บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยกระบวนการพลาสมา โดยการพัฒนาเทคนิคและวิธีการสำหรับใช้กับการปรับปรุงพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์แบบยืดหยุ่นได้ และทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวหลังจากผ่านกระบวนการปรับปรุงพื้นผิว ด้วยการวิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้จากการสอบสวนด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ประเภทต่างๆ ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนดำเนินการศึกษาวิจัย

โดยงานวิจัยในครั้งนี้จะแบ่งการศึกษาและวิจัยออกเป็น 2 ช่วงด้วยกันนั่นคือ

1. การสร้างชั้นฟิล์ม ITO โดยใช้กระบวนการพลาสมา
2. การปรับปรุงพื้นผิวของชั้นในเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้กระบวนการพลาสมา

ซึ่งการศึกษาและวิจัยทั้ง 2 ช่วงนี้เป็นการแสดงถึงการพัฒนาเทคนิคและวิธีการใหม่สำหรับการสร้างฟิล์มบางและการปรับปรุงพื้นผิวของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่มีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานแสดงในแผนผังขั้นตอนในรูปที่ 3.1

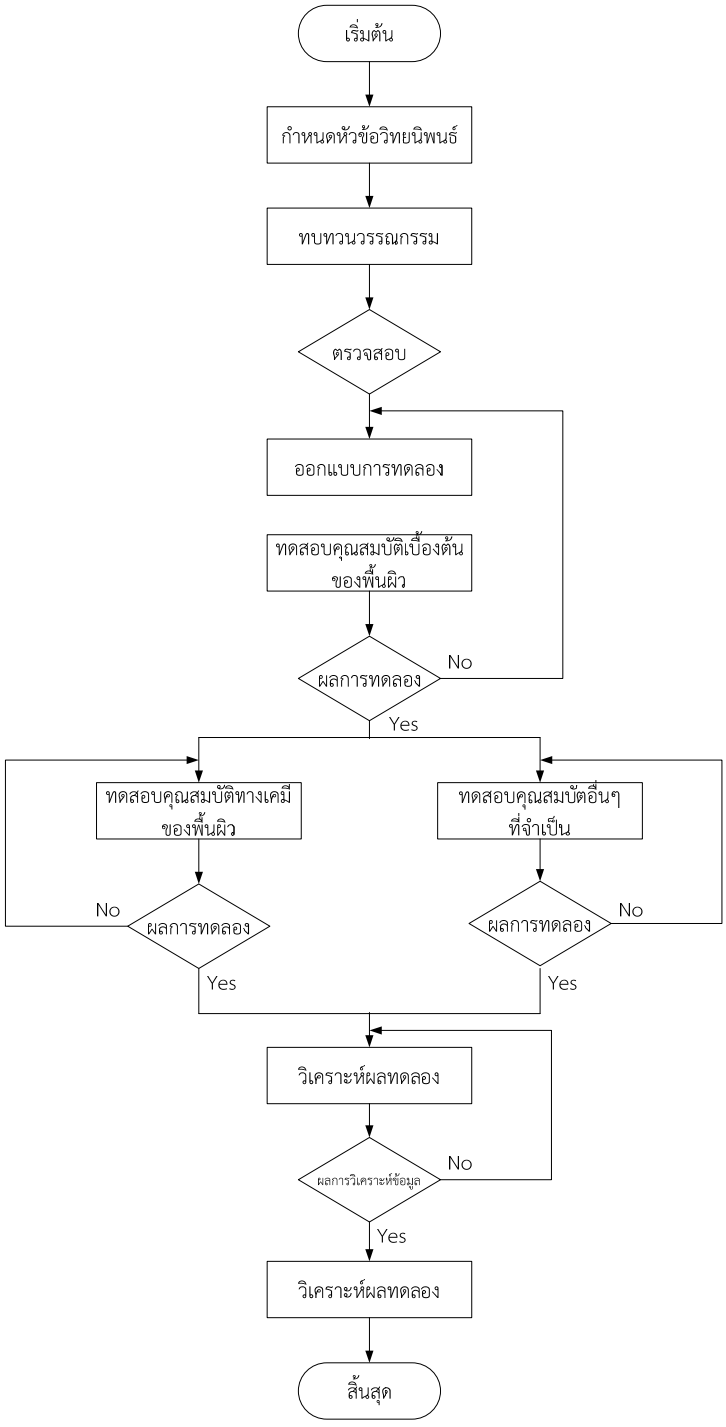
3.2 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ขั้นตอนแรกของการทดลอง คือ การศึกษาข้อมูลเพื่อเป็นประโยชน์ในการออกแบบการทดลอง และเป็นประโยชน์สำหรับการทดลอง โดยมีข้อมูลเบื้องต้นที่จะศึกษาดังนี้

3.2.1 กระบวนการเคลือบฟิล์มโดยวิธีต่างๆ

ฟิล์มบาง คือ ชั้นของวัสดุที่เรียงตัวอยู่บนชิ้นงานที่มีความหนาอยู่ในระดับนาโนเมตร จนถึงในระดับไมโครเมตร ซึ่งโดยหลักๆ แล้วเราจะประยุกต์ใช้ฟิล์มบางในด้านต่างๆ ของอุตสาหกรรมเช่น อุตสาหกรรมยานยนต์, อุตสาหกรรมโลหะ, หรืออุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยที่อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ได้มีการใช้ประโยชน์จาดฟิล์มบางเป็นอย่างมากเช่นในการผลิตแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งในโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ นั้นก็ต้องมีการปลูกผลึกขึ้นมาที่มีลักษณะเป็นฟิล์มบางในชั้นต่างๆของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่กระบวนการปลูกผลึกฟิล์มบางนั้นมีมากมายหลายวิธี ซึ่งโดยหลักๆ แล้วจะสามารถแบ่งออกไปได้วิธีใหญ่ๆ คือ การเคลือบฟิล์มทางฟิสิกส์ (Physical Deposition) และการเคลือบฟิล์มทางเคมี (Chemical Deposition) ตัวอย่างการเคลือบฟิล์มทางฟิสิกส์ เช่น Evaporation และ Sputtering ซึ่งกระบวนการเคลือบฟิล์มทั้ง 2 แบบ นี้จะอาศัยหลักการทางฟิสิกส์มาเกี่ยวข้องกับการเคลือบฟิล์ม และ

ตัวอย่างกระบวนเคลือบฟิล์มทางเคมี เช่น Sol – Gel, Dip Coating หรือกระบวนการเคลือบฟิล์มเป็นไอระเหยเคมี โดยในงานวิจัยชิ้นนี้มุ่งสร้างการทำงานกับฟิล์มบางสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้พลาสมาแบบไอระเหยเคมีเป็นหลัก



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

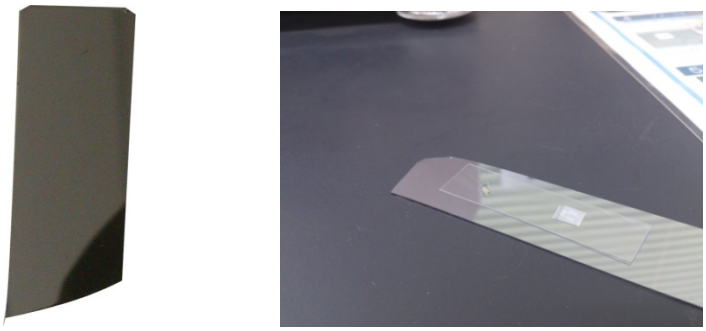
3.2.2 ศึกษาการหลักทำงานของเครื่องมือชนิดต่างๆ

1) เครื่อง Plasma chemical vapor deposition
2) เครื่องวัดมุมสัมผัสของน้ำ (Water angle meter)
3) เครื่อง X-ray Photoelectron Spectroscopy
4) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope (SEM))
5) สเปกโทรสโคปีพลังงานกระจาย (Energy Dispersive Spectroscopy, EDS)

3.3 การออกแบบการการดำเนินทดลอง

3.3.1 วัสดุที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง

วัสดุที่ถูกเคลือบด้วยระบบพลาสมาแบบไอระเหยเคมีเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของพื้นผิว คือชั้นของสารกึ่งตัวนำซิลิกอนออกไซด์ ด้วยการใช้แผ่นซิลิกอนทดแทนชั้นสารกึ่งตัวนำดังกล่าว และพื้นผิวที่เป็นพลาสติกชนิด PEN นอกจากนี้ยังทำการศึกษากระบวนการสร้างฟิล์ม ITO บนวัสดุที่ยืดหยุ่นที่เป็นพลาสติกแบบ PEN โดยใช้กระบวนการพลาสมาแบบไอระเหยเคมี ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผ่นซิลิกอน กับ PEN

3.3.2 สารเคมีที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง

1) อินเดียม ทิน ออกไซด์ (Indium Tin Oxide : ITO)
2) อะซิโตน (Acetone : CH_3COCH_3)
3) เมทานอล (Methanol : CH_3OH)
4) น้ำปราศจากไอออน (Deionized Water : Di)
5) แก๊สอาร์กอน (Ar)
6) แก๊สอ๊อกซิเจน (O_2)

3.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มตามลักษณะการใช้งานในแต่ละขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

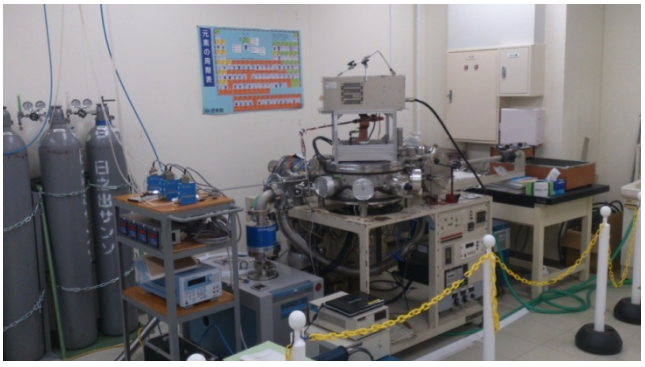
3.3.3.1 อุปกรณ์สำหรับเตรียมตัวอย่างก่อนการเคลือบผิว

เครื่องล้างความถี่สูง (ULTRASONIC CLEANER) รุ่น USK TYPE ยี่ห้อ AS ONE ใช้เป็นอุปกรณ์ทำความสะอาดชิ้นงานก่อนเข้าก่อนเข้าสู่กระบวนการเคลือบพื้นผิว ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 เครื่องล้างความถี่สูง

3.3.3.2 อุปกรณ์สำหรับการเคลือบผิว

เครื่องพลาสมาแบบไอระเหยเคมี เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตฟิล์มบาง หรือปรับปรุงคุณสมบัติของพื้นผิวด้วยกระบวนการทำพลาสมาโดยที่ห้องสุญญากาศมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 430 มิลลิเมตร และอิเล็กโทรดอยู่ห่างจากกัน 20 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอิเล็กโทรดเป็น 200 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.4



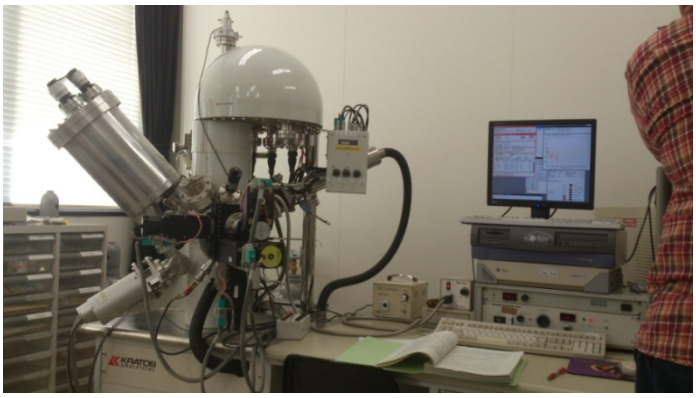
รูปที่ 3.4 เครื่องพลาสมาแบบไอระเหยเคมี

3.3.3.3 อุปกรณ์สำหรับตรวจสอบ

1) เครื่องวัดมุมสัมผัสของน้ำ Water angle meter เป็นเครื่องมือที่ใช้ทดสอบการทำปฏิกิริยาทางเคมีเบื้องต้นพื้นผิว ซึ่งการทดสอบจากเครื่องทดสอบชิ้นนี้เป็นการทดสอบพื้นผิวเบื้องต้นในการทดสอบคุณสมบัติการชอบน้ำที่เกิดขึ้นกับพื้นผิว ที่จะมีความสัมพันธ์กับราดิคอลที่เกิดขึ้นหลังผ่านกระบวนการพลาสมา จากการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ในระบบดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 เครื่อง Contact angle meter

2) เครื่อง X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) เป็นเครื่องที่ใช้วิเคราะห์เชิงปริมาณ ที่สามารถให้ข้อมูลปริมาณทางเคมีที่ระดับผิวของชิ้นงาน เพื่อศึกษาโครงสร้างของฟิล์มบางที่ยึดเกาะบนพื้นผิวที่ผ่านกระบวนการเคลือบด้วยระบบพลาสมาว่ามีปริมาณการยึดเกาะของธาตุชนิดต่างๆ ในปริมาณเท่าใด ซึ่งต้องไปทำการวิเคราะห์หาความสอดคล้องของธาตุที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวดังกล่าวอีกครั้งหนึ่ง ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เครื่อง X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS)

3) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope (SEM)) เป็นเครื่องมือที่ใช้ทดสอบและแสดงภาพของพื้นผิวในระดับนาโนเมตร เพื่อหาความเป็นผลึกของพื้นผิว รูปร่างของเนื้อฟิล์มที่ถูกสร้างรวมทั้งความขรุขระที่เกิดขึ้นกับชันฟิล์ม
4) สเปกโทรสโคปีพลังงานกระจาย (Energy Dispersive Spectroscopy, EDS) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มโดยส่วนมากจะใช้เป็นอุปกรณ์ต่อร่วมกันกับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่ใช้หลักการของการใช้รังสีเอ๊กยิงอิเล็กตรอนเข้าไปในวัสดุที่จะทำการวิเคราะห์ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

3.4 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้แบ่งขั้นตอนในการดำเนินการทดลองเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. ทำการทดลองโดยการสร้างฟิล์ม ITO โดยใช้เทคนิค Naturatron Sputtering
2. ทำการทดลองโดยการทรีทเมนต์พื้นผิวโดยใช้เทคนิค Low-pressure high-frequency plasma chemical vapor deposition

โดยการดำเนินการทดลองทั้งสองมีขั้นตอนหลักๆ คือ การเตรียมชิ้นงานก่อนการเคลือบผิว, การเคลือบผิวโดยใช้พลาสมา และการตรวจสอบพื้นผิวซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานก่อนการเคลือบผิวโดยการใช้เทคนิค Naturatron Sputtering และ Low-pressure high-frequency plasma chemical vapor deposition

1) นำชิ้นงานที่ต้องการทำการปรับปรุงพื้นผิวหรือทำการสร้างฟิล์มตัดมีขนาดโดยกว้างประมาณ 3 เซนติเมตร และยาว 2 เซนติเมตร โดยใช้ของเหลวอะซิโตนเป็นตัวชะล้าง

หลังจากนั้นใช้เครื่องล้างความถี่สูงทำความสะอาด 30 นาที โดยให้ความร้อนเป็นอุณหภูมิ ที่ 50 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3.8 เครื่องล้างความถี่สูงสำหรับการทดสอบ

2) นำชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างความถี่สูง มาทำความสะอาดด้วยเมทานอลซ้ำอีกครั้งจึงจะนำชิ้นงานเข้าไปในห้องสุญญากาศ เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกจากอากาศเพราะจะส่งผลต่อการเคลือบ ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 การทำความสะอาดชิ้นงานด้วยเมทานอล

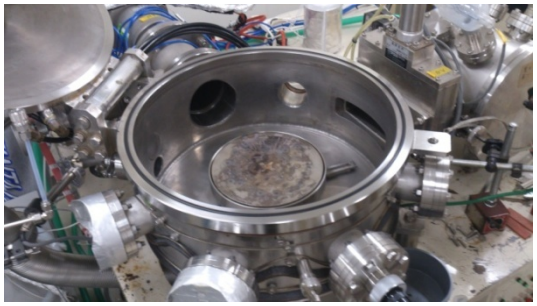
3.4.2 ขั้นตอนกระบวนการเคลือบผิว

โดยในที่นี้จะแบ่งออกเป็นสองส่วนด้วยกันคือการใช้เทคนิค Naturatron Sputtering กับการใช้เทคนิค Low-pressure high-frequency plasma chemical vapor deposition โดยมีรายละเอียดดังนี้

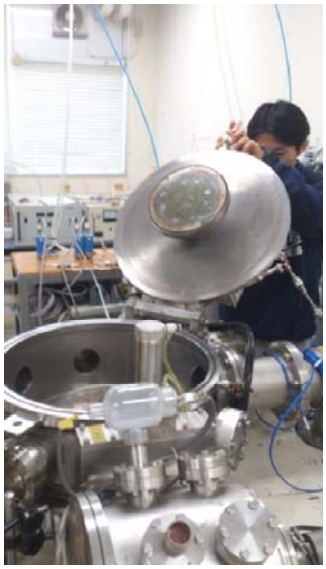
3.4.2.1 การใช้เทคนิค Naturatron Sputtering

สำหรับขั้นตอนการสร้างฟิล์มบาง ITO กับพื้นผิวที่เป็นวัสดุยืดหยุ่นแบบ PEN นั้นมีขั้นตอนดังนี้

1) ทำการพัฒนาระบบการสร้างฟิล์ม ITO ที่เป็นระบบ Naturatron Sputtering System กับเครื่องพลาสมาไอระเหยเคมี โดยใช้แม่เหล็กและ ITO target วางอยู่บนอิเล็กโทรดทั้งสองด้านในห้องสุญญากาศ ดังรูปที่ 3.10 และ 3.11

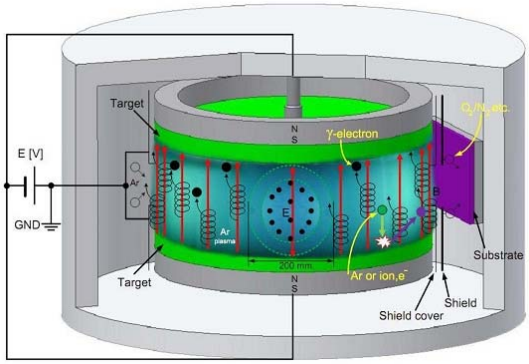


รูปที่ 3.10 อิเล็กโตรดด้านล่างของเครื่องพลาสมา



รูปที่ 3.11 อิเล็กโตรดด้านบนของเครื่องพลาสมา

2) ทำการเชื่อมต่อสายและระบบต่างๆ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการสร้างฟิล์ม ITO ดังรูปที่ 3.12 ซึ่งจะให้ตัวอย่างที่เป็น PEN film อยู่ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง โดยมีขนาดของ ITO target (Sn: 5 wt%)เป็น 100×500 mm^2



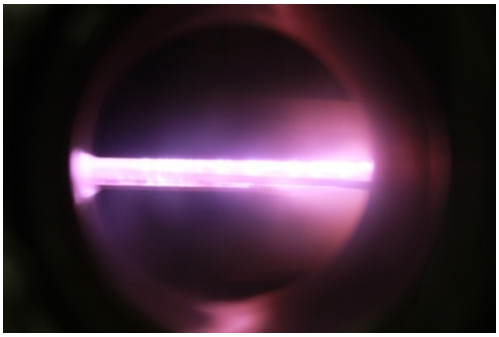
รูปที่ 3.12 ไดอะแกรมของระบบพลาสมาแบบ Naturatron Sputtering

3) ในขั้นแรกทำการควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการสร้างฟิล์มโดยทดลองปรับอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนทำการผสมกับก๊าซอาร์กอนในระบบซึ่งมีอัตราการไหลดังตารางที่ 3.1 โดยที่พารามิเตอร์อื่นเช่น ความดัน พลังงาน ระยะห่างระหว่างสารเคลือบถึงวัสดุรองรับมีการตั้งค่าไว้คงที่อันเนื่องจากระบบนี้ไม่สามารถที่จะปรับเปลี่ยนได้ โดยที่ใช้เวลาในการเคลือบ (Deposition time) ไม่น้อยกว่า 60 นาที เพื่อให้เกิดเนื้อฟิล์ม

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่ใช้กระบวนการพลาสมาแบบ Naturatron Sputtering

พารามิเตอร์	**ค่าที่กำหนด**
ความดัน (Pressure)	5.6×10^{5} Pa
พลังงาน (RF Power)	1.5 kW
ระยะห่างระหว่างสารเคลือบถึงวัสดุรองรับ	20 mm
แก๊สอาร์กอน	50 L/min
แก๊สออกซิเจน	0-1.5 L/min

4) ชิ้นงานที่ใช้มีทั้งสิ้น 4 ชิ้นงานโดยจะทำการปรับแก๊สออกซิเจนขึ้นครั้งละ 0.5 L/min ต่อการเคลือบในแต่ละครั้งจนถึง 1.5 L/min และจะให้อัตราการไหลของแก๊สอาร์กอนคงที่เป็น 50 L/min จากการทดลองเพื่อที่จะศึกษาดูว่าการปรับเปลี่ยนความดันของแก๊สออกซิเจน ในการเคลือบจะส่งผลอะไรต่อชั้นฟิล์มบาง ITO โดยใช้เทคนิค Naturatron Sputtering ขณะที่พลาสมาที่เกิดจากการเคลือบจะออกเป็นสีม่วงอ่อนดังรูปที่ 3.13 เหตุที่พลาสมามีสีม่วงอ่อนก็เนื่องมาจากการใช้แก๊สอาร์กอนกับออกซิเจนเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยา Ionization ในกระบวนการเคลือบฟิล์มบาง



รูปที่ 3.13 การเกิดพลาสมาขณะทำการเคลือบ

5) หลังได้ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการสร้างฟิล์ม ITO ที่เป็นระบบ Naturatron Sputtering System กับเครื่องพลาสมาไอระเหยเคมีแล้ว จะนำไปทดสอบหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดก่อน ซึ่งหลังจากการทดสอบจะทำให้ทราบถึงพารามิเตอร์ที่ควบคุมต้องใช้ค่าเท่าใดในการสร้างฟิล์ม เราจะทำการสร้างฟิล์มใหม่ขึ้นมาโดยใช้ค่าที่ดีที่สุดในการสร้างฟิล์มเพื่อนำไปวิเคราะห์ผมในเชิงลึกต่อไป

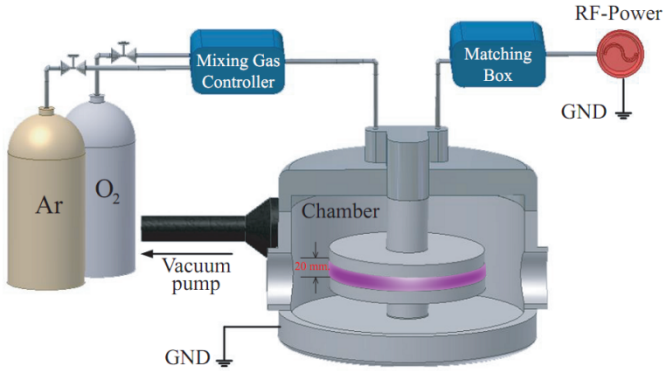
3.4.2.2 การใช้เทคนิค Low-pressure high-frequency plasma chemical vapor deposition

สำหรับขั้นตอนการทรีทเมนต์กับพื้นผิวที่เป็นตัวนำและพลาสติกแบบ PEN นั้นมีขั้นตอนดังนี้

1) ทำการพัฒนาระบบการทรีทเมนต์ด้วยพลาสมากับพื้นผิวที่เป็นตัวนำและพลาสติกแบบ PEN โดยเป็นระบบ Low-pressure high-frequency plasma chemical vapor deposition ดังรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 ระบบพลาสมาแบบ Low-pressure high-frequency plasma chemical vapor deposition

2) ทำการเชื่อมต่อสายและระบบต่างๆเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการทรีทเมนต์พื้นผิวดังรูปที่ 3.15 ซึ่งพื้นผิวที่จะทำการทรีตเมนต์จะวางอยู่ที่อิเล็กโตรดด้านล่างระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสองโดยมีระยะห่างของอิเล็กโทรดเป็น 20 mm.



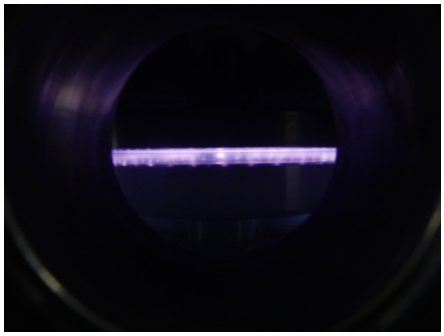
รูปที่ 3.15 ไดอะแกรมของระบบพลาสมาแบบ Low-pressure high-frequency plasma chemical vapor deposition

3) ในขั้นแรกทำการควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการสร้างฟิล์มโดยทดลองปรับอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนที่ผสมเข้าไปในก๊าซอาร์กอนกับในระบบ ปรับค่าพลังงาน และเวลาที่ใช้ในการปรับปรุงพื้นผิวดังตารางที่ 3.2 โดยที่พารามิเตอร์อื่นเช่น ความดัน ระยะห่างระหว่างสารเคลือบถึงวัสดุรองรับมีการตั้งค่าไว้คงที่อันเนื่องจากระบบนี้ไม่สามารถที่จะปรับเปลี่ยนได้

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่ใช้กระบวนการทรีตเมนต์พื้นผิว

พารามิเตอร์	**ค่าที่กำหนด**
ความดัน (Pressure)	3.2×10^{6} Pa
พลังงาน (RF Power)	100-300 W
ระยะห่างระหว่างสารเคลือบถึงวัสดุรองรับ	20 mm
เวลาในการเคลือบ (Deposition time)	1-5 นาที
แก๊สอาร์กอน	10 L/min
แก๊สออกซิเจน	0-0.5 L/min

4) จากตารางที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าตัวแปรที่ทำการปรับเปลี่ยนจะมีอยู่ทั้งสิ้น 3 ตัว ได้แก่ ค่าพลังงาน(RF Power) ซึ่งจะทำการปรับเปลี่ยนเป็นขั้นคือ 100 W, 150 W, 200 W, 250 W และ 300 W ส่วนเวลาในการเคลือบจะทำการปรับเปลี่ยนเป็นขั้นเช่นเดียวกันคือ 1 นาที, 3 นาที และ 5 นาที ส่วนพารามิเตอร์ตัวสุดท้ายที่ทำการปรับเปลี่ยนคืออัตราการไหลของแก๊สออกซิเจนซึ่งจะทำการปรับเปลี่ยนเป็นขั้นเช่นเดียวกันคือ 0.1 L/min, 0.3 L/min และ 0.5 L/min ซึ่งการปรับเปลี่ยนเช่นนี้จะทำให้ทราบถึงเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการทรีตเมนต์พื้นผิวจากวิธีการ Low-pressure high-frequency plasma chemical vapor deposition โดยที่ขณะที่พลาสมาเกิดจากการเคลือบจะออกเป็นสีม่วงอ่อนดังรูปที่ 3.16 เหตุที่พลาสมามีสีม่วงอ่อนก็เนื่องมาจากการใช้แก๊สอาร์กอนกับออกซิเจนเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยา Ionization ในกระบวนการทรีตเมนต์พื้นผิว



รูปที่ 3.16 การเกิดพลาสมาขณะทำการกระบวนการทรีตเมนต์พื้นผิว

5) หลังได้ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการการทรีตเมนต์พื้นผิวจากวิธีการ Low-pressure high-frequency plasma chemical vapor deposition จะนำไปทดสอบหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดก่อน จาก Contact angle meter ซึ่งหลังจากการทดสอบจะทำให้ทราบถึงพารามิเตอร์ที่ควบคุมต้องใช้ค่าเท่าใดในการสร้างฟิล์ม ซึ่งจะทำการสร้างฟิล์มใหม่ขึ้นมาโดยใช้ค่าดังกล่าวในการสร้างฟิล์มเพื่อนำไปวิเคราะห์ในเครื่อง XPS ต่อไป

3.4.3 ขั้นตอนการทดสอบ

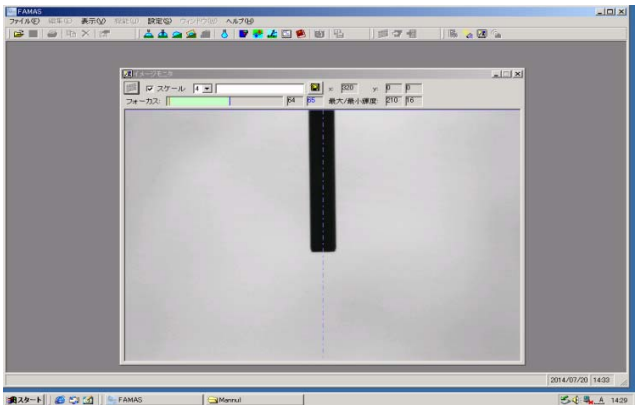
ขั้นตอนในการทดสอบจะใช้เครื่องมือทดสอบดังต่อไปนี้

3.4.3.1 การทดสอบสมบัติการชอบน้ำด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัสของน้ำ (Contact angle meter) ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

1. เตรียมเข็มสำหรับใช้ทำหยดน้ำหยดลงบนชิ้นงานเพื่อทำการทดสอบดังรูปที่ 3.17โดยน้ำที่ใช้ควรจะเป็นน้ำปราศจากไอออน

รูปที่ 3.17 เข็มที่ใช้ทำหยดน้ำในการทดสอบ

2. เปิดเครื่อง Contact angle meter แล้วทำการเปิดคอมพิวเตอร์โดยเข้าโปรแกรม Famas เพื่อไปตั้งค่าในโปรแกรม โดยที่ต้องทำการตั้งค่าของหยดน้ำที่ใช้เป็นปริมาณ 1.0 μL ดังรูปที่ 3.18 เพื่อสร้างฐานขอมูลและบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 3.18 ส่วนแสดงผลของโปรแกรม Famas

3. นำชิ้นงานที่เป็นที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงพื้นผิวจากวิธีการ Low-pressure high-frequency plasma chemical vapor deposition ในพื้นผิวที่เป็นแผ่นซิลิกอนกับ PEN film มาทดสอบสมบัติการชอบน้ำ ดังรูปที่ 3.19 โดยการหยดน้ำปราศจากไอออนลงบนพื้นผิวของชิ้นงาน ตัวเครื่องก็จะทำการประมวลผลและบันทึกผลไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์

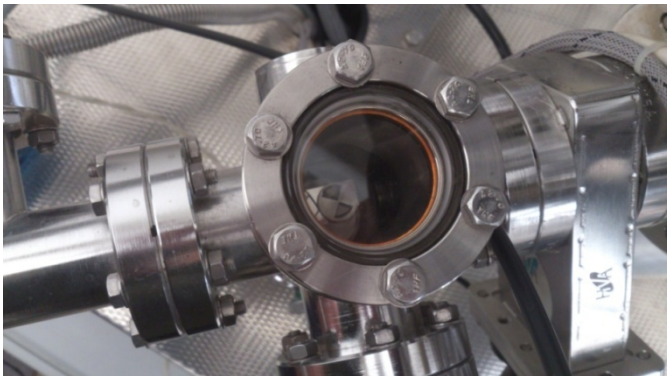
รูปที่ 3.19 การทดสอบสมบัติการชอบน้ำ

3.4.3.2 การทดสอบคุณลักษณะทางเคมีของพื้นผิว ด้วยเครื่อง X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) มีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. นำชิ้นงานที่เป็นผ่านกระบวนการพลาสมามาทำความสะอาดด้วยอะซิโตนแล้วติดลงบน Substrate ดังรูปที่ 3.20 เหตุที่ต้องทำความสะอาดชิ้นงานก่อนนำเข้าเครื่อง XPS เพราะต้องการไม่ให้มีฝุ่นละอองจากอากาศเข้ามาเกาะบนพื้นผิวของชิ้นงาน ถ้ามีฝุ่นละอองมาเกาะก็จะทำให้การวิเคราะห์เกิดการผิดพลาดได้

รูปที่ 3.20 ชิ้นงานที่อยู่บน Substrate

2. ตั้งค่าระบบต่างๆ ของเครื่อง XPS และตั้งค่าอัตราการไหลของแก๊สชนิดต่างๆ ตามคู่มือ จากนั้นนำชิ้นงานเข้าไปในเครื่องดังรูปที่ 3.21 โดยจะนำเข้าไปเกี่ยวกับอุปกรณ์จับยึดของเครื่อง จากนั้นก็ดันชิ้นงานเข้าไปในส่วนที่เป็นห้องสุญญากาศ และวิเคราะห์ผลต่อไป

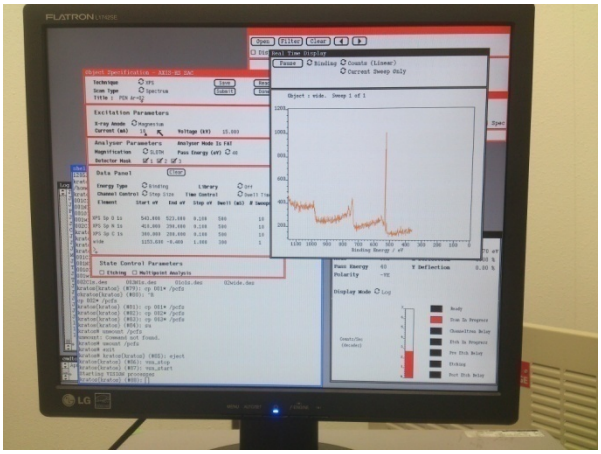


รูปที่ 3.21 ชิ้นงานขณะอยู่ในเครื่อง XPS

3. เปิดคอมพิวเตอร์เข้าไปตั้งค่าในโปรแกรม เลือกที่จะวิเคราะห์คุณลักษณะของพื้นผิวแบบไหน เลือกที่จะวิเคราะห์ปริมาณธาตุใดบ้าง จากนั้นรอเครื่อง XPS ทำสุญญากาศในตัวเครื่องเป็นระยะเวลาประมาณ 30-60 นาที (ค่าความดันไม่น้อยกว่า 9×10^{-9} Torr) ดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 ค่าความดันเครื่อง XPS

4. เมื่อเครื่อง XPS เป็นระบบสุญญากาศที่ค่าความดันไม่น้อยกว่า 9×10^{-9} Torr ก็จะเริ่มทำการทดสอบพื้นผิวในการทดสอบพื้นผิวจะเครื่องจะใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ผลประมาณ 1 ชั่วโมง/ธาตุ/ชิ้นงาน ซึ่งสังเกตเห็นการวิเคราะห์ผลได้จากจอมอนิเตอร์ของคอมพิวเตอร์ ที่จะมีลักษณะเป็นกราฟเส้นดังรูปที่ 3.23 เมื่อวิเคราะห์ผลเสร็จ จะต้องตั้งค่าโปรแกรมเพื่อที่จะบันทึกข้อมูลไว้ในคอมพิวเตอร์และบันทึกใน Floppy Disk (ระบบปฏิบัติการและโปรแกรมเป็นระบบเฉพาะสำหรับเครื่อง XPS เท่านั้น)



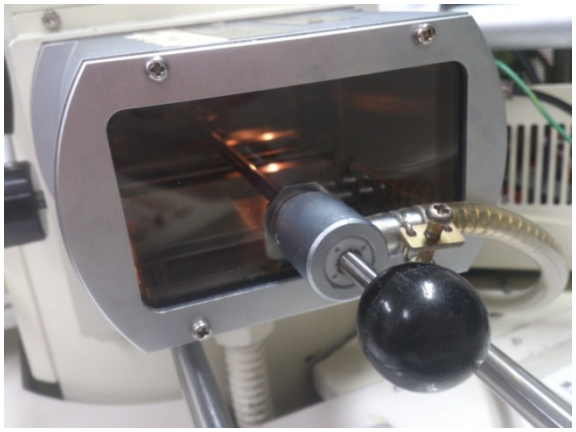
รูปที่ 3.23 ผลการวิเคราะห์ขณะกำลังวิเคราะห์ผล

3.4.3.3 การทดสอบคุณลักษณะของพื้นผิว และองค์ประกอบทางเคมีของพื้นผิว ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope (SEM)) และสเปกโทรสโคปีพลังงานกระจาย (Energy Dispersive Spectroscopy, EDS) มีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. นำชิ้นงานที่เป็นผ่านกระบวนการพลาสมา มาทำความสะอาด ด้วย อะซิโตน แล้วติดลงบน Substrate ดังรูปที่ 3.24

รูปที่ 3.24 แท่นวางชิ้นงานสำหรับทดสอบด้วยเครื่อง SEM/EDS

2. นำชิ้นงานเข้าเครื่องและทำสุญญากาศพร้อมทั้งตั้งค่าระบบต่างๆ ของเครื่อง SEM/EDS ตามคู่มือซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.25 เพื่อที่จะเตรียมทำการทดสอบคุณลักษณะของพื้นผิว



รูปที่ 3.25 การนำชิ้นงานเข้าสู่เครื่อง SEM/EDS

3. ทำการขยายภาพย่อภาพ รวมทั้งปรับมุมภาพต่างๆ เพื่อให้เห็นถึงพื้นผิวของฟิล์มที่ทำการวิเคราะห์โยการควบคุมจากแป้นควบคุมที่ตัวเครื่องพร้อมทั้งดูภาพที่แสดงหน้าจอไปพร้อมกันซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.26 เมื่อได้ภาพที่ต้องการแล้วทำการส่งภาพออกไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการบันทึกค่าออกไปใช้งานโดยจากการใช้งานเครื่องมือสำหรับการทดลองจะทำให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป

รูปที่ 3.26 การวิเคราะห์ผลด้วยเครื่อง SEM/EDS