

บทที่ 4

การเตรียมฟิล์มบาง, ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผล

เมื่อได้สร้าง และทดสอบระบบเคลือบฟิล์มบางโดยเทคนิคสปัตเตอร์รีจเรือบร้อยแล้ว ต่อไปก็จะเป็นการเตรียมฟิล์มบางเพื่อจะได้ศึกษาถึงลักษณะและสมบัติของฟิล์มบางที่เตรียมได้ต่อไป ว่ามีสมบัติเหมือนหรือแตกต่างจากโลหะที่เป็นเป้าอย่างไรบ้างในทันทีที่ต้องการให้ฟิล์มที่ได้มีสมบัติใกล้เคียงกับสมบัติของเป้าให้มากที่สุด

4.1 การเตรียมฟิล์มบางโดยวิธีการสปัตเตอร์รีจ

การเตรียมฟิล์มบางโดยวิธีการสปัตเตอร์รีจ มีขั้นตอนในการเตรียมดังนี้

- 1) นำแผ่นรองรับ ซึ่งในที่นี้ใช้กระจกปิดสไลด์ (Cover glass) มาล้างเพื่อหาน้ำหนักก่อนที่จะนำไปเคลือบฟิล์มโลหะ
- 2) นำแผ่นรองรับมาวางในที่ที่จัดไว้ แล้วครอบด้วยภาชนะสุญญากาศ
- 3) สูบอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศ โดยในขั้นแรกจะใช้โรตารีปั๊มเพียงอย่างเดียว จนความดันภายในภาชนะสุญญากาศลดลงเหลือประมาณ 100 มิลลิทอร์ จึงใช้ปั๊มแพร่ไอน้ำมัน ช่วยในการสูบอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศจนความดันภายในภาชนะสุญญากาศลดลงต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ จากนั้นจึงป้อนก๊าซอาร์กอนเข้าไปในภาชนะสุญญากาศโดยผ่านวาล์วรูเข็ม (Needle valve) จนความดันเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 100 มิลลิทอร์ จึงหยุดการป้อนก๊าซอาร์กอน โดยการปิดวาล์วรูเข็ม แต่ยังคงให้ปั๊มทั้งสองทำหน้าที่สูบอากาศต่อไปเรื่อยๆ ดังนั้นภายในภาชนะสุญญากาศจะมีความดันต่ำสุดอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นก็ทำเหมือนกับในตอนแรกคือปล่อยก๊าซอาร์กอนเข้าไปในภาชนะสุญญากาศอีกครั้งหนึ่งแล้วสูบออก ทำอย่างนี้ประมาณ 2 - 3 ครั้ง เหตุที่ต้องมีการสูบอากาศออกจนความดันลดลงต่ำสุด แล้วป้อนก๊าซอาร์กอนเข้าไปใหม่และทำซ้ำ

หลายๆครั้ง เพราะไม่ต้องการให้มีก๊าซชนิดใดๆหลงเหลืออยู่ภายในภาชนะสุญญากาศ
 เลส นอกจากก๊าซอาร์กอน เพราะว่าถ้ามีก๊าซที่ไม่ใช่ก๊าซเฉื่อยหลงเหลืออยู่ภายในภาชนะ
 สุญญากาศจะทำให้อะตอมของเป่าที่หลุดออกมา ทำปฏิกิริยากับก๊าซดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบ
 ขึ้น ดังนั้นฟิล์มบางที่ได้ก็จะเป็นสารประกอบตามไปด้วย ซึ่งเราไม่ต้องการให้เป็นเช่นนั้น

4) เมื่อแน่ใจว่าภาชนะสุญญากาศไม่มีก๊าซอื่นเจือปนแล้ว จึงป้อนก๊าซอาร์กอนเข้าไป
 โดยผ่านวาล์วรูเข็ม แล้วปรับความดันให้มีค่าอยู่ประมาณ 90 - 110 มิลลิทอร์ จากนั้นรอให้
 ความดันคงที่ จึงเริ่มทำการสับเตอรืโดยการค่อขยับไฟฟ้าแรงสูงเข้าที่ขั้วอิเล็กโทรดทั้งสอง
 จนกระทั่งเกิดสภาวะโกลด์ดีสชาร์จ จากนั้นจึงปรับค่าแรงดันไฟฟ้าตามความต้องการ

4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 การหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลือบกับปริมาณต่างๆ

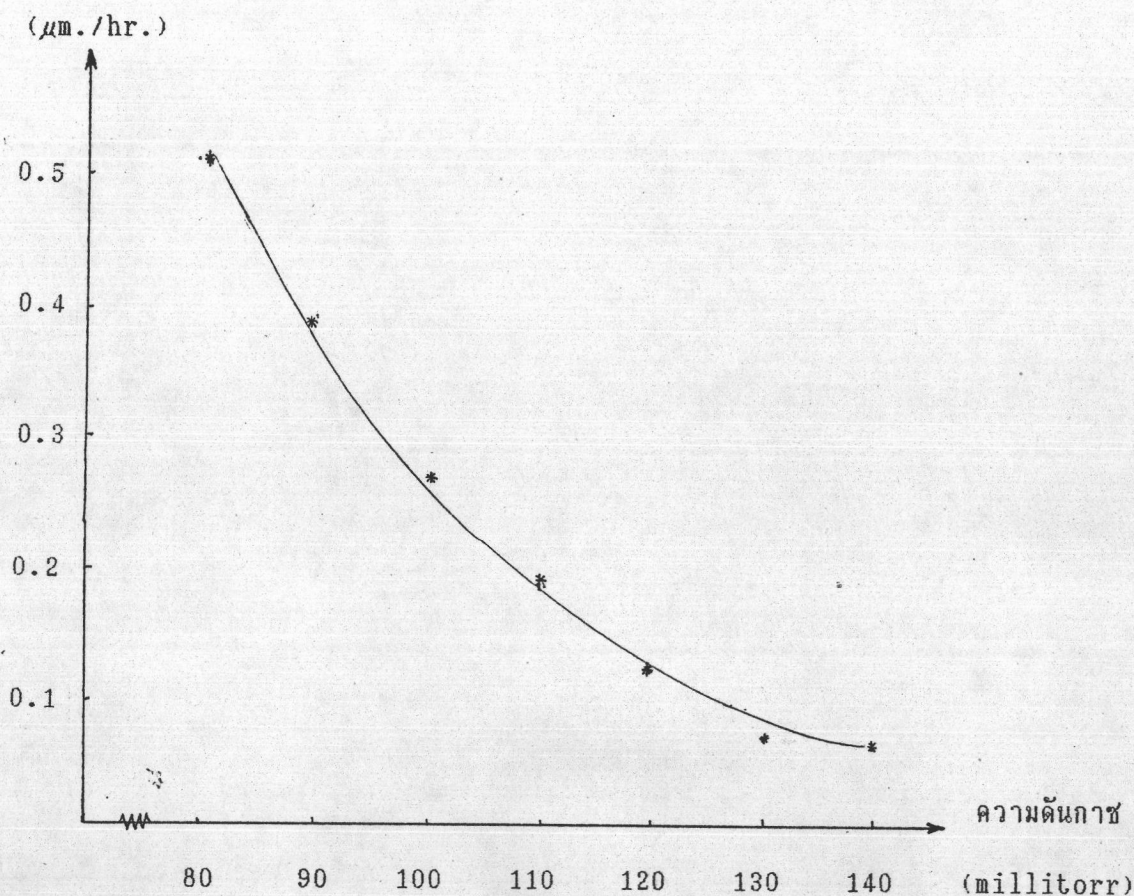
เนื่องจากการเคลือบฟิล์มบางภายใต้สุญญากาศ โดยใช้เครื่องเคลือบฟิล์มบางที่สร้าง
 ขึ้นมานี้ให้อัตราการเคลือบไม่มากนัก ดังนั้นจึงจะหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้มีอัตรา
 การเคลือบสูงสุด แต่อัตราการเคลือบสูงสุดเพียงอย่างเดียวอาจไม่ใช่สิ่งที่ต้องการก็ได้ ถ้าที่
 อัตราการเคลือบนั้นให้ฟิล์มที่ไม่ดี มีความหนาไม่สม่ำเสมอ หรือไม่ติดแน่นกับแผ่นรองรับ ดังนั้น
 การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเคลือบฟิล์มบางก็ไม่ใช่เรื่องที่ง่ายนัก สำหรับในตอนต่อไปนี้จะ
 ได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลือบกับปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการเคลือบฟิล์มบางของโมลิบดีนัม
เมื่อระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 1.9 เซนติเมตร
และให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 30 มิลลิแอมแปร์

ความดันก๊าซ (millitorr)	กระแสไฟฟ้า (mA.)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (volt)	อัตราการเคลือบ ($\mu\text{m/hr.}$)
80	30	1820	0.502
90	30	1640	0.382
100	30	1600	0.263
110	30	1550	0.185
120	30	1370	0.115
130	30	1280	0.064
140	30	1100	0.064

จากตารางที่ 4.1 ถ้านำเอาค่าความดันภายในภาชนะสูญญากาศ และอัตราการเคลือบมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ โดยให้ความดันของก๊าซเป็นแกนนอนและอัตราการเคลือบเป็นแกนตั้ง จะได้กราฟดังรูปที่ 4.1

อัตราการเคลือบ



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลือบ กับความดันของก๊าซ

จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อความดันสูงขึ้นอัตราการเคลือบจะลดลง ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้เนื่องจากเมื่อความดันสูงอ็อกซิจินของก๊าซที่ถูกเร่งโดยสนามไฟฟ้ามักจะวิ่งไปชนกันเองหรือวิ่งไปชนกับอะตอมของก๊าซทำให้มีการสูญเสียพลังงานไป เมื่อวิ่งไปถึงเป้าจึงมีพลังงานไม่มากนัก ดังนั้นอะตอมของเป้าจึงหลุดออกมาไม่มากนักและในกรณีที่อะตอมของเป้าถูกชนหลุดออกมาแล้ว อะตอมของเป้าที่หลุดออกมาก็จะวิ่งไปเคลือบบนแผ่นรองรับได้ลำบาก เนื่องจากมักจะวิ่งไปชนกับอะตอมหรืออ็อกซิจินของก๊าซที่มีอยู่มากมาย ภายในภาชนะสูญญากาศทำให้กระเด็นไปในทิศทางต่างๆ หรือบางอะตอมที่ตกลงมาบนแผ่นรองรับได้ก็อาจมีพลังงานจลน์น้อยมากจน

ไม่อาจวิ่งเข้าไปฝังตัวในแผ่นรองรับได้ ทำให้ฟิล์มที่ได้ไม่ติดแน่นกับแผ่นรองรับหรือฟิล์มที่ได้เกิดการหลุดลอกได้ง่าย

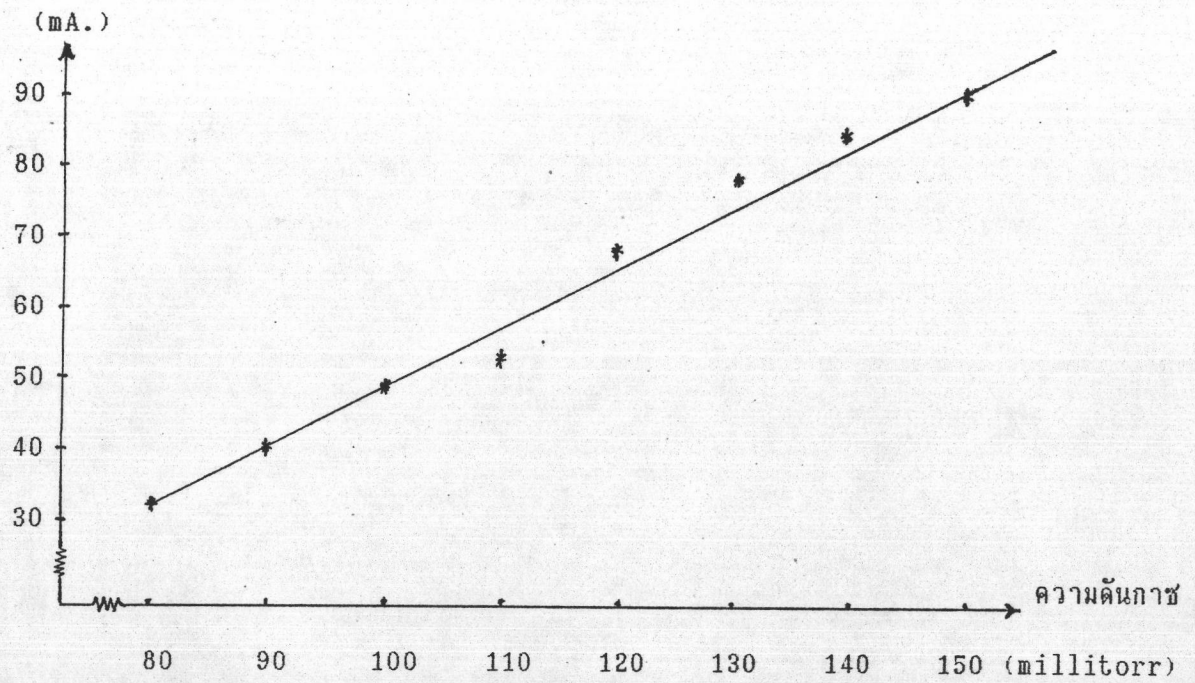
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการเคลือบฟิล์มบางของโมลิบดีนัม
เมื่อระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดเท่ากับ 1.9 เซนติเมตร
และความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 2,000 โวลต์

ความดันของก๊าซ (millitorr)	กระแสไฟฟ้า (mA.)	อัตราการเคลือบ ($\mu\text{m./hr.}$)
80	30-34*	0.321
90	38-42*	0.501
100	46-50*	0.506
110	48-54*	0.679
120	68	1.232
130	78	1.503
140	84	1.309
150	90	1.149

* กระแสไฟฟ้าค่อยๆเพิ่มขึ้น

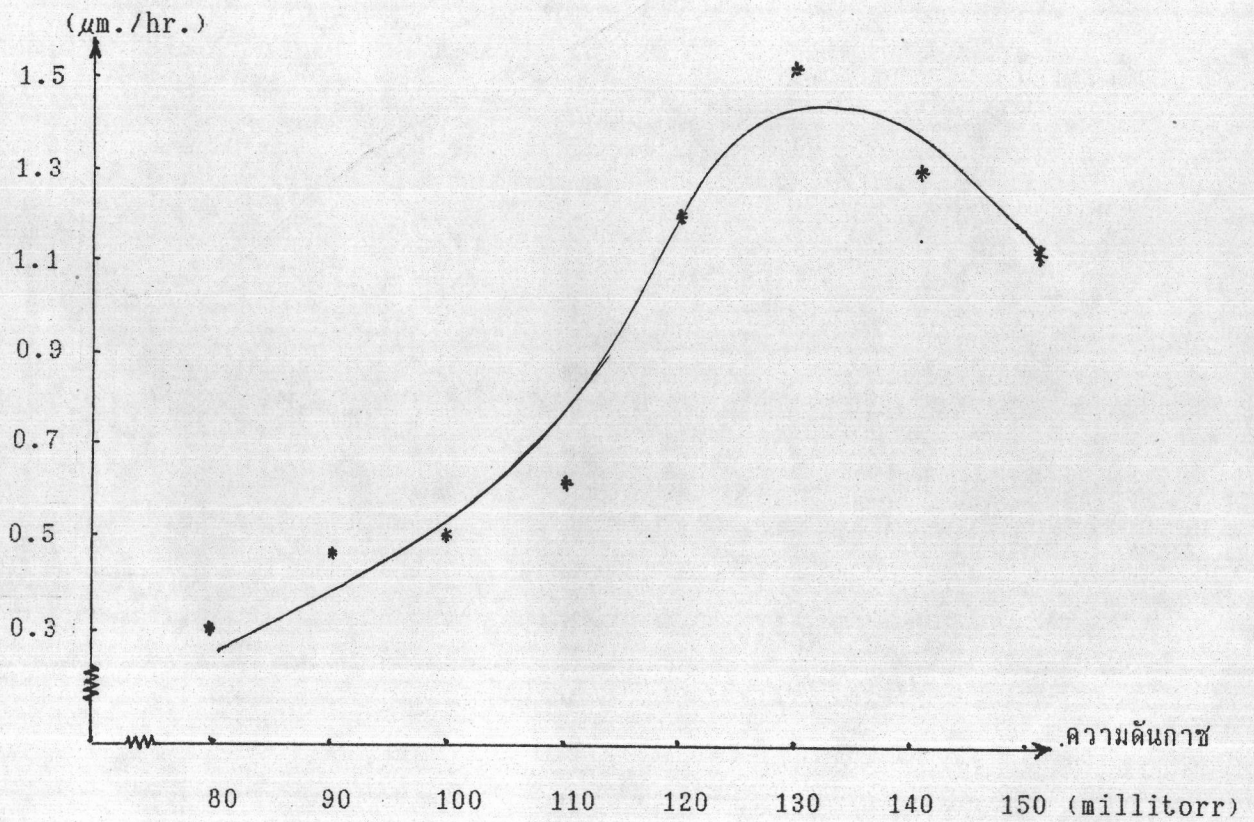
จากตารางที่ 4.2 นี้เราสามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันของก๊าซ กระแสไฟฟ้า และอัตราการเคลือบ ได้ 3 กราฟด้วยกันคือ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความดัน, อัตราการเคลือบกับความดัน และอัตราการเคลือบกับกระแสไฟฟ้า ดังแสดงในกราฟ 3 รูปต่อไปนี้

กระแสไฟฟ้า

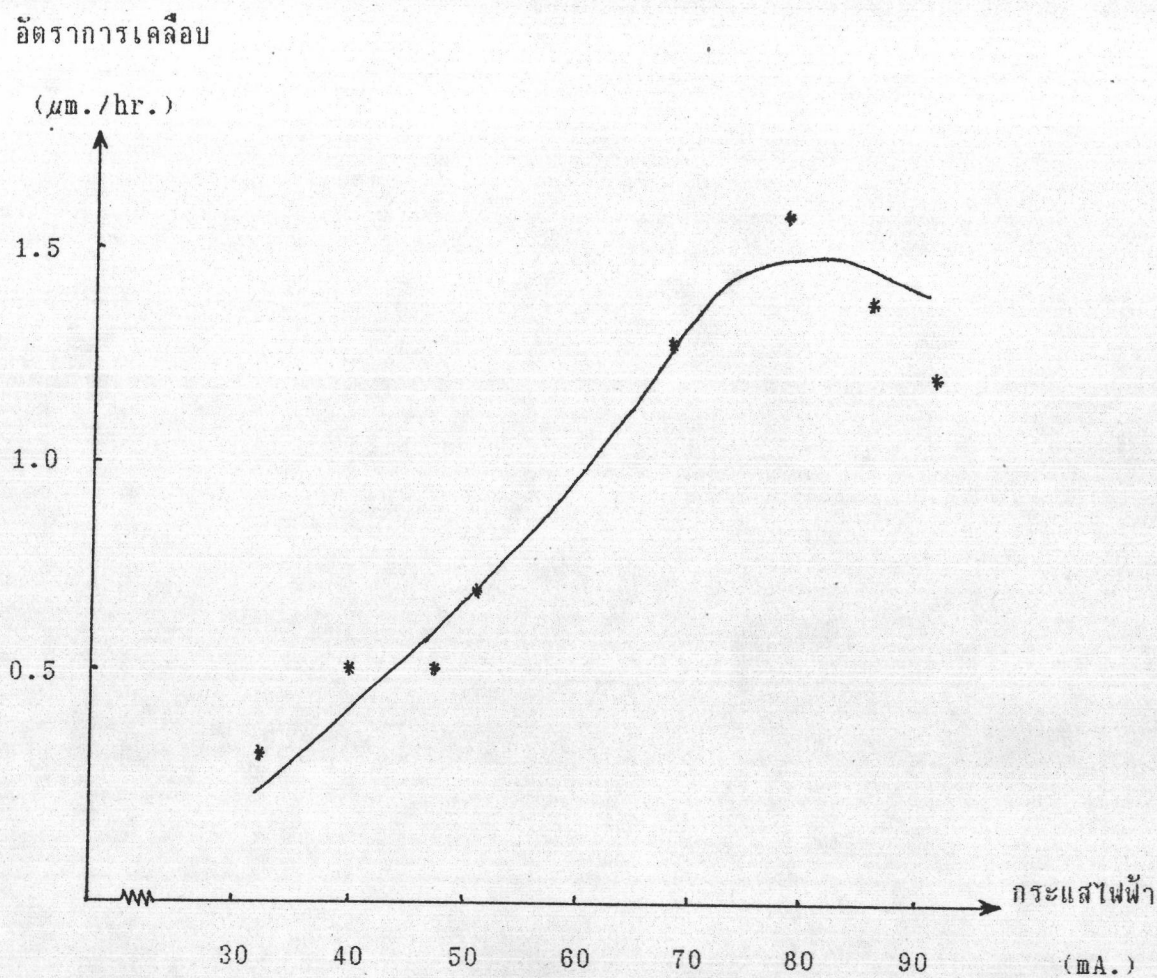


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของกระแสไฟฟ้ากับความดันของก๊าซ

อัตราการเคลื่อน



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลื่อนกับความดันของก๊าซ



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลื่อนกับกระแสไฟฟ้า

จากกราฟรูปที่ 4.2 จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความดันของก๊าซในภาชนะสูญญากาศ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้เนื่องจากก๊าซในภาชนะสูญญากาศมีสนามไฟฟ้าความเข้มสูง ดังนั้นเมื่อมีจำนวนก๊าซเพิ่มมากขึ้นก๊าซนั้นก็ย่อมจะมีการแตกตัวเป็นอิออนมากขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่ามีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระเพิ่มมากขึ้น และอิเล็กตรอนอิสระนี้ก็จะวิ่งไปยังขั้วแอโนดเกิดเป็นกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรมากขึ้น

จากกราฟรูปที่ 4.3 ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลื่อนกับความดันของก๊าซเหมือนกับกราฟในรูปที่ 4.1 แต่กราฟที่ได้มีลักษณะตรงข้ามกัน ผลการทดลองนี้ถ้าพิจารณาเฉพาะจากกราฟรูปที่ 4.1 และกราฟรูปที่ 4.3 โดยไม่ดูข้อมูลอื่น ๆ ก็อาจจะคิดว่าผลการทดลองทั้งสองครั้งนั้นขัดแย้งกันจนไม่สามารถสรุปผลการทดลองได้ แต่ถ้าพิจารณาข้อมูล

ที่ทำการทดลองโดยละเอียดแล้วก็จะพบสาเหตุที่ทำให้กราฟในรูปที่ 4.1 และกราฟในรูปที่ 4.3 มีลักษณะตรงข้ามกัน คือการทดลองที่แสดงผลการทดลองไว้ในตารางที่ 4.1 นั้นควบคุมกระแสไฟฟ้าให้มีค่าคงที่(เท่ากับ 30 มิลลิแอมป์) ส่วนการทดลองที่แสดงผลการทดลองไว้ในตารางที่ 4.2 นั้นควบคุมความต่างศักย์ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดให้มีค่าคงที่(เท่ากับ 2,000 โวลต์) ส่วนกระแสไฟฟ้าปล่อยเป็นอิสระ และจากผลการทดลองนี้กระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามความดันของก๊าซ และกระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนี้เองเป็นสาเหตุที่ทำให้ดูเหมือนว่าอัตราการเคลื่อนเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับความดันของก๊าซ

จากกราฟรูปที่ 4.4 ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลื่อนกับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขั้วคาโทด จากกราฟจะเห็นว่าในช่วงแรกอัตราการเคลื่อนจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับปริมาณของกระแสไฟฟ้า แต่ในช่วงหลังคือเมื่อกระแสไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 78 mA. อัตราการเคลื่อนจะเป็นปฏิกิริยาผกผันกับปริมาณของกระแสไฟฟ้า จากผลการทดลองนี้เราจะยังไม่สามารถสรุปผลการทดลอง โดยดูจากกราฟแสดงผลการทดลองเพียงกราฟเดียวได้ จะต้องดูข้อมูลอื่นๆประกอบด้วย เช่นจะต้องดูกราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณอื่นๆประกอบด้วย จึงจะสามารถสรุปผลการทดลองนี้ได้ และจากผลการทดลองนี้สามารถอธิบายได้ดังนี้ คืออัตราการเคลื่อนจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขั้วคาโทด แต่จะเป็นปฏิกิริยาผกผันกับความดันของก๊าซ(เมื่อปริมาณของกระแสไฟฟ้ามีค่าคงที่)

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการเคลือบฟิล์มบางของโมลิบดีนัม
เมื่อระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 3.3 เซนติเมตร
และความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 2,000 โวลต์

ความดันก๊าซ (millitorr)	กระแสไฟฟ้า (mA.)	อัตราการเคลือบ ($\mu\text{m./hr.}$)
50	17	0.076
60	21	0.072
70	30	0.225
80	32	0.205
90	36	0.258
100	46	0.323
110	50	0.385
120	60	0.485
130	70	0.577
140	75	0.509
150	80-90*	0.631

* กระแสไฟฟ้าค่อยๆเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเคลือบฟิล์มบางของโมลิบดีนัม
เมื่อระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรดเท่ากับ 4.8 เซ็นติเมตร
และความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วอิเล็กโทรดทั้งสองเท่ากับ 2,000 โวลต์

ความดันก๊าซ (millitorr)	กระแสไฟฟ้า (mA.)	อัตราการเคลือบ ($\mu\text{m.}/\text{hr.}$)
80	30	น้อยมาก
90	35	" "
100	43	" "
110	48	" "
120	55	" "
130	63	" "
140	70	" "

จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 เป็นการทดลองที่ทำเหมือนกับในตารางที่ 2 ต่างกันเพียงระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรดเท่านั้น และจากผลการทดลองในตารางที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 จะเห็นได้ว่า ถ้าระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรดมีค่ามากจะให้อัตราการเคลือบต่ำลง แต่ถ้าระยะระหว่างขั้วอิเล็กโทรดมีค่าน้อยจะให้อัตราการเคลือบสูง หรือกล่าวได้ว่า อัตราการเป็นปฏิกิริยาผกผันกับระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรด แต่ก็มีข้อจำกัดคือระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรดจะต้องไม่น้อยไปกว่าระยะคาร์คัสเปซของก๊าซนั้นๆ คือถ้าระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรดน้อยกว่าระยะคาร์คัสเปซ จะไม่เกิดการสปีดเตอร์ ระยะคาร์คัสเปซที่ความดันต่างๆได้จากตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ลักษณะต่างๆที่เกิดขึ้นภายในหลอดดิสชาร์จที่ความดันต่างๆ

Appearance	Pressure (mm.Hg)
General glow discharge	7 - 10
Beginning of striations, closely spaced	1 - 1.5
Striations 1 cm apart	0.5
Crooke's dark space 2.5 mm long	0.55
Crooke's dark space 5 mm long	0.27
Crooke's dark space 10 mm long	0.12
Crooke's dark space 15 mm long	0.07
Crooke's dark space 20 mm long	0.05
Crooke's dark space 30 mm long	0.03
Fluorescence	0.01 - 0.001
No visible discharge (black)	less than 0.001

จาก Vacuum Technology โดย Andrew Guthrie

* ความดัน 1 มิลลิเมตรปรอท เท่ากับ 1 ทอร์

4.2.2 ลักษณะและสมบัติของฟิล์มโลหะที่ได้จากการทดลอง

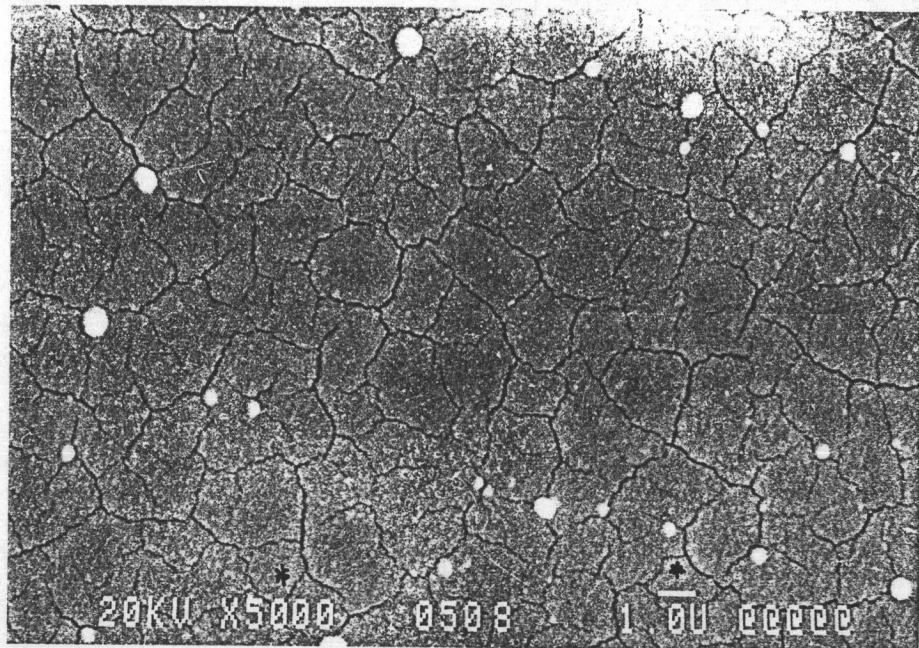
เนื่องจากในการทำวิทยานิพนธ์นี้ มีจุดมุ่งหมายที่จะให้ได้ฟิล์มบางของโมลิบดีนัมที่มีคุณภาพดีที่สุด ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงเป็นการทดลองเคลือบฟิล์มบางของโมลิบดีนัมเพียงอย่างเดียว

สำหรับฟิล์มบางของโมลิบดีนัมที่ได้จากการทดลอง จากการสังเกตด้วยตาเปล่าจะพบว่า ฟิล์มเคลือบที่ได้มีลักษณะดีพอสมควร ถ้าให้ระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรดมีค่าน้อยๆ แต่ต้องไม่น้อยกว่าระยะดาร์คสเปส ในการทดลองนี้ให้ระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรด ประมาณ 2 เซนติเมตร และความดันภายในภาชนะสุญญากาศ มีค่าไม่มากนัก (ไม่เกิน 110 มิลลิทอร์) แต่ถ้าระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรด และความดันภายในภาชนะสุญญากาศมีค่ามากกว่าค่าดังกล่าวฟิล์มโมลิบดีนัมที่ได้จะไม่ค่อยดีนัก คือเนื้อฟิล์มจะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน บางจุดจะมีลักษณะเหมือนกับเขม่าของควันไฟที่มาจับที่กระจก และถ้าระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรดหรือความดันมีค่ามากขึ้นอีก ฟิล์มที่ได้จะติดไม่แน่นนักสามารถเอามือลูบออกได้ง่าย และเพื่อจะได้ทราบลักษณะและคุณสมบัติของฟิล์มโมลิบดีนัมอย่างละเอียดยิ่งขึ้น จึงได้ใช้เครื่องมือเพื่อช่วยในการสังเกตลักษณะ และคุณสมบัติของเนื้อฟิล์มว่าฟิล์มที่ได้นั้นมีลักษณะและสมบัติอย่างไรบ้าง เครื่องมือที่ใช้ช่วยในการสังเกตมี 3 ชนิดด้วยกัน คือ

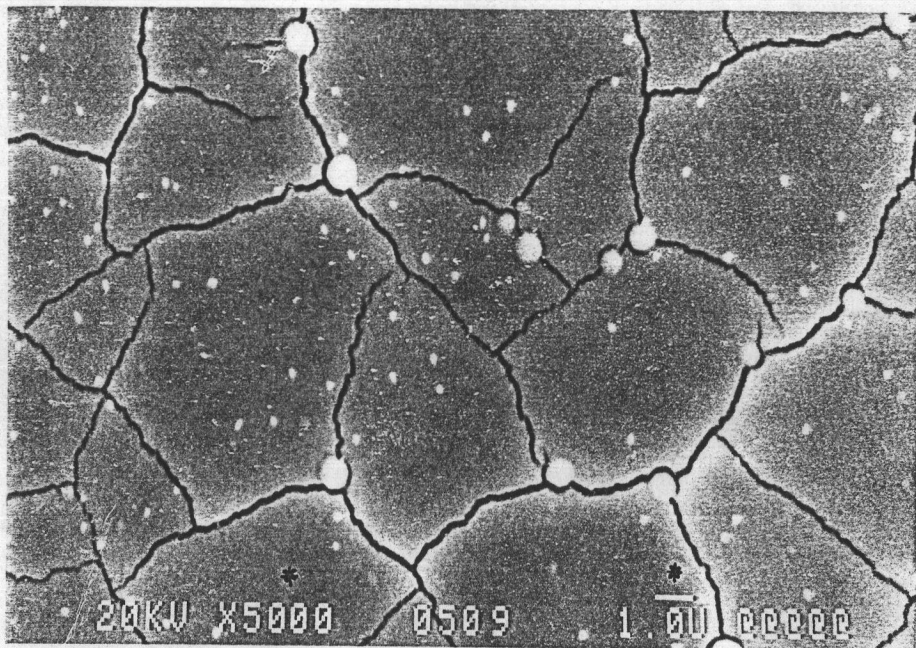
1. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning electron microscope; S.E.M.)
2. เครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X - ray diffractometer)
3. เครื่องวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มบาง

ลักษณะของฟิล์มโมลิบดีนัม เมื่อถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

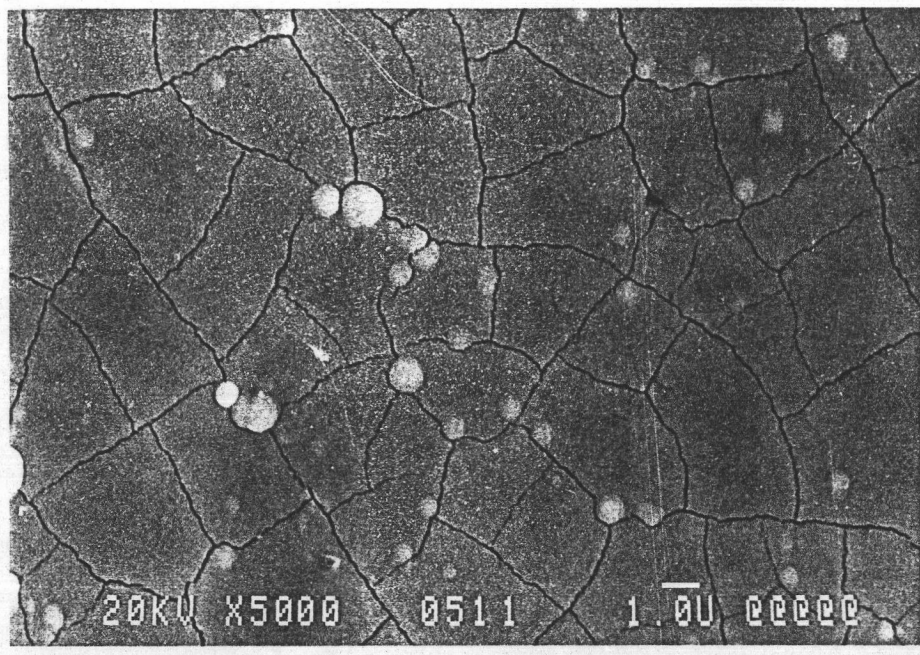
ต่อไปนี้จะ เป็นภาพที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ของฟิล์มบางของโมลิบดีนัมที่เคลือบบนแผ่นกระจกปิดสไลด์ที่ความดันต่างๆกัน แต่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขั้วอิเล็กโทรดให้มีค่าคงที่ เท่ากับ 30 มิลลิแอมป์



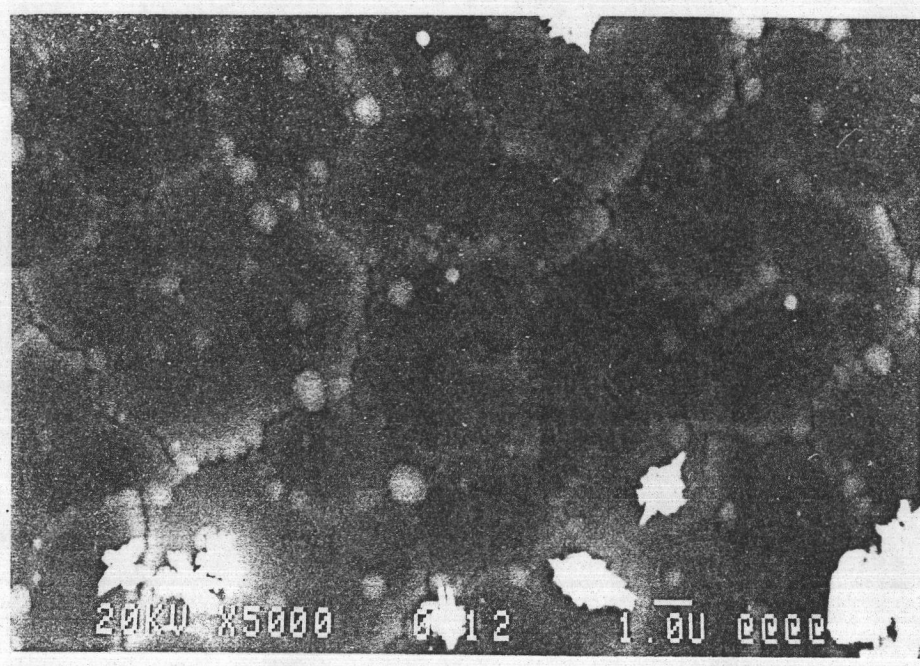
รูปที่ 4.5 ฟิล์มโพลีเอทิลีนซึ่งเคลือบที่ความดัน 80 มิลลิทอร์



รูปที่ 4.6 ฟิล์มโพลีเอทิลีนซึ่งเคลือบที่ความดัน 100 มิลลิทอร์
ตัวเลข X5000 ที่อยู่ในรูปภาพ หมายถึงกำลังขยายของกล้อง
ความยาวของเครื่องหมาย --- หมายถึงระยะทาง 1 ไมครอน

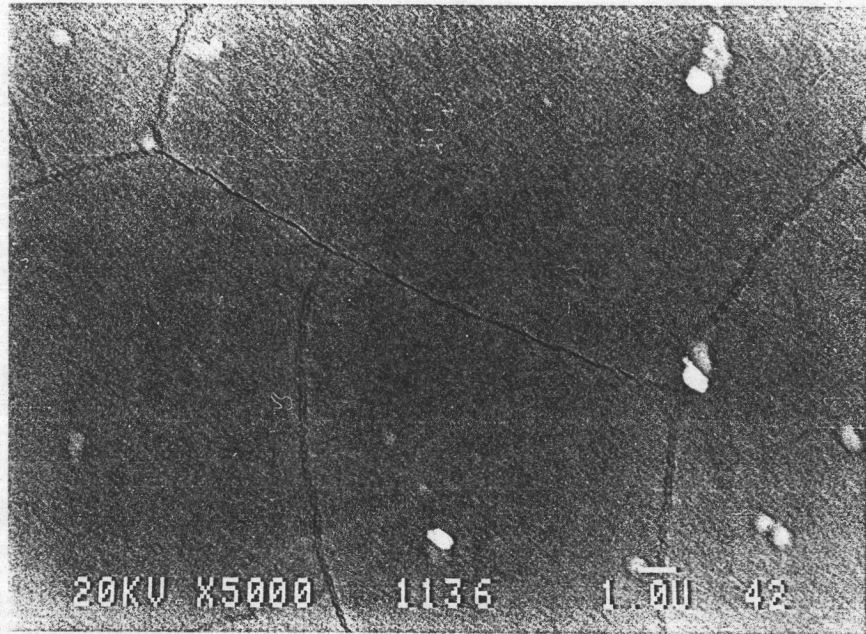


รูปที่ 4.7 ฟิล์มโพลีอิมิดีนซึ่งเคลือบที่ความดัน 120 มิลลิทอร์

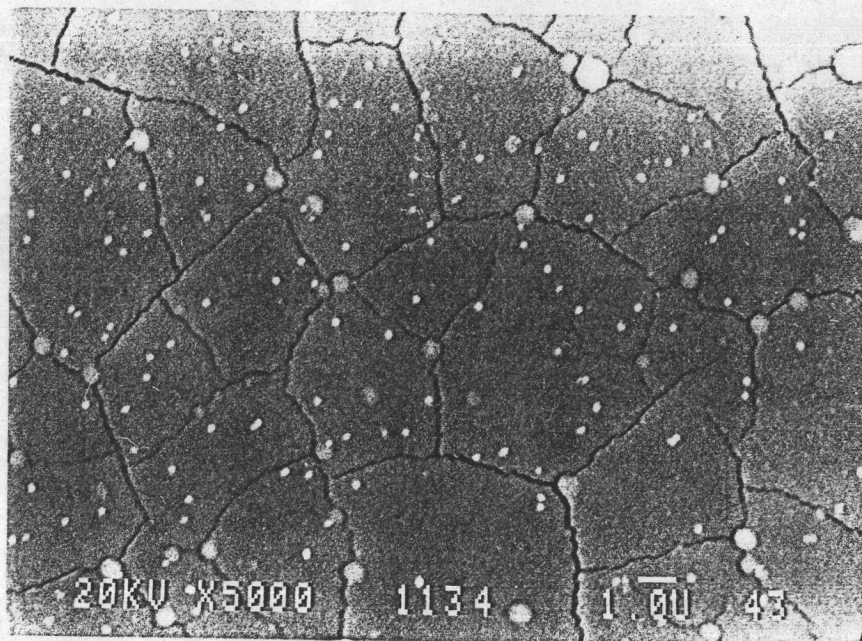


รูปที่ 4.8 ฟิล์มโพลีอิมิดีนซึ่งเคลือบที่ความดัน 140 มิลลิทอร์

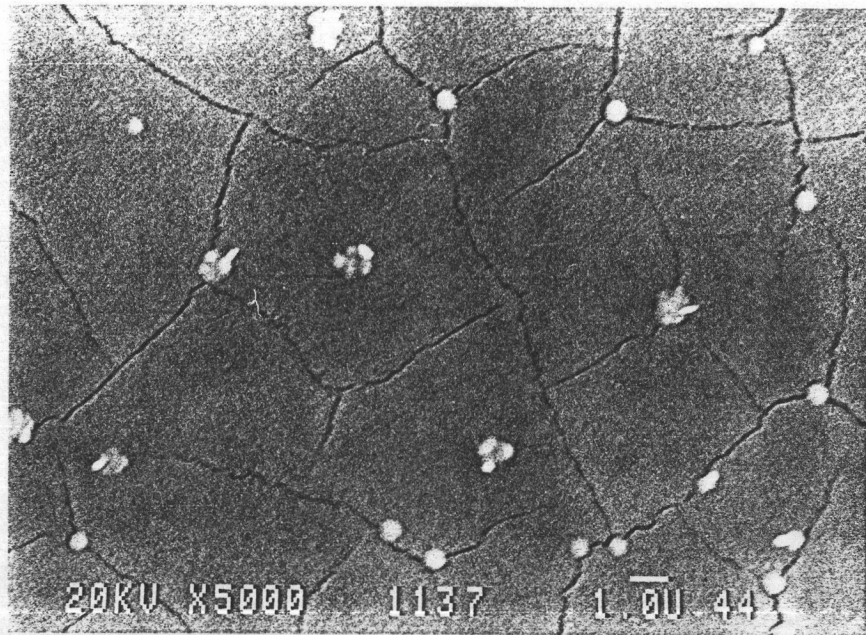
ต่อไปนี้เป็นภาพฟิล์มบางของโพลีบดอินทรีย์ชนิดหนึ่ง ในการเคลือบครั้งนี้ไม่ได้ควบคุมกระแสไฟฟ้าให้คงที่ แต่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วอิเล็กโทรดให้มีค่าคงที่ คือมีค่าประมาณ 2,000 โวลต์



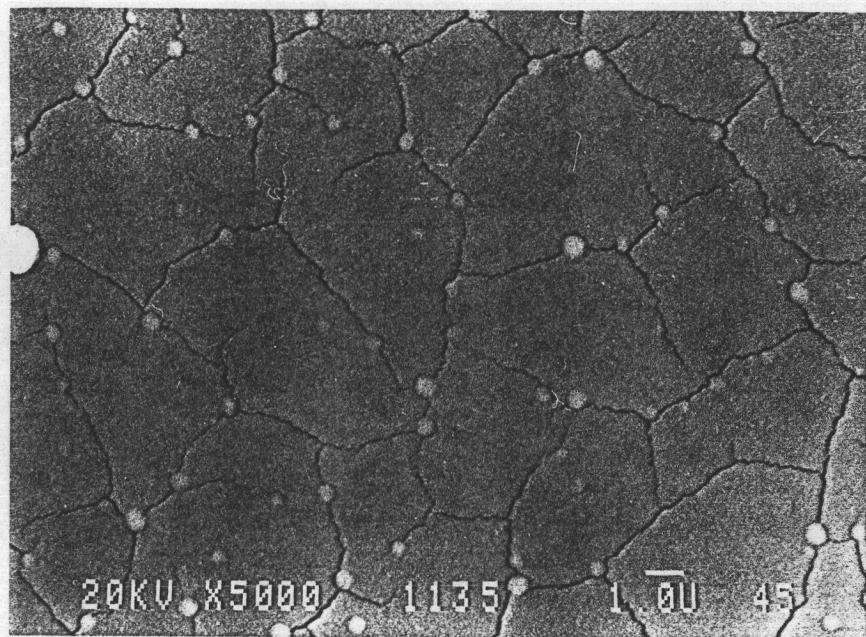
รูปที่ 4.9 ฟิล์มโพลีบดอินทรีย์ซึ่งเคลือบที่ความดัน 80 มิลลิกรัม



รูปที่ 4.10 ฟิล์มโพลีบดอินทรีย์ซึ่งเคลือบที่ความดัน 100 มิลลิกรัม



รูปที่ 4.11 ฟิล์มโพลีอิมิดีนัมซึ่งเคลือบที่ความดัน 120 มิลลิทอร์



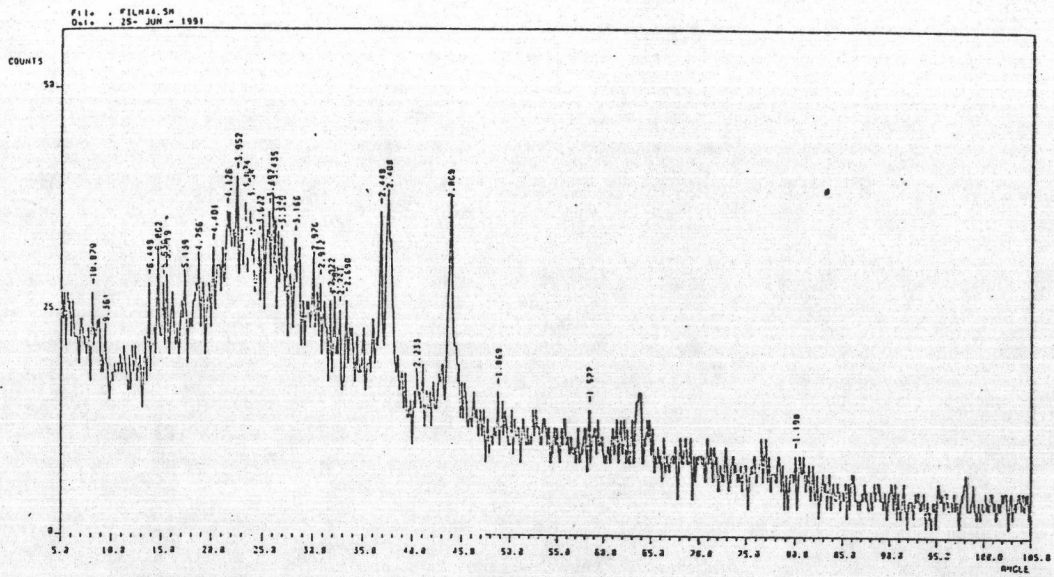
รูปที่ 4.12 ฟิล์มโพลีอิมิดีนัมซึ่งเคลือบที่ความดัน 140 มิลลิทอร์

จากรูปที่ 8 คงไม่สามารถสรุปอะไรได้มากไปกว่าการสรุปว่าฟิล์มที่ได้จะมีรอยแตกเกิดขึ้นเสมอ ไม่ว่าในการเคลือบจะใช้ความดันเท่าใด

สำหรับสาเหตุของการแตกของฟิล์มโลหะนั้น สันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจาก สัมประสิทธิ์การขยายหรือหดตัวของแผ่นรองรับ หรือกระจกปิดสไลด์ กับสัมประสิทธิ์การขยายหรือหดตัวของฟิล์มมีค่าไม่เท่ากัน และเนื่องจากในการเคลือบฟิล์มบางโดยวิธีการสปัตเตอร์ริงจะมีความร้อนสูงเกิดขึ้นที่แผ่นรองรับและฟิล์มที่เคลือบ ดังนั้นในขณะที่นำเอาแผ่นรองรับนี้ออกมา ฟิล์มโลหะซึ่งมีขนาดบางมากเมื่อเทียบกับกระจกปิดสไลด์ จะเย็นตัวได้เร็วกว่าทำให้ฟิล์มโลหะหดตัวอย่างรวดเร็ว จึงมีรอยแตกเกิดขึ้น

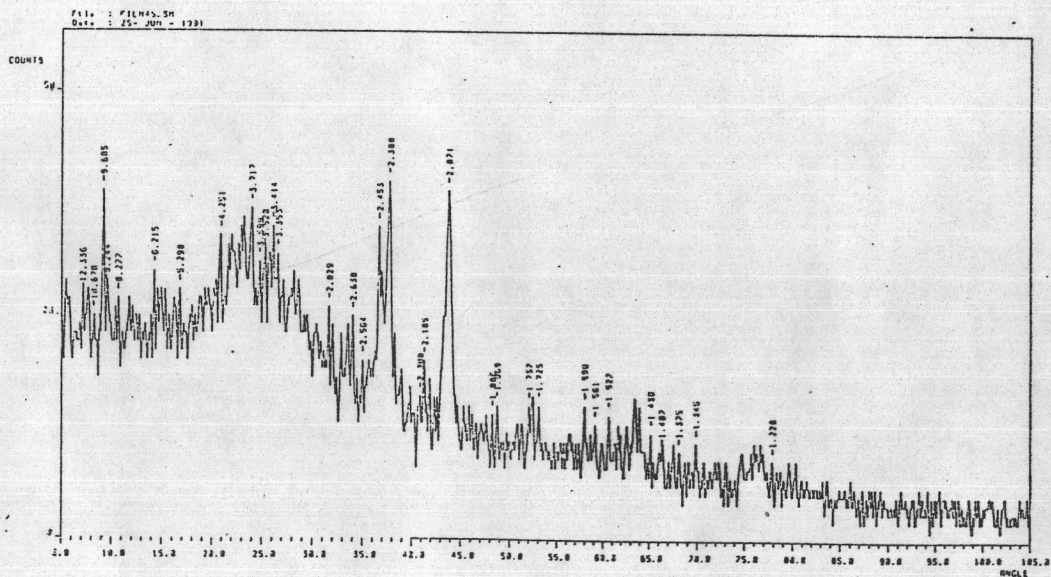
ลักษณะของฟิล์มโมลิบดีนัมเมื่อศึกษาจากเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์

ในที่นี้ได้้นำเอาฟิล์มที่เคยนำไปถ่าย SEM. (Scanning Electron Microscope) มาถ่ายด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ อีกครั้งหนึ่ง และผลของการถ่ายฟิล์มบางด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ ให้ผลออกมาเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของรังสีเอ็กซ์ที่กระเจิงออกมา กับมุม θ และกราฟที่แสดงแพทเทิร์นการเลี้ยวเบน (diffraction pattern) นั้นสามารถบอกรายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับโครงสร้างภายในของฟิล์มได้ เช่น ลักษณะของความเป็นผลึก ระยะห่างระหว่างระนาบต่างๆ เป็นต้น แพทเทิร์นการเลี้ยวเบนของฟิล์มตัวอย่าง แสดงไว้ในรูปที่ 4.13 - 4.16



รูปที่ 4.15 แพทเทอร์การเลี้ยวเบน ของฟิล์มโพลีไดนิม

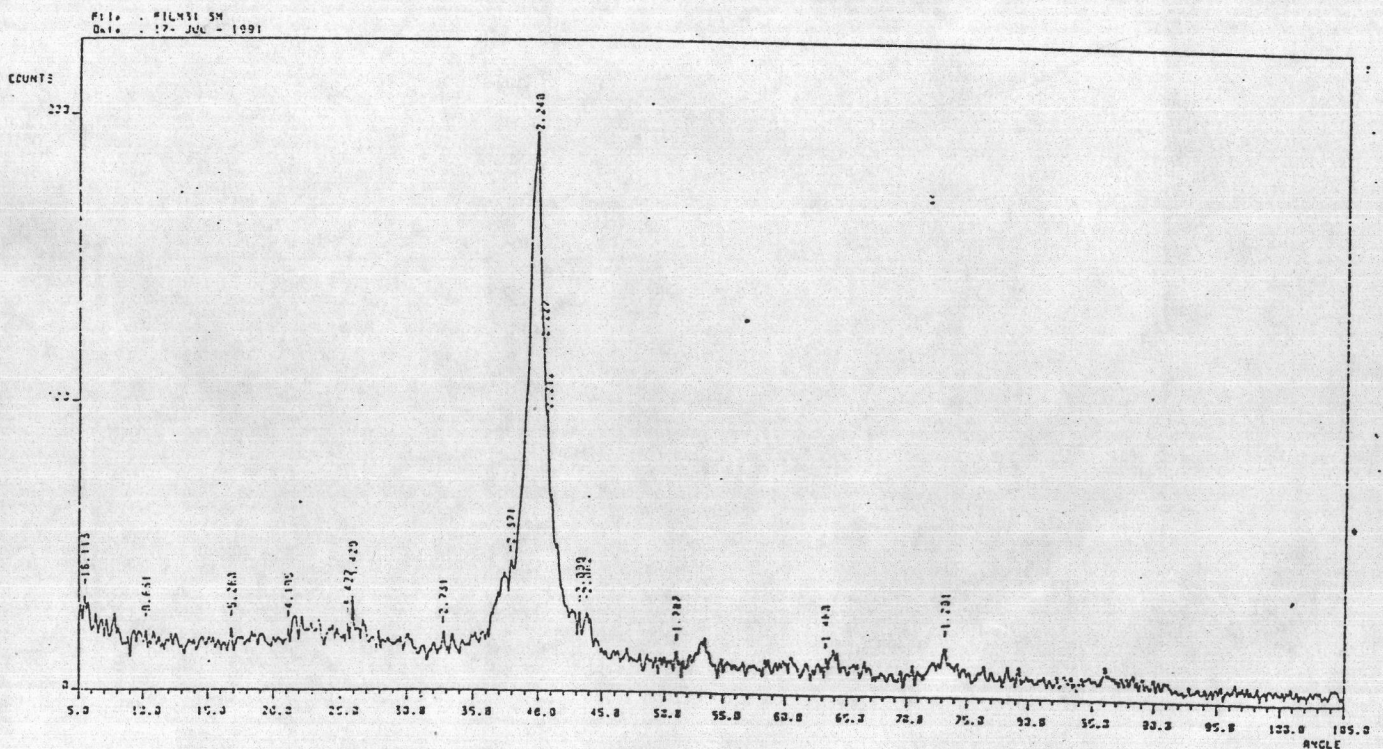
ซึ่งเคลือบที่ความดัน 120 มิลลิทอร์



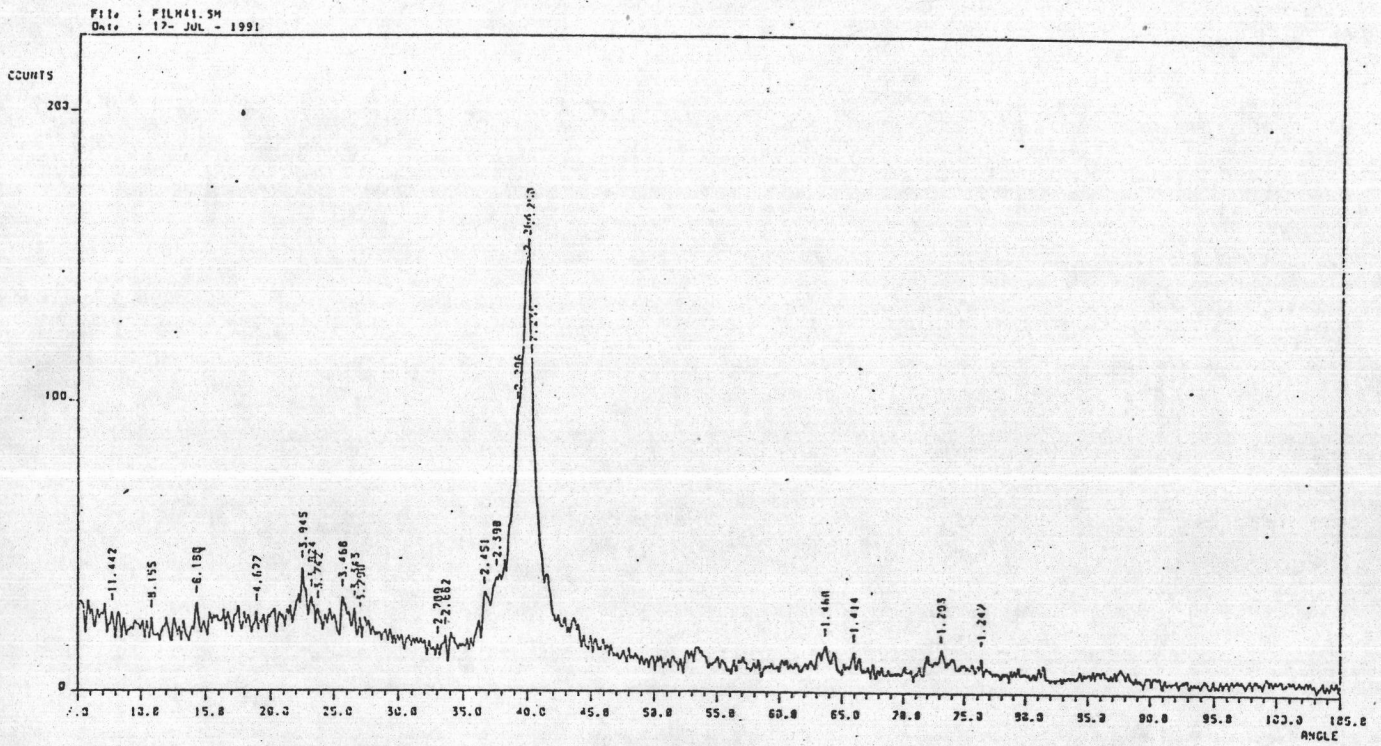
รูปที่ 4.16 แพทเทอร์การเลี้ยวเบน ของฟิล์มโพลีไดนิม

ซึ่งเคลือบที่ความดัน 140 มิลลิทอร์

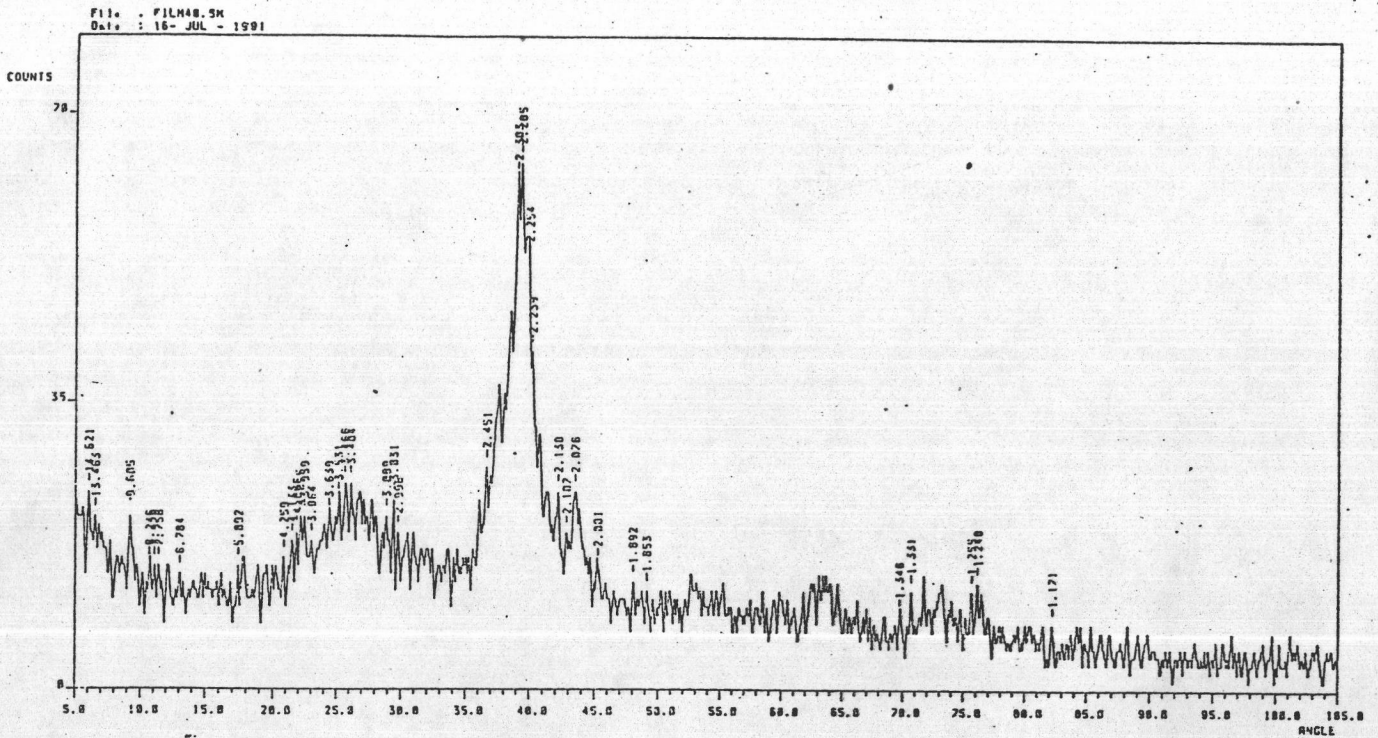
จากผลของการเอ็กซ์เรย์ฟิล์มบางของโพลีบิโคนิม ด้วยเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ ในครั้งนี้ ถ้าดูจากกราฟที่แสดงผลของการเอ็กซ์เรย์จะสามารถบอกได้ว่า ฟิล์มนั้นมีลักษณะที่ไม่เป็นผลึก แต่ในตอนนี้อาจยังไม่เชื่อผลของการเอ็กซ์เรย์มากนัก เพราะว่าฟิล์มที่นำไปเอ็กซ์เรย์นั้นค่อนข้างจะบางมากคือมีความหนาประมาณ 0.5 ไมครอน เพราะว่าถ้าฟิล์มที่นำไปถ่ายด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ บางเกินไปก็อาจทำให้ผลการเอ็กซ์เรย์ฟิล์มคลาดเคลื่อนไปได้เนื่องจากในการเอ็กซ์เรย์นั้น อาศัยการกระเจิงและการแทรกสอดของรังสีเอ็กซ์ที่ระนาบต่างๆของผลึก ถ้าฟิล์มมีขนาดบางเกินไปการเอ็กซ์เรย์ฟิล์มก็อาจจะกลายเป็นการเอ็กซ์เรย์แผ่นรองรับไปก็ได้ ดังนั้นจึงได้มีการทำการเอ็กซ์เรย์ซ้ำอีกครั้งหนึ่งโดยคราวนี้ได้นำเอาฟิล์มเดิมไปเคลือบให้มีความหนาเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 2.5 ไมครอน แล้วจึงทำการถ่ายด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์อีกครั้งหนึ่ง ผลของการเอ็กซ์เรย์ใหม่นี้แสดงไว้ในรูปที่ 4.17 - 4.19



รูปที่ 4.17 แพทเทอร์การเลี้ยวเบน ของฟิล์มโพลีบิโคนิม
ซึ่งเคลือบที่ความตัน 80 มิลลิทอร์



รูปที่ 4.18 แพทเทอร์นการเลี้ยวเบน ของฟิล์มโพลีบิตีนัม
ซึ่งเคลือบที่ความดัน 120 มิลลิทอร์



รูปที่ 4.19 แพทเทิร์นการเลี้ยวเบน ของฟิล์มโพลีอิมิดีนัม
ซึ่งเคลือบที่ความดัน 140 มิลลิทอร์

จากผลของการเอ็กซ์เรย์ในชุดหลังนี้จะเห็นว่าผลของการเอ็กซ์เรย์มีลักษณะของความ
เป็นผลึกมากขึ้น แต่ถึงอย่างไรก็ตามฟิล์มที่ได้นี้ก็ยังไม่เป็นผลึกที่แท้จริงแต่อยู่ในรูปของของแข็ง
อสัณฐาน (Amorphous Solids) นอกจากนี้ผลของการเอ็กซ์เรย์ยังบอกได้ว่าฟิล์มที่ได้ไม่ใช่
โพลีอิมิดีนัมบริสุทธิ์ เพราะว่าค่าคงที่ของผลึก (Lattice constant) ไม่ตรงกับค่าคงที่ผลึกของ
โพลีอิมิดีนัม

สภาพต้านทานไฟฟ้า (๘) ของฟิล์ม

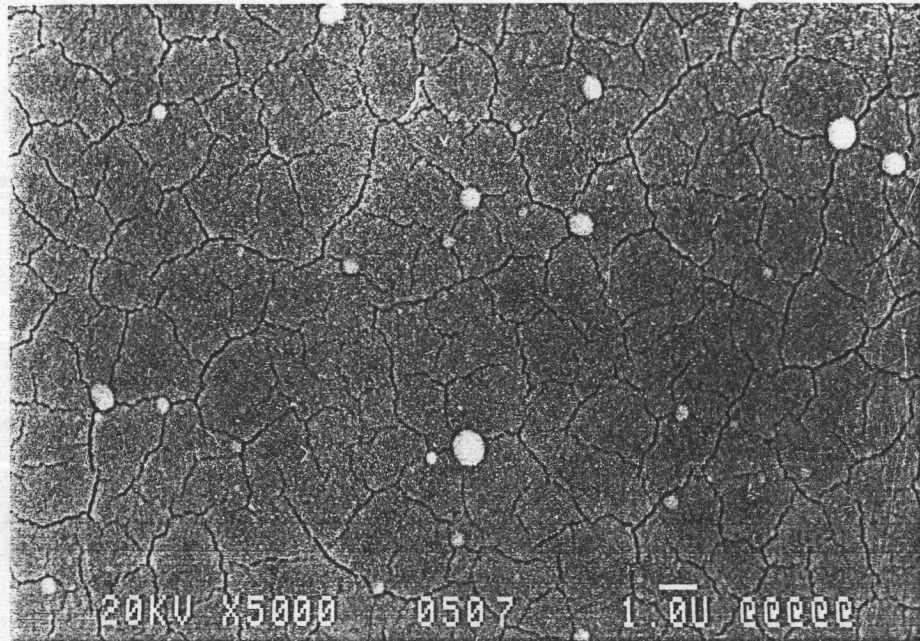
ในการเคลือบฟิล์มบางของโลหะลงบนแผ่นรองรับใดๆก็ตาม สิ่งหนึ่งที่เป็นความต้องการของผู้เคลือบแทบทุกคนคือ ต้องการให้ฟิล์มที่ได้มีลักษณะและคุณสมบัติเหมือนกับโลหะชนิดนั้นๆมากที่สุด สำหรับในการทดลองนี้เป็นการเคลือบฟิล์มบางของโมลิบดีนัม ดังนั้นในการทดลองนี้จึงต้องการให้ฟิล์มเคลือบมีลักษณะและคุณสมบัติเหมือนกับโมลิบดีนัมมากที่สุด แต่จากการวัดสภาพต้านทาน (๘) ของฟิล์มบางโดยวิธีแวนเดอเพาว์ (van der Pauw) พบว่าฟิล์มโมลิบดีนัมที่ได้มีสภาพต้านทานประมาณ 15,500 ไมโครโอห์ม เซนติเมตร ซึ่งนับว่าสูงมากเมื่อเทียบกับสภาพต้านทานของโมลิบดีนัมบริสุทธิ์ซึ่งมีสภาพต้านทานเพียง 5.7 ไมโครโอห์ม เซนติเมตร จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่าฟิล์มที่ได้มีสภาพต้านทานมากกว่าโมลิบดีนัมบริสุทธิ์มาก แสดงว่ารอยแตกที่เกิดขึ้นภายในเนื้อฟิล์มน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ฟิล์มมีสภาพต้านทานเพิ่มขึ้น และอีกสาเหตุหนึ่งอาจเป็นเพราะว่าฟิล์มที่ได้ไม่ใช่โมลิบดีนัมบริสุทธิ์

4.3 ผลการทำงานของเครื่องเคลือบฟิล์มบางที่สร้างขึ้นมา

เครื่องเคลือบฟิล์มบางโดยเทคนิคสปีดเทอริงที่สร้างขึ้นมานี้ นับได้ว่าเป็นเครื่องเคลือบฟิล์มบางโดยเทคนิคสปีดเทอริงที่ใช้งานได้ดีพอสมควร แต่ก็มีปัญหาที่จะต้องแก้ไขหรือปรับปรุงอีกหลายข้อ ดังนี้คือ

- 1) เมื่อทำการเคลือบฟิล์มไปนานๆ จะเกิดความร้อนสูงมากที่หัวคาโทดหรือเป่า
- 2) ฟิล์มที่ได้มีรอยแตกเป็นจำนวนมาก สังเกตได้เมื่อนำฟิล์มนี้ไปถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์

อิเล็กทรอนิกส์ รูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 ฟิล์มบางของโพลีบิตินัม เมื่อถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

3) ให้อัตราการเคลื่อนไม่มากนัก คือให้อัตราการเคลื่อนประมาณ 1 ไมครอนต่อ

ชั่วโมง

สำหรับการหาความหนาของฟิล์มนั้น ใช้วิธีคำนวณหาจากน้ำหนักของฟิล์มที่เพิ่มขึ้นมา

โดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดในระดับไมโครกรัม