บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีดำเนินการวิจัยโดยเริ่มทำการออกแบบและสร้างเครื่องฉีดพ่นสารผงอนุภาคระดับนาโนโดยออกแบบและสร้างให้มีความ เหมาะสมสำหรับอัตราการเคลือบได้ จากนั้นนำสารละลายคอลลอยด์ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ที่ผสมด้วยตัวทำละลายจากน้ำปราศจากไอออน โพลีไวนิลแลกซิเตด (Polyvinylacetate, PVA) และสารประกอบไททัน X-100 (Trinton^{TM} X-100) บรรจุในกระบอกฉีดพ่นของเครื่องที่สร้างขึ้น แล้วทำการเคลือบโดยออกแบบเงื่อนไข อัตราการเคลือบลงบนกระจกนำไฟฟ้าโปร่งแสง (FTO) เสร็จแล้วนำขั้วไฟฟ้าเวิคร์กิ้งที่เคลือบแล้วไปตรวจวัดสมบัติต่างๆ ดังนี้ สมบัติเชิงโครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction) สมบัติการสะท้อนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิตสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (UV-vis spectrophotometer) วัดความหนาด้วยภาพถ่ายภาคตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจ์ (Scanning Electron Microscopy, SEM) แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับก่อนนำไปแช่สารสีย้อมไวแสงมาตาฐาน (Dye N719) นำขั้วไฟฟ้าเวิร์คกิ้งแช่สารสีย้อมไวแสงมาตาฐาน (Dye N719) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำขั้วไฟฟ้าเวิคร์กิ้งที่มีสารสีย้อมไวแสงไปตรวจวัดสมบัติต่างๆ ดังนี้ สมบัติเชิงโครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction) สมบัติการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิตสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (UV-vis spectrophotometer) นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์สำหรับก่อนนำไปประดิษฐ์เซลล์ต่อไป นำขั้วไฟฟ้าเวิคร์กิ้งที่มีสารสีย้อมไวแสงไปประกบกับขั้วไฟฟ้าเคาน์เตอร์ (Counter electrode) และฉีดสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Liquid electrolyte) ก่อนนำไปวัดประสิทธิภาพเซลล์ นำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงไปวัดประสิทธิภาพ เซลล์ด้วยเครื่องวัดประสิทธิภาพมาตรฐานความเข้มแสง 100 mW/cm^2 (Air Mass 1.5, AM 1.5) สุดท้ายทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเซลล์จากผลที่ได้จากเงื่อนไขต่างๆ

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย สามารถจำแนกเป็นส่วนของเครื่องมือพื้นฐาน เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ทางด้านเคมีและเครื่องที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

3.1.1 เครื่องมือพื้นฐาน

1. นาฬิกาจับเวลา
2. ท่อทองแดง
3. ปืนเป่าลม รุ่น DG-10
4. ข้อต่อทองเหลืองสามทาง
5. หัวฉีดไมโครสเปรย์
6. ภาชนะบรรจุสาร
7. ท่อพลาสติก
8. ไม้บรรทัด
9. ใบเลื่อยโลหะ
10. ปากกาหัวเพชรตัดกระจก
11. กล่องใส่กระจก
12. ผ้าสำหรับเช็ดกระจก
13. กระดาษทราย
14. ถุงมือและผ้าปิดจมูก
15. ไดร์เป่าผม ปรับลมร้อน-เย็นได้
16. กระจกนำไฟฟ้า (FTO)
17. คอเซปสำหรับคีบชิ้นงาน
18. แผ่นยางรองตัด
19. สล๊อตล้างกระจก
20. เครื่องพ่นแก๊สเชื่อมทองแดง
21. แก๊สออกซิเจน

3.1.2 เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์

1. เครื่องอุลตร้าโซนิค ยี่ห้อ Branson 2510
2. เครื่องสปิน ยี่ห้อ Mikasa Spincoater
3. เครื่องตัดเหล็กไฟฟ้า
4. สายไฟ
5. มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล
6. แหล่งจ่ายไฟฟ้า
7. กล้องดิจิตอล
8. เตาเผาอุณหภูมิสูง
9. ตู้ดูดความชื้น
10. ตู้อบความร้อน

3.1.3 อุปกรณ์ทางเคมี

1. เอทานอล
2. Titanium diisopropoxide bis ($C_{16}H_{28}O_6Ti$)ในปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร
3. Isopropanal ($(CH_3)_2CHOH$)ในปริมาณ10 มิลลิลิตร
4. Titanium Dioxide paste PST-18NR (ขนาดอนุภาค18 นาโนเมตร)
5. Titanium DioxideP25 (ขนาดอนุภาคระดับนาโนเมตร)ในปริมาณ0.75 กรัม
6. เอทิลแอลกอฮอล์ (99.99 %) ในปริมาณ 100 มิลลิลิตร
7. สารละลายแพลทินัม (Platinum, Pt)
8. สารละลาย Dye sensitizer, N719

3.1.4 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์

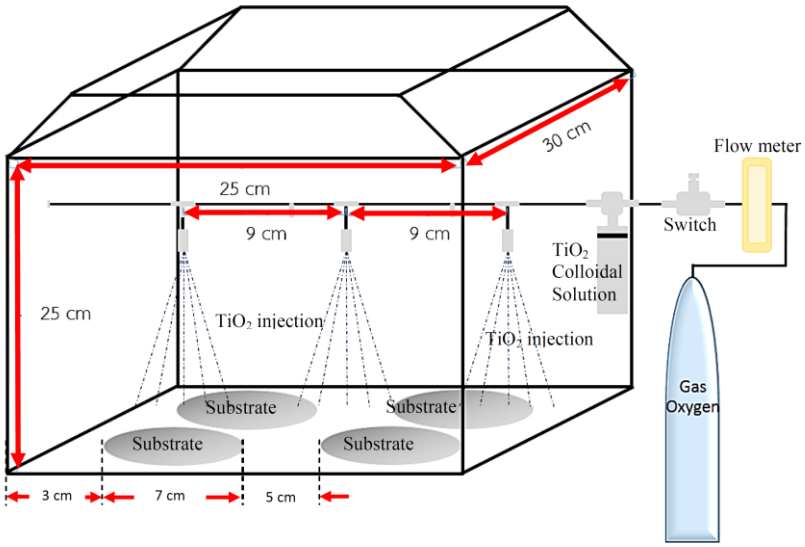
1. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM)
2. เครื่องมือวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray Diffraction, XRD)
3. เครื่องมือวิเคราะห์การส่องผ่านของแสง (UV-Vis spectrophotometer)
4. เครื่องวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐาน (Solar Simulator, AM 1.5, 100 mW/cm^2)

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 ประดิษฐ์ เครื่องมือเคลือบแบบฉีดพ่นชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์ ภายใต้สนามไฟฟ้าและทดสอบความเร็วรอบของฐานจับแผ่นรองรับ

ขั้นที่ 1 ออกแบบและ ประดิษฐ์ เครื่องเคลือบแบบฉีดพ่นชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์

1. ศึกษาการสร้างเครื่องเคลือบแบบฉีดพ่น จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบเครื่องตามแบบของงานวิจัยที่ศึกษามาแล้ว และเปลี่ยนแปลงปรับปรุงเพิ่มเติม



รูปที่ 3.1 แสดงไดอะแกรมของเครื่องเคลือบแบบฉีดพ่นชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์

3. จัดหาอุปกรณ์ตามแบบที่ต้องการ

4. ทำการสร้างหรือประกอบเครื่องเคลือบตามที่ออกแบบไว้

5. ทดสอบเครื่องฉีดพ่นไทเทเนียมไดออกไซด์ เพื่อศึกษาปริมาณและทิศทางของ TiO_2 ที่ถูกพ่นออกมา

ขั้นที่ 2 ทดสอบความเร็วรอบของฐานจับแผ่นรองรับ

1. ทดสอบความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนพัดลมมีทั้งหมดมี 5 ตัว โดยพัดลมแต่ละตัวรับความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าได้ดังนี้ ตัวที่ 1 (12 V, 0.12 A), ตัวที่ 2 (12 V, 0.12 A), ตัวที่ 3 (12 V, 0.11 A) และตัวที่ 4 (12 V, 0.11 A) ในแต่ละตัวจะทดสอบวัดความเร็วรอบที่ความต่างศักย์ 6 V, 9 V และ 12 V โดยแบ่งเป็น 2 ชุดทดสอบ คือ วัดขณะที่ติดแผ่นรองรับกับพัดลม และไม่ติดแผ่นรองรับ

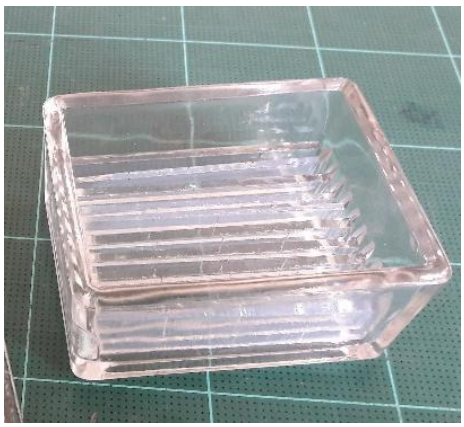
2. บันทึกผลลงในรูปแบบตาราง

3. นำตารางที่ได้จากการวัดแบบติดแผ่นรองรับมาหาค่าเฉลี่ยแล้ว เขียนกราฟระหว่างความเร็วรอบกับความต่างศักย์ไฟฟ้า

ตอนที่ 2 หาเงื่อนไขการเคลือบชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เหมาะสม

ขั้นที่ 1 เตรียมกระจกนำไฟฟ้า (FTO)

1. ทำการตัดกระจกนำไฟฟ้า (FTO) ขนาด 1.5 x 7.5 ตารางเซนติเมตร จำนวน 10 แผ่นนำกระจกนำไฟฟ้า ขนาด 1.5 x 7.5 ตารางเซนติเมตรที่ตัดเตรียมทำเซลล์วางในสล๊อตล้างกระจกใส่น้ำให้ท่วมกระจกแล้วหยดน้ำยาล้างจานลงในสล๊อตล้างกระจกนำไปสั่นในเครื่องอุตราโซนิค (ultrasonic) เป็นเวลา 15 นาทีแล้วล้างด้วยน้ำเปล่าให้สะอาดโดยให้น้ำไหลผ่านกระจกจนไม่เหลือคราบของน้ำยาล้างจานจากนั้นเทน้ำออกจนหมดเทน้ำเปล่าลงในสล๊อตล้างกระจก แล้วนำไปสั่นในเครื่องอุตราโซนิค เป็นเวลา 15 นาที แล้วเทน้ำเปล่าออกจนหมด เทน้ำปราศจากไอออน (น้ำ DI) ลงในสล๊อตล้างกระจก แล้วนำไปสั่นในเครื่องอุตราโซนิค (Ultrasonic) เป็นเวลา 15 นาทีเทน้ำปราศจากไอออน (Dioniz water) ออกจนหมด สุดท้ายเทสารเอทานอลจนท่วมกระจก แล้วนำไปสั่นในเครื่องอุตราโซนิค เป็นเวลา 15 นาทีแล้วเทสารเอทานอลออกจนหมด คีบกระจกขึ้นมาทีละชิ้นทำการเป่าแห้งด้วยไดร์เป่าผมและเก็บไว้ในกล่องนำกระจกนำไฟฟ้า (FTO) ที่ล้างแล้ว ตัดเป็น 4 ส่วนด้วยปากกาหัวเพชร จากนั้นเก็บไว้ในภาชนะที่สะอาด**ดังรูปที่ 3.2**



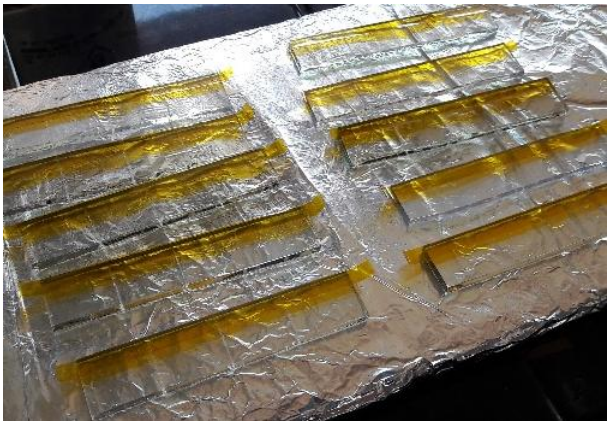
(ก) **(ข)**

รูปที่ 3.2 แสดงการเตรียมกระจกนำไฟฟ้า (FTO)
(ก) นำกระจกนำไฟฟ้า (FTO) ลงในสล๊อตล้างกระจก
(ข) นำไปล้างด้วยการสั่นในเครื่องอุตราโซนิค (Ultrasonic)

ขั้นที่ 2 การเคลือบชั้น blocking layer TiO_2 ด้วยเทคนิคสปิน (spin coating)

1. นำสาร Titanium diisopropoxide bis ($C_{16}H_{28}O_6Ti$) 0.5 มิลลิลิตรผสมกับ isopropanal ($(CH_3)_2CHOH$) 10 มิลลิลิตรแล้วนำไปสั่นด้วยเครื่องอุตราโซนิค 20 นาที

2. นำกระจกนำไฟฟ้าที่ล้างแล้วมาติดเทปสำหรับมาร์คกิ้ง (kapton tape) ที่ริมของขอบด้านใดด้านหนึ่งของกระจกนำไฟฟ้าเพื่อใช้สำหรับทำเป็นขั้วนำไฟฟ้า**ดังรูปที่ 3.3**



รูปที่ 3.3 แสดงกระจกนำไฟฟ้าที่ติดเทปสำหรับมาร์คกิ้ง (Kapton tape) เพื่อใช้ในการทำเป็นขั้วไฟฟ้า

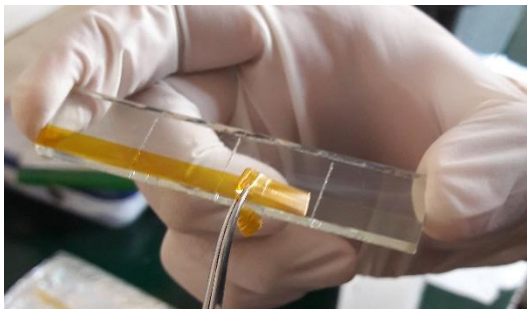
3. นำสารละลายที่ได้จากข้อที่ 1 มาหยดลงบนกระจกนำไฟฟ้าให้ทั่วทั้งแผ่นและทำการสปินด้วยเครื่องสปิน (spin coating) เพื่อให้สารละลายกระจายทั่วกระจกอย่างสม่ำเสมอ โดยตั้งค่าเครื่องสปินเป็นสองขั้นตอนต่อเนื่องกัน คือ ขั้นตอนที่ 1 หมุนด้วยความเร็ว 1000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 วินาที ขั้นตอนที่ 2 หมุนด้วยความเร็ว 1500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 วินาที **ดังรูปที่ 3.4**

(ก) **(ข)**

รูปที่ 3.4 แสดงการเคลือบ blocking layer ด้วย TiO_2
(ก) หยดสารจากข้อที่ 1 ลงบนกระจกนำไฟฟ้า (FTO)
(ข) ทำการสปินด้วยเครื่อง Spin coating

4. หลังจากที่ทำการสปินเสร็จให้ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วก็นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องและทำการเคลือบอีก 2 ชั้น ตามข้อ 3

5. หลังจากเคลือบชั้น blocking layer เสร็จทำการดึงเทปออกเพื่อที่จะนำไปเคลือบชั้น TiO_2 ด้วยเทคนิคสกรีน (screen print) ต่อไป **ดังรูปที่ 3.5**



รูปที่ 3.5 แสดงการดึงเทปสำหรับมาร์คกิ้ง (kapton tape) ออก

ขั้นที่ 3 การเคลือบชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิคสกรีน (Screen print)

1. นำกระจกที่ผ่านการเคลือบ blocking layer มาใส่ในช่องของบล็อกสกรีน (block screen) **ดังรูปที่ 3.6**

รูปที่ 3.6 แสดงการใส่กระจกนำไฟฟ้าในช่องบล็อกสกรีน (block screen)

2. ทำการสกรีนไทเทเนียมไดออกไซด์ (PST-18NR : ขนาดอนุภาค 18 นาโนเมตร) ตรงบริเวณพื้นที่ที่เราต้องการจะเคลือบจากนั้นปาดไทเทเนียมไดออกไซด์ที่อยู่บนบล็อก แล้ววางทับบนกระจกนำไฟฟ้า และปาดไทเทเนียมไดออกไซด์ซ้ำอีกครั้งแล้วทิ้งฟิล์มให้แห้งเป็นเวลา 15นาที **ดังรูปที่ 3.7**

(ก) **(ข)**

รูปที่ 3.7 แสดงการสกรีนไทเทเนียมไดออกไซด์

(ก) เทไท เทเนียมไดออกไซด์ลงบล็อก

(ข) ทำการสกรีนไทเทเนียมไดออกไซด์

3. นำฟิล์มที่ได้ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำตามข้อ 2และข้อ3 อีก 4 รอบ จะได้ชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์ทั้งหมด 5 ชั้น

4. เก็บไว้ในภาชนะที่สะอาดและปราศจากความชื้น

(ก) **(ข)**

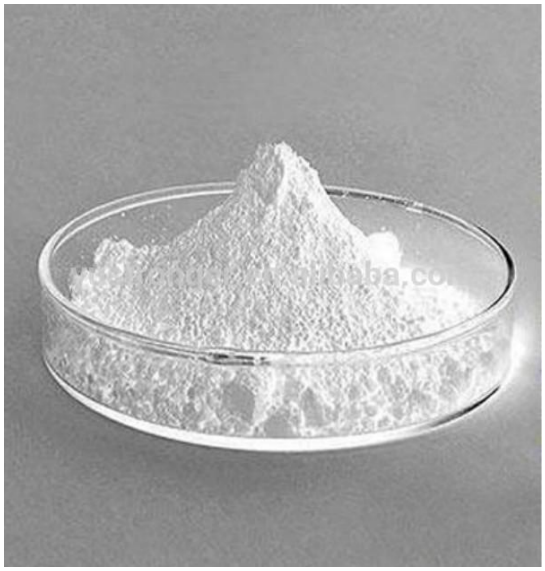
รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างที่ทำการเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิคสกรีน

(ก) ตัวอย่างก่อนเผาที่ทำการเคลือบด้วยเทคนิคสกรีน

(ข) ตัวอย่างหลังเผาที่ทำการเคลือบด้วยเทคนิคสกรีน

ขั้นที่ 4 การเตรียมสารละลายคอลลอยด์ไท เทเนียมไดออกไซด์สำหรับฉีดพ่นเพื่อทำชั้นกระเจิงแสงไทเทเนียมไดออกไซด์

ขั้นตอนการเตรียมสารละลายคอลลอยด์ไทเทเนียมไดออกไซด์ โดยเริ่มจากการนำผงไท เทเนียมไดออกไซด์ขนาดอนุภาคระดับนาโนเมตรมาชั่งด้วยเครื่องชั่งระบบดิจิตอลความละเอียดสูง (ทศนิยมสี่ตำแหน่ง) ให้ได้ปริมาณตามที่ต้องการคือ 0.7547 กรัม นำสารที่ชั่งมาผสมกับเอทิลแอลกอฮอล์ (99.99 %) ในปริมาณ 100 มิลลิลิตร นำไปคนสารด้วยเครื่องกวนสารละลายโดยอาศัยแม่เหล็ก (magnetic stirrer) ที่ความเร็วระดับ 6 เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นก็จะได้สารละลายคอลลอยด์ไทเทเนียมไดออกไซด์ (มีความเข้มข้น 0.75 % โดยน้ำหนัก) เก็บไว้ในขวดแก้วเพื่อทำการเคลือบต่อไป



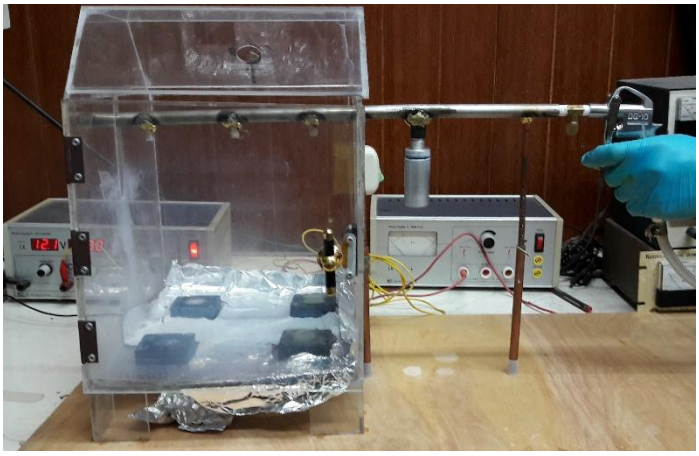
(ก) **(ข)**

รูปที่ 3.9 แสดงการเตรียมสารละลายคอลลอยด์ไทเทเนียมไดออกไซด์
(ก) ผงไทเทเนียมไดออกไซด์ (Degussa P25)
(ข) การเตรียมสารละลายคอลลอยด์ไทเทเนียมไดออกไซด์

ขั้นที่ 5 การเคลือบชั้นกระเจิงแสงไท เทเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีการฉีดพ่น (spray coating)

1. ทำการเคลือบชั้นกระเจิงแสงไท เทเนียมไดออกไซด์ลงบนแผ่นกระจกนำไฟฟ้าด้วยวิธีการฉีดพ่นตามเงื่อนไขการเคลือบชั้นกระเจิงแสงไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีการฉีดพ่นที่อุณหภูมิห้อง ดังตารางที่ 10.1 โดยให้ฐานวางแผ่นกระจกนำไฟฟ้าหมุนขณะทำการฉีด

พ่น โดยทุกตัวอย่างควบคุมการกดฉีดครั้งละ 2 วินาที อัตราการฉีดพ่นที่ 4 ลิตรต่อนาที เมื่อทำการเคลือบด้วยวิธีการฉีดพ่นเสร็จจะพัก 10 นาที เพื่อให้อนุภาคไททาเนียมตกลงบนกระจกที่ต้องการเคลือบ



รูปที่ 3.10 แสดงการฉีดพ่นชั้นกระเจิงแสงไทเทเนียมไดออกไซด์

2. นำตัวอย่างที่เคลือบชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์แล้วไปเผา (sinter) ที่อุณหภูมิ 450 - 500 $^{\circ}$C เป็นเวลา1 ชั่วโมง

รูปที่ 3.11 แสดงการนำตัวอย่างไปเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูง

3. เก็บไว้ในภาชนะที่สะอาดและปราศจากความชื้น

(ก) **(ข)**

รูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างที่ทำการเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิคสเปรย์
(ก) ตัวอย่างก่อนเผาที่ทำการเคลือบด้วยเทคนิคสเปรย์
(ข) ตัวอย่างหลังเผาที่ทำการเคลือบด้วยเทคนิคสเปรย์

ตารางที่ 3.1 แสดงเงื่อนไขการเคลือบชั้นกระเจิงแสงไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีการฉีดพ่นที่อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่าง	ตัวแปรควบคุม			จำนวนการกดฉีดพ่น (ครั้ง)
	อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)	ความเร็ว (รอบต่อนาที)	อุณหภูมิ (°C)	
T001	4	3000–4000	25	5
T002				10
T003				15
T004				20

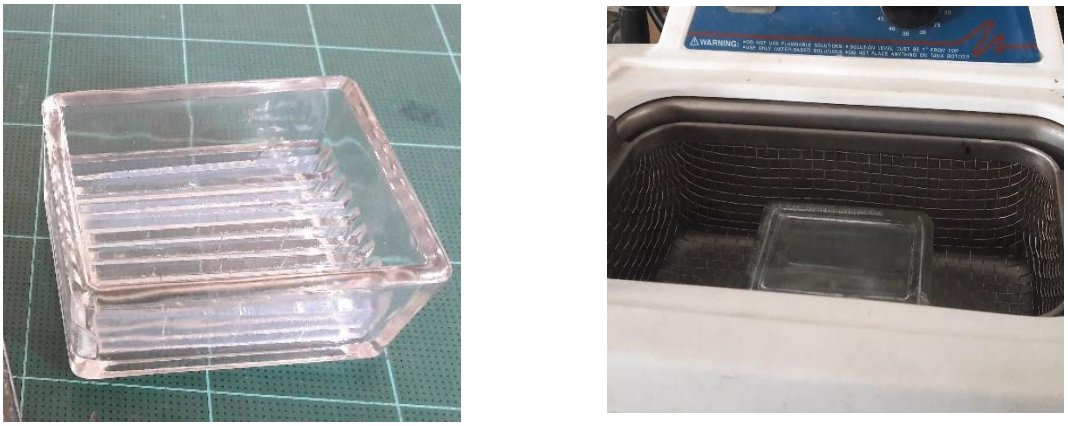
ขั้นที่ 6 วิเคราะห์เพื่อหาเงื่อนไขการเคลือบชั้นกระเจิงแสงไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เหมาะสม

1. นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ทางสัณฐาน และความหนาของชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วย สมบัติเชิงโครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction) สมบัติการสะท้อนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิตสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (UV-vis

spectrophotometer) วัดความหนาด้วยภาพถ่ายภาคตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจ์ (Scanning Electron Microscopy, SEM)

ขั้นที่ 7 การทำขั้วเคาน์เตอร์

1. ทำการตัดกระจกนำไฟฟ้า (FTO) ขนาด 1.5 x 7.5 ตารางเซนติเมตร จำนวน 10 แผ่นนำกระจกนำไฟฟ้าขนาด 1.5 x 7.5 ตารางเซนติเมตรที่ตัดเตรียมทำเซลล์วางในสล๊อตล้างกระจกใส่น้ำให้ท่วมกระจกแล้วหยดน้ำยาล้างจานลงในสล๊อตล้างกระจกนำไปสั่นในเครื่องอุตราโซนิคเป็นเวลา 15 นาทีแล้วล้างด้วยน้ำเปล่าให้สะอาดโดยให้น้ำไหลผ่านกระจกจนไม่เหลือคราบของน้ำยาล้างจานจากนั้นเทน้ำออกจนหมด เทน้ำเปล่าลงในสล๊อตล้างกระจก แล้วนำไปสั่นในเครื่องอุตราโซนิคเป็นเวลา 15 นาที แล้วเทน้ำเปล่าออกจนหมด เทน้ำปราศจากไอออน (น้ำ DI) ลงในสล๊อตล้างกระจก แล้วนำไปสั่นในเครื่องอุตราโซนิคเป็นเวลา 15 นาทีเทน้ำปราศจากไอออน (Dioniz water) ออกจนหมด สุดท้ายเทสารเอทานอลจนท่วมกระจก แล้วนำไปสั่นในเครื่องอุตราโซนิคเป็นเวลา 15 นาที แล้วเทสารเอทานอลออกจนหมด คีบกระจกขึ้นมาทีละชิ้น ทำการเป่าแห้งด้วยไดร์เป่าผมและเก็บไว้ในกล่องนำกระจกนำไฟฟ้าที่ล้างแล้ว ตัดเป็น 4 ส่วน ด้วยปากกาหัวเพชร จากนั้นเก็บไว้ในภาชนะที่สะอาด**ดังรูปที่ 3.13**



(ก) **(ข)**

รูปที่ 3.13 แสดงการเตรียมกระจกนำไฟฟ้า

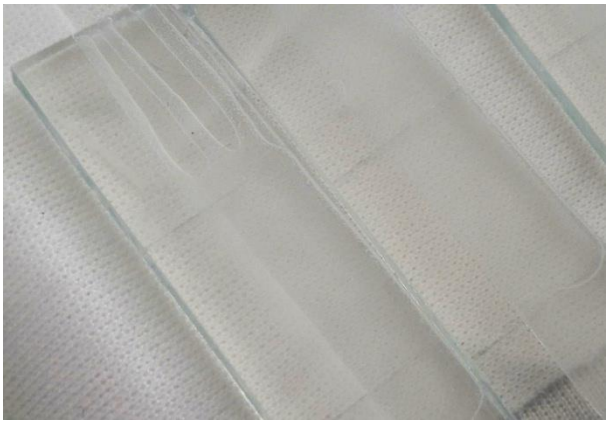
(ก) นำกระจกนำไฟฟ้าลงในสล๊อตล้างกระจก

(ข) นำไปล้างด้วยการสั่นในเครื่องอุตราโซนิค

2. นำกระจกนำไฟฟ้าที่ล้างแล้วมาติดเทปสำหรับมาร์คกิ้งที่ริมของขอบด้านใดด้านหนึ่งของกระจกนำไฟฟ้าเพื่อใช้สำหรับทำเป็นขั้วนำไฟฟ้า **ดังรูปที่ 3.14**

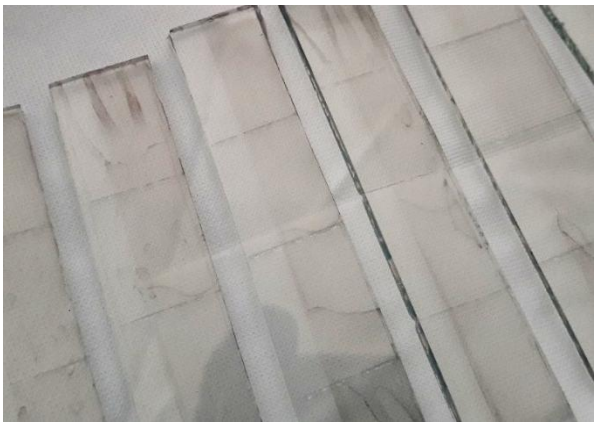
รูปที่ 3.14 แสดงกระจกนำไฟฟ้าที่ติดเทปสำหรับมาร์คกิ้งเพื่อใช้ในการทำเป็นขั้วไฟฟ้า

3. นำสารละลายแพลทินัม (Platinum, Pt) หยดลงบนกระจกนำไฟฟ้าให้ทั่วทั้งพื้นที่ จากนั้นทำการเคลือบด้วยเทคนิคสปิน (spin coating) โดยตั้งค่าเครื่องสปินเป็นสองขั้นตอนต่อเนื่องกัน คือ ขั้นตอนที่ 1 หมุนด้วยความเร็ว 500 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 วินาทีขั้นตอนที่ 2 หมุนด้วยความเร็ว 1000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 60 วินาที



รูปที่ 3.15 แสดงตัวอย่างก่อนเผาที่ทำการเคลือบแพลทินัม (Platinum, Pt) ด้วยเทคนิคสปิน

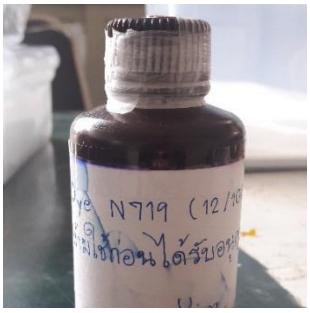
4. นำกระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วย Pt ไปเผาที่อุณหภูมิ 450 - 500 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง รอให้อุณหภูมิเย็นลงที่อุณหภูมิห้องก็จะได้ขั้วเคาน์เตอร์ที่พร้อมใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์

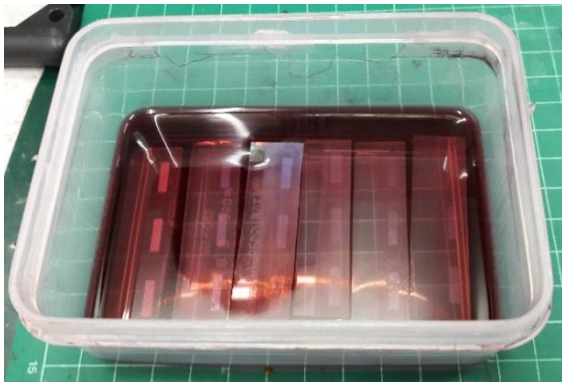


รูปที่ 3.16 แสดงตัวอย่างหลังเผาที่ทำการเคลือบแพลทินัม (Platinum, Pt) ด้วยเทคนิคสปิน

ขั้นที่ 8 การแช่สารสีย้อมไวแสง (Dye sensitizer immersion)

1. นำชั้นไท เทเนียมไดออกไซด์ที่เผาเสร็จแล้วมาแช่ในสารละลาย (Di-tetrabutylammonium cis-bis(isothiocyanato)bis(2,2’-bpyridyl-4,4’-dicarboxylato) Ruthenium (II), Dye N719) ความเข้มข้น 0.0356 กรัม ในสาร Acetonenitrile และ Butands ในอัตราส่วน 50/50 โดยปริมาตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง





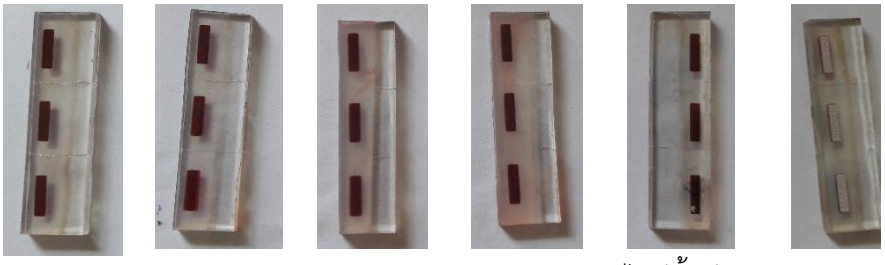
(ก) **(ข)**

รูปที่ 3.17 แสดงการแช่ชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์ลงในสารละลาย Dye ชนิด N719

(ก) สารละลาย Dye ชนิด N719

(ข) แช่ชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์ลงในสารละลาย Dye ชนิด N719

2. หลังจากแช่ครบ 24 ชั่วโมงแล้ว เราจะนำฟิล์มมาล้างด้วยเอทานอล เพื่อให้เม็ดสีที่เกาะไม่แน่นนั้นหลุดออกและพร้อมที่จะประกอบเซลล์



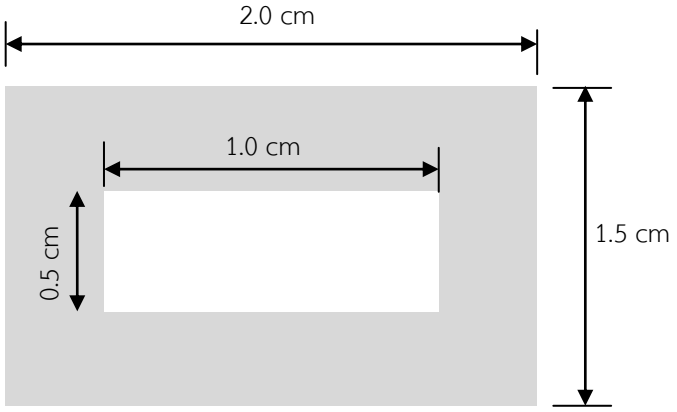
ฉีด 5 ครั้ง ฉีด 10 ครั้ง ฉีด 15 ครั้ง ฉีด 20 ครั้ง ไม่มีชั้นฉีดพ่น มาตรฐาน (STD.)

รูปที่ 3.18 แสดงตัวอย่างหลังแช่ชั้นไทเทเนียมไดออกไซด์ลงในสารละลาย Dye ชนิด N719

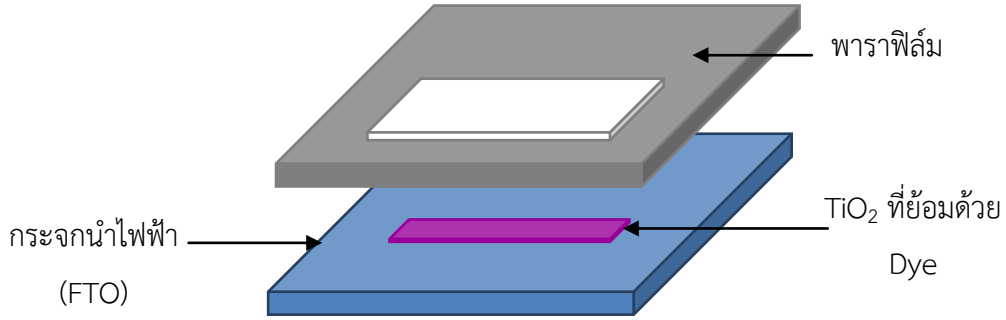
ตอนที่ 3 การประกอบเซลล์และการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์

ขั้นที่ 1 การประกอบเซลล์แสงอาทิตย์

1. ตัดแผ่นพาราฟิล์มให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 1.5 x 2 ตารางเซนติเมตรและตัดช่องตรงกลางขนาด 0.5 x 1 ตารางเซนติเมตร **ดังรูปที่ 3.19** และนำไปวางไว้บนขั้วเวิร์คกิ้ง โดยให้ช่องว่างตรงกลางของพาราฟิล์มตรงกับช่องของฟิล์ม TiO_2 ที่สกรีนไว้ **ดังรูปที่ 3.20**

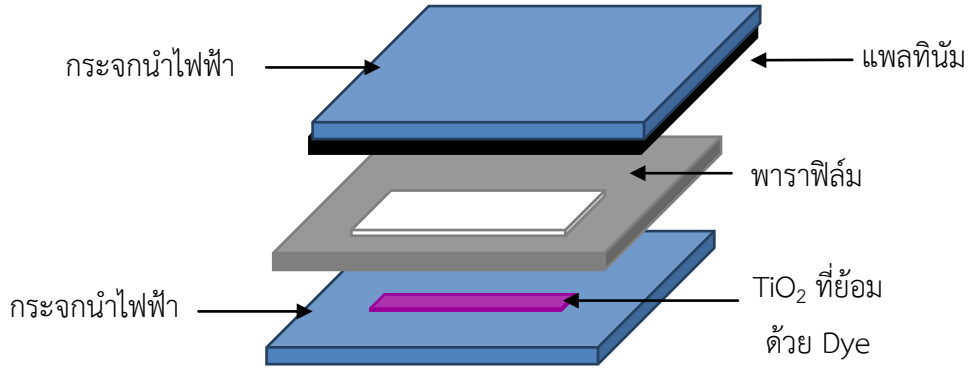


รูปที่ 3.19 แสดงขนาดของพาราฟิล์ม



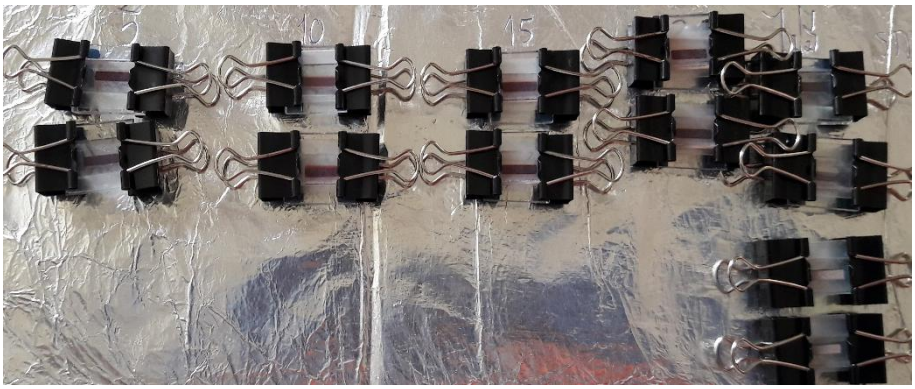
รูปที่ 3.20 แสดงการนำพาราฟิล์มไปวางบนขั้วเวิร์คกิ้ง

2. นำขั้วไฟฟ้าเวิร์คกิ้งอิเล็กโทรดและขั้วไฟฟ้า เคาน์เตอร์อิเล็กโทรดมาประกบเยื้องกันโดยให้แผ่นพาราฟิล์มคั่นกลางระหว่างขั้วไฟฟ้าเวิร์คกิ้งอิเล็กโทรด และขั้วไฟฟ้าเคาน์เตอร์อิเล็กโทรดโดยให้ช่องว่างตรงกลางของแผ่นพาราฟิล์มตรงกับชั้นไท เทเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบไว้ **ดังรูปที่ 3.21**



รูปที่ 3.21 แสดงเซลล์ที่ประกบเรียบร้อยแล้ว

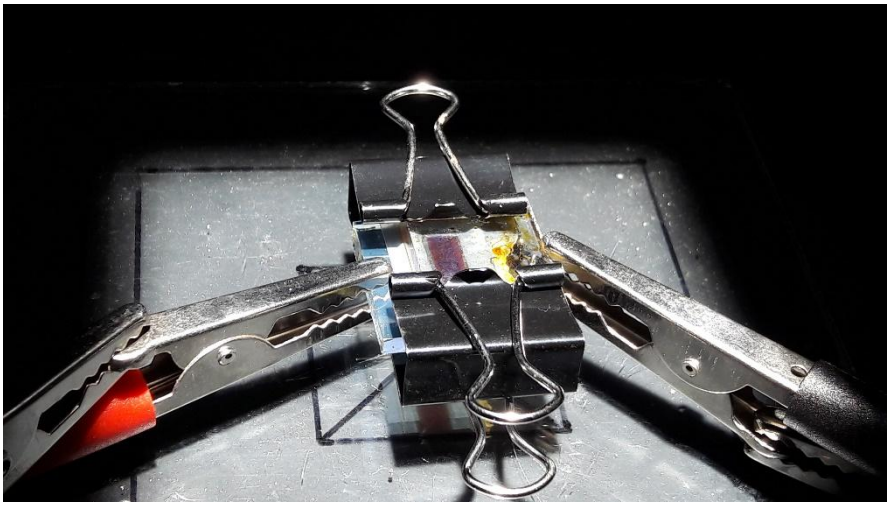
3. ใช้คลิปหนีบเซลล์ไว้ข้างหนึ่งก่อน จากนั้นให้แง้มกระจกออกนิดหน่อยแล้วฉีดสารละลายอิเล็กโตรไลต์เข้าไปในเซลล์ จนสารละลายอิเล็กโตรไลต์ซึมเข้าไปจนเต็มช่องตรงกลางของแผ่นพาราฟิล์มที่เปิดไว้ โดยไม่ให้มีช่องว่างเหลืออยู่แล้วปิดกระจกลงตามเดิมใช้คลิปมาหนีบเซลล์อีกข้าง เพื่อไม่ให้อิเล็กโทรไลต์ไหลออกมา **ดังรูปที่ 3.22**



รูปที่ 3.22 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

ขั้นที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์

1. นำเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประกอบเซลล์แสงอาทิตย์เสร็จแล้วไปทำการวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยเครื่องวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐาน (Solar Simulator, AM 1.5, 100 mW/cm^2)



รูปที่ 3.23 แสดงการวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์

2. นำผลของประสิทธิภาพที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับชั้นกระเจิงแสงไทเทเนียมไดออกไซด์สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง