:3, 1:1 และ 3:2

ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของฟิล์มซิงก์ออกไซด์ ที่จะใช้เป็นซิงก์ออกไซด์ โดยกำหนดใช้ซิงก์ออกไซด์อนุภาคนาโนผสมกับผงซิงก์ออกไซด์ และกำหนดให้ชั้นฟิล์มของซิงก์ออกไซด์ผสม หนา 1-4 ชั้นเทป โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1) ตัดกระจกนำไฟฟ้าให้มีขนาด  $2 \times 3 \text{ cm}^2$  ทำความสะอาดกระจกนำไฟฟ้าโดยการแช่ใน acetone แล้วนำเข้าเครื่อง ultrasonic cleaner เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง แล้วทำให้แห้งด้วยการเป่าลมร้อน

2) ผสมซิงก์ออกไซด์อนุภาคนาโน และ ผงซิงก์ออกไซด์ เข้าด้วยกัน ในอัตราส่วน 1:3 (ซิงก์ออกไซด์อนุภาคนาโน 1 ส่วน ผงซิงก์ออกไซด์ 3 ส่วน) ปริมาณรวม 5 กรัม กับสารละลาย Polyethylene glycol (PEG) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสาน ความเข้มข้น 10 % wt จำนวน  $12 \text{ cm}^3$  แล้วปั่นด้วยเครื่อง Stirrer นาน 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้สารเป็นคอลลอยด์

3) นำซิงก์ออกไซด์ผสมที่ปั่นเสร็จแล้วไปสกรีนลงบนกระจกนำไฟฟ้าในด้านที่นำไฟฟ้า ซึ่งทำความสะอาดแล้ว ในบริเวณพื้นที่  $0.5 \times 2 \text{ cm}^2$  โดยใช้เทปใสกำหนดพื้นที่ และความหนาที่จะทำการสกรีนควบคุมจากจำนวนชั้นเทป (1-4 ชั้นเทป)

4) ทำตามขั้นตอนที่ 1-3 แต่เปลี่ยนอัตราส่วนผสมเป็น 1:1 และ 3:2 ตามลำดับ

5) นำกระจกนำไฟฟ้าที่ถูกสกรีนแล้วทั้งหมด ไปเผาที่อุณหภูมิ  $400^\circ\text{C}$  นาน 1 ชั่วโมง โดยมีอัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิเท่ากับ  $300^\circ\text{C}$  ต่อชั่วโมง

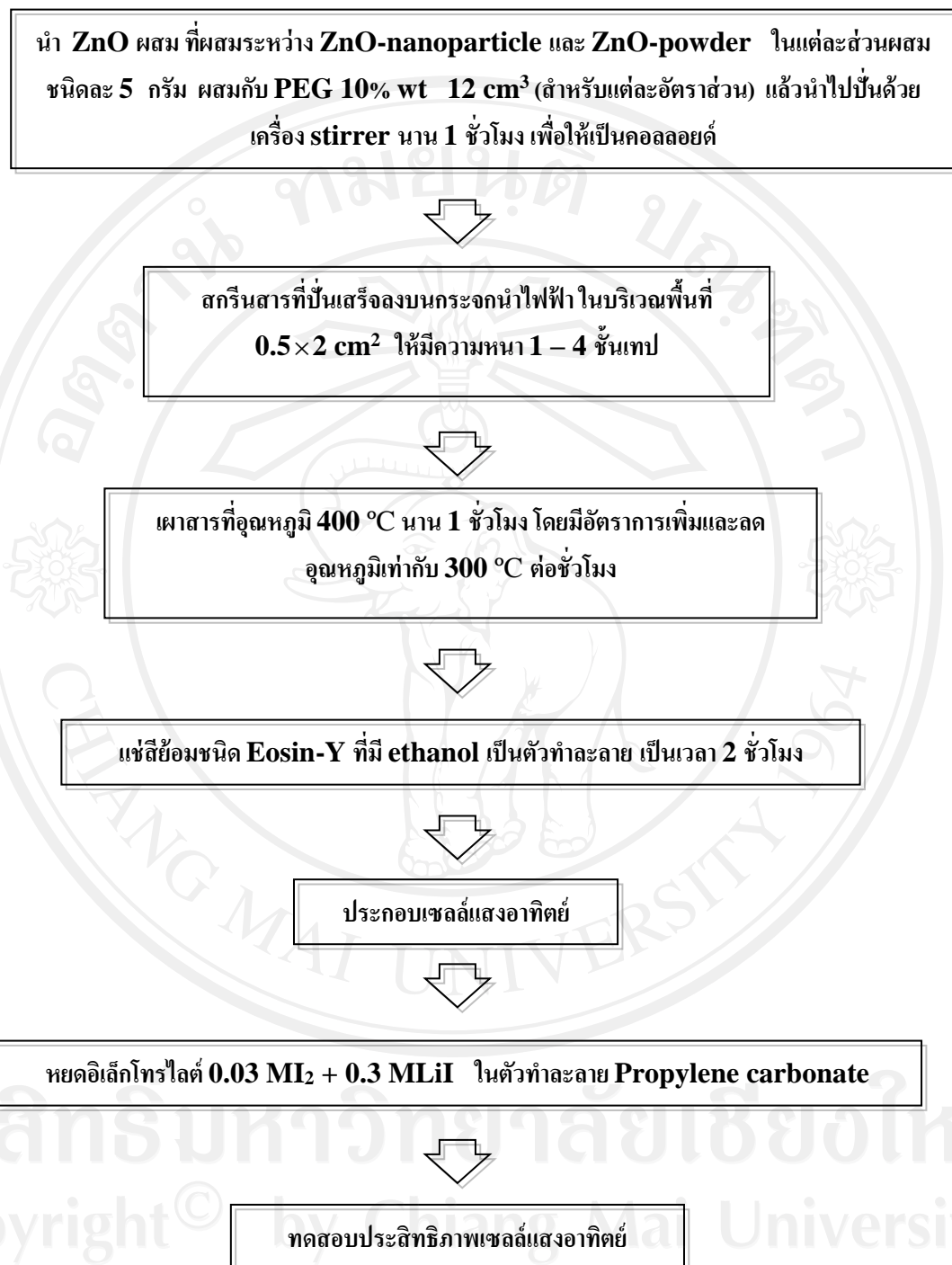
6) นำกระจกที่ผ่านการเผาแล้วไปแช่สีย้อมชนิด Eosin-Y ที่มี ethanol ความเข้มข้น  $5.8 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  เป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

7) นำกระจกที่แช่สีย้อมแล้วมาประกอบกับแคโทดอิเล็กโทรด โดยมีแผ่นพาราฟิล์มหนา 2 ชั้น กั้นระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง

8) หยดสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีส่วนผสมของ  $0.03 \text{ M I}_2 + 0.3 \text{ M LiI}$  ในตัวทำละลาย Propylene carbonate เข้าระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง

9) นำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมที่เตรียมได้ ไปทดสอบประสิทธิภาพ

นอกจากนี้เรายังสามารถเขียนวิธีการเตรียมเซลล์แสงอาทิตย์ออกมาเป็นแผนผังการศึกษาได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.22



ภาพที่ 3.22 การศึกษาอัตราส่วนผสมของซิงก์ออกไซด์อนุภาคนาโนกับผงซิงก์ออกไซด์ เพื่อใช้เป็นโฟโตอิเล็กโทรด ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยมีอัตราส่วนผสมเป็น 1:3, 1:1

และ 3:2