

รายงานเชิงเทคนิค ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

Technical Report, Research Facility Division

ชื่อเรื่อง (Title)	การทดลอง E-beam evaporation เพื่อหาเงื่อนไขการใช้งานกับโลหะอลูมิเนียม (Al)
ส่วนงาน (Section)	ระบบลำเลียงแสงที่ 6a
วันที่รายงาน (Date of Report)	22 เมษายน 2562
ระดับการเปิดเผยข้อมูล (Level of Disclosure)	☐ ข้อมูลในรายงานเป็นความลับ (Undisclosed) ☐ เปิดเผยข้อมูลเฉพาะภายในส่วนงาน (Information can be disclosed within section) ☐ เปิดเผยข้อมูลได้สำหรับพนักงานของสถาบันฯ และอนุญาตให้บันทึกข้อมูลเข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบ Knowledge Management ภายในสถาบันฯ (Information can be disclosed for SLRI staffs and can be part of SLRI's Knowledge Management System) ☒ เปิดเผยข้อมูลได้เพื่อเป็นองค์ความรู้สาธารณะ เช่น เว็บไซต์ของสถาบันฯ (Information is available for public)

รายชื่อผู้ดำเนินโครงการและจัดทำรายงาน Name	ส่วนร่วมในการปฏิบัติงานในโครงการ (Optional) Responsible tasks in the project (optional)
*นายกันตภณ พิมล	วิศวกร 2 (ไฟฟ้ากำลัง)
*นายภาสกร ภูมรา	นักศึกษาผู้ช่วยวิจัย

*ผู้ให้ข้อมูล (Corresponding person)

รายงานเชิงเทคนิค ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

การทดลอง E-beam evaporation เพื่อหาเงื่อนไขการใช้งานกับโลหะอลูมิเนียม (Al)

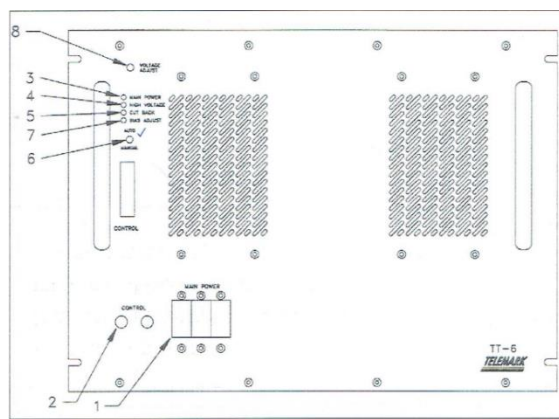
ระบบลำเลียงแสงที่ 6a วันที่รายงาน 22 เมษายน 2562

1. บทนำ (Introduction)

E-beam evaporation เป็นหนึ่งในเทคนิคการเคลือบฟิล์มบางบนผิวชิ้นงาน โดยใช้อิเล็กตรอนในการหลอมละลาย Material เพื่อให้เกิดการระเหยไปเกาะบนผิวชิ้นงานภายใต้ระบบสุญญากาศ ในการทดลองนี้เป็นการใช้เครื่อง E-beam evaporation กับ material ชนิด Aluminum ในโหมด manual control เพื่อศึกษา การปรับ Emission current ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ Thickness และ Film rate

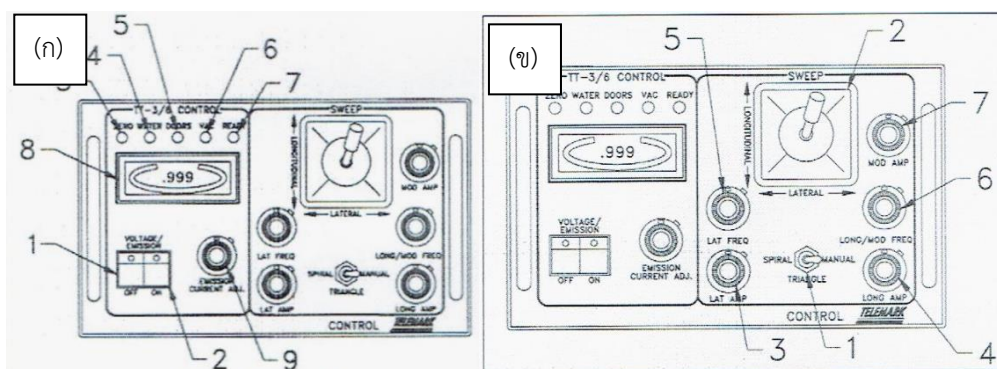
2. ขั้นตอนการดำเนินงาน (Methods)

การเปิดระบบ



รูปที่ 1 Main cabinet

- เปิดสวิตช์ ON ที่ Main cabinet (หมายเลข 1 รูปที่ 1) จากนั้นรอให้ระบบอยู่ในสถานะเสถียรประมาณ 20 นาที



รูปที่ 2 ก) Control module of TT6 และ ข) Sweep Control module

รายงานเชิงเทคนิค ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

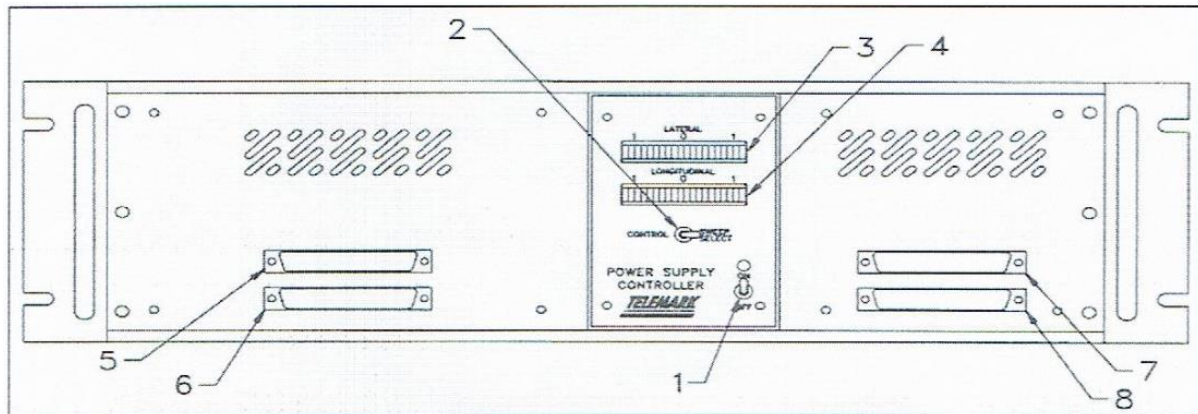
การทดลอง E-beam evaporation เพื่อหาเงื่อนไขการทำงานกับโลหะอลูมิเนียม (Al)

ระบบลำแสงที่ 6a วันที่รายงาน 22 เมษายน 2562

กดปุ่ม ON (หมายเลข 2 รูปที่ 2) เพื่อเปิด Voltage/Emission current

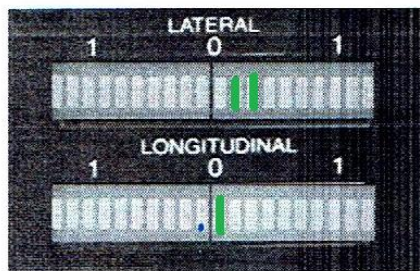
- หมุนปุ่ม Voltage adjust (หมายเลข 8 รูปที่ 1) ไปที่ 8.00 kV อย่างช้าๆ โดยดูที่ Voltage/Current meter (หมายเลข 8 รูปที่ 2)

- ปรับ Emission current (หมายเลข 9 รูปที่ 2ก) ไปยังค่าที่ต้องการซึ่งสอดคล้องกับชนิดของ material

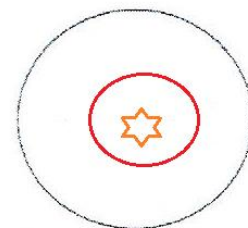


รูปที่ 3 Control module chassis

- ปรับสวิตช์ ON (หมายเลข 1 รูปที่ 3) เพื่อเปิด Power supply controller



Adj



Crucible

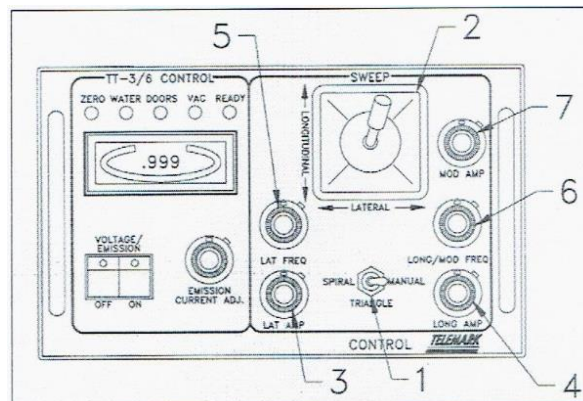
Electron Beam Position

รูปที่ 4 ตำแหน่งของการปรับลำอิเล็กตรอน

- ปรับคันโยก (หมายเลข 2 รูปที่ 2 b) ให้ได้ดังรูปที่ 4 โดยดูที่ (หมายเลข 3, 4 รูปที่ 3) เพื่อปรับให้ลำอิเล็กตรอนตกตำแหน่งตรงกลางของ Crucible โดยสามารถปรับตำแหน่งใน 2 แกน (XY axis)

- I. Lateral ปรับ ตำแหน่ง หน้า-หลัง
- II. Longitudinal ปรับตำแหน่ง ซ้าย-ขวา

- ปรับสวิตช์ (หมายเลข 2 รูปที่ 3) ไปที่ Control



รูปที่ 5 Sweep control module

- ปรับสวิตช์ (หมายเลข 1 รูปที่ 5) สามารถเลือกโหมดการทำงาน ได้ 3 รูปแบบ
 - Manual ลำอิเล็กตรอนไม่มีการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ (อยู่กับที่)
 - Triangle เป็นการ sweep แบบสลับฟันปลา
 - Spiral เป็นการ sweep แบบหมุนวน
 เลือก Manual

- ปรับ Emission current ไปครั้งละ 5 mA พร้อมทั้งบันทึก Thickness, Film rate, Pressure, Cooling temperature และเวลา

3. ผลลัพธ์ (Outcomes)

โลหะที่ใช้ : Aluminum ดังรูปที่ 6

Emission Current: 0 – 60 mA โดยปรับขึ้นครั้งละ 5 mA

Voltage level: 8.00 kV

โหมดการทำงาน : Manual control mode*



รูปที่ 6 โลหะ Aluminum ใน Crucible

ผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลอง Al ในโหมด Manual control mode

Emission current (mA)	Thickness (kÅ)	Film rate (Å/s)	Pressure (mBar)	Cooling temperature (Celsius)	Time (minute)
0	0	0	3.48×10^{-6}	14.6	0
5	0	0	3.39×10^{-6}	15.1	10
10	0	0	4.33×10^{-6}	15.1	1
15	0	0	4.80×10^{-6}	15.2	1
20	0	0	5.60×10^{-6}	15.2	1
25	0	0	7.15×10^{-6}	15.2	1
30	0.032	0.5	5.67×10^{-6}	15.1	5
35	0.300	0.8	4.92×10^{-6}	15.1	5
40	0.925	1.6	5.27×10^{-6}	15.0	5
45	1.936	3.4	5.63×10^{-6}	15.0	5
50	3.530	5.0	5.46×10^{-6}	15.1	5
55	5.496	5.8	5.92×10^{-6}	15.1	5
60	7.326	6.3	5.90×10^{-6}	15.1	5

รายงานเชิงเทคนิค ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

การทดลอง E-beam evaporation เพื่อหาเงื่อนไขการใช้งานกับโลหะอลูมิเนียม (Al)

ระบบลำแสงที่ 6a วันที่รายงาน 22 เมษายน 2562

เหตุผลที่ใช้โหมด Manual control เพราะว่า อลูมิเนียมที่ใช้มีปริมาณมากและเกาะตัวเป็นเนื้อเดียวกันเกือบเต็ม Crucible (ดังรูปที่ 6) จะต้องใช้ Emission current ที่สูงในการหลอมละลาย ซึ่งในโหมด Manual control ใช้ Emission current ในการหลอมละลายอลูมิเนียมทั้ง Crucible น้อยกว่า โหมด Sweep (โหมด Manual control หลอมละลายได้เร็วกว่าโหมด Sweep) จึงเลือกใช้โหมด Manual control เพื่อประหยัดพลังงานและเวลาในการทดลอง

ณ จุดที่ Emission current 5 mA ค้างไว้ 10 นาที Aluminum ใน Crucible ยังไม่มีการหลอมละลาย จึงเพิ่มกระแสขึ้นครั้งละ 5 mA ไปยัง 10 15 20 25 mA จนถึง 30 mA ณ จุดนี้จึงมีการหลอมละลาย (ดังรูปที่ 7) Thickness และ Film rate เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว



รูปที่ 7 โลหะ Aluminum ที่หลอมละลายที่กระแส 30 mA ขึ้นไป

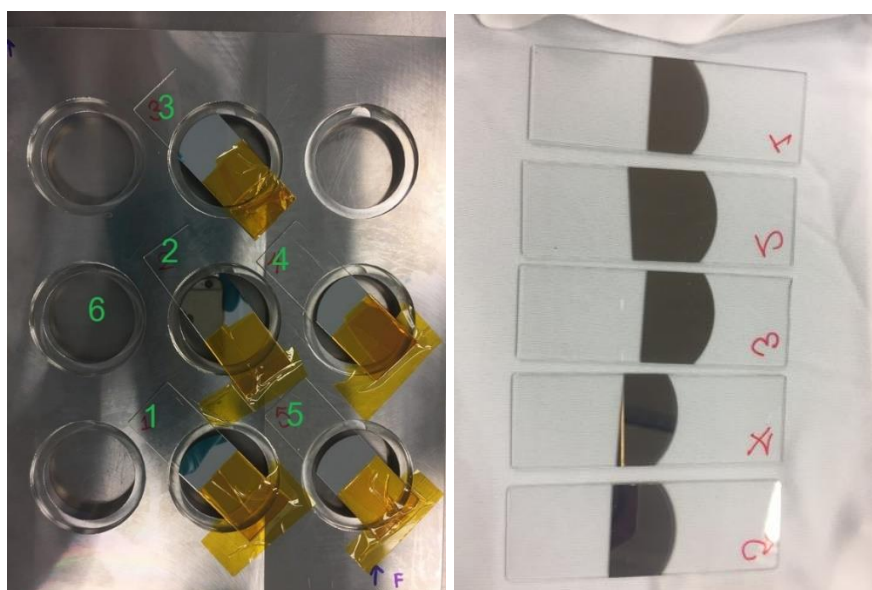
ค่าความหนาสุดท้ายก่อนปิดระบบที่อ่านได้จากเครื่องวัดความหนา INFICON SQM-160 rate/thickness monitor ได้เท่ากับ 7.440 kÅ หรือ 744 nm



รูปที่ 8 แสดงค่าความหนาที่อ่านได้จากเครื่องวัดความหนา

รายงานเชิงเทคนิค ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)
การทดลอง E-beam evaporation เพื่อหาเงื่อนไขการใช้งานกับโลหะอลูมิเนียม (Al)
ระบบลำแสงที่ 6a วันที่รายงาน 22 เมษายน 2562

INFICON SQM-160 rate/thickness monitor



ก

ข

รูปที่ 9 กระจกหลัง E-beam evaporation

จากรูปที่ 9 ก, ข คือ กระจกหลัง E-beam evaporation ด้วย Aluminum หมายเลข 1 2 3 4 และ 5 คือตำแหน่งของกระจก และหมายเลข 6 คือตำแหน่งเซนเซอร์วัดความหนา INFICON SQM-160 rate/thickness monitor ค่าความหนาของกระจกแต่ละแผ่นเมื่อวัดความหนาด้วยเครื่อง Bruker ดังตารางที่ 2

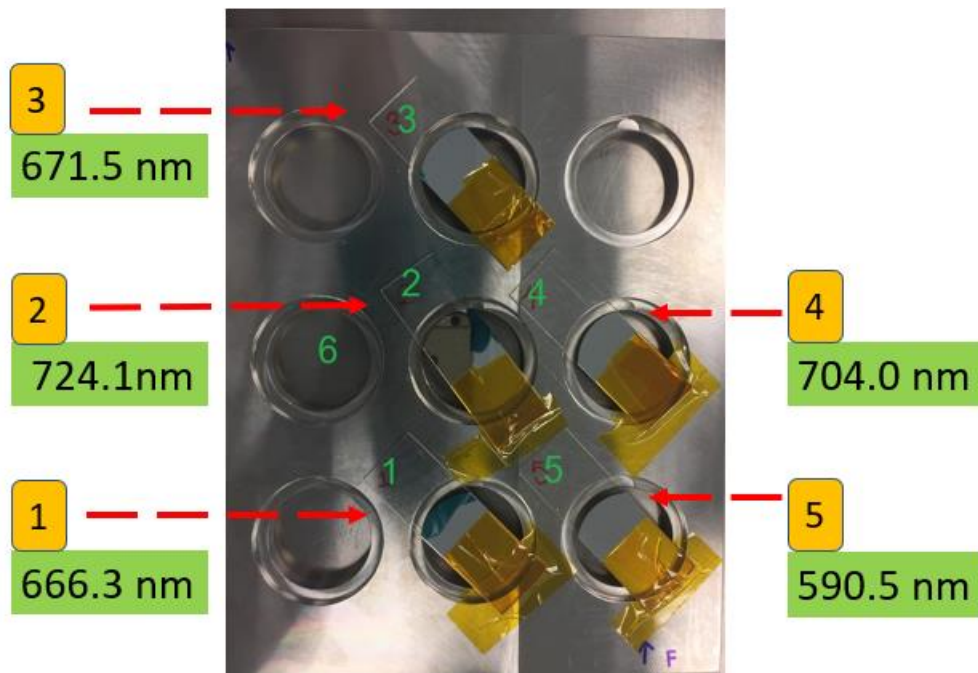
ตารางที่ 2 ค่าความหนาของกระจกแต่ละแผ่นที่วัดจากเครื่องวัดความหนา Bruker

กระจกแผ่นที่	ค่าความหนาที่ตำแหน่ง (nm)			ค่าเฉลี่ย (nm)
	1	2	3	
1	659.3	663.7	675.9	666.3
2	651.2	771.1	750.0	724.1
3	685.5	669.0	660.1	671.5
4	715.9	693.3	702.9	704.0
5	586.2	589.4	595.9	590.5

รายงานเชิงเทคนิค ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

การทดลอง E-beam evaporation เพื่อหาเงื่อนไขการใช้งานกับโลหะอลูมิเนียม (Al)

ระบบลำเลียงแสงที่ 6a วันที่รายงาน 22 เมษายน 2562

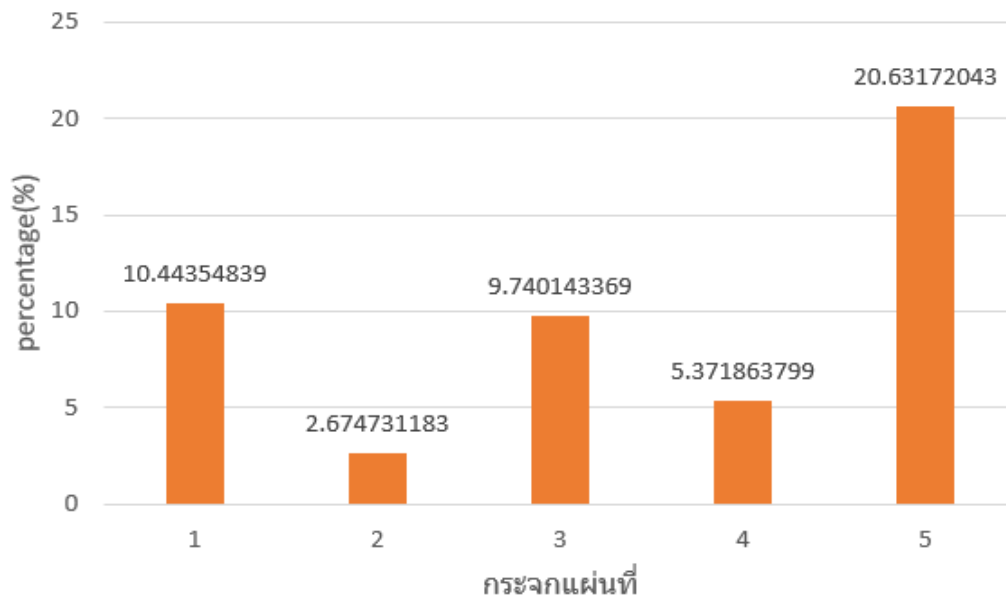


รูปที่ 10 แสดงค่าความหนาของกระจกทั้ง 6 แผ่น

ค่าความหนาที่วัดได้จากเครื่องวัดความหนา INFICON SQM-160 rate/thickness monitor กับ เครื่องวัดความหนา Bruker มีค่าความคลาดเคลื่อนดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความคลาดเคลื่อนของกระจกแต่ละแผ่น

กระจกแผ่นที่	ค่าความคลาดเคลื่อน (Percentage)
1	10.444
2	2.674
3	9.740
4	5.371
5	20.631



กราฟที่ 1 ค่าความคาดเคลื่อนของความหนาที่วัดได้จาก
INFICON SQM-160 rate/thickness monitor เมื่อเทียบกับ Bruker

4. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ดร.รุ่งเรือง พัฒนากุล
ดร.พัฒนพงศ์ จันทร์พวง