

### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะศึกษาสมบัติของสิ่งประดิษฐ์รอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ซึ่งเตรียมโดยการเคลือบฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO โดยวิธีแอ็ททีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง ลงบนฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS ซึ่งได้เคลือบไว้บนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจก FTO ดังนั้นจึงต้องเริ่มต้นจากการหาเงื่อนไขการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS เพื่อเคลือบบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์โดยวิธีระเหยสารเคมีด้วยความร้อนภายในระบบสุญญากาศ และหาเงื่อนไขการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO เพื่อเคลือบบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์โดยวิธีแอ็ททีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง จากนั้นจึงศึกษาสมบัติต่างๆ ทางฟิสิกส์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CuO และ CdS ซึ่งได้แก่การศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ศึกษาการส่งผ่านแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าโดยการวัดความต้านทานแผ่นและปรากฏการณ์ฮอลล์ เมื่อได้เงื่อนไขการเตรียมฟิล์มบาง CdS และ CuO ที่เหมาะสมแล้วจึงนำเงื่อนไขเหล่านี้ไปประดิษฐ์เป็นรอยต่อวิวิธพันธุ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ n-CdS/p-CuO ต่อไป

#### 3.1 วิธีการทดลองและเครื่องมือการวิจัย (งามนิศย์, 2545; ฐิตินัย, 2546; ฐิตินัย, 2549; ฐิตินัย, 2550; งามนิศย์, 2558; งามนิศย์, 2551)

##### 3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์

- สารตั้งต้นที่ใช้ประกอบไปด้วย
  - อะซีโตน ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
  - เอทานอล ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )
  - น้ำปอดคประจุ (DI water)
- แผ่นกระจกสไลด์ 12 x 25 มิลลิเมตร
- ปีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิเมตร
- อ่างอัลตราโซนิก

##### 3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำของ CuO ที่เตรียมโดยวิธีแอ็ททีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง

- กระจกสไลด์ใช้เป็นแผ่นฐานรองรับฟิล์มบาง
- อะซีโตน ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
- สำลีสำหรับการเช็ดทำความสะอาด
- เป้าคอปเปอร์ (Cu)

- เครื่องสเปกโตร

### 3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาสมบัติทางด้านฟิสิกส์บางประการของฟิล์มบางที่เตรียมได้

#### 3.1.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางโดยการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์

ในการศึกษาโครงสร้างของผลึกของฟิล์มบางโดยการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ด้วยเครื่องเอกซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Bruker รุ่น D8 Advance รังสีเอกซ์ย่าน  $\text{Cu}_{K\alpha}$  มีความยาวคลื่น 1.5418 อังสตรอม ซึ่งใช้กระแส 30 มิลลิแอมแปร์และความต่างศักย์ 25 กิโลโวลต์



ภาพที่ 3.1 ภาพถ่ายเครื่องเอกซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Bruker รุ่น D8 Advance

#### 3.1.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดการส่งผ่านทางแสงโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

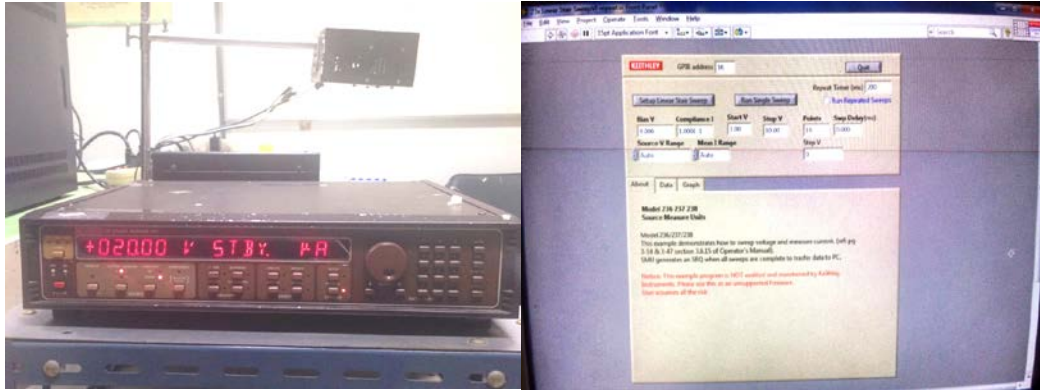
ในการศึกษาการส่งผ่านแสงของฟิล์มบางที่เตรียมได้นั้นใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Thermo electron corporation ( $\text{He} \lambda \text{ios } \alpha$ ) ความยาวคลื่นแสงในช่วง 200-1,000 นาโนเมตร



ภาพที่ 3.2 ภาพถ่ายเครื่อง UV-VIS ยี่ห้อ Thermo electron corporation รุ่น ( $\text{He} \lambda \text{ios } \alpha$ )

### 3.1.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าความต้านทานแผ่น

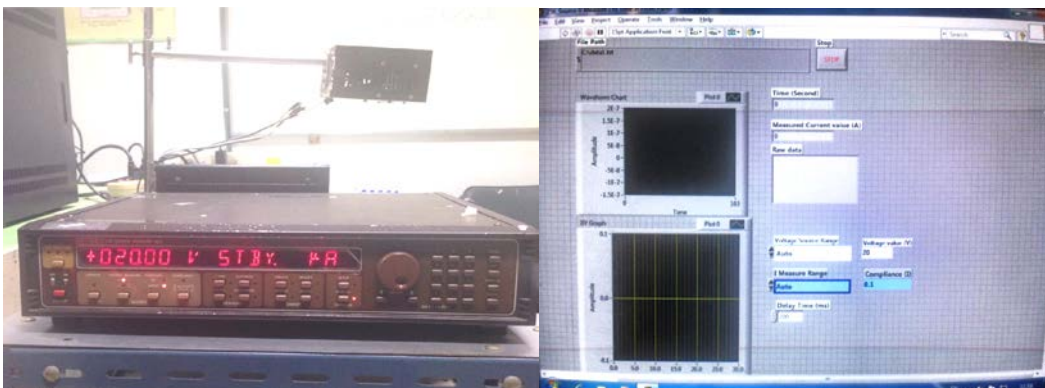
- อิเล็กทรอนิกส์ ยี่ห้อ Keithley รุ่น 236
- โปรแกรม Lab View



ภาพที่ 3.3 ภาพถ่ายอิเล็กทรอนิกส์ ยี่ห้อ Keithley รุ่น 236 และซอฟต์แวร์ที่ใช้วัดค่าความต้านทานแผ่น

### 3.1.3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าเชิงแสง

- อิเล็กทรอนิกส์ ยี่ห้อ Keithley รุ่น 236
- หลอดฮาโลเจนชนิด ELH (120 โวลต์, 300 วัตต์)
- โปรแกรม Lab View



ภาพที่ 3.4 ภาพถ่ายอิเล็กทรอนิกส์ ยี่ห้อ Keithley รุ่น 236 และซอฟต์แวร์ที่ใช้วัดสภาพนำไฟฟ้าเชิงแสง

### 3.1.3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปรากฏการณ์ฮอลล์

- อิเล็กทรอนิกส์ ยี่ห้อ Keithley รุ่น 236
- เครื่อง FLUKE 8808A (5-1/2 DIGIT MULTIMETER)
- สนามแม่เหล็ก 4,600 เกาส์
- อิเล็กทรอนิกส์ ยี่ห้อ Keithley รุ่น 610



ภาพที่ 3.5 ภาพถ่ายอุปกรณ์ที่ใช้วัดปรากฏการณ์ฮอลล์

### 3.1.3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความต้านทานแผ่นที่อุณหภูมิสูง

- อิเล็กโตรมิเตอร์ ยี่ห้อ Keithley รุ่น 236
- อิเล็กโตรมิเตอร์ ยี่ห้อ Keithley รุ่น 610
- หม้อ ยี่ห้อ ZEBRA ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร และสูง 40 เซนติเมตร
- เครื่องวัดอุณหภูมิ



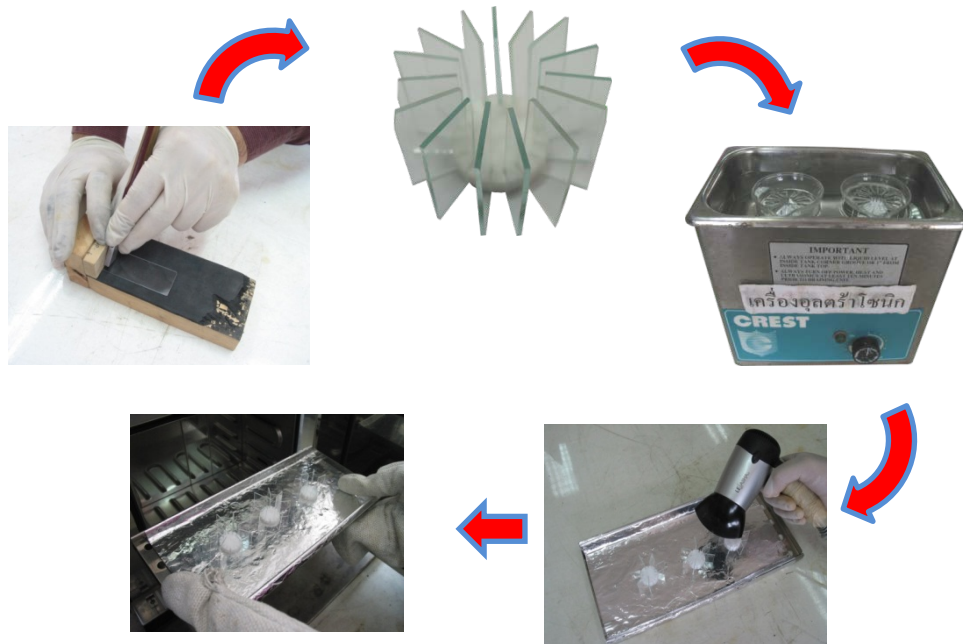
ภาพที่ 3.6 ภาพถ่ายอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความต้านทานของฟิล์มบางที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง

## 3.2 ขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำของ CuO โดยวิธีแอ็คทีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง

### 3.2.1 การเตรียมแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกใส

1. นำแผ่นกระจกใสไปทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างจาน
2. ล้างกระจกใสด้วยอะซิโตนในอ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 10 นาทีจำนวน 1 ครั้ง
3. ล้างกระจกใสด้วยเอทานอลในอ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 10 นาทีจำนวน 1 ครั้ง
4. ล้างแผ่นกระจกใสในน้ำปอดประจุในอ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 10 นาทีจำนวน 3 ครั้งเป่าให้แห้ง

5. นำแผ่นกระจกสไลด์ไปอบในเตาที่มีอุณหภูมิประมาณ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที



ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นฐานรองรับที่เป็นกระจกสไลด์

### 3.2.2 การเตรียมฟิล์มบางของโลหะคอปเปอร์โดยวิธีดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง (งามนิคย์, 2558)

ในการเตรียมฟิล์มบางของโลหะคอปเปอร์โดยวิธีดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริงมีขั้นตอนดังนี้

1. ที่ตู้ทำความเย็นของระบบน้ำหล่อเย็น ดึงสวิทช์ปั๊มคอมเพรสเซอร์ (compressor) ขึ้น เพื่อทำความเย็นของน้ำรอเอาไว้ แต่ยังไม่ต้องดึงสวิทช์ปั๊มน้ำ (WATER PUMP) ขึ้น
2. ชั่งมวลของแผ่นรองรับ เพื่อใช้คำนวณหาความหนาของฟิล์มบางและอัตราการเคลือบ (ทำในกรณีที่ต้องการคำนวณความหนาของฟิล์มและอัตราการเคลือบฟิล์ม หากไม่ต้องการสามารถข้ามขั้นตอนนี้ไปได้)
3. จัดผิวหน้าเป้าให้เรียงด้วยกระดาษทรายเบอร์ละเอียด เพื่อลดปัญหาการอาร์ค
4. ทำความสะอาดหัวแมกนีตรอนเพื่อป้องกันเศษผงที่ติดอยู่ระหว่างหัวแมกนีตรอนและกราวด์ชิลด์ (โลหะทรงกระบอกมีรูตรงกลางซึ่งครอบหัวแมกนีตรอนและเป้าอยู่) และสาเหตุอื่นที่จะทำให้เกิดการอาร์คขึ้นได้
5. ติดตั้งเป้าคอปเปอร์เข้ากับหัวแมกนีตรอน จากนั้นครอบด้วยกราวด์ชิลด์แล้วปรับระยะห่างระหว่างชัตเตอร์และกราน์วชิลด์ประมาณ 3 เซนติเมตร ยกฝาบนห้องสุญญากาศปิดเข้ากับตัวห้องสุญญากาศให้เรียบร้อย



6. ปรับระยะระหว่างฐานรองและเป่าตามที่ต้องการ วางหน้ากากลงบนแท่งยึด วางชิ้นสารตัวอย่างที่ต้องการเคลือบฟิล์มลงบนหน้ากาก ปิดฝาหน้าห้องสุญญากาศพร้อมกับหมุนน็อตทางปลายยึดให้แน่น
7. ปิดวาล์วปล่อยอากาศเข้า (leak valve)



ภาพแสดง leak valve



ภาพแสดงคั่นบังคับ shutter ที่อยู่ภายใน

8. ปิดชัตเตอร์ (คั่นบังคับอยู่ที่ด้านบนห้องสุญญากาศ) เพื่อบังเป้าเอาไว้ก่อน
9. ปิดสวิทช์ตรงตำแหน่ง TIC POWER ON ไปที่ตำแหน่ง ON เพื่อเปิดการทำงานมาตรวัดความดัน
10. โยกสวิทช์ตรงตำแหน่ง ROTARY ON ขึ้น เพื่อเปิดการทำงานของปั๊มกลโรตารี (Rotary pump)
11. ทำการเปิดวาล์วหลัง (Backing valve) โดยปรับคันโยกวาล์วไปที่ตำแหน่ง Backing (ดันออกจากตัว) เพื่อสูบอากาศออกจากปั๊มไอฟุ้งกระจาย (Oil diffusion pump) จากนั้นรอประมาณ 5 นาที
12. หลังจากนั้นปิดวาล์วหลังและเปิดวาล์วหยาบ (Roughing valve) โดยโยกวาล์วไปที่ตำแหน่ง roughing (ดึงเข้าหาตัว) เพื่อสูบอากาศออกจากห้องสุญญากาศ จนความดันภายในมีค่าประมาณ  $3 \times 10^{-2}$  ทอร์ (\*roughing valve) เป็นการปั๊มอากาศแบบหยาบ ลดความดันในห้องสุญญากาศด้วยปั๊มกลโรตารีอย่างเดียวสำหรับ Backing valve (back up) เป็นการปั๊มอากาศแบบละเอียด ลดความดันในห้องสุญญากาศด้วยปั๊มกลโรตารีและปั๊มไอฟุ้งกระจายไปพร้อมกัน)
13. ปิดวาล์วหยาบและเปิดวาล์วหลังโดยปรับตำแหน่งวาล์วไปที่ backing เพื่อสูบอากาศออกจากห้องสุญญากาศผ่านทางปั๊มไอฟุ้งกระจาย ปิดสวิทช์ WATER PUMP ON ขึ้น เพื่อเริ่มจ่ายน้ำเย็นเพื่อระบายความร้อน จากนั้นโยกสวิทช์ DIFFSTAK ON ขึ้น เพื่อจ่ายไฟให้กับขดลวดความร้อนของปั๊มไอฟุ้งกระจายเพื่อต้มน้ำมันให้ร้อน ใช้เวลา

ประมาณ 15 นาที (จะใช้ไอน้ำร้อนไปกวาดเอาโมเลกุลของอากาศออกจากภายในห้องสุญญากาศ)



14. เมื่อครบ 15 นาที ปรับคันโยกของวาล์วผีเสื้อ (butterfly valve) ไปที่ตำแหน่งเปิด (open) (ดันคันโยกออกจากตัวจนสุด) หากดันคันโยกออกจากตัวตำแหน่งของวาล์วผีเสื้อคือเปิด แต่ถ้าดึงเข้าหาตัวคือปิด

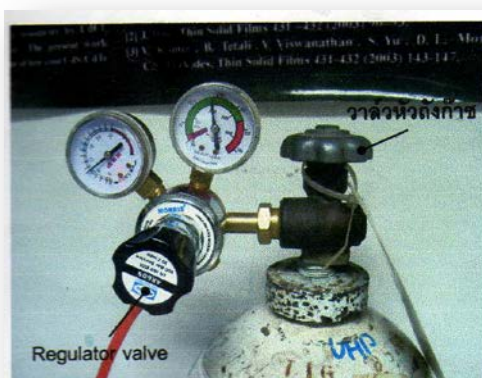


15. เมื่อความดันในห้องสุญญากาศมีค่าอยู่ที่ประมาณ  $3 \times 10^{-5}$  ทอร์ หรือต่ำกว่า จึงเริ่มป้อนก๊าซอาร์กอนเข้าสู่ห้องสุญญากาศ

- พิราณีเกจ (pirani gauge) เป็นมาตรวัดความดันบรรยากาศต่ำ ช่วงการทำงานอยู่ที่ความดันบรรยากาศต่ำถึง  $10^{-3}$  ทอร์
- เพนนิ่งเกจ (penning gauge) เป็นมาตรวัดความดันต่ำช่วงการทำงานเริ่มจาก  $10^{-3}$ – $10^{-6}$  ทอร์

16. การป้อนก๊าซอาร์กอนในช่วงแรกทำเพื่อต้องการให้มีก๊าซอาร์กอนในห้องสุญญากาศให้มากที่สุดและใช้ก๊าซอาร์กอนเข้าไปแทนที่โมเลกุลของอากาศที่ยังเหลืออยู่โดยจะทำการป้อนก๊าซแล้วสูบออกจำนวน 3 ครั้ง เรียกกระบวนการนี้ว่า การฟลัชด้วยอาร์กอนมีขั้นตอนดังนี้

- เปิดวาล์วที่หัวถังก๊าซ เปิดวาล์วเรกูเลเตอร์ (Regulator) เปิดสปีดวาล์ว (speedy valve) และเปิดวาล์วเข็ม (needle valve) สำหรับวาล์วเข็มให้เปิดขึ้นนิดหน่อยก็พอในช่วงแรก หมุนทวนเข็มนาฬิกา คือ เปิด (หมุนตามเข็มนาฬิกา คือ ปิด) เพื่อป้อนก๊าซอาร์กอนเข้าสู่ห้องสุญญากาศจนได้ความดันภายในเท่ากับ 6.5 ทอร์ แล้วรอประมาณ 3 นาที
- ปิดสปีดวาล์วแล้วก๊าซภายในห้องสุญญากาศจะถูกสูบออกไปจนความดันลดลงเป็น  $3 \times 10^{-5}$  ทอร์ (สูบอาร์กอนครั้งที่ 1)
- เปิดสปีดวาล์วเพื่อป้อนก๊าซอาร์กอนอีกครั้งจนได้ความดันเท่ากับ 6.5 ทอร์ แล้วรอประมาณ 3 นาที
- ปิดสปีดวาล์วเพื่อสูบก๊าซภายในอีกครั้งจนความดันลดลงเป็น  $3 \times 10^{-5}$  ทอร์ (สูบอาร์กอนครั้งที่ 2)
- เปิดสปีดวาล์วเพื่อป้อนก๊าซอาร์กอนอีกครั้งจนได้ความดันเท่ากับ 6.5 ทอร์ แล้วรอประมาณ 3 นาที
- ปิดสปีดวาล์วเพื่อสูบก๊าซภายในอีกครั้งจนความดันลดลงถึง  $3 \times 10^{-5}$  ทอร์ (สูบอาร์กอนครั้งที่ 3) เสร็จขั้นตอนการฟลัชด้วยอาร์กอน เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนนี้จะประมาณได้ว่าภายในห้องสุญญากาศมีเพียงโมเลกุลของก๊าซอาร์กอนเท่านั้น ขั้นตอนต่อไปเป็นการเริ่มจุดพลาสมาขึ้นมา
- เปิดสปีดวาล์วเพื่อป้อนก๊าซอาร์กอนอีกครั้งโดยควบคุมการป้อนก๊าซผ่านวาล์วเข็มจนความดันภายในมีค่าประมาณ  $2 \times 10^{-3}$  ทอร์



ภาพแสดง Regulator valve และวาล์วหัวถังก๊าซ



ภาพแสดง power supply

17. เปิดสวิตช์ที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง



18. กดปุ่ม ON ที่ตัวแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง (ปุ่ม ON เป็นปุ่มสีเขียวเล็กๆ อยู่ทางซ้ายมือสุดของเครื่อง)



19. หมุนปุ่มเพิ่มแรงดันไฟฟ้าไปเรื่อยๆ ช้าๆ จนกระทั่งพลาสมาติด (เมื่อพลาสมาติดจะเห็นเป็นแสงสีน้ำเงินอยู่ในห้องสุญญากาศ) ช่วงที่พลาสมาติดในครั้งแรกชัตเตอร์จะต้องปิดอยู่ เพราะเป็นช่วงที่พลาสมามีสถานะยังไม่เหมาะสมสำหรับการเคลือบฟิล์มบางลงบน



ฐานรอง เช่น แรงดันไฟฟ้ายังไม่อยู่ในช่วงที่ต้องการ ความดันก๊าซยังไม่นิ่ง และผิวหน้าของเป่ายังไม่สะอาดพอ หากเคลือบลงบนฐานรองที่วางไว้จะส่งผลให้ฟิล์มที่ได้มีคุณภาพไม่ดี มีสีออกไปทางสีดำ มีความต้านทานสูง ดังนั้นเมื่อพลาสมาติดในครั้งแรกจึงต้องนำชัตเตอร์มาบังไว้ก่อน เมื่อพลาสมามีพลังงานและสถานะที่เหมาะสมจึงเปิดชัตเตอร์ออก แล้วทำการเคลือบฟิล์มต่อไป

20. เมื่อพลาสมาติดให้ปรับเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขึ้นตามที่ต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปให้อยู่ในช่วง 350-500 โวลต์ แปรตามค่าสปีดเทอริงยิลด์ของวัสดุแต่ละชนิด (สำหรับเป่าที่เป็นคอปเปอร์จะอยู่ที่ 360-370 โวลต์) จากนั้นปรับความดันก๊าซให้คงที่ในระดับ  $3.6 \times 10^{-3}$  ทอร์ หรือตามที่ต้องการแรงดันไฟฟ้าหากมากเกินไปจะไม่ส่งผลดีต่อฟิล์มบางที่เคลือบบนฐานรอง เนื่องจากอะตอมของเป่าบางส่วนชนกันเองจนกระเจิงออกไปตกนอกฐานรอง ส่วนกระแสนั้นแปรไปตามปริมาณของพลาสมาโดยอัตโนมัติ ค่ากระแสที่เครื่อง

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงอ่านได้นั้นบอกถึงอัตราการเคลือบฟิล์มที่เคลือบลงบนฐานรองว่ามากหรือน้อย



21. เมื่อความดันก๊าซและแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ค่าที่ต้องการจึงจับเวลาไปอีก 15 นาที เพื่อให้เกิดการสปัตเตอร์ จนกระทั่งผิวหน้าของเป้าสะอาด เรียกขั้นตอนนี้ว่า การเตรียมตัวสปัตเตอร์ (pre sputtering) หลังจากนั้นหมุนเปิดชัตเตอร์ออกเพื่อเริ่มการเคลือบฟิล์มตามเวลาที่ต้องการ ซึ่งต้องจดค่าต่างๆ ที่ใช้เอาไว้สำหรับเป็นตัวเลขอ้างอิง ตัวอย่างเช่น การเคลือบฟิล์มบางทองแดงจะใช้ค่าต่างๆ ดังนี้



แรงดันไฟฟ้า: 360-370 โวลต์  
กระแส: 0.08 - 0.09 แอมแปร์  
ความดันที่พลาสมาคงสภาพอยู่ได้  $3.6 \times 10^{-3}$  ทอร์  
ระยะระหว่างเป้ากับฐานรองรับ 8-10 เซนติเมตร  
เวลาในการเคลือบฟิล์มโลหะคอปเปอร์ประมาณ 6 นาที

22. ในระหว่างการเคลือบฟิล์มจะต้องพยายามปรับค่าแรงดันไฟฟ้า และความดันก๊าซในห้องสุญญากาศให้คงที่ (ปรับความดันก๊าซอาร์กอนผ่านวาล์วเข็มเท่านั้น) เมื่อเคลือบฟิล์มจนได้ความหนาตามเวลาที่ต้องการแล้ว ให้หมุนชัตเตอร์มาที่ตำแหน่งปิดเพื่อบัง

การเคลือบฟิล์ม หมุนลดแรงดันไฟฟ้าลงจนสุด กดปุ่มสี่เหลี่ยมเล็กทางซ้ายของเครื่อง เพื่อหยุดการทำงานของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงแล้วกดปิดสวิทช์สีดำ

23. หยุดการป้อนก๊าซอาร์กอนโดยปิดสปีดวาล์วตามด้วยเรกูเลเตอร์วาล์ว (กดพร้อมกับหมุนเข้า คือ เปิด หมุนออก คือ ปิด) และสุดท้ายให้ปิดวาล์วหัวถังก๊าซ
24. ปิดวาล์วผีเสื้อ (ดึงคันโยกเข้าหาตัว)
25. โยกสวิทช์ตรงตำแหน่ง DIFFSTAK ON ลง เพื่อหยุดการจ่ายไฟให้กับขดลวดความร้อนที่ปั๊มไอฟุ้งกระจาย
26. ปิดสวิทช์ตรงตำแหน่ง TIC POWER ON ไปที่ตำแหน่ง OFF เพื่อปิดมาตรวัดความดันทั้งหมด
27. รอประมาณ 20 นาที เพื่อให้ฐานรองมีอุณหภูมิเย็นลง จากนั้นหมุนน็อตทางปลาที่ฝาหน้าห้องสุญญากาศออกให้หมดเหลือไว้แต่น็อตตัวที่เป็นมือจับ (ที่ต้องถอดออกก่อนเนื่องจากว่าเมื่อเปิดลิควาล์ว (leak valve) เพื่อปล่อยอากาศเข้าห้องสุญญากาศ ฝาน้ำจะถูกดันออก หากไม่ถอดน็อตทางปลาออกก่อนเกลียวน็อตจะถูกดันจนแน่นทำให้หมุนน็อตออกยากในภายหลัง) หมุนเปิดลิควาล์วเพื่อปล่อยอากาศเข้าห้องสุญญากาศอย่างช้าๆ แล้วจะได้ยินเสียงอากาศไหลเข้าห้องสุญญากาศสักครู่หนึ่งฝาน้ำจะตัวเองออกมาเอง (เสียงดังปึก)
28. เปิดฝาน้ำออก นำตัวอย่างที่เคลือบเสร็จแล้วออกมาชั่งมวลแผ่นรองรับหลังการเคลือบ (ทำเมื่อต้องการหาอัตราการเคลือบฟิล์ม) เช็ดทำความสะอาดภายในและฝาน้ำ จากนั้นปิดให้เรียบร้อยสำหรับการทำงานครั้งต่อไป
29. หลังจากสลับสวิทช์ (DIFFSTAK ON) ลงแล้ว 20 นาที จึงปิดปั๊มโรตารี

### 3.2.3 วิธีการทำรีแอคทีฟดีซีแมกนีตรอนสเปคเตอรืง

ในกรณีที่ต้องการจะทำรีแอคทีฟดีซีแมกนีตรอนสเปคเตอรืงเพื่อให้ได้ฟิล์มคอปเปอร์ออกไซด์ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1. เมื่อสร้างสภาพโกลดิสซาร์จได้แล้ว จึงทำการปล่อยก๊าซออกซิเจนเข้าสู่ห้องสุญญากาศอย่างช้าๆ โดยอาศัยเครื่องควบคุมการไหลมวลก๊าซยี่ห้อ AALBORG รอจนกระทั่งความดันภายในห้องสุญญากาศอยู่ในระดับ  $10^{-3}$  ทอร์ แล้วจึงเปิดชัตเตอร์เพื่อให้เกิดฟิล์มบางเคลือบบนแผ่นฐานรองรับ
2. บางครั้งจำเป็นต้องปรับอัตราการไหลของก๊าซอาร์กอนด้วยเพื่อให้ความดันภายในห้องสุญญากาศอยู่ในระดับที่ต้องการ ดังนั้นจึงต้องเพิ่มแรงดันไฟฟ้าด้วยเช่นกัน เพื่อให้ล้าพลสมายีคยาวคลุมแผ่นฐานรองรับ

3. เวลาในการทำสปีเตอร์ต้องไม่ต่ำกว่า 20 นาที ถ้าใช้เวลาน้อยฟิล์มจะบางเกินไป ความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มบางจะสูงถึงเมกะโอห์มซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ