

คู่มือ ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)  
Technical manual and standard protocol, Research Facility Division

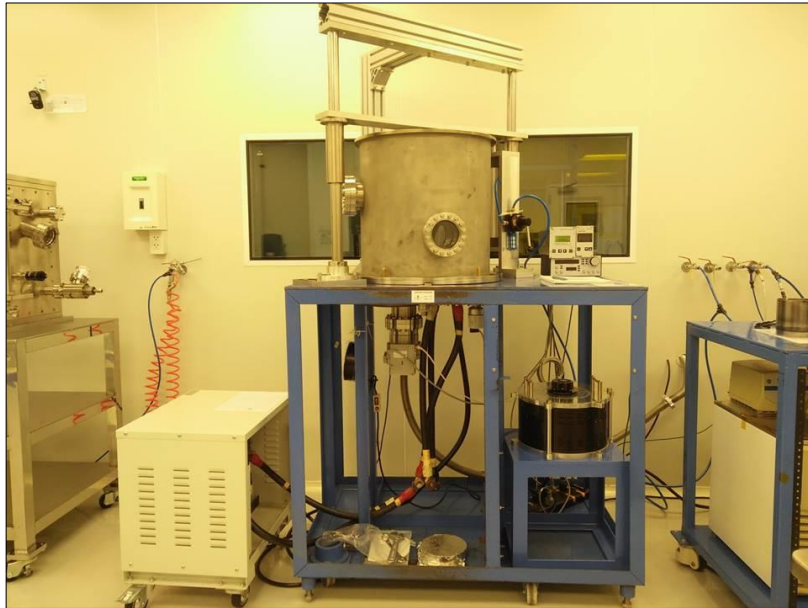
ชื่อเรื่อง (Title)	คู่มือเครื่อง Thermal Evaporation
ส่วนงาน (Section)	ระบบลำเลียงแสงที่ 6a ส่วนงานสนับสนุนระบบลำเลียงแสง
วันที่รายงาน (Last Update)	26 เมษายน 2562
ระดับการเปิดเผย ข้อมูล (Level of Disclosure)	<input type="checkbox"/> ข้อมูลในรายงานเป็นความลับ (Undisclosed) <input type="checkbox"/> เปิดเผยข้อมูลเฉพาะภายในส่วนงาน (Information can be disclosed within section) <input type="checkbox"/> เปิดเผยข้อมูลได้สำหรับพนักงานของสถาบันฯ และอนุญาตให้บันทึกข้อมูลเข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบ Knowledge Management ภายในสถาบันฯ (Information can be disclosed for SLRI staffs and can be part of SLRI's Knowledge Management System) <input checked="" type="checkbox"/> เปิดเผยข้อมูลได้เพื่อเป็นองค์ความรู้สาธารณะ เช่น เว็บไซต์ของสถาบันฯ (Information is available for public)

รายชื่อผู้จัดทำคู่มือ Authors
* น.ส. อรพินท์ เนตรตะคุ
น.ส. จิราวรรณ หม่อนกระโทก
ดร. รุ่งเรือง พัฒนากุล

\*ผู้ให้ข้อมูลหลัก (Corresponding person)

บทสรุปผู้บริหาร(Executive Summary)
คู่มือนี้จัดทำเพื่อเป็นแนวทางในการใช้เครื่องมือให้ถูกต้องและเกิดประโยชน์สูงสุด

## รายละเอียด



ภาพที่ 1 แสดงเครื่องเคลือบระเหยโลหะ (Thermal evaporation)

### 1. ข้อมูลเครื่องมือ (Equipment Information)

ข้อมูลจำเพาะ (Specification)	
ยี่ห้อ :	Thermal Evaporation
รุ่น :	-
ชนิด :	เครื่องเคลือบระเหยโลหะ

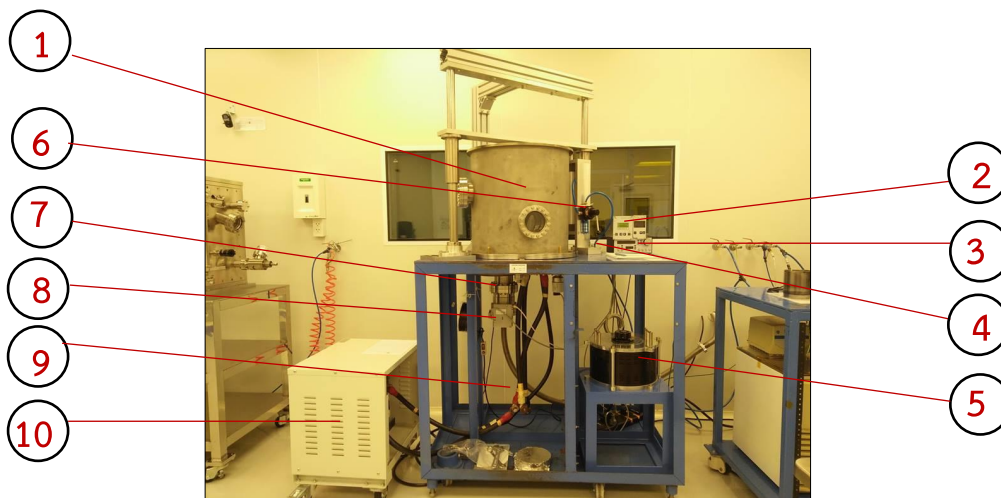
คู่มือ ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

คู่มือเครื่อง Thermal Evaporation

ระบบลำเลียงแสงที่ 6a ส่วนงานสนับสนุนระบบลำเลียงแสงวันที่รายงาน 26 เมษายน 2562

หน้า 2/13

## 2. ส่วนต่างๆของเครื่องและหน้าที่การทำงาน (Working Parts)



ภาพที่ 2 แสดงหมายเลขเพื่อระบุส่วนประกอบของเครื่องเคลือบระเหยโลหะ (Thermal evaporation)

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบและหน้าที่การทำงาน

หมายเลข	ส่วนประกอบต่างๆของเครื่อง	หน้าที่
1	Chamber	ติดตั้งชิ้นงาน และลวดโลหะ
2	Pressure Gauge	อ่านค่าความดันที่อยู่ภายใน Chamber
3	Thickness monitor	วัดความหนาของโลหะ
4	Turbo pump	ควบคุมความดันของระบบสุญญากาศ
5	Variac	ปรับแรงดันไฟฟ้า
6	คันโยก	เปิด-ปิด chamber
7	วาล์ว Vent	นำอากาศข้างนอกเข้าไปใน chamber
8	Dryscroll pump	ปั๊ม chamber ให้เป็นสุญญากาศ
9	ขั้วไฟฟ้า	เชื่อมต่อระหว่าง Boat เพื่อส่งความร้อนของแรงดันไฟฟ้าไปที่ Boat ทำให้เกิดจุดหลอมเหลวที่โลหะ
10	สวิตช์ on-off	ปิด - เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้า

### 3. ขั้นตอนการใช้เครื่อง Thermal Evaporation

ก่อนการใช้ : ตรวจสอบสภาพใช้งานเบื้องต้นว่าพร้อมกับการใช้งานหรือไม่ มีส่วนหนึ่งที่รู้สึกผิดปกติ โปรดแจ้งเจ้าหน้าที่ทันที

3.1 เลือกแผ่นรองชิ้นงานให้เหมาะสมกับชิ้นงาน โดยแผ่นรองชิ้นงานมีทั้งหมด 3 ชนิด ดังภาพ (แผ่นรองชิ้นงานจะวางอยู่ที่ชั้นเก็บของชั้นที่ 3 ในห้อง Class 10,000) บริเวณรูตรงกลางของแผ่นรอง ชิ้นงานแต่ละชนิดนั้นจะใช้สำหรับเพื่อวางตัววัดความหนา

- ชนิดที่ 1 ใช้กับกระจกสไลด์



- ชนิดที่ 2 ใช้กับลักษณะงานที่เป็นทรงกลม



- ชนิดที่ 3 ใช้ได้กับงานทุกขนาด

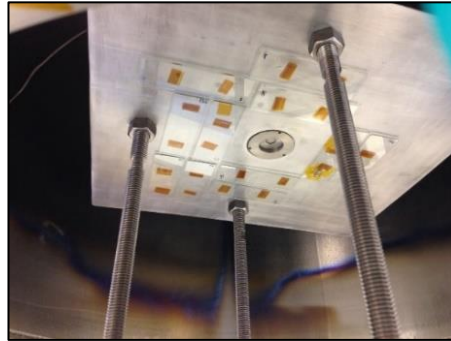


คู่มือ ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

คู่มือเครื่อง Thermal Evaporation

ระบบลำเลียงแสงที่ 6a ส่วนงานสนับสนุนระบบลำเลียงแสงวันที่รายงาน 26 เมษายน 2562

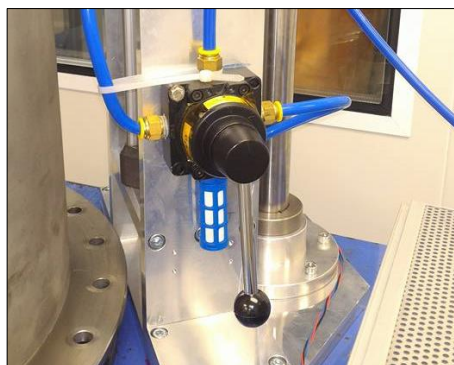
3.2 นำชิ้นงานมาติดด้วย PI เทป เพื่อยึดชิ้นงานให้ติดกับฐานของแผ่นรองชิ้นงาน (ในภาพจะยกตัวอย่างลักษณะของแผ่นรองชิ้นงานชนิดที่ 3)



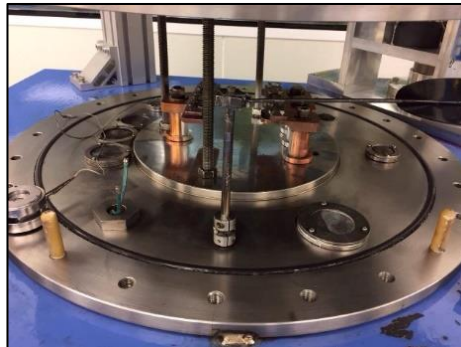
3.3 เปิดวาล์ว vent อากาศปล่อยเพื่ออากาศออก (ก่อนเปิดวาล์ว vent อากาศ ควรเช็คดูก่อนว่าวาล์ว Dryscroll pump เปิดอยู่หรือไม่โดยลักษณะของวาล์ว Dryscroll pump จะคว่ำลงอยู่ข้างวาล์ว vent) เมื่อเปิดวาล์วแล้วรอนอากาศออกจนหมดโดยจะมีเสียงลมดังขึ้น รอฟังจนเสียงลมเงียบวาล์วจะอยู่ด้านหลังของเครื่อง ลักษณะของวาล์วจะหงายขึ้น



3.4 หลังจากปล่อยอากาศออกจากเครื่องจนหมดแล้วให้เปิดฝาเครื่องออก โดยโยกคันโยกที่อยู่ด้านซ้ายมือหรือไปทางด้าน Up ที่ตัวคันโยกจะมีป้ายติดบอกทิศทางคันโยก



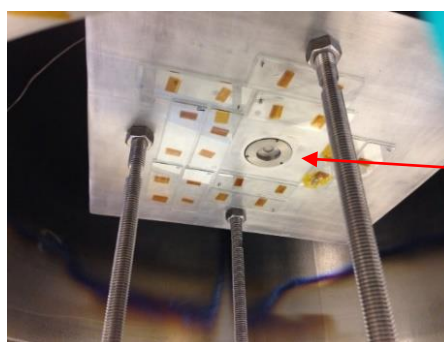
3.5 เมื่อเปิดฝาเครื่องขึ้นมาแล้วก่อนจะใช้งานเครื่องควรทำความสะอาดบริเวณด้านในเครื่องเสียก่อนเพื่อกำจัดฝุ่นละอองที่อยู่ด้านในเครื่องหรือคราบสกปรกต่างๆ โดยใช้ลมไนโตรเจนเป่าที่ด้านในเครื่องและใช้ผ้าบลูเชอร์ (Bluesorb) ชุบกับ IPA (Isopropanol) เช็ดทำความสะอาดด้านในซ้ำอีกรอบ



3.6 สังเกตที่ช่องของเครื่องทั้งด้านล่างและด้านบนว่าแผ่นใสที่ติดไว้มีการเปลี่ยนหรือยัง ถ้ายังไม่ถูกเปลี่ยนให้นำแผ่นใสแผ่นใหม่มาเปลี่ยน จุดประสงค์ที่เราต้องเปลี่ยนแผ่นใสที่ช่องของเครื่องนั้นเพื่อให้เราสามารถมองเห็นลักษณะการหลอมละลายของโลหะได้



3.7 นำแผ่นรองติดชิ้นงานที่ถูกติดชิ้นงานเรียบร้อยแล้วมาใส่ลงในเครื่องโดยใส่ให้ตรงของเสาที่ตั้งขึ้นภายในเครื่องระยะห่างของแผ่นรองชิ้นงานกับด้านล่างของเครื่อง ควรจะห่างอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร โดยวัดจากฐานของเสาที่อยู่ภายในเครื่อง ลักษณะของแผ่นรองชิ้นงานควรเสมอกันไม่เอียงด้านใดด้านหนึ่ง และใส่ตัววัดความหนาลงไปยังช่องตรงกลางของแผ่นรองชิ้นงาน



ลักษณะตัววัดความหนาและบริเวณช่องตรงกลางของแผ่นรองชิ้นงานที่ต้องใส่ตัววัดความหนา

คู่มือ ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

คู่มือเครื่อง Thermal Evaporation

ระบบลำเลียงแสงที่ 6a ส่วนงานสนับสนุนระบบลำเลียงแสงวันที่รายงาน 26 เมษายน 2562

หน้า 6/13

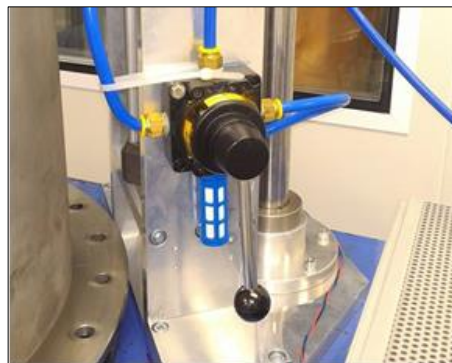


3.8 ตรวจสอบสายไฟที่อยู่ด้านล่างว่าเชื่อมต่อกับหมายเลขใดอยู่แล้วใส่ Boat ที่จะใช้งานให้ตรงกับหมายเลขของสายไฟ (Boat ด้านหน้าสุดใช้สายไฟหมายเลข 1, Boat กลาง ใช้สายไฟหมายเลข 2 และ Boat หลังสุดใช้สายไฟหมายเลข 3) จากนั้นให้ใส่ Boat ให้ตรงกับหมายเลขสายไฟ การใส่ Boat จะต้องใส่ให้มีลักษณะดังภาพ โดยเริ่มหมุนน็อตของตัวยึด Boat ทั้ง 2 ด้านออกน็อตจะมีด้านละ 4 ตัว จากนั้นใส่ Boat เข้าไปยังตัวยึด โดยจะสอดลงด้านล่างดังภาพ เมื่อใส่ Boat เรียบร้อยแล้วให้หมุนน็อตเพื่อทับ Boat ให้แน่น เมื่อใส่ Boat เรียบร้อยแล้วก็ใส่ลวดโลหะที่ถูกตัดและทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วมาใส่ลงบริเวณตรงกลางของ Boat



ใส่ลวดโลหะที่ต้องการใช้งานลงช่องตรงกลางของ Boat

3.9 หลังจากนั้นทำการปิดฝาเครื่องโดยโยกคันโยกไปทางด้านขวามือหรือทางด้าน Down โดยดูจากที่คันโยกจะมีป้ายบอก



คู่มือ ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

คู่มือเครื่อง Thermal Evaporation

ระบบลำเลียงแสงที่ 6a ส่วนงานสนับสนุนระบบลำเลียงแสงวันที่รายงาน 26 เมษายน 2562

3.10 ปิดวาล์ว Vent อากาศที่อยู่ด้านหลังเครื่อง ปิดเพื่อไม่ให้อากาศออกในขณะที่มีการ



3.11 เปิดสวิตช์ที่อยู่ด้านล่างเครื่อง (สวิตช์สีดำปุ่มเปิดจะอยู่ด้านข้าง)

3.12 เปิดวาล์ว Dryscroll pump เพื่อทำการปั๊มระบบ

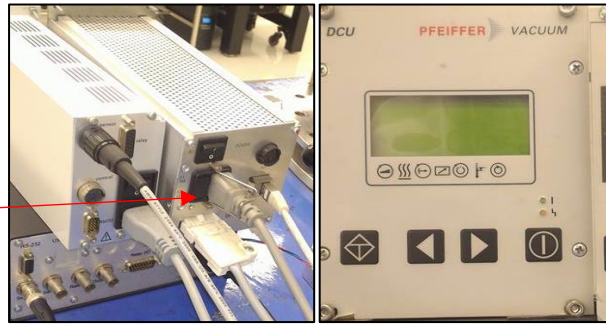


3.13 เปิดเครื่อง Pressure Gauge ของ Dryscroll pump ปุ่มเปิดจะอยู่ด้านหลังเครื่อง หลังจากนั้นรอสักครู่แล้วที่หน้าจอของเครื่อง Pressure Gauge ของ Dryscroll pump แสดงตัวเลขเพื่อบอกความดันภายในระบบที่มีการปั๊มระบบเป็นสุญญากาศ มีหน่วยเป็น ทอร์ (Torr) รอจนความดันอยู่ที่  $5 \times 10^{-2}$  Torr โดยประมาณ

3.14 เปิดเครื่อง Pressure Gauge ของเทอร์โบปั๊ม (Turbo pump) โดยปุ่มเปิดเครื่องจะอยู่ด้านหลังเครื่อง และหน้าจอของ Pressure Gauge จะแสดงตัวเลขให้กดที่ลูกศรด้านซ้ายไปจนถึงช่องหมายเลข 309 เพื่อดูความเร็วรอบของเทอร์โบปั๊ม (Turbo pump) ซึ่งความเร็วรอบของเทอร์โบปั๊ม (Turbo pump) จะอยู่ที่ 1000 HZ แต่จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เมื่อเปิดเทอร์โบปั๊ม



ปุ่มเปิดเครื่อง Pressure Gauge ของเทอร์โบปั๊ม



3.15 เมื่อความดันในระบบปั๊มสุญญากาศได้ตามที่ต้องการแล้วคือ  $5 \times 10^{-2}$  Torr (ดูจาก หน้าจอ Pressure Gauge ของ Dryscroll pump) กดเปิดเทอร์โบปั๊ม (Turbo pump) ที่หน้าเครื่อง และ ด้านบนปุ่มเปิดจะมีไฟสีเขียวกระพริบอยู่ เมื่อกดเปิดแล้วไฟสีเขียวจะหยุดกระพริบแล้วขึ้นเป็นสีเขียวโซว์ที่ เครื่อง เราจะสังเกตเห็นว่าความเร็วรอบของเทอร์โบปั๊ม (Turbo pump) จะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึง 1000 Hz

3.16 เมื่อเปิดเทอร์โบปั๊มแล้วรอให้ความดันของระบบสุญญากาศอยู่ที่  $10^{-6}$  ถึง  $10^{-7}$  (ดู จากหน้าจอ Pressure Gauge ของ Dryscroll pump) โดยจะใช้เวลาประมาณ 3 – 4 ชั่วโมง

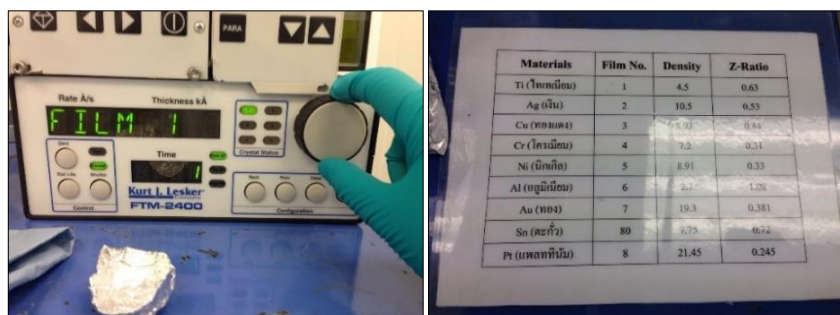
3.17 เมื่อได้ความดันในระบบปั๊มสุญญากาศตามที่ต้องการแล้ว เปิดเครื่องวัดความหนา ของชั้นฟิล์ม เพื่อกำหนดตามหมายเลขชนิดของลวดโลหะที่เราใช้โดยมีวิธีดังต่อไปนี้

3.17.1 เปิดสวิตช์ด้านหลังเครื่องวัดความหนา

3.17.2 กดที่ปุ่ม Program



3.17.3 ดูหมายเลข Film ตามชนิดของลวดโลหะจากป้ายที่ติดอยู่ด้านหน้าเครื่องวัดความ หนา จากนั้นหมุนไปทางด้านขวาให้ฟิล์มตรงกับหมายเลขชนิดลวดโลหะที่เราต้องการใช้



คู่มือ ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

คู่มือเครื่อง Thermal Evaporation

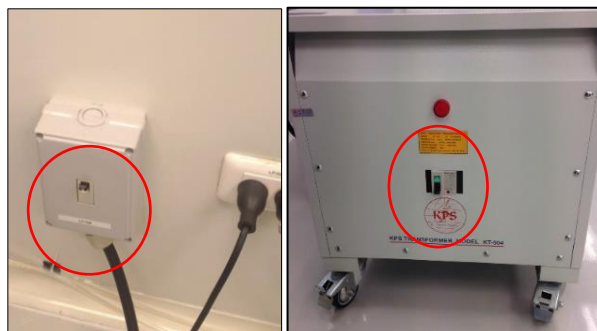
ระบบลำเลียงแสงที่ 6a ส่วนงานสนับสนุนระบบลำเลียงแสงวันที่รายงาน 26 เมษายน 2562

หน้า 9/13

3.17.4 จากนั้นกดปุ่มตรงกลางของตัวปรับหมายเลข Film เพื่อดูค่า Densi และกดตรงกลางอีกครั้งเพื่อดูค่า Z-Ratio ตรงกับตัวเลขในตารางหรือไม่โดยดูเทียบกับตารางด้านหน้าเครื่อง แล้วกดตรงกลางอีกครั้งจนหน้าจอแสดงดังภาพด้านขวา (หน้าจอด้านขวาจะแสดงตัวเลขที่อ่านค่าความหนาที่วัดได้) แต่ถ้าหน้าจอด้านขวาไม่แสดงค่าเป็นศูนย์ให้กดที่ปุ่ม Zero เพื่อปรับค่าให้เป็นศูนย์



3.18 หลังจากนั้นให้สังเกตดูอีกครั้งว่าความดันของระบบปั๊มสุญญากาศได้ตามที่เราต้องการหรือไม่โดยความดันจะอยู่ที่  $10^{-6}$  หรือ  $10^{-7}$  เมื่อความดันได้ตามที่ต้องการให้เปิดเบรกเกอร์ (Breaker) ที่ผนังห้องด้านหลังเครื่อง Evaporation ด้านขวามือจะอยู่ห่างจากเครื่องโดยประมาณแล้วเปิดเบรกเกอร์เครื่องพาวเวอร์ซัพพลายของเครื่อง variac เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า ที่อยู่ด้านข้างเครื่อง Evaporation (เครื่องสีขาว) จากนั้นไฟสีแดงจะขึ้นโชว์ที่ด้านบน ถ้าหากไฟสีแดงไม่ขึ้นให้เราตรวจสอบที่แผงควบคุมวงจร LP ด้านหลังห้อง Cleanroom ดูที่หมายเลข 9 ว่าสวิตช์ ON หรือ OFF สวิตช์จะต้อง ON เสมอ



3.19 สวมแว่นตาเพื่อป้องกันแสงในขณะที่ใช้โลหะเกิดการหลอมละลาย

3.20 ค่อยๆ หมุนเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่เครื่อง Variac โดยค่อยๆ หมุนเริ่มจาก 0 แล้วเพิ่มไปเรื่อยๆ จนโลหะเกิดการหลอมละลาย ในขณะที่กำลังเพิ่มแรงดันไฟฟ้าไปเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มไปจนถึง 50 โวลต์ ให้เปิดชัตเตอร์ที่อยู่ด้านล่างเครื่อง Evaporation ดังภาพด้านขวา โดยทิศทางการหมุนจะมีรายละเอียดติดอยู่

คู่มือ ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

คู่มือเครื่อง Thermal Evaporation

ระบบลำเลียงแสงที่ 6a ส่วนงานสนับสนุนระบบลำเลียงแสงวันที่รายงาน 26 เมษายน 2562

หน้า 10/13

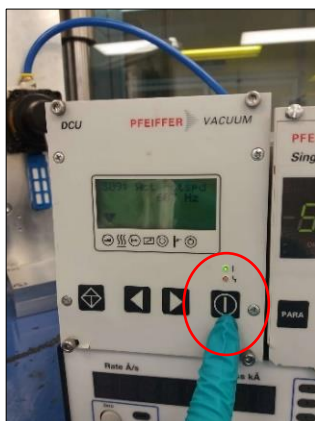


3.21 จากนั้นส่งดูที่ช่องของเครื่อง Evaporation ว่าโลหะเกิดการหลอมละลายแล้วหรือยัง ( ข้อควรระวัง! ควรสวมแว่นตาทุกครั้งเมื่อทำการหลอมละลายของโลหะ)

3.22 เมื่อโลหะเกิดการหลอมละลายแล้วให้ดูที่เครื่อง Variac ว่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่เท่าไร รอจนกว่าความหนาจะได้ตามที่ต้องการ โดยดูจากเครื่องอ่านค่าความหนา (ค่าของความหนามีหน่วยเป็น kA) และไม่ต้องหมุนเพิ่มแรงดันไฟฟ้า

3.23 เมื่อได้ความหนาตามที่ต้องการแล้วให้หมุนวาล์วของเครื่อง Variac กลับลงมาที่ 0 แล้วปิดชัตเตอร์

3.24 กดปิดเทอร์โบปั๊มที่ปุ่มหน้าจอ ดังภาพ จากไฟสีเขียวที่ติดอยู่จะกระพริบ แสดงว่าเทอร์โบปั๊มถูกปิดเรียบร้อยแล้ว จากนั้นรอให้ความเร็วรอบของเทอร์โบปั๊มลดลงจนถึง 0 Hz ใช้เวลาในการรอ 30-40 นาที โดยประมาณ



3.25 เมื่อความเร็วรอบของเทอร์โบปั๊มลดลงจนเหลือ 0 Hz แล้วให้ปิดวาล์ว Dry scroll pump ด้านหลังเครื่องปิดจนสนิทและเปิดวาล์ว Vent อากาศเพื่อปล่อยอากาศออก รอจนเสียงลมที่ออกจากตัวเครื่องเงียบสนิท แล้วทำการเปิดฝาเครื่องเพื่อนำชิ้นงานออก

3.26 การนำชิ้นงานออกนั้น ควรเอาตัววัดความหนาที่อยู่ตรงกลางของแผ่นรองชิ้นงานออกก่อนที่จะยกแผ่นรองชิ้นงานออกเพื่อป้องกันตัววัดความหนาตกลงมาอาจทำให้เกิดความเสียหายได้

คู่มือ ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

คู่มือเครื่อง Thermal Evaporation

ระบบลำเลียงแสงที่ 6a ส่วนงานสนับสนุนระบบลำเลียงแสงวันที่รายงาน 26 เมษายน 2562

หน้า 11/13

3.27 หลังจากนั้นเราก็นำแผ่นรองชิ้นงานออกมาจากตัวเครื่องในภาพจะเป็นการยกตัวอย่างลักษณะงานที่ได้จากการเคลือบ Ti ลงบนกระจก โดยมีความหนาประมาณ 400 kÅ หากต้องการทราบว่าลวดโลหะที่เราเคลือบลงบนชิ้นงานติดดีหรือไม่ให้ใช้ PI เทป ติดลงบนชิ้นงานแล้วดึงออก หากลวดโลหะที่เคลือบติดดีจะไม่เกิดการลอกที่ตัวชิ้นงาน



3.28 ทำการหมุนน็อตตรงที่ใส่ Boat ออกทั้ง 2 ด้านและนำ Boat ใส่ลงในถุงให้ตรงกับชื่อที่เขียนไว้หน้าถุงและเก็บเข้าที่เดิม (Boat ที่ใช้ใส่ลวดโลหะในการหลอมละลายนั้นไม่สามารถใช้ร่วมกันได้ ยกตัวอย่างเช่น Boat ที่ใช้กับลวดโลหะ Ti ก็ต้องใช้กับ Ti เพียงอย่างเดียวเท่านั้น)

3.29 ทำความสะอาดเครื่องอีกครั้งโดยการเป่าฝุ่นบริเวณด้านในเครื่อง

3.30 ปิดฝาเครื่องลง

3.31 เปิดวาล์ว vent อากาศเพื่อปล่อยให้อากาศออก จากนั้นเปิดฝาเครื่องเพื่อเอาชิ้นงานออก



3.32 เมื่อนำชิ้นงานออกแล้วก็ให้ทำความสะอาดเครื่องด้วยผ้าบลูซอร์บ (Bluesorb) ชุบ Isopropanol แล้วปิดฝาเครื่องลง ปิดวาล์ว vent อากาศ เปิด Dry scroll pump ป้อนระบบให้เป็นสุญญากาศจนถึง  $10^{-1}$  Torr จากนั้นปิด Dry scroll pump และปิดสวิทช์ที่ด้านล่างเครื่อง Thermal Evaporation

คู่มือ ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

คู่มือเครื่อง Thermal Evaporation

ระบบลำเลียงแสงที่ 6a ส่วนงานสนับสนุนระบบลำเลียงแสงวันที่รายงาน 26 เมษายน 2562

หน้า 12/13

#### 4. ข้อควรปฏิบัติในการใช้งาน (Operation Guidance)

ด้านความปลอดภัย (Safety)	<ul style="list-style-type: none"><li>- ตรวจสอบการต่อของสายไฟทุกครั้งก่อนการใช้งานเครื่อง</li><li>- ตรวจสอบตำแหน่งที่ใส่ Boat ทุกครั้งก่อนการใช้งานเครื่อง</li></ul>
ด้านการทำความสะอาด และการดูแลรักษาเครื่อง (Cleaning and Maintenance)	<ul style="list-style-type: none"><li>- ทำความสะอาดด้วยสารเคมี IPA ชุบด้วยผ้าบลูเชอร์เช็ดทำความสะอาดเครื่อง</li><li>- เปลี่ยนแผ่นใสทุกครั้งที่ใช้งาน</li><li>- ตรวจสอบแผ่นอ่านค่าความหนาเป็นประจำหลังใช้งาน</li><li>- บั๊มระบบให้อยู่ที่ <math>10^{-1}</math> Torr ทุกครั้งหลังใช้งาน</li><li>- ส่งซัด Chamber ทุก 6 เดือน</li></ul>

#### 5. ข้อมูลการติดต่อบริษัท

ระบบลำเลียงแสงที่ 6a: Deep X-ray Lithography

สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

111 หมู่ 6 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000