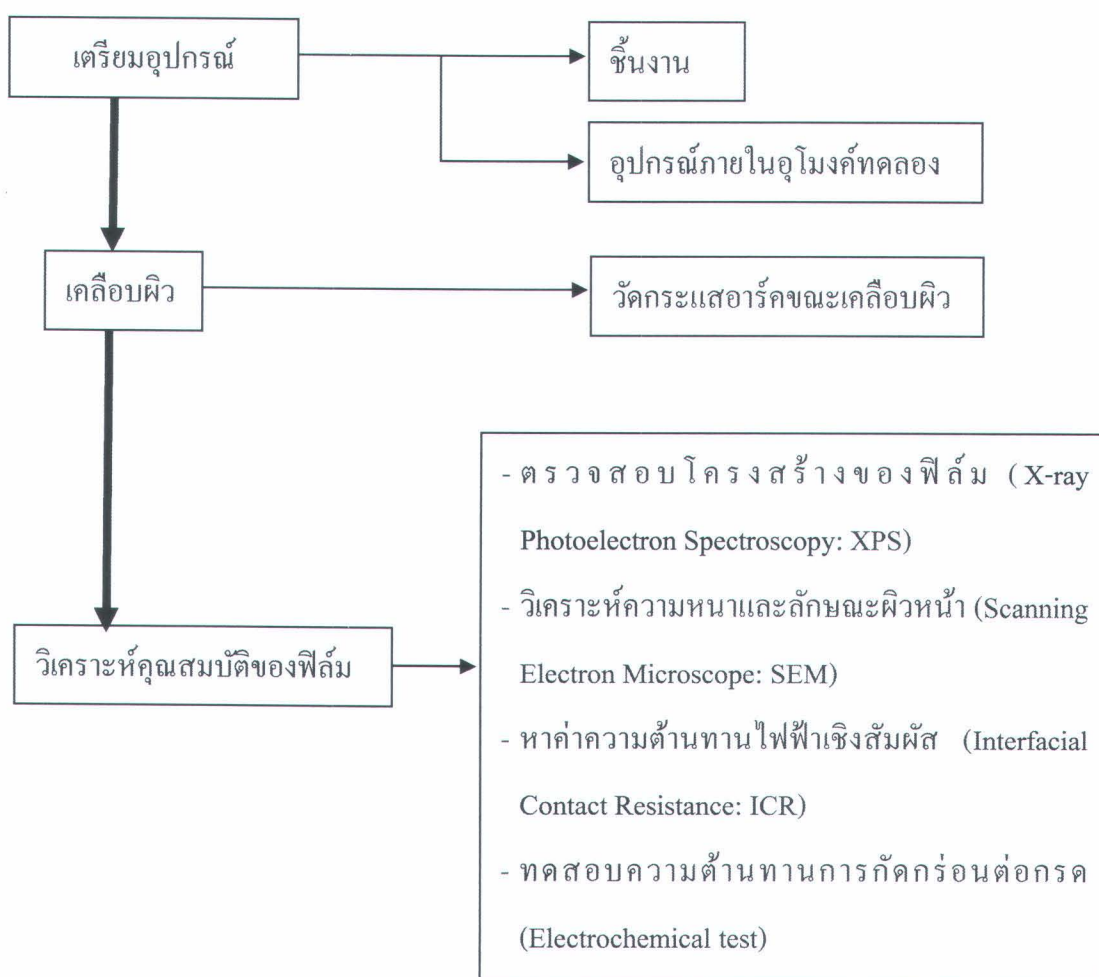


บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การทดลองนี้ใช้เครื่องกำเนิดพลาสมาแบบฟิลเตอร์แคโทดิกอาร์คในสุญญากาศ ชนิดไม่ใช้ทริกเกอร์อิเล็กโทรด เคลือบผิวชิ้นงานสแตนเลสสตีลชนิด 304 และชิ้นงานแผ่นซิลิกอน โดยใช้โลหะไทเทเนียมเป็นจุดกำเนิดพลาสมาในบรรยากาศของไนโตรเจน โดยมีกระบวนการทดลองทั้งหมดดังนี้

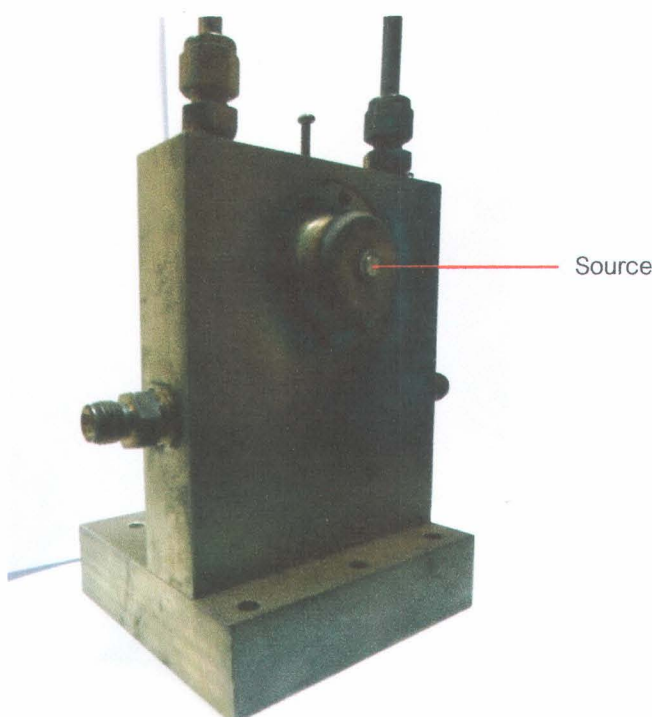


3.1 อุปกรณ์การทดลอง

การติดตั้งอุปกรณ์ภายในอุโมงค์ทดลองประกอบด้วยสามส่วน ได้แก่ แหล่งกำเนิดพลาสมา ฟิลเตอร์ และชิ้นงาน รวมทั้งการติดตั้งสายไฟระหว่างแต่ละอุปกรณ์ ควรทำให้เรียบร้อยและถี่ถ้วน ก่อนทำการทดลองทุกครั้ง เพราะเมื่อเปิดฝาอุโมงค์ทดลองและเริ่มเข้าสู่ระบบสุญญากาศแล้ว จะไม่สามารถเปิดฝาอุโมงค์เพื่อเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ภายในได้จนกว่าจะปิดระบบปั๊มสุญญากาศและปรับความดันภายในอุโมงค์ทดลองให้เท่ากับความดันบรรยากาศ

3.1.1 แหล่งกำเนิดพลาสมา

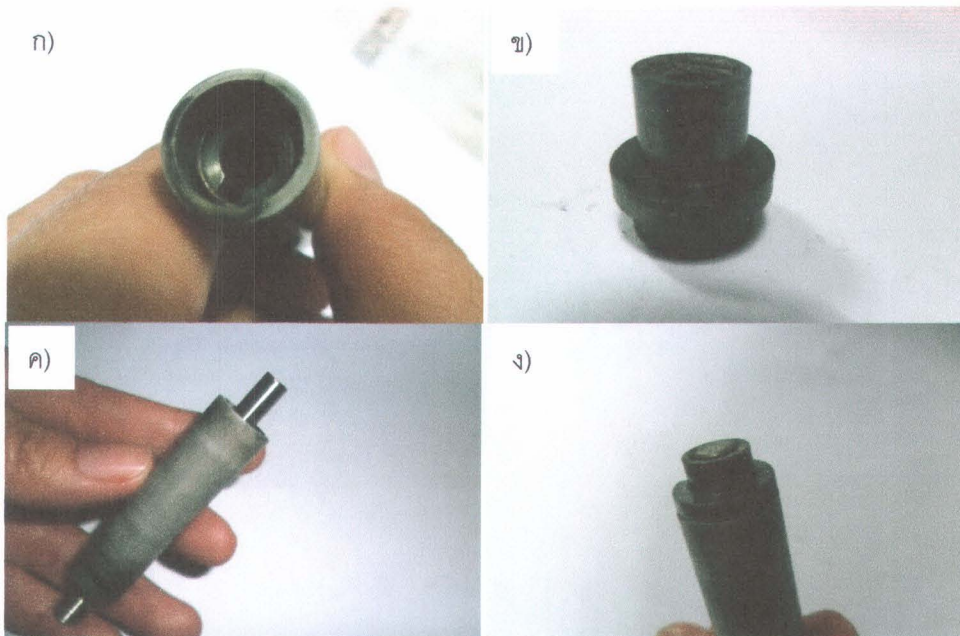
แหล่งกำเนิดพลาสมาหรือ Source มีลักษณะดังรูป 3.1 ประกอบด้วยแท่นของ Source และส่วนของ Source ซึ่งในการทดลองนี้ใช้แท่งไทเทเนียมบริสุทธิ์ 99.99% ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.95 mm ยาวไม่ต่ำกว่า 3 cm เป็นวัสดุต้นกำเนิดพลาสมา



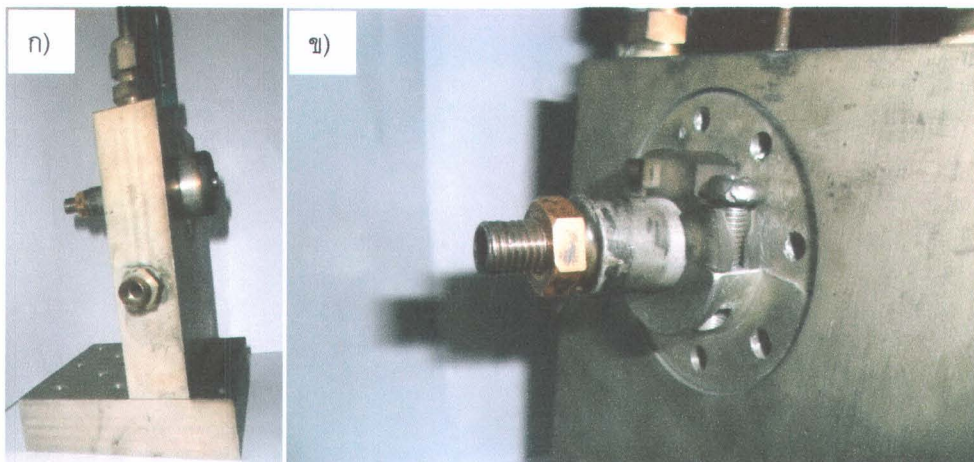
รูป 3.1 แหล่งกำเนิดพลาสมา

แท่งไทเทเนียมจะถูกประกอบเข้ากับฉนวนที่ทำจากเซรามิก เซรามิกประกอบด้วยชิ้นที่หนึ่งและชิ้นที่สองดังรูป 3.2ก และ 3.2ข ภายในอุปกรณ์ชิ้นที่หนึ่งมีโลหะนำไฟฟ้าสำหรับหนีบ source หรือการทดลองนี้เป็นแท่งไทเทเนียม เนื่องจากอุปกรณ์ชิ้นนี้เป็นแหล่งกำเนิดพลาสมาแบบไม่ใช่ทริกเกอร์ เซรามิกชิ้นที่สองจึงต้องถูกฝนด้วยแกรไฟท์ หรือไส้ดินสอ เพื่อเพิ่มลดความ

ต้านทานระหว่างแอโนดและแคโทด ความต้านทานระหว่างสองขั้วไฟฟ้าวัดโดยใช้โอห์มมิเตอร์ ควรมีค่าไม่เกิน 2000 โอห์ม เพราะอาจมีผลให้เกิดความไม่ต่อเนื่องระหว่างการเคลือบผิวของ ชิ้นงานหากความต้านทานสูงเกินไป และจะต้องเปิดฝาอุโมงค์ทดลองเพื่อนำเซรามิกชั้นเล็กมาฝน ด้วยไส้ดินสอใหม่อีกครั้ง ทำให้ต้องใช้เวลาในการทดลองเพิ่มขึ้น เมื่อหนีบแท่งไทเทเนียมเข้ากับ เซรามิกชั้นที่ 1 เรียบร้อยแล้ว จึงประกบเซรามิกทั้งสองชั้นเข้าด้วยกัน ดังรูป 3.2ค และ 3.2ง จากนั้น นำอุปกรณ์ทั้งสองติดตั้งเข้ากับแท่น Source ดังรูป 3.3ก และ 3.3ข ขันน็อตให้แน่นจึงเรียบร้อย



รูป 3.2 ผนวนที่ทำจากเซรามิก (ก) เซรามิกชั้นที่ 1 (ข) เซรามิกชั้นที่ 2
(ค) และ (ง) แท่งไทเทเนียมและเซรามิกทั้งสองชั้นประกบกัน

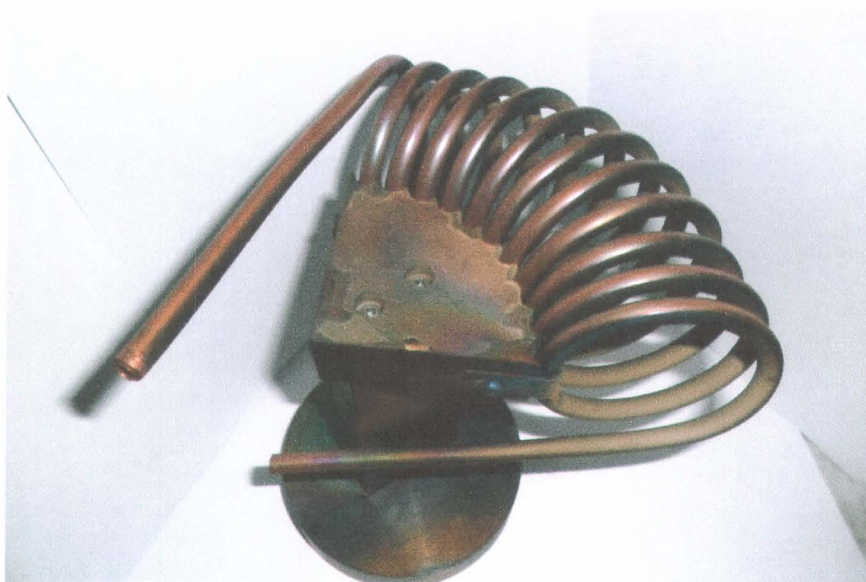


รูป 3.3 การติดตั้ง source (ก) ติดตั้งเซรามิกใส่ในแท่น source (ข) การยึดจับโดยน็อต

3.1.2 ฟิลเตอร์

ฟิลเตอร์ทำจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.635 cm หรือ $\frac{1}{4}$ นิ้ว และมีความหนา 1 mm ขดเป็นโซลินอยด์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 cm และตัดให้โค้ง 90 องศา มีรัศมีความโค้ง 9 cm ติดตั้งเข้ากับแผ่นอะครีลิกขนาดเศษหนึ่งส่วนสี่ของวงกลมและยึดกับแท่นดังรูป 3.4 ซึ่งทั้งแท่นและอะครีลิกล้วนเป็นฉนวนทั้งหมด

เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านฟิลเตอร์จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเบี่ยงเบนเหล่าไอออนมีประจุให้วิ่งไปตามความโค้งของฟิลเตอร์ได้ ดังที่คำนวณค่าสนามไฟฟ้าภายในฟิลเตอร์ในบทที่สอง ซึ่งได้ค่าประมาณ 7.5×10^{-4} T ที่จุดศูนย์กลางของฟิลเตอร์

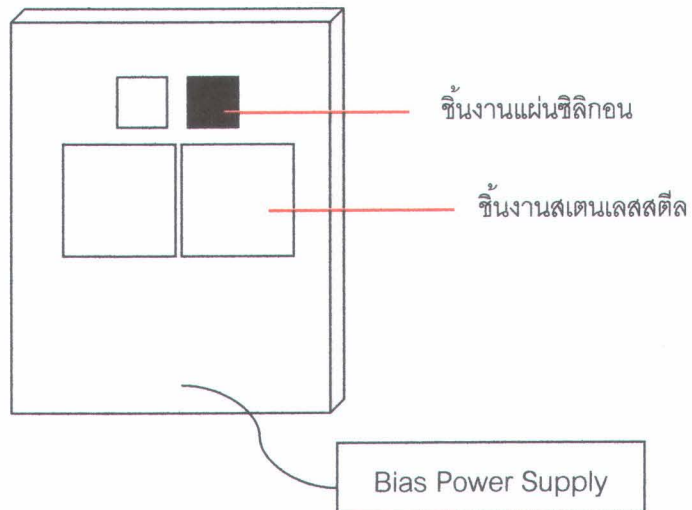


รูป 3.4 ฟิลเตอร์กรองอนุภาคนิวตรอนขนาดใหญ่

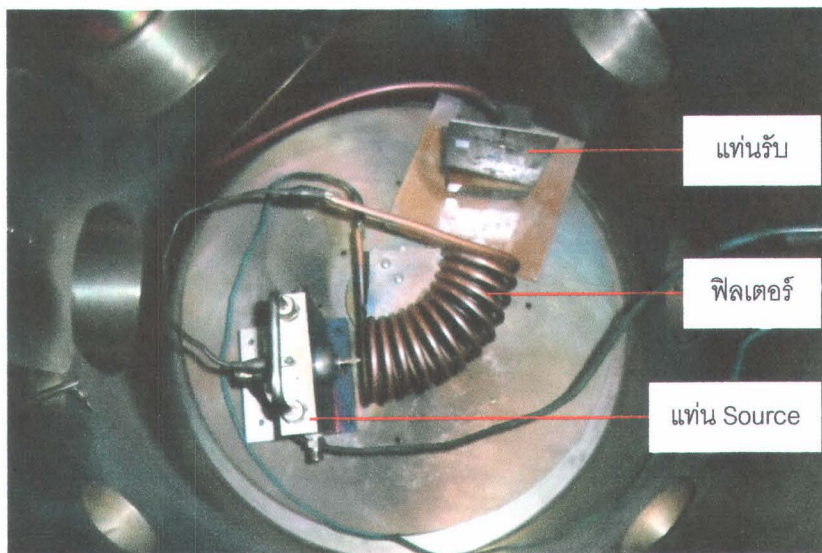
3.1.3 ชิ้นงาน

การเลือกชนิดและขนาดของชิ้นงานขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของฟิล์มบาง ผู้ทดลองเลือกใช้แผ่นสแตนเลสสตีลที่มีความหนา 1 mm ตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาด 1×1 cm² ซึ่งจะใช้ตรวจสอบเฟสของฟิล์มกับเครื่องเอ็กซเรย์ดิฟแฟรกชัน หรือ XRD และขนาด 2×2 cm² ซึ่งใช้ทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนและวัดความต้านทานไฟฟ้าเชิงสัมผัส จากนั้นจัดให้เรียบเป็นมันวาวด้วยกระดาษทรายเบอร์ 360, 600, 800, 1000 และ ผงอะลูมินาขนาด 1 และ 0.3 μ m ตามลำดับ ก่อนล้างด้วยอะซิโตนและเอทิลแอลกอฮอล์ จากนั้นเป่าด้วยหัวฉีดลมจนชิ้นงานแห้ง เมื่อได้ชิ้นงานที่พร้อมสำหรับเคลือบผิวจึงติดตั้งกับแท่นรับ (Holder) ดังรูป 3.5

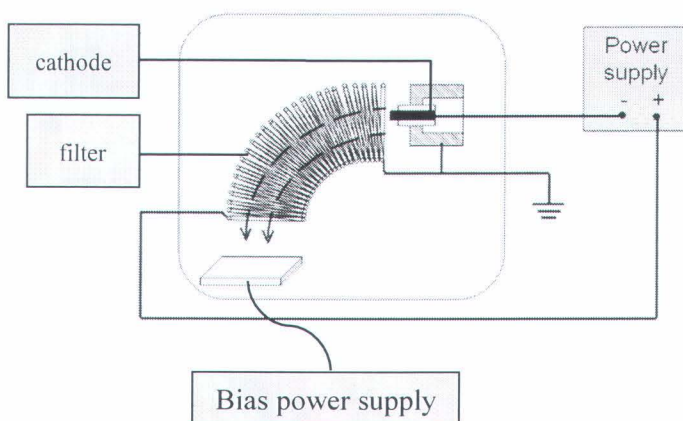
จัดอุปกรณ์ภายในอุโมงค์ทดลอง ดังรูปที่ 3.6 จัดแท่นรับให้อยู่ระดับเดียวกับกึ่งกลางของฟิลเตอร์ และจัดตำแหน่งของแท่น Source และฟิลเตอร์ ให้ระยะห่างระหว่างปลายฟิลเตอร์กับชิ้นงาน ห่างกัน 9.0 cm และต่ออุปกรณ์ต่างๆ ตามวงจรในรูปที่ 3.7 เมื่อทุกอย่างเสร็จสิ้นจึงปิดฝาอุโมงค์ทดลองเพื่อเข้าสู่กระบวนการเคลือบผิวต่อไป



รูป 3.5 แผนภาพการติดตั้งชิ้นงานกับแท่นรับ



รูปที่ 3.6 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ภายในอุโมงค์ทดลอง



รูปที่ 3.7 วงจรไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์

3.2 การเคลือบผิวชิ้นงาน

ผู้ทดลองได้แบ่งกระบวนการเคลือบผิวเป็นสองขั้นตอน คือขั้นตอนของระบบสุญญากาศ และขั้นตอนของระบบไฟฟ้า เป็นที่ทราบว่ากระบวนการเคลือบผิวชิ้นงานจะให้ผลดีถ้าพลาสมาเคลื่อนที่ในอุโมงค์ทดลองที่มีความเป็นสุญญากาศสูง เพราะอนุภาคจะเคลื่อนที่ไปโดยไม่ชนกับอนุภาคของอากาศ ทำให้โอกาสที่อนุภาคจะสูญเสียความเร็วและพลังงานจนมีน้อยลงก่อนจะวิ่งไปเคลือบฝังบนชิ้นงาน เริ่มแรกจึงต้องทำให้อุโมงค์ทดลองเป็นสุญญากาศโดยการใช้ปั๊มสุญญากาศสองชนิดนั่นคือ ปั๊มโรตารีและปั๊มโครโอเจนิก มีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 รีเจนเนอเรตปั๊มโครโอเจนิก

เนื่องจากว่าปั๊มโครโอเจนิกไม่สามารถเริ่มต้นการทำงานที่ความดันบรรยากาศได้ จึงต้องมีการเตรียมความพร้อมให้ปั๊มโครโอเจนิกโดยการเปิดปั๊มโรตารีและวาล์วระหว่างปั๊มโรตารีซึ่งเรียกว่า Regenerate Valve ดูแผนภาพในรูปที่ 2.4 ในบทที่ 2 เป็นการประกอบ ปั๊มโรตารีจะดูดอากาศภายในปั๊มโครโอเจนิกให้ความดันลดลงถึงระดับประมาณ 2.0×10^{-2} torr หรือต่ำกว่านั้น จึงปิดปั๊มโรตารีและวาล์ว และเปิดคอมเพรสเซอร์เริ่มต้นการทำงานของปั๊มโครโอเจนิก ขณะนี้ความดันภายในปั๊มโครโอเจนิกจะลดลงจาก 10^{-2} torr ต่ำลงไปเรื่อยๆ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ปล่อยให้ปั๊มโครโอเจนิกเริ่มต้นทำงานหรือ “อุ่นเครื่อง” จึงเรียกขั้นตอนนี้ว่า รีเจนเนอเรตปั๊มโครโอเจนิก

3.2.2 ดูดอากาศภายในอุโมงค์ทดลองด้วยปั๊มโรตารี

อุโมงค์ทดลองในตอนนี้มีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ เมื่อเปิดปั๊มโรตารี และ Backing Valve ความดันภายในอุโมงค์จะลดลง สามารถวัดความดันภายในอุโมงค์ได้โดยอ่านที่เครื่องแสดงผล ซึ่งเชื่อมต่อกับหัววัด CG2 เมื่อความดันเท่ากับหรือต่ำกว่า 2.0×10^{-2} torr จึงปิด Backing Valve และปั๊มโรตารี

3.2.3 ดูดอากาศภายในอุโมงค์ทดลองด้วยปั๊มไครโอเจนิก

อุโมงค์ทดลองขั้นตอนนี้มีความดันต่ำกว่า 10^{-2} torr ซึ่งเหมาะสมพอจะเริ่มใช้ปั๊มไครโอเจนิก จึงเปิด Gate Valve ซึ่งเป็นวาล์วที่กั้นระหว่างปั๊มไครโอเจนิกและอุโมงค์ทดลอง ความดันภายในอุโมงค์จะลดลงและสามารถอ่านค่าได้จากเครื่องแสดงผลอีกเครื่องหนึ่งที่เชื่อมต่อกับ Penning Gate เป็นหัววัดที่ความดันต่ำซึ่งติดตั้งไว้ในอุโมงค์ทดลอง รอจนกระทั่งความดันเท่ากับ Base Pressure ซึ่งในการทดลองนี้กำหนดไว้ที่ 2.0×10^{-5} torr เป็นค่าเริ่มต้นทุกครั้งก่อนจะเริ่มขั้นตอนต่อไป

3.2.4 ปล่อก๊าซไนโตรเจนเข้าสู่อุโมงค์ทดลอง

ก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ 99.99% ถูกปล่อยผ่านเครื่องควบคุมการไหล หรือ Mass Flow สามารถวัดอัตราการไหลได้ ในการทดลองนี้ผู้ทดลองเลือกแปรค่าความดันของก๊าซไนโตรเจนขณะเคลือบผิวโดยพลาสมาที่ความดันค่าดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เงื่อนไขของการทดลองในแต่ละชิ้นงาน

ชื่อชิ้นงาน	เงื่อนไข
TiN1	base pressure : 2.0×10^{-5} torr
TiN2	5.0×10^{-5} torr (หรือช่วงความดัน $4.0 - 6.0 \times 10^{-5}$ torr)
TiN3	1.0×10^{-4} torr (หรือช่วงความดัน $9.0 \times 10^{-5} - 2.0 \times 10^{-4}$ torr)
TiN4	5.0×10^{-4} torr (หรือช่วงความดัน $4.0 - 6.0 \times 10^{-4}$ torr)
TiN5	1.0×10^{-3} torr (หรือช่วงความดัน $9.0 \times 10^{-4} - 2.0 \times 10^{-3}$ torr)
TiN6	5.0×10^{-3} torr (หรือช่วงความดัน $4.0 - 6.0 \times 10^{-3}$ torr)

3.2.5 เริ่มเข้าสู่ขั้นตอนของระบบไฟฟ้า

จ่ายแรงดันไฟฟ้าขนาด 450 โวลต์ จาก arc power supply ไปยังหัวกำเนิดพลาสมา (plasma source) ให้เกิดการอาร์กภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจนในความดันต่างๆ กัน

แรงดันไฟฟ้านี้ เมื่อวัดกระแสไฟฟ้าขณะจ่ายแรงดันด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป ได้ค่าประมาณ 500 A และให้แรงดันไฟฟ้าลบคงที่ขนาด 1 กิโลโวลต์จาก Bias power supply กับชิ้นงานเพื่อช่วยดึงไอออนบวกในพลาสมาวิ่งเข้ามาเกาะที่ผิวชิ้นงานได้ดีขึ้น จากนั้นจุดอาร์คพลาสมาของไทเทเนียมภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจน ที่ความดันกล่าว ผ่านฟิลเตอร์และวัดค่ากระแสอาร์คขณะทำการทดลองด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป แต่ละชิ้นงานทำการจุดอาร์คพลาสมาของไทเทเนียมเป็นเวลา 70 นาที หลังการเคลือบผิวแล้ว ปล่อยชิ้นงานไว้ในบรรยากาศของไนโตรเจนเพื่อให้เย็นลง จึงนำออกจากอุโมงค์ทดลอง โดยสรุปตัวแปรที่ใช้ในการทดลองดังตาราง 3.2

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการเคลือบผิวชิ้นงาน

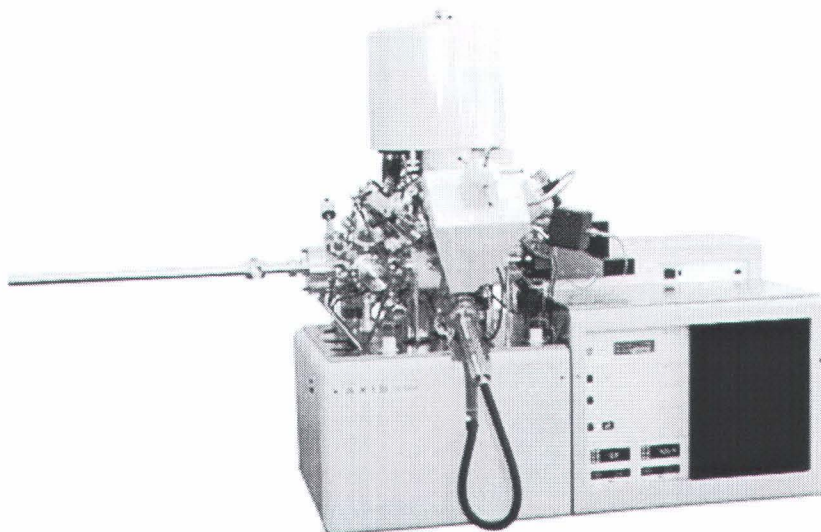
Technique parameters	Value
Base pressure (torr)	2.0×10^{-5}
Gas atmosphere	Pure N ₂
Gas pressure (torr)	$10^{-5} - 10^{-3}$
Arc voltage (V)	450
Magnetic coil current (A)	250
Substrate Bias (kV)	1
Deposition time	1h 10 min

3.3 วิเคราะห์คุณสมบัติของฟิล์ม

3.3.1 ตรวจสอบโครงสร้างโดยการวัดจำนวนโฟโตอิเล็กตรอนด้วยเทคนิค XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy)

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ X-ray Photoelectron Spectroscopy รุ่น Axis Ultra ผลิตจากบริษัท Kratos Analytical Ltd. ดังรูป 3.8 ณ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รังสีเอกซ์พลังงานเดี่ยวผลิตจากหลอดที่เป่าแอโนดทำด้วยโลหะ Al K α มีพลังงาน 1486.6 eV

การส่องผิวหน้าของชิ้นงานที่เคลือบผิวจากเครื่อง XPS แบ่งเป็น 2 ลักษณะได้แก่ survey ซึ่งเป็นการส่องโดยรวมเพื่อค้นหามีธาตุใดในชิ้นงานตั้งแต่ระดับพลังงาน 0 eV ถึง 1,200 eV จากนั้นจะเลือกช่วงระดับพลังงานที่ละเอียดขึ้น ระดับพลังงานเหล่านี้จะบ่งชี้ว่าเป็นธาตุใดและสามารถวิเคราะห์หาลักษณะการสร้างพันธะระหว่างโมเลกุล เรียกว่าการส่อง high resolution โดยตรวจสอบธาตุทั้งหมด 4 ธาตุ ได้แก่ Ti2p, N1s, O1s และ C1s



รูปที่ 3.8 เครื่อง X-ray Photoelectron Spectroscopy

3.3.2 ตรวจสอบความหนาและลักษณะทางกายภาพ

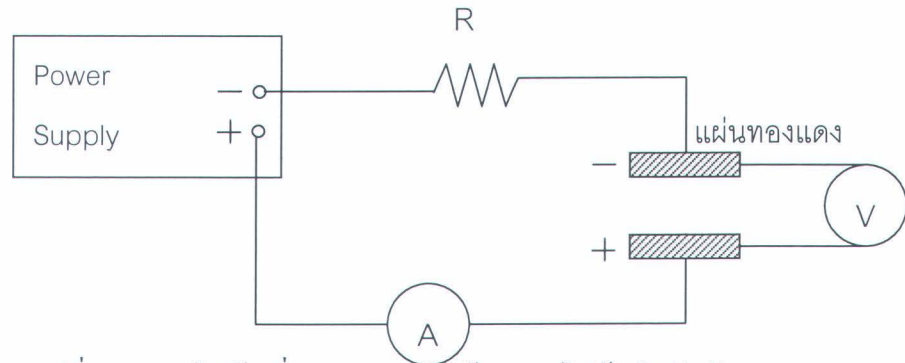
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Field Emission Scanning Electron Microscope, FE-SEM) รุ่น JEOL JSM-6335F ที่ศูนย์บริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ใช้ในการทดสอบโครงสร้างทางจุลภาคของผิวหน้าของฟิล์มบนแผ่นซิลิกอน และตรวจสอบความหนาด้วยภาพถ่ายหน้าตัดของชิ้นงานที่เกิดจากการหักแผ่นซิลิกอน

3.3.3 ทดสอบความต้านทานไฟฟ้าเชิงสัมผัส (interfacial contact resistance ; ICR)

ความต้านทานไฟฟ้าเชิงสัมผัสอ้างอิงจากวิธีการของ Davies [8,9] ดังแผนภาพในรูปที่ 3.10 โดยชิ้นงานขนาด $2 \times 2 \text{ cm}^2$ ถูกประกบด้วยกระดาษคาร์บอน (Toray carbon paper TGD-H-120) ซึ่งทำงานคล้ายกับ Gas diffusion layer (GDL) และปิดหุ้มด้วยแผ่นทองแดงทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้า ควรทำความสะอาดแผ่นทองแดงด้วยเอทานอลก่อนทดลองทุกครั้ง และในการคำนวณความต้านทานไฟฟ้าเชิงสัมผัสจะทดลองภายใต้แรงกดตั้งแต่ $12.5 - 325 \text{ N-cm}^2$ จากนั้นจ่ายกระแสไฟฟ้า (I) ระหว่างแผ่นทั้งหมดที่ประกบกันและวัดศักย์ไฟฟ้า (V) เพื่อคำนวณความต้านทานไฟฟ้าเชิงสัมผัสรวม (R_{tot}) จากสมการ (1)

$$R_{\text{tot}} = \frac{VA_s}{I} \quad (1)$$

โดยที่ต่อวงจรทางไฟฟ้าดังรูปที่ 3.9 และจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่เท่ากับ 1 A และ A_s คือพื้นที่ผิวหน้าตัดของชิ้นงานซึ่งเท่ากับ $2 \times 2 \text{ cm}^2$



รูปที่ 3.9 วงจรไฟฟ้าเพื่อทดสอบความต้านทานไฟฟ้าเชิงสัมผัส

การทดลองนี้ต้องการทราบค่าความต้านทานไฟฟ้าเชิงสัมผัส (ICR) ของฟิล์มบางไทเทเนียมไนไตรด์กับกระดาษคาร์บอนของแต่ละชั้นงาน ($R_{\text{TiN-C}}$) และจำเป็นต้องรู้ค่าต่างๆ ดังนี้

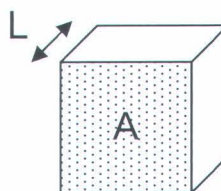
- ก. บัลค์ รีซิสเทนซ์ (Bulk resistance) ของแผ่นทองแดง ; R_{Cu} , แผ่นสแตนเลสสตีล 304; R_{ss} และ กระดาษคาร์บอน; R_{C}
- ข. ความต้านทานเชิงสัมผัสระหว่างแผ่นทองแดงกับกระดาษคาร์บอน; $R_{\text{Cu-C}}$ และ กระดาษคาร์บอนกับแผ่นสแตนเลสสตีล 304; $R_{\text{C-ss}}$

บัลค์ รีซิสเทนซ์ เป็นค่าคงที่ คำนวณจากสมการ (2)

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (2)$$

โดยที่ ρ คือ resistivity ของชั้นงาน, L คือความยาวของแผ่นชั้นงาน A คือพื้นที่หน้าตัดของแผ่นชั้นงานซึ่งคงที่เท่ากับ $2 \times 2 \text{ cm}^2$ ดังแผนภาพในรูปที่ 3.10

เมื่อกำนวณตามสมการ (2) ได้ค่าดังตาราง 3.3



รูปที่ 3.10 แผนภาพของชั้นงาน

ตาราง 3.3 แสดงค่าคงที่และความต้านทานของแผ่นทองแดง กระจกคาร์บอน และแผ่นสแตนเลส

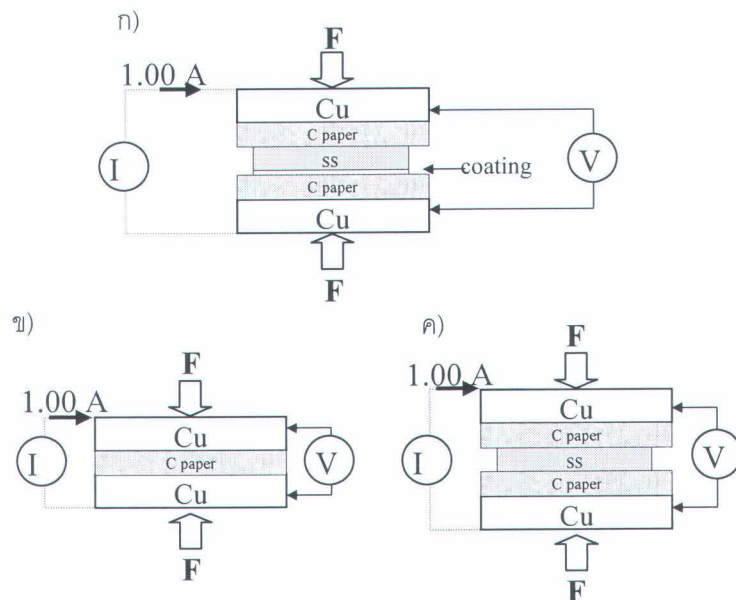
parameter material	$\rho(\Omega \cdot \text{cm})$	L (cm)	$\frac{L}{A} (\text{cm}^{-1})$	R (Ω)
Cu	0.00000167	0.2	0.05	8.35E-08
C	0.08	0.037	0.00925	0.00074
ss	0.000072	0.1	0.025	0.0000018

$$R_{\text{tot}}(\text{ก}) = 2R_{\text{Cu}} + 2R_{\text{C}} + R_{\text{ss}} + 2R_{\text{Cu-C}} + R_{\text{C-ss}} + R_{\text{TiN-C}} \quad (3)$$

$$R_{\text{tot}}(\text{ข}) = 2R_{\text{Cu}} + R_{\text{C}} + 2R_{\text{Cu-C}} \quad (4)$$

$$R_{\text{tot}}(\text{ค}) = 2R_{\text{Cu}} + 2R_{\text{C}} + R_{\text{ss}} + 2R_{\text{Cu-C}} + R_{\text{C-ss}} \quad (5)$$

เพื่อให้ได้ค่าความต้านทานไฟฟ้าเชิงสัมผัสระหว่างฟิล์มบางไทเทเนียมกับกระจกคาร์บอน; $R_{\text{TiN-C}}$ ทดลองโดยการต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 3.11ก และคำนวณโดยใช้สมการที่ 3 ซึ่งมีตัวแปรที่ยังไม่ทราบค่า ดังนั้นจึงต้องมีการทดลองหาค่า $R_{\text{Cu-C}}$ และ $R_{\text{C-ss}}$ โดยการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.11ข และ 3.11ค แล้วใช้สมการที่ 4 และ 5 ในการคำนวณค่าดังกล่าวตามลำดับ



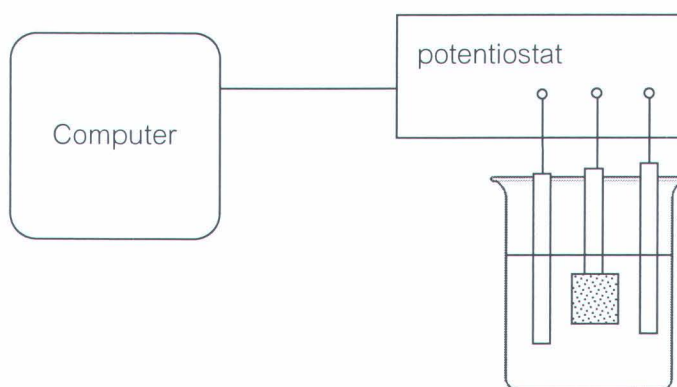
รูปที่ 3.11 แผนภาพการทดลองเพื่อหาค่า ICR (ก) ชิ้นงานถูกประกบด้วยการดาษคาร์บอนและแผ่น

ทองแดง (ข) กระจกคาร์บอนถูกประกบด้วยแผ่นทองแดง

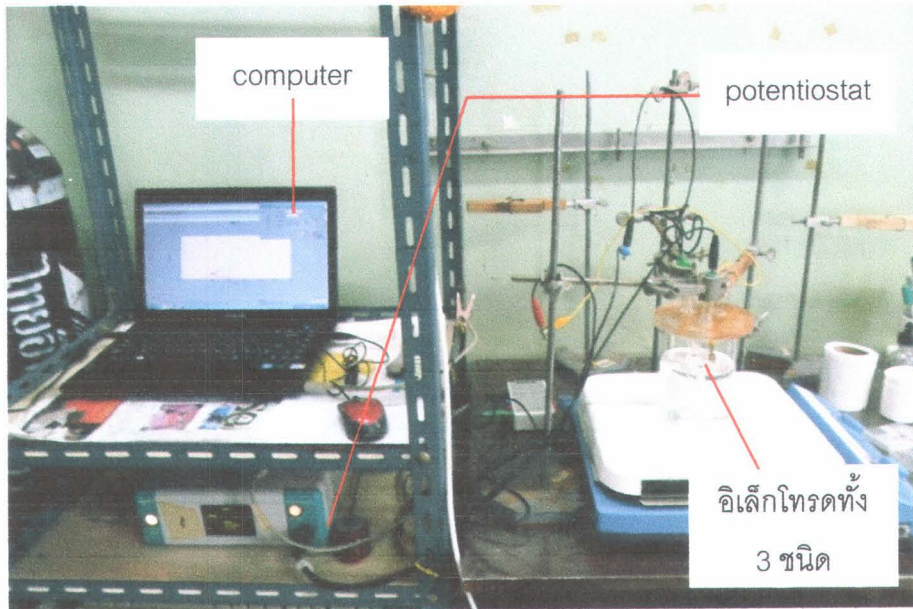
(ค) แผ่นสแตนเลส 304 ถูกประกบด้วยกระจกคาร์บอนและแผ่นทองแดง

3.3.4 ทดสอบการกัดกร่อนโดยวิธีโพเทนติโอดนามิกส์

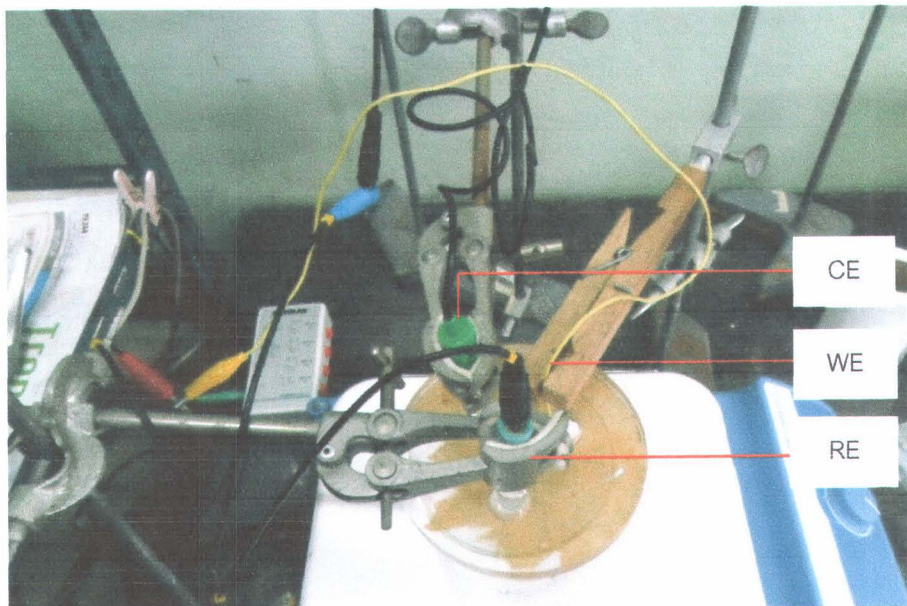
การทดลองนี้ต้องการทดสอบการกัดกร่อนของชิ้นงานในสารละลายกรดซัลฟูริกหนึ่งโมลา (1M H_2SO_4) ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งวัดค่า pH ได้ประมาณ 2 – 3 ชิ้นงานจะถูกเคลือบด้านหลังและด้านข้างด้วยน้ำยาทาเล็บ Dodwell nail enamel ของ บจก.บีเอ็นอินเตอร์โปรดักส์ เพื่อให้เหลือพื้นที่ที่ต้องการทดสอบการกัดกร่อนมีเพียงด้านที่เคลือบผิวเท่านั้น เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ $\mu\text{Autolab}$ type II potentiostat ทำหน้าที่ป้อนศักย์ไฟฟ้าเข้าสู่ชิ้นงาน และวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านชิ้นงาน โดยการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์ Autolab ในรูปที่ 3.12 จะเห็นว่าอิเล็กโทรดสามชนิดต่อเข้ากับเครื่องโพเทนติโอสเตตได้แก่ Reference electrode: RE ในการทดลองใช้ชนิด saturated calomel electrode (SCE), counter electrode: CE ใช้ชนิด platinum plate และ working electrode: WE ใช้เป็นชิ้นงานที่ต้องการทดสอบ อิเล็กโทรดทั้งสามชนิดถูกจุ่มลงในบีกเกอร์ที่บรรจุสารละลายกรดซัลฟูริก เพื่อเข้าสู่การป้อนศักย์ไฟฟ้าแบบโอเพนเซอร์กิตโพเทนเชียล (open circuit potential: OCP) เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นศักย์ไฟฟ้าจะเริ่มถูกบันทึกได้เป็นกราฟโวลตาโมแกรมซึ่งมี scanning rate เท่ากับ 1 mV/s และมีพื้นที่ผิวการกัดกร่อนเท่ากับ 3 cm^2



รูปที่ 3.12 แผนภาพการทดสอบการกัดกร่อน



รูปที่ 3.13 เครื่องมือและอุปกรณ์ขณะทำการทดสอบหาค่าความกัดกร่อน (1)



รูปที่ 3.14 เครื่องมือและอุปกรณ์ขณะทำการทดสอบหาค่าความกัดกร่อน (2)