9. ภายหลังที่ทำความสะอาดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของระบบและประกอบเข้ากับ vacuum chamber ตามเดิม แล้วทดสอบความดันภายใน chamber ปรากฏว่าได้ความดันต่ำสุด 4.53×10^{-2} ดังแสดงในรูปที่ 4.34 ซึ่งเป็นตัวเลขที่แสดงบนแผงหน้าปัทม์แสดงผลของเครื่องวัดความดัน ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการทดลอง diffusion pump และทดลองเคลือบ ซึ่งจะอยู่ในรายงานบทต่อไป

รูปที่ 4.34

บทที่ 5
รายละเอียดของเครื่องสปัตเตอริง

เครื่องสปัตเตอริงที่สร้างได้จากการสร้างส่วนที่เป็น Vacuum chamber, หัว Cathode, ชุดจ่ายกำลังไฟฟ้าและระบบควบคุมการทำงาน เมื่อนำไปประกอบกับอุปกรณ์ที่จะต้องจัดซื้อมา ได้แก่ ปั๊มสุญญากาศ , เกจวัดความดัน , Chiller หรือ ถังน้ำเย็นสำหรับระบายความร้อน, วาล์วต่างๆ เมื่อนำประกอบเป็นระบบก็จะได้เป็นระบบเคลือบแบบสปัตเตอริง ดังแสดงในรูปที่ 5.1

ในบทนี้จะสรุปรายละเอียดของส่วนต่าง ๆ ของระบบเคลือบ โดยเฉพาะรายละเอียดของระบบควบคุมการทำงานของระบบปั๊มสุญญากาศ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปิด - ปิดวาล์วเพื่อปั๊มอากาศออกจาก Vacuum chamber

รูปที่ 5.1 ระบบเคลือบแบบสปัตเตอริง

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบเคลือบแบบสปัตเตอริง

5.1 ภาชนะสุญญากาศ (Chamber) และหัวคาโทด (Cathode)

โดยภาชนะสุญญากาศของระบบเคลือบ จะใช้สำหรับเคลือบชิ้นงานด้วยวิธีการสปัตเตอริงตัวภาชนะสุญญากาศสร้างจากเหล็กกล้าไร้สนิม โดยมีฝาเปิดเพื่อนำชิ้นงานเข้า-ออกอยู่ทางด้านหน้าของ ภาชนะสุญญากาศตัวภาชนะสุญญากาศมีหน้าแปลนขนาดต่าง ๆ กัน ไว้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น วาลว์และกจวัดความดัน เป็นต้น โดยในรูปที่ 5.2 แสดงลักษณะภาชนะสุญญากาศที่ใช้ในระบบเคลือบ

รูปที่ 5.2 ภาชนะสุญญากาศ

ในส่วนของคาโทดที่ใช้กับระบบเคลือบจะออกแบบให้เป็นแบบ Unbalance Magnetron Cathode ซึ่งจะมี 2 หัวคาโทด โดยแต่ละคาโทดจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 5 นิ้ว ถูกติดตั้งเข้ากับภาชนะสุญญากาศที่ด้านข้างทั้งสองด้านของภาชนะสุญญากาศ ส่วนบนของคาโทดมีทางน้ำไหลผ่านเข้า-ออกเพื่อใช้หล่อเย็นตัวคาโทดและเป้าสารเคลือบ โดยมีเทฟลอนใช้กั้นระหว่างคาโทดและผนังโลหะของภาชนะสุญญากาศเพื่อแยกขั้วไฟฟ้าออกจากกัน โดยในรูปที่ 5.3 แสดงลักษณะของคาโทดที่ใช้ในระบบเคลือบ

รูปที่ 5.3 คาโทด

5.2 ระบบปั๊มสุญญากาศ

ระบบปั๊มสุญญากาศจะใช้ในการสร้างสภาวะสุญญากาศในภาชนะสุญญากาศ โดยระบบปั๊มที่ใช้ที่ประกอบด้วย Rotary Pump และ Diffusion Pump ที่ต่อเข้ากับภาชนะสุญญากาศด้วยท่อและมีวาล์วควบคุมการปิด-เปิด โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. Rotary Pump

รูปที่ 5.4 Rotary Pump

เป็นปั๊มที่อาศัยหลักการทำงานเชิงกล ใช้ในการปั๊มอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศ โดยสามารถลดความดันในภาชนะสุญญากาศ จากความดันบรรยากาศจนถึงความดันประมาณ 10^{-2} mbar และยังใช้เป็นปั๊มช่วยให้กับ Ddiffusion Pump

2. Diffusion Pump

รูปที่ 5.5 Diffusion Pump

เป็นปั๊มที่อาศัยหลักการแพร่ของไอน้ำมัน ใช้ในการสูบอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศ สามารถลดความดันจากความดันได้ในช่วง 10^{-2} -10^{-6} mbar จะสามารถทำงานได้ที่ความดันมีค่าน้อยกว่า 10^{-2} mbar เป็นต้นไป

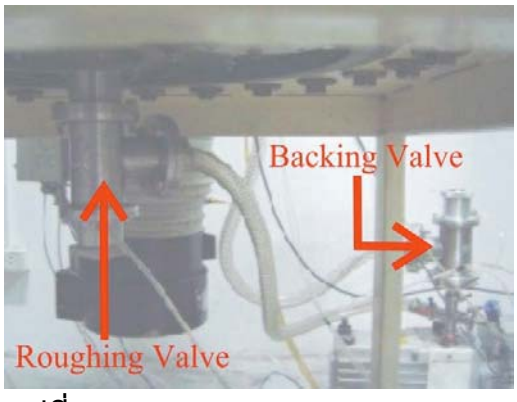
5.3 วาล์วและข้อต่อต่าง ๆ

ทำหน้าที่เปิด-ปิดเพื่อควบคุมการไหลของแก๊สโดยจะเชื่อมระหว่างตัวภาชนะสุญญากาศกับปั๊มหรือระหว่างปั๊มด้วยกัน ประกอบด้วยวาล์วชนิดต่างๆคือ

(1) **Backing Valve** อยู่ระหว่าง Rotary Pump กับ Diffusion Pump ทำหน้าเปิด-ปิดการไหลของแก๊สระหว่าง Rotary Pump กับ Diffusion Pump โดยในรูปที่ 5.6 แสดง Backing Valve ที่ใช้กับเครื่องเคลือบ

(2) **Roughing Valve** อยู่ระหว่าง Rotary Pump กับภาชนะสุญญากาศ ทำหน้าเปิด-ปิดการไหลของแก๊สระหว่าง Rotary Pump กับภาชนะสุญญากาศ โดยในรูปที่ 5.6 แสดงRoughing Valve ที่ใช้กับเครื่องเคลือบ

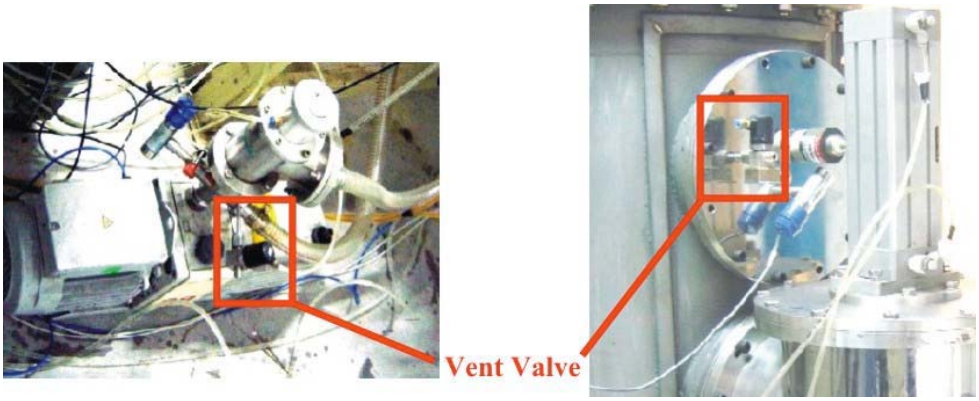
(3) **High Vacuum Valve** อยู่ระหว่างภาชนะสุญญากาศกับ Diffusion Pump ทำหน้าเปิด-ปิด การไหลของแก๊สระหว่าง ภาชนะสุญญากาศ กับ Diffusion Pump โดยในรูปที่ 5.7 แสดง High Vacuum Valve ที่ใช้กับเครื่องเคลือบ



รูปที่ 5.6 Roughing และ Backing Valve

รูปที่ 5.7 High Vacuum Valve

(4) **Vent Valve** ทำหน้าที่ปล่อยอากาศจากภายนอกเข้าระบบปั๊มเพื่อทำให้มีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ เพื่อทำให้สามารถเปิดภาชนะสุญญากาศหรือใช้เพิ่มความดันใน Backing line ในระบบเคลือบจะติดตั้งตัว Vent Valve 2 แห่ง คือติดกับภาชนะสุญญากาศและติดกับ Backing Valve ดังแสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 Vent Valve

5.4 ระบบควบคุมปั๊มสุญญากาศ

ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบปั๊มสุญญากาศ โดยจะติดตั้งที่ตู้ควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 5.9 ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ

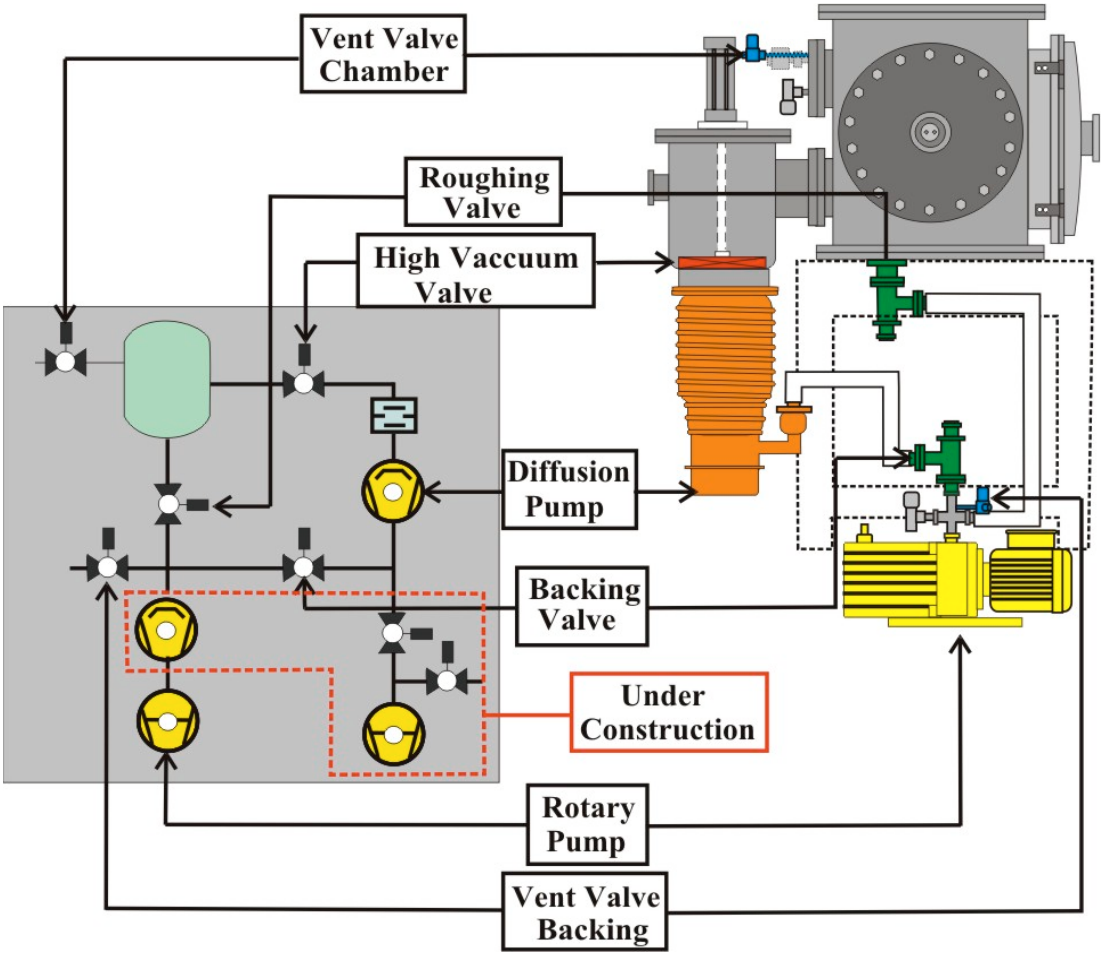
1. แผงแสดงสภาวะการทำงานของระบบปั๊มสุญญากาศ
2. ปุ่มควบคุมการทำงานของระบบปั๊มสุญญากาศ

โดยมีรายละเอียดดังนี้

รูปที่ 5.9 ระบบควบคุมระบบปั๊มสุญญากาศ

5.4.1 แผงแสดงสภาวะการทำงานของระบบปั๊มสุญญากาศ

ใช้แสดงสภาวะการทำงานของระบบปั๊มสุญญากาศ ทั้งในส่วนของปั๊มและวาล์วต่าง ๆ ของระบบปั๊ม ในรูปที่ 5.10 แสดงรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ของแผงแสดงผลที่แทนส่วนต่าง ๆ ของระบบปั๊มสุญญากาศ โดยการแสดงสภาวะการทำงานของส่วนต่าง ๆ ระบบปั๊มจะใช้สีของหลอดไฟแทนสภาวะการทำงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 5.10 แสดงรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ของแผงแสดงผลที่แทนสภาวะการทำงานของส่วนต่าง ๆ ของระบบปั๊มสุญญากาศ

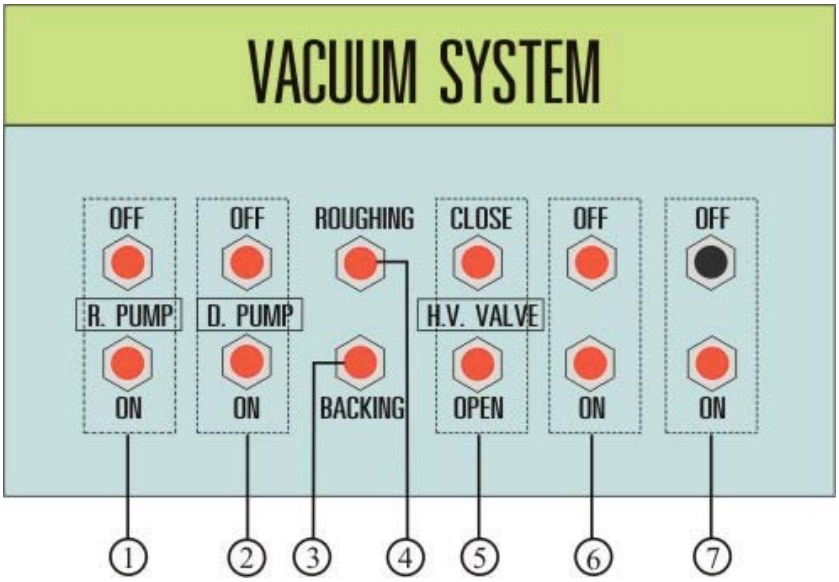
โดยที่ สัญญาณไฟสีแดง : แทนสภาวะหยุดการทำงาน

สัญญาณไฟสีเหลือง : แทนสภาวะการทำงาน

นอกจากนี้ ในส่วนหนึ่งของแผงแสดงผลที่ยังไม่ได้เชื่อมต่อเข้ากับระบบปั๊ม (Under Construction) จะเป็นส่วนที่เตรียมสำหรับเพื่อไว้ใช้งานกับส่วนอื่นของระบบปั๊ม เช่น รูทปั๊ม ที่อาจจะมีการต่อเติมเข้ากับระบบปั๊มต่อไปในอนาคต

5.4.2 ปุ่มควบคุมการทำงานของระบบปั๊มสุญญากาศ

ใช้ควบคุมการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในระบบปั๊มสุญญากาศ โดยในรูปที่ 5.11 การควบคุมส่วนต่าง ๆ ของระบบปั๊มจะแทนด้วยหมายเลขต่าง ๆ



รูปที่ 5.11 แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของปุ่มควบคุม

โดยที่

① เป็นส่วนของปุ่ม เปิด(ON) -ปิด(OFF) Rotary Pump
② เป็นส่วนของปุ่ม เปิด(ON) -ปิด(OFF) Diffusion Pump
③ เป็นส่วนของปุ่ม การทำ Roughing
④ เป็นส่วนของปุ่ม การทำ Backing
⑤ เป็นส่วนของปุ่ม เปิด(ON) -ปิด(OFF) High Vacuum Valve
⑥ เป็นส่วนของปุ่ม เปิด(ON) -ปิด(OFF) Vent Valve ที่ Chamber
⑦ เป็นส่วนของปุ่ม เปิด(ON) -ปิด(OFF) Vent Valve ที่ Backing Valve

5.5 ระบบวัดความดัน

ระบบวัดความดันที่ใช้ในการวัดความดันในระบบภาชนะสุญญากาศ และในระบบปั๊มสุญญากาศ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

5.5.1 Convectron Gauge

ใช้วัดค่าความดันในช่วงความดันบรรยากาศจนถึงช่วงความดันประมาณ 10^{-3} mbar โดยมีการติดตั้งตัวเกจ ดังกล่าวที่บริเวณด้านหลังของภาชนะสุญญากาศเพื่อวัดความดันในภาชนะสุญญากาศและติดตั้งบริเวณ Backing Valve เพื่อวัดความดันใน Backing line

รูปที่ 5.12 Convectron Gauge

5.5.2. Cold Cathode Gauge

ใช้วัดค่าความดันในระดับ High Vacuum ที่ช่วงความดัน10^{-2} mbar จนถึงช่วงความดันประมาณ 10^{-6} mbar โดยมีการติดตั้งเกจดังกล่าวที่บริเวณด้านหลังของภาชนะสุญญากาศ เพื่อวัดความดันในภาชนะสุญญากาศในช่วง High Vacuum

รูปที่ 5.13 Cold Cathode Gauge

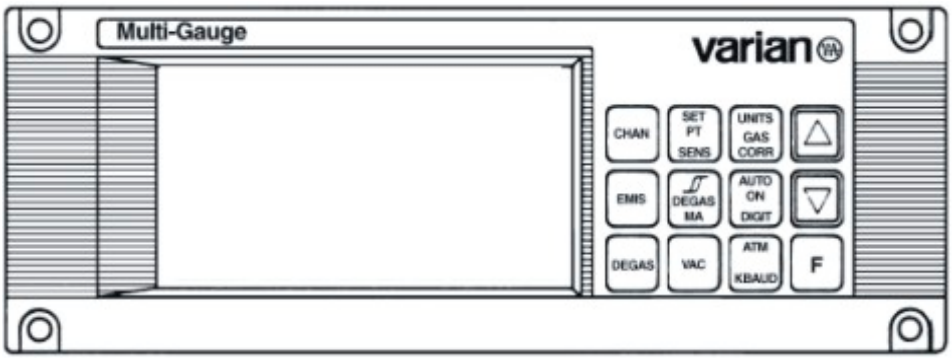
5.5.3 Multi-Gauge Controller

ใช้ในการอ่านค่าความดันที่ได้จากเกจวัดความดันทั้งแบบ Convectron Gauge และ Cold Cathode Gauge โดยติดตั้งในส่วนของตู้ควบคุม ดังในรูปที่ 5.14

รูปที่ 5.14 Multi-Gauge Controller

รายละเอียดของ Multi-Gauge Controller

ในส่วนด้านหน้าของเครื่อง Multi-Gauge Controller จะประกอบด้วยส่วนของหน้าจอแสดงผลและปุ่มต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน โดยมีเพียงสวิตซ์ เปิด-ปิดเครื่องเท่านั้นที่อยู่ทางด้านหลังของเครื่อง โดยในรูปที่ 5.15 แสดงรายละเอียดด้านหน้าของตัวเครื่อง Multi-Gauge Controller



รูปที่ 5.15 รายละเอียดด้านหน้าของตัวเครื่อง Multi-Gauge Controller

ในส่วนของตัวปุ่มควบคุมการทำงานของ Multi-Gauge Controller ในคู่มือนี้จะอธิบายรายละเอียดเฉพาะปุ่มที่ใช้สำหรับอ่านค่าความดันที่ได้จากเกจวัดทั้งสองแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ปุ่ม

ใช้กดเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งของเกจวัดที่ใช้อ่านค่าความดัน

ปุ่ม

ใช้กดเพื่อทำให้Cold Cathode Gate เริ่มทำงาน

ปุ่ม

ใช้กดเพื่อเปลี่ยนหน่วยของค่าความดันที่อ่านได้

ในส่วนรายละเอียดของจอแสดงผลจะแสดงในรูปที่ 5.16 โดยค่าความดันที่อ่านได้จะแสดงอยู่ในรูปตัวเลขหรือในรูปของ Bar graph โดยมีหน่วยของความดันกำกับไว้ด้วย ซึ่งสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปของ mbar ,Torr หรือ Pascal ได้โดยหมายเลขที่แสดงด้านล่างของอักษร TC จะเป็นหมายเลขของเกจวัดที่กำลังทำงานอยู่ โดย

รูปที่ 5.16 รายละเอียดของส่วนต่างของหน้าจอแสดงผลของ Multi-Gauge Controller

ในส่วนของหมายเลขที่กำกับใต้อักษร TC จะแสดงถึงตำแหน่งของเกจที่ใช้วัดค่าความดัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

Convectron Gauge ที่ติดตั้งกับ Backing Valve แทนด้วยหมายเลข **TC1**

Convectron Gauge ที่ติดตั้งกับภาชนะสุญญากาศ แทนด้วยหมายเลข **TC2**

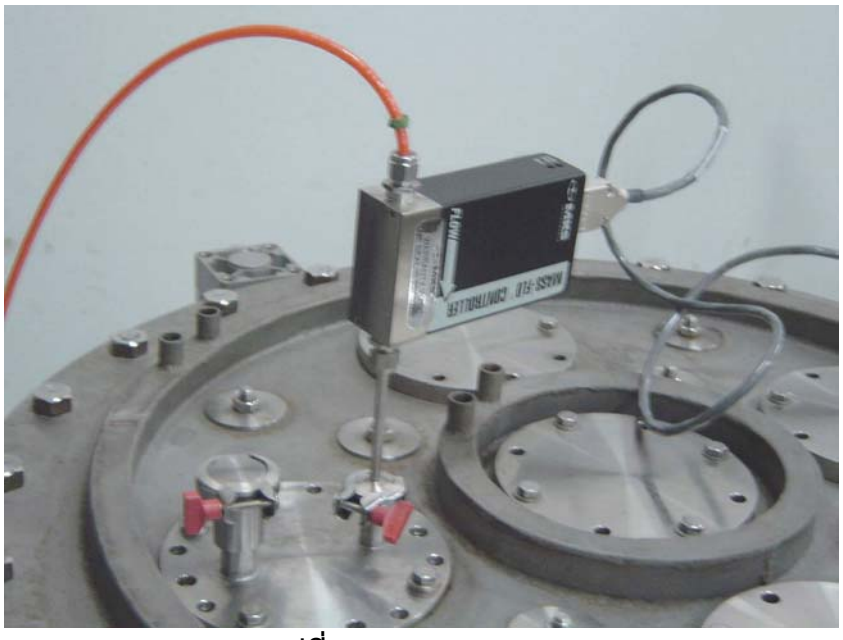
Cold Cathode Gauge ที่ติดตั้งกับภาชนะสุญญากาศ แทนที่ด้วยหมายเลข **TC2** โดยมีเครื่องเครื่องหมาย CC(Cold Cathode) ปรากฏทางหน้าจอด้วย

5.6 ระบบป้อนแก๊ส

เป็นระบบที่ใช้ในการควบคุมการไหลของแก๊สจากแหล่งจ่ายแก๊สไปเข้าสู่ภาชนะสุญญากาศ เพื่อที่จะนำแก๊สไปใช้ในกระบวนการสปัตเตอริงต่อไป ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

(1) **แก๊ส** โดยใช้แก๊สบรรจุในถังที่มีความบริสุทธิ์ของแก๊สสูง โดยแก๊สใช้ในกระบวนการเคลือบแบบสปัติเตอริง แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ แก๊สเฉื่อย เช่น แก๊สอาร์กอนจะใช้เป็นแก๊สสปัตเตอร์และแก๊สรีแอคทีพ เช่นแก๊สออกซิเจน ใช้ในกระบวนการเคลือบสารประกอบออกไซด์ เป็นต้น

(2) Mass Flow Controller(MFC) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมปริมาณของแก๊สที่ปล่อยเข้าสู่ภาชนะสุญญากาศให้มีอัตราการไหลของแก๊สที่คงที่ ในหน่วยของ cubic centimeter per minute at STP (sccm) โดยตัว Mass Flow Controller ที่ใช้ในระบบเคลือบจะติดตั้งอยู่ด้านบนของภาชนะสุญญากาศดังแสดงในรูปที่ 5.17



รูปที่ 5.17 Mass Flow Controller

(3) MKS Type 247 Four-Channel Readout เป็นตัวควบคุมการทำงานของ MFC ซึ่งสามารถอ่านและกำหนดค่าอัตราการไหลของแก๊สที่ไหลผ่านตัว MFC ได้ โดยตัว MKS Type 247 Four-Channel Readout จะถูกติดตั้งในตัวตู้ควบคุมดังแสดงในรูปที่ 5.18

รูปที่ 2.18 MKS Type 247 Four-Channel Readout

5.7 ระบบควบคุมการจ่ายไฟฟ้า

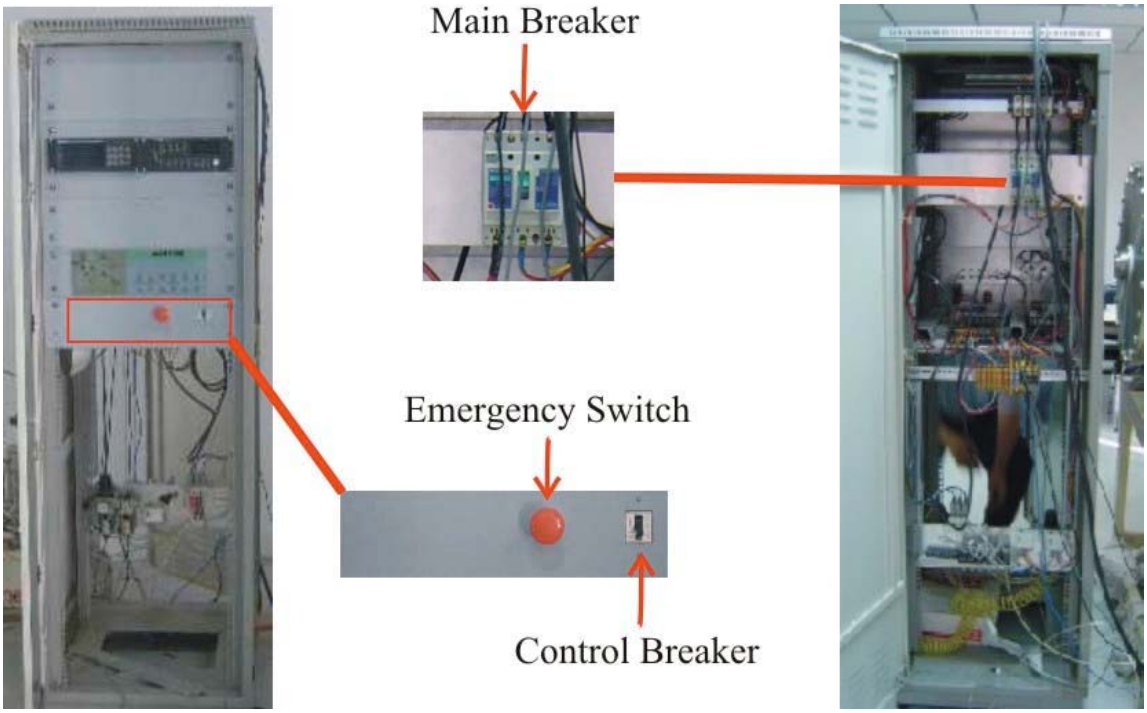
ประกอบด้วยอุปกรณ์ Breaker ที่ใช้เป็นตัวควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ตู้ควบคุม มีรายละเอียดดังนี้

(1) Main Breaker เป็น Breaker ตัวหลักที่ใช้ในการเปิด-ปิดไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่อุปกรณ์ต่างๆ ในตู้ควบคุม โดยติดตั้งอยู่ด้านหลังของตู้ควบคุม

(2) Control Breaker ทำหน้าที่เปิด-ปิดไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ระบบควบคุมระบบปั๊มสุญญากาศ โดยติดตั้ง อยู่ทางด้านหน้าของตู้ควบคุม

(3) Emergency Switch เป็นปุ่มตัดไฟฟ้าฉุกเฉินติดตั้งอยู่ด้านหน้าตู้ควบคุม โดยเมื่อมีการกดปุ่ม Emergency Switch ทำให้ Main Breaker จะถูกตัดลงมาและไม่มีไฟฟ้าไหลเข้าสู่ตู้ควบคุมในส่วนการยกเลิกการทำงานของ Emergency Switch สามารถทำได้โดยดึง Emergency Switch ขึ้น แล้วยก Main Breaker ขึ้นทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่ตู้ควบคุมได้

โดยในรูปที่ 5.19 แสดงตำแหน่งของ Main Breaker , Control Breaker และ. Emergency Switch ที่ติดตั้งอยู่กับตู้ควบคุม



รูปที่ 5.19 แสดงตำแหน่งของ Main Breaker , Control Breaker และ Emergency Switch

5.8 ระบบนิวมาติก

ทำหน้าที่ควบคุมความดันของลมที่จ่ายจากระบบปั๊มลมเข้าสู่ตู้ควบคุมเพื่อที่จะใช้ความดันของลมในการเปิด-ปิดของวาล์วในระบบปั๊ม ซึ่งในการควบคุมการเปิด-ปิดของวาล์วจะใช้ระบบควบคุมปั๊มสุญญากาศ (On Control Breaker) ที่อยู่ด้านหน้าตู้ควบคุมเป็นตัวควบคุม โดยในรูปที่ 5.20 แสดงระบบระบบนิวมาติกควบคุมการทำงานการเปิด-ปิดของวาล์วที่ใช้กับระบบเคลือบ

รูปที่ 5.20 ระบบระบบนิวมาติกควบคุมการทำงานการเปิด-ปิดของวาล์ว

5.9 **ระบบน้ำหล่อเย็น** (Cooling water)

ใช้ในการระบายความร้อนที่เกิดจากการทำงานของ Diffusion Pump และใช้หล่อเย็นบริเวณปากDiffusion Pump เพื่อป้องกันไม่ให้ไอน้ำมันของ Diffusion Pump มีการไหลย้อนกลับไปยัง ภาชนะสุญญากาศ โดยในรูปที่ 5.21 แสดงระบบน้ำหล่อเย็นที่ใช้กับระบบเคลือบปริมาตรน้ำ 1000 ลิตร และทำความเย็นได้ถึง 5^{o} C

รูปที่ 5.21 ระบบน้ำหล่อเย็น

บทที่ 6
ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง

6.1 วิธีการสร้างสภาวะสุญญากาศในภาชนะสุญญากาศ

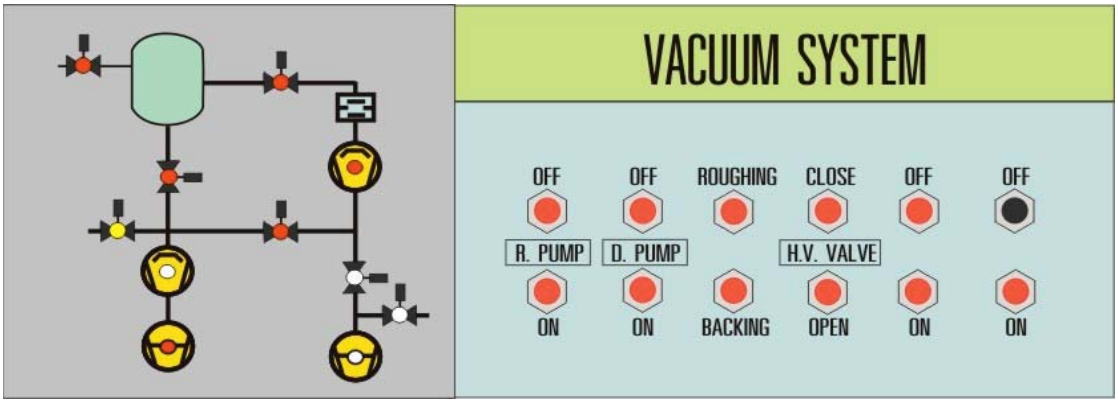
ตอนที่ 1 การเปิดระบบควบคุมและตรวจสอบสถานะเริ่มต้นของระบบควบคุม มีขั้นตอนดังนี้

(1) ปล่อยลมจากปั๊มลมเข้าสู่ระบบนิวเมติกของตู้ควบคุม เพื่อให้ระบบควบคุมปั๊มสุญญากาศอยู่ในสภาวะพร้อมทำงาน

(2) เปิดสวิตซ์เบรกเกอร์หลัก (On Main Breaker) ที่อยู่ด้านหลังตู้ควบคุมเพื่อจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ตู้ควบคุม

(3) เปิดสวิตซ์จ่ายไฟของ Multi-Gauge Controller ที่อยู่ด้านหลังของ Multi-Gauge Controller

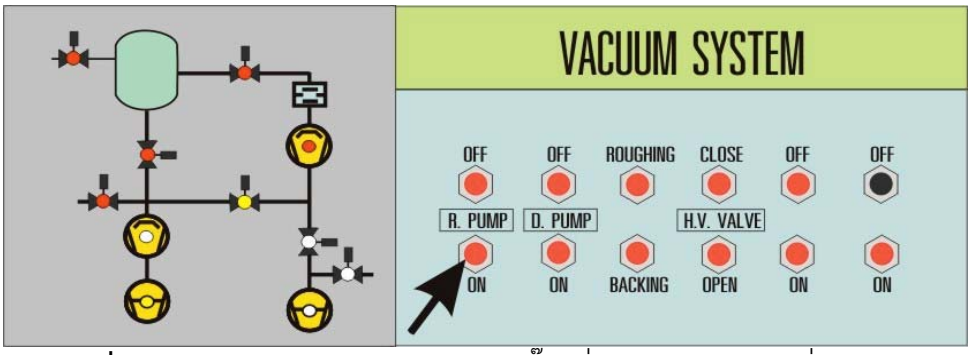
(4) เปิดสวิตซ์เบรกเกอร์ระบบควบคุมปั๊มสุญญากาศ (On Control Breaker) ที่อยู่ด้านหน้าตู้ควบคุม โดยแผงแสดงการทำงานของระบบปั๊มสุญญากาศจะทำงานเป็นไปตามรูปที่ 6.1 โดยเป็นสภาวะเริ่มต้นของแผงแสดงการทำงานของระบบปั๊มสุญญากาศ วาล์วและปั๊มทุกตัวจะอยู่ในสถานะปิดทุกตัวยกเว้น Vent Valve Backing ซึ่งจะเปิดอยู่



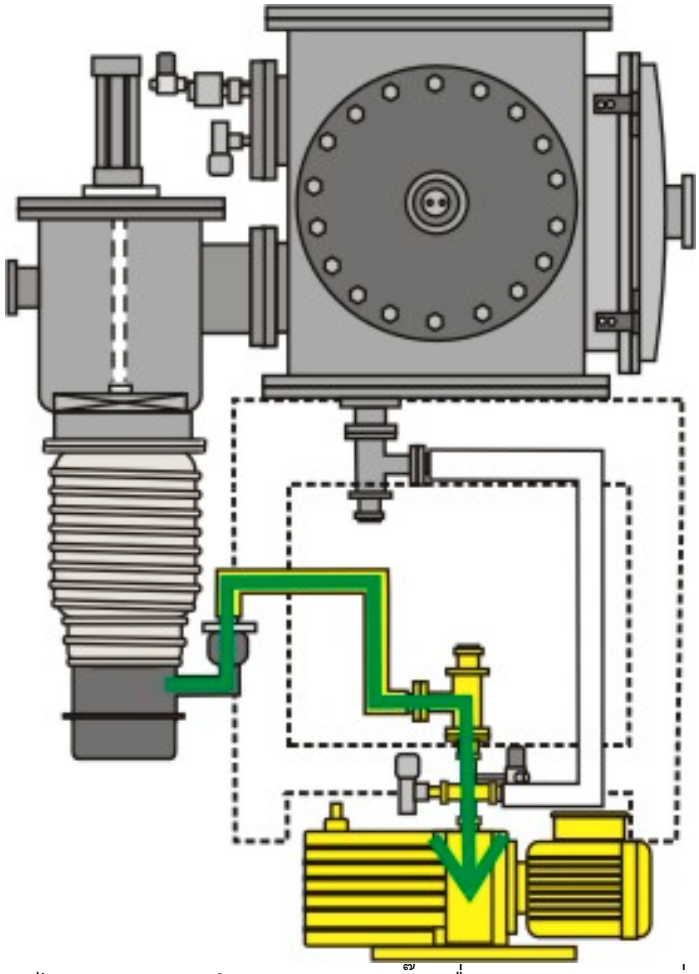
รูปที่ 6.1 สภาวะเริ่มต้นของแผงแสดงการทำงานของระบบปั๊มสุญญากาศ

ตอนที่ 2 การสร้างสภาวะสุญญากาศปานกลาง (10^{-2} mbar) **มีขั้นตอนดังนี้**

(1) กดปุ่ม On ของ R.Pump เพื่อให้ Rotary Pump ทำงาน แผงแสดงการทำงานของระบบปั๊มจะเป็นไปตามรูปที่ 6.2 ซึ่งจะเป็นการทำ Backing ของระบบ โดย Backing valve จะเปิด ส่วนวาล์วตัวอื่น ๆ จะปิดหมด ทำให้ Rotary Pump จะสูบอากาศออกจาก Diffusion Pump โดยผ่าน Backing Valve ตามไดอะแกรมของรูปที่ 6.3

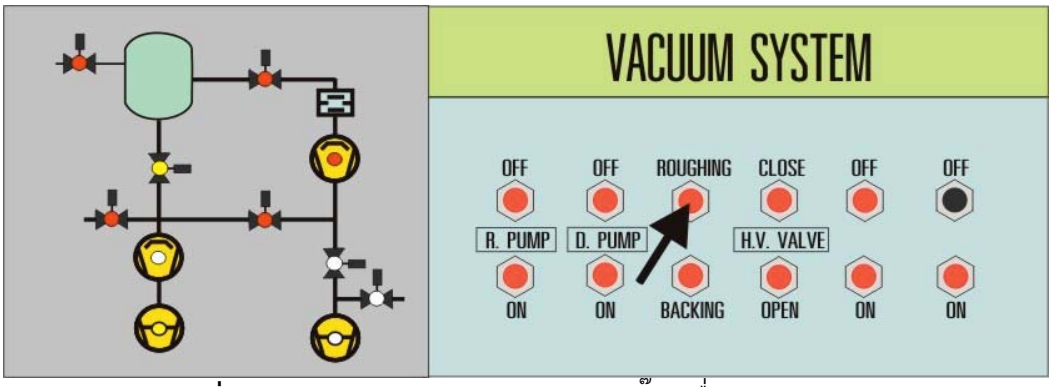


รูปที่ 6.2 แผงแสดงการทำงานของระบบปั๊มเมื่อ Rotary Pump เริ่มทำงาน

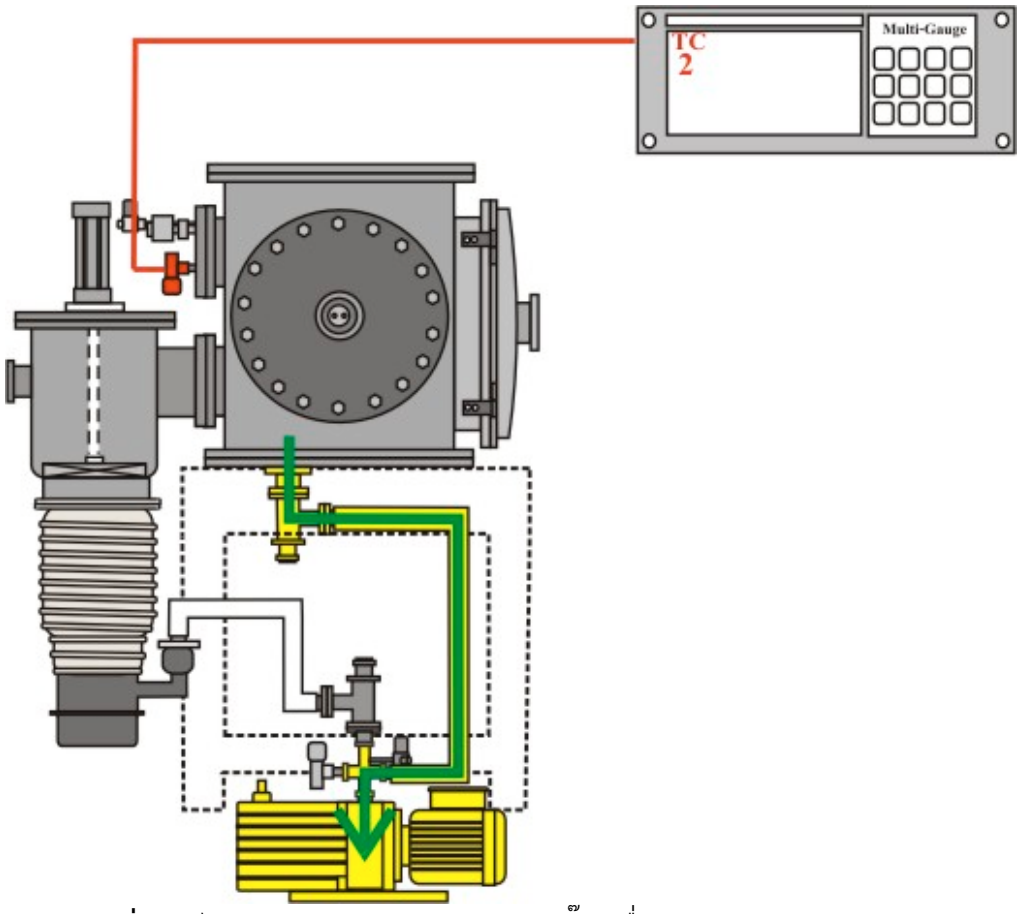


รูปที่ 6.3 ไดอะแกรมการทำงานของระบบปั๊มเมื่อ Rotary Pump เริ่มทำงาน

(2) เริ่มกระบวนการ Roughing โดยกดปุ่ม Roughing แผงแสดงการทำงานของระบบปั๊มจะเป็นไป ตามรูปที่ 6.4 ซึ่งทำให้ Roughing Valve เปิด และ Backing Valve ปิด ทำให้ Rotary Pump สามารถสูบอากาศออกจาก**ภาชนะสุญญากาศ** โดยผ่าน Roughing Valve ซึ่งเป็นไปตามไดอะแกรมของรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.4 แผงแสดงการทำงานของระบบปั๊ม เมื่อทำ Roughing



รูปที่ 6.5 ไดอะแกรมการทำงานของระบบปั๊ม เมื่อทำ Roughing

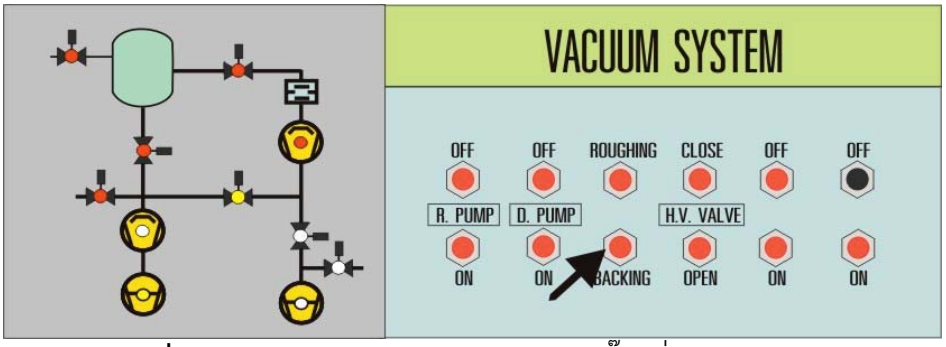
(3) วัดค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในภาชนะสุญญากาศ โดยการกดปุ่ม CHAN ที่ด้านหน้าของตัว Multi-Gauge Controller เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งของเกจที่ใช้วัดค่าความดัน จนหมายเลขแสดงเกจวัดเปลี่ยนเป็น TC2 (โดยที่หน้าจอ Multi-GaugeController ไม่ปรากฏเครื่องหมาย CC) ซึ่งเป็นตำแหน่งของ Convectron Gauge ที่ติดกับภาชนะสุญญากาศ ส่วนหน้าจอของ Multi-Gauge Controller จะแสดงค่าความดันที่วัดได้จากตัว Convectron Gauge ดังกล่าว ซึ่งแสดงในรูปที่ 6.6

รูปที่ 6.6 ค่าความดันที่วัดได้จาก Convectron Gauge ที่ติดตั้งกับภาชนะสุญญากาศ

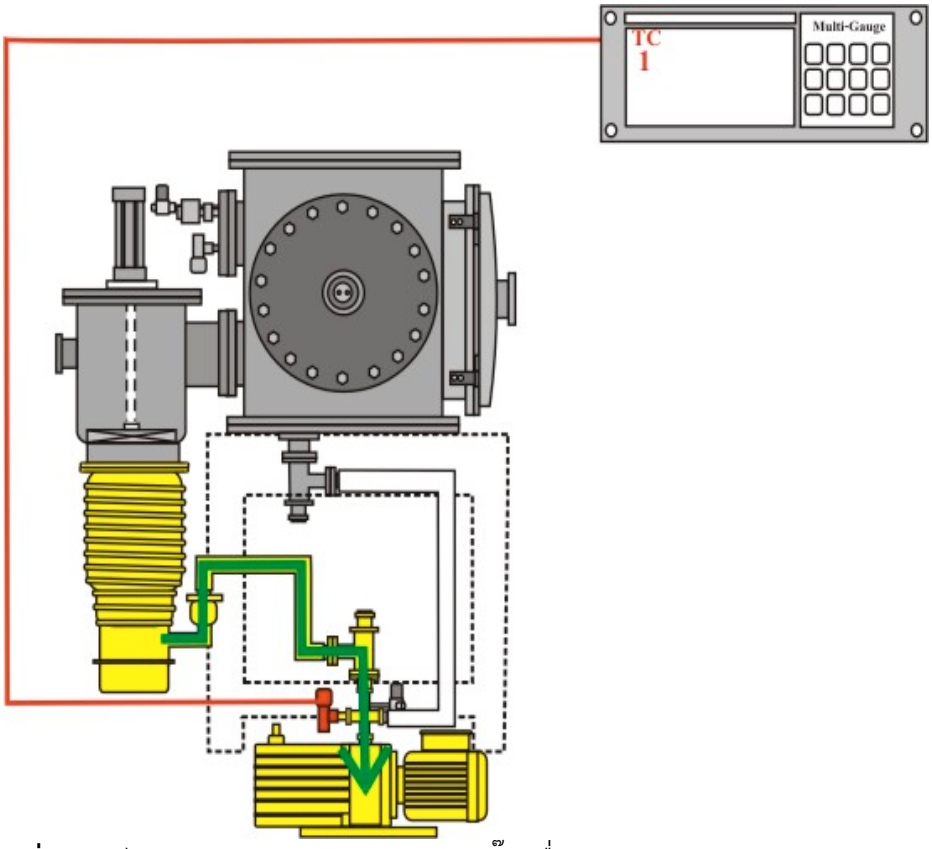
(4) อ่านค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในภาชนะสุญญากาศ จนค่าความดันมีค่าต่ำกว่า 10^{-2} mbar

ตอนที่ 3 การสร้างสภาวะสุญญากาศสูง (10^{-6} mbar) **มีขั้นตอนดังนี้**

(1) ทำกระบวนการ Backing โดยการกดปุ่ม Backing แผงแสดงการทำงานของระบบปั๊มจะเป็นไปตามรูปที่ 6.7 โดย Roughing Valve ปิดและ Backing Valve เปิด ทำให้ Rotary Pump จะสูบอากาศออกจาก Diffusion Pump โดยผ่าน Backing Valve ซึ่งเป็นไปตามไดอะแกรมของรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.7 แผงแสดงการทำงานของระบบปั๊มเมื่อทำ Backing



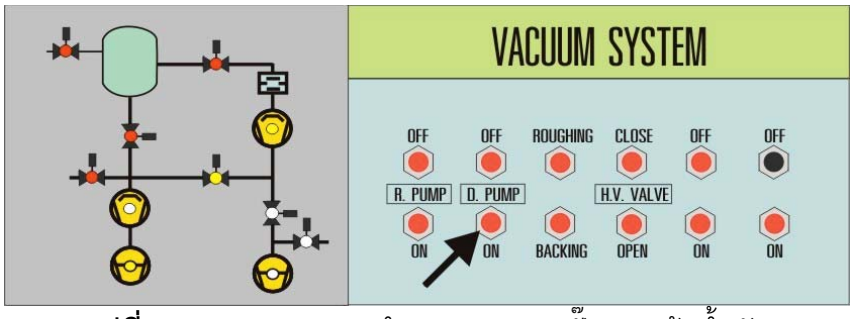
รูปที่ 6.8 ไดอะแกรมการทำงานของระบบปั๊มเมื่อทำ Backing

(2) วัดความดันภายใน Diffusion Pump โดยใช้ Convectron Gauge ที่ติดกับ Backing Valve โดยการกดปุ่ม CHAN ที่ด้านหน้าของ Multi-Gauge Controller เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งของเกจที่ใช้วัดค่าความดัน จนหมายเลขแสดงเกจวัดเปลี่ยนเป็น TC1 ซึ่งเป็นตำแหน่งของ Convectron Gauge ที่ติดกับ Backing Valve ส่วนหน้าจอของ Multi-Gauge Controller จะแสดงค่าความดันที่วัดได้ จากตัว Convectron Gauge ดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 6.9

รูปที่ 6.9 ค่าความดันที่วัดได้จาก Convectron Gauge ที่ติดตั้งบริเวณ Backing Valve

(3) อ่านค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในภาชนะสุญญากาศ จนค่าความดันมีค่าต่ำกว่า 10^{-2} mbar

(4) ทำการต้มน้ำมันใน Diffusion Pump โดยการกดปุ่ม On ของ D.Pump แผงแสดงการทำงานของระบบปั๊มจะเป็นไปตามรูปที่ 6.10 ใช้เวลาในการต้มน้ำมันประมาณ 20 นาที

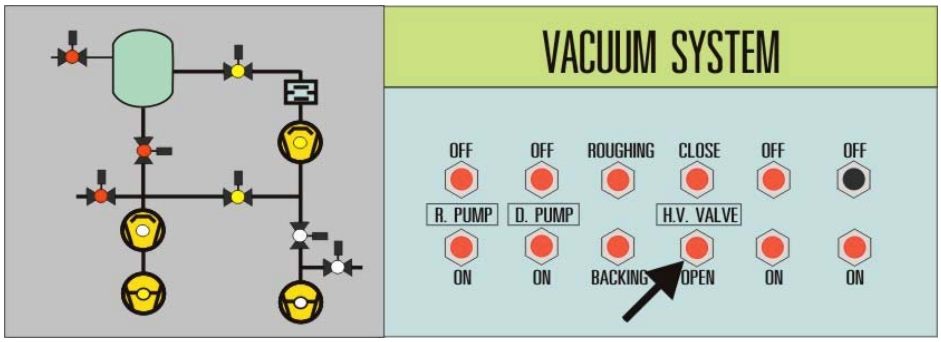


รูปที่ 6.10 แผงแสดงการทำงานของระบบปั๊มขณะต้มน้ำมัน

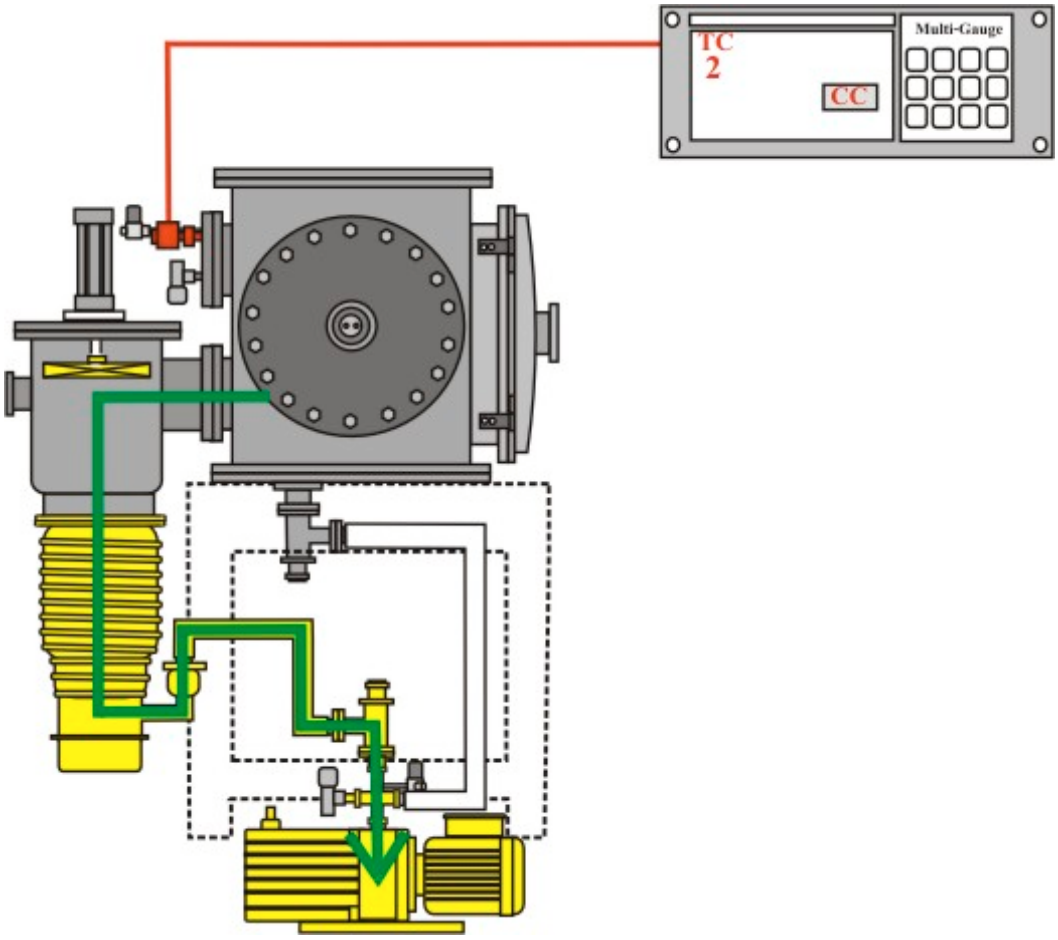
(5) เปิดระบบน้ำหล่อเย็น เพื่อให้น้ำเย็นไหลเวียนบริเวณผิวของ Diffusion Pump

(6) เมื่อต้มน้ำมันจนครบ 20 นาทีแล้ว กดปุ่ม CHAN ที่ด้านหน้าของ Multi-Gauge Controller จนหมายเลขของเกจวัดเปลี่ยนเป็นช่อง TC 2 เพื่อตรวจสอบค่าความดันในภาชนะสุญญากาศว่ายังมีค่าต่ำกว่า 10^{-2} mbar หรือไม่ ถ้ามีค่าต่ำกว่า 10^{-2} mbar ให้ข้ามไปทำกระบวนการในข้อ 7 ต่อไป ถ้ามีค่ามากกว่า 10^{-2} mbar ให้กลับไปทำกระบวนการ Roughing ใหม่ โดยกดปุ่ม Roughing อ่านค่าความดันในภาชนะสุญญากาศ จนมีค่าต่ำกว่า 10^{-2} mbar จากนั้นกดปุ่ม Backing เพื่อทำ กระบวนการ Backing ใหม่ อ่านค่าความดันจาก Multi-Gauge Controller ที่ช่อง TC 1 ของ Convectron Gauge จนความดันมีค่าต่ำกว่า 10^{-2} mbar

(7) สร้างสภาวะสุญญากาศในภาชนะสุญญากาศ โดยการกดปุ่ม On ของ H.V. Valve แผงแสดงการทำงานของระบบปั๊มจะเป็นไปตามรูปที่ 6.11 High Vacuum Valve จะถูกยกขึ้น ทำให้ Diffusion Pump สามารถสูบอากาศออกจาก ภาชนะสุญญากาศ และถูกปั๊มต่อไปยัง Rotary Pump จนออกสู่บรรยากาศภายนอก ตามไดอะแกรมในรูปที่ 6.12



รูปที่ 6.11 แผงแสดงการทำงานของระบบปั๊มขณะสร้างสภาวะสุญญากาศในภาชนะสุญญากาศ



รูปที่ 6.12 ไดอะแกรมการทำงานของระบบปั๊มขณะสร้างสภาวะสุญญากาศ ในภาชนะสุญญากาศ

(8) ทำการวัดค่าความดันภายในภาชนะสุญญากาศ โดยใช้ Cold cathode Gauge (CC) ที่ต่อกับ CHAN ภาชนะสุญญากาศ โดยการกดปุ่มที่ด้านหน้าของ Multi-Gauge Controller จนหมายเลขช่องวัดความดันไปอยู่ที่ช่อง TC 2 ของ Cold cathode Gauge ซึ่งยังอยู่ในสถานะปิด (OFF) ดังแสดงในรูปที่ 6.13

รูปที่ 6.13 หน้าจอของช่องวัดความดันของ Cold cathode Gauge ที่อยู่ในสถานะปิด (OFF)

(9) กดปุ่ม EMS ที่ด้านหน้าของ Multi-Gauge Controller เพื่อให้ Cold cathode Gauge ทำงาน โดยหน้าจอของ Multi-Gauge Controller แสดงสัญลักษณ์ _ _ _ (Hypens) ประมาณ 30 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 6.14

รูปที่ 6.14 หน้าจอของช่องวัดความดันของ Cold cathode Gate หลังจากกดปุ่ม EMIS

(10) เมื่อCold cathode Gauge ทำงานจะแสดงค่าความดันที่วัดได้ดังแสดงในรูปที่ 6.15

รูปที่ 6.15 ค่าความดันที่วัดได้หลังจากที่ Cold cathode Gauge ทำงานแล้ว

(11) ค่าความดันในภาชนะสุญญากาศ จะลดลงไปเรื่อย ๆ จนถึงค่าความดันที่ต้องการที่จะทำการเคลือบหรือเรียกว่า **Base Pressure**

ตอนที่ 4 ขั้นตอนการเคลือบฟิล์มบาง มีขั้นตอนดังนี้

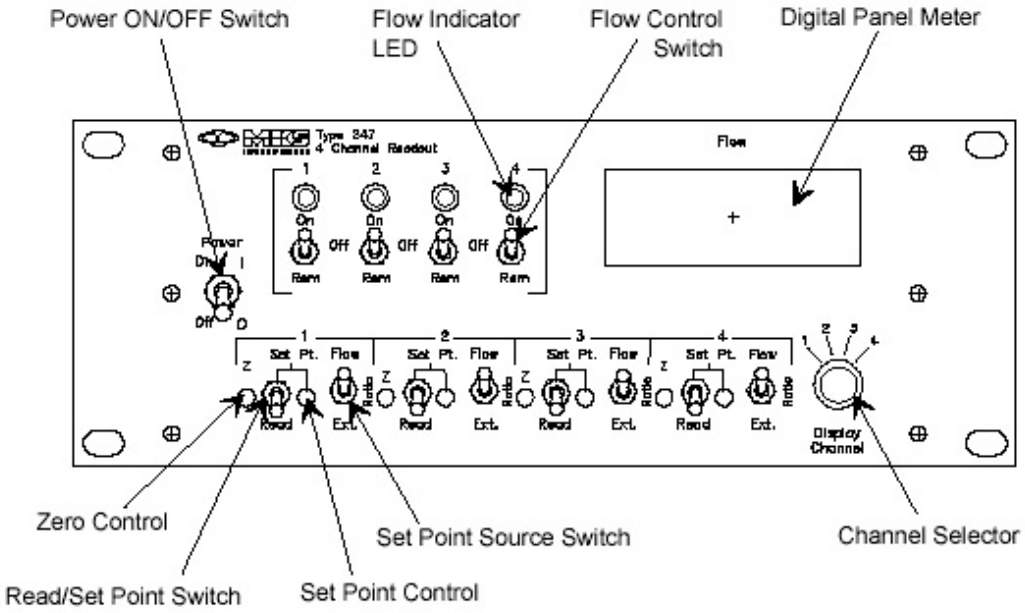
(1) ติดตั้งเป้าสารเคลือบที่จะใช้เคลือบฟิล์ม เช่น เป้าอลูมิเนียมเข้ากับหัวคาโทดของภาชนะสุญญากาศ

(2) นำชิ้นงานที่จะเคลือบฟิล์ม เช่น แผ่นกระจก เข้าไปวางในภาชนะสุญญากาศ โดยวางห่างจากเป้าสารเคลือบเป็นระยะประมาณ 11 เซนติเมตร

(3) สร้างสภาวะสุญญากาศในภาชนะสุญญากาศตามขั้นตอนในหัวข้อ 3.2 และ 3.3 จนความดันในภาชนะสุญญากาศมีค่าประมาณ 1×10^{-5} mbar ซึ่งจะใช้เป็นค่าความดัน Base pressure (Bp) ของระบบก่อนที่จะทำการเคลือบฟิล์ม

(4) ทำการปล่อยก๊าซอาร์กอนจากถังก๊าซเข้าสู่ภาชนะสุญญากาศ โดยผ่านตัว mass flow controller ที่ใช้เป็นตัวควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ โดยใช้ตัว MKS Type 247 Four-Channel Readout ในการควบคุมการทำงานของตัว mass flow controller ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ตรวจเช็คตำแหน่งของสวิทช์ Power และสวิทช์ Flow control บนแผงควบคุม MKS Type 247 ให้อยู่ในตำแหน่ง OFF ดังแสดงในรูปที่ 6.16



รูปที่ 6.16 รายละเอียดของแผงควบคุมของ MKS Type 247 Four-Channel Readout

4. 2 ยกสวิตซ์ Power ของตัว MKS Type 247 Four-Channel Readout ไปยังตำแหน่ง ON เพื่อ จ่ายไฟให้แก่ตัวเครื่อง

4.3 หมุนปุ่ม Channel selector ไปยังช่องหมายเลข 1 ซึ่งเชื่อมต่อกับ mass flow controller ที่ ควบคุมการไหลของแก๊สอาร์กอน

4.4 ยกสวิทซ์ Read/Set Point ของช่องหมายเลข 1 ขึ้น เพื่ออ่านค่าอัตราการไหลของก๊าซอาร์กอนโดยมีหน่วยเป็น sccm หรือ standard cubic centimeter per minute

4.5 ขณะยกสวิทซ์ Read/Set Point หมายเลข 1 ขึ้นค้างไว้ ใช้ไขควงหมุนในช่อง Set Point Control ของช่องหมายเลข 1 เพื่อปรับค่าอัตราการไหลของก๊าซอาร์กอนตามที่ต้องการแล้วยกสวิทซ์ Read/Set Point ลง

4.6 ยกสวิทซ์ Flow Control หมายเลข 1 ไปยังตำแหน่ง ON เพื่อให้ mass flow controller เริ่มทำงานดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยไฟ LED ของตัวสวิทซ์ Flow Control หมายเลข 1 จะติดและที่หน้าจอ Digital Panel Meter แสดงค่าอัตราการไหลของก๊าซอาร์กอน

รูปที่ 6.17 แผงควบคุมของ MKS Type 247 Four-Channel Readout ขณะใช้งาน

(5) เริ่มกระบวนการเคลือบฟิล์ม โดยการเปิดเครื่องแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้แก่ขั้วคาโทด โดยป้อนศักย์ไฟฟ้าลบให้แก่ขั้วคาโทด ปรับศักย์ไฟฟ้าจนกระทั่งเกิดกระบวนการโกลว์ดิสชาร์จขึ้นในบรรยากาศของก๊าซอาร์กอน

(6) เปิดน้ำหล่อเย็นให้ไหลเวียนเพื่อระบายความร้อนแก่เป้าคาโทด

(7) ทำการเคลือบฟิล์ม ตามเวลาที่กำหนด

(8) หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการเคลือบฟิล์ม ปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้า ปิดระบบน้ำหล่อเย็นที่คาโทด และปิดแก๊สอาร์กอน เปิดอากาศเข้าไปในภาชนะสุญญากาศ แล้วจึงนำชิ้นงานออกมา

ตอนที่ 5 ขั้นตอนการปิดเครื่อง มีขั้นตอนดังนี้

(1) กดปุ่ม **Off** ของ **H.V. Valve** เพื่อปิด **High Vacuum Valve** ลง

(2) กดปุ่ม **Off** ของ **D. Pump** เพื่อหยุดการต้มน้ำมันใน **Diffusion Pump**

(3) กดปุ่ม **EMS** ที่ด้านหน้าของ **Multi-Gauge Controller** เพื่อให้ **Cold cathode Gauge** หยุดทำงาน

(4) รอเวลาประมาณ 25 นาที เพื่อให้น้ำมันเย็นตัว ในระหว่างนั้น Rotary Pump และระบบน้ำหล่อเย็นยังต้องทำงานตลอด

(5) เมื่อครบ 25 นาทีแล้ว กดปุ่ม **Off** ของ R.Pump ทำให้ **Rotary Pump** หยุดทำงาน

(6) **Vent Valve** ที่ **Backing Valve** จะทำงานโดยอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มความดันใน **Backing line**

(7) ปิดสวิตซ์เบรกเกอร์ระบบควบคุมปั๊มสุญญากาศ **(Off Control Breaker)**

(8) ปิดสวิตซ์เบรกเกอร์หลัก **(Off Main Breaker)**

(9) หยุดปล่อยลมจากปั๊มลมที่เข้าสู่ตู้ควบคุม

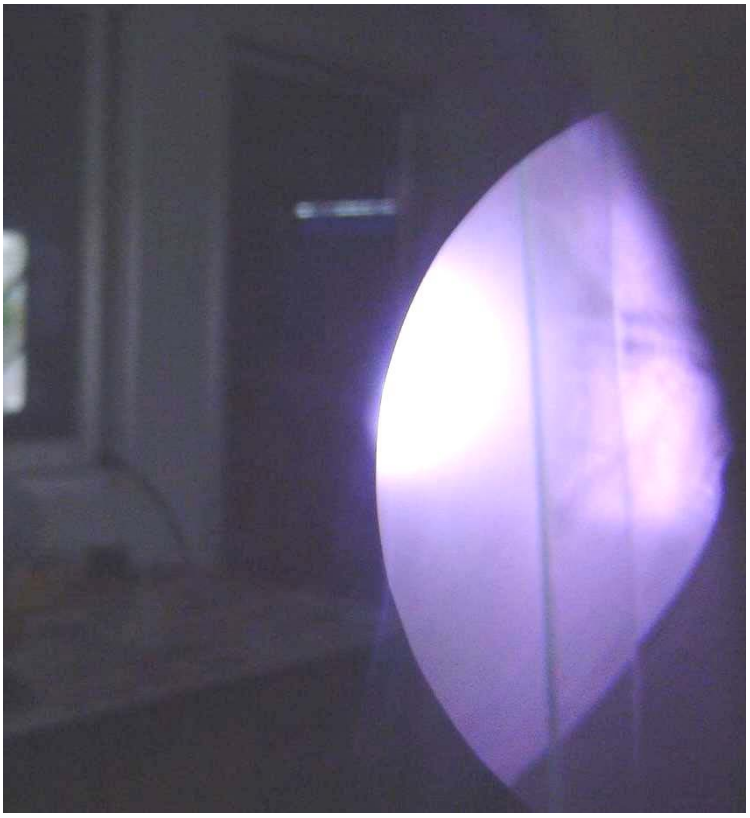
6.2 การทดลองเคลือบฟิล์มบางโลหะ

ในการทดลองเคลือบฟิล์มด้วยเครื่องสปัตเตอริงที่ได้สร้างขึ้น ก่อนการทดลองเคลือบฟิล์ม ได้ทำการปั๊มความดันในระบบจนมีค่า ประมาณ 1×10^{-5} mbar เพื่อทำความสะอาดระบบสุญญากาศก่อนทำการเคลือบ โดยในรูปที่ 6.18 แสดงส่วนควบคุมขณะทำการสร้างความดันก่อนเคลือบ

รูปที่ 6.18 แสดงส่วนของตู้ควบคุมขณะทำการสร้างความดันก่อนเคลือบ

ส่วนในการทดลองเคลือบฟิล์มได้ทำการทดลองเคลือบอะลูมิเนียมและทองแดง บนแผ่นกระจกที่ความดันกาซอาร์กอนประมาณ 3×10^{-3} มิลลิบาร์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบเคลือบ โดยในรูปที่ 6.19 แสดงภาชนะสุญญากาศขณะทำการเคลือบฟิล์ม ส่วนรูปที่ 6.20 แสดงสภาวะภายในภาชนะสุญญากาศในขณะทำการเคลือบฟิล์ม

รูปที่ 6.19 แสดงภาชนะสุญญากาศขณะทำการเคลือบฟิล์ม



รูปที่ 6.20 การทดลองเคลือบอลูมิเนียม

รูปที่ 6.21 การทดลองเคลือบทองแดง

รูปที่ 6.22 วงแหวนพลาสมาที่เกิดขึ้นที่หน้าเป้าสารเคลือบ

รูปที่ 6.23 ตัวอย่างฟิล์มอลูมิเนียม

รูปที่ 6.24 ตัวอย่างฟิล์มทองแดง

ผลการทดลองเคลือบฟิล์มเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งในกระบวนการเคลือบสามารถเกิดการโกล่วที่ค่าความดันของก๊าซมีค่าต่ำประมาณ 10^{-3} mbar โดยมีแรงดันไฟฟ้าดิสชาร์จเพียง 300 โวลต์ แสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีของตัวคาโทดที่เป็นแบบแมกนีครอนคาโทดที่ได้สร้างขึ้น ในส่วนการเคลือบของฟิล์มสามารถเกิดการเคลือบของฟิล์มลงบนกระจกได้ โดยสีของฟิล์มที่ได้มีสีเหมือนกับตัวเป้าสารเคลือบและมีการยึดเกาะที่ดี ทำให้เชื่อได้ว่าระบบสุญญากาศที่ออกแบบไว้สามารถใช้ในการเคลือบฟิล์มในเชิงอุตสาหกรรมได้

ตารางที่ 6.1

เป้า	Basr Pressure (10^{-5}mbar)	P_{coat} (10^{-3}mbar)	V (V)	I (mA)	t (min)	สีของคาโทดโกลว์
อลูมิเนียม	1.0	3.0	325	400	10	สีม่วงอ่อน
ทองแดง	1.0	3.0	353	400	10	สีเขียว

เอกสารอ้างอิง

1. B. Chapman, “ Glow Discharge Process Sputtering and Plasma Etching”, John Wiley and sons, New York [1980].
2. L.I Maissel and R. Glang , “ Handbook of Thin Film Technology”, Mc Graw-Hill Book Company, New York [1970].
3. J.L. Vossen and W. Kerns, “ Thin Film Processes ”, Academic Press, New York [1978].
4. R.F. Bunshah, “Deposition Technologies for Films and Coatings Developments and Application” , Noyes Publications, New Jersey [1982].
5. L. Holland, “The Vacuum Deposition of Thin Films ”, John Wiley and Sons, New York [1956].
6. J.A. Thornton and W.D. Munz, “Metal Handbook ” , Ninth Edition , Vol. 5 , American Society for Metals [1982].
7. L, Mei and J.E. Greene, J. Vac. Sci. Tech., Vol. 11, 145 [1975].
8. T.F. Fisher and C.E. Weber , J. Appl. Phys., Vol. 23 , 181 [1952].
9. R. Hanau, Phys. Rev., Vol. 76, 153 [1949].
10. D.M. Mattox , J. Vac. Sci. Tech. , Vol. 10 , 47 [1973].
11. S. Aisenberg and R.W. , Chabot , J. Vac. Sci. Tech. , Vol. 10, 104 [1973].
12. B. Swaroop and I. Adler , J. Vac. Sci. Tech. , Vol. 11 , 503 [1973].
13. G.C. Schwartz , R.E. Jones , and L.I. Maissel , J. Vac. Sci. Tech. , Vol. 6 , 351 [1969].
14. R.W. Berry , P.M. Hall , and M.T. Harris , “ Thin Film Technology” , Van Nostrand Co. Inc. , London , [1968].
15. R.F. Bunshah and C.V. Deshpandey , J. Vac. Sci. Tech. , Vol. 3 , 553 [1985].
16. W.D. Sproul , J. Vac. Sci. Tech. , Vol. 3, 580 [1985].
17. P.J. Clarke , J. Vac. Sci. Tech. , Vol. 14 , 141 [1977].
18. M. Wittmer , J. Vac. Sci. Tech. , Vol. 3 , 1797 [1985].
19. K.Y. Ahn , M. Wittmer , and C.Y. Ting , thin Solid Films , Vol. 107 , 45 [1983].
20. W. Schintlmeister and O. Pacher , J. Vac. Sci. Tech. , Vol. 12 , 743 [1975].

21. E. Valkonen , C.G. Ribbing and J.E. Sundgren , Proc. Thin Film Tech. SPILE , Vol. 652 , 235 [1986].
22. K. Nakamura, Y. Fukube, K. Inagawa and Y. Nozawa, “Titanium and Titanium Alloys”, [Ed. J.C. Williams and A.F. Belov] Volume 3 , Plenum Press, New York , 2445 [1982].
23. E.J. Lee and R.G. Bayer , Metal Finishing, 39 [1985].
24. H.E. Hintermann , J. Vac. Sci. Tech. , Vol. 2 , 816 [1984].
25. P.Lacey , Finishing , Vol. 10, 24 [1986].
26. Logothetidis, S.,Alexandrou, I., and Kokkou, S., 1996, “Optimization of TiN Thin Film Growth with in situ monitoring : the Effect of Bias Voltage and Nitrogen Flow Rate,” Surface and Coatings Technology, Vol.80, pp. 66-71.
27. Hohl, F., Stock, H.R. and Mayr, P., 1992, “Examination of Residual Stress, Morphology and Mechanical Propeerties of Sputtered TiN Films”, Surface and Coatings Technology, Vol. 54/55, pp. 160-166.
28. Richter, F., Kupfer, H., Giegengack, H., Schaarschmidt, G., Scholze, F., Elstner, F. and Hechi, G., 1992, “Fundamental Mechanisms of Titanium Nitride Formation by D.C. Magnetron Sputtering," Surface and Coatings Technology, Vol. 54/55, pp. 338-342.
29. Valvoda, V., 1996, "Structure of TiN Coatings,” Surface and Coatings Technology, Vol. 80, pp. 61-65.
30. Chen, Y.I. and Duh, J.G., 1991, “Deposition of TiN Films with Titanium Interlayer on Low Carbon Steel by Reactive r.f. Magnetron Sputtering,” Surface and Coatings Technology, Vol.40, pp. 371-384.
31. Santucci, S., Lozzi, L., Passacantando, M., Picozzi, P., Alfonsetti, R., Diamanti, R. And Moccia, G., 1996, “Study by X-ray Photoelectron Spectroscopy and X-ray Diffraction of the Growth of TiN Thin Film Obtained by Nitridation of Ti Layer,” Thin Solid Films, Vol. 290-291, pp. 376-380.
32. Sproul, W.D., “Control o a Reactive Sputterring Process for Large Systems,” 36th Annutal Technology Conference Proceedings, Society of Vacuum Coasters, April 25-30, Dallas, p. 504, [1996].

33. Duh, J.G. and Doong, J.C., 1993, " Structure, Hardness and Adhesion in Electroless Nickel Interlayer Modified TiN Coating on Mild Steel," Surface and Coatings Technology, Vol.56, pp.257-266.

34. Layyous, A.A., Freinkel, D.M. and Israel, R.,1992 , "Al_2O_3 Coated Cemented Carbides :Optimization of Structure , Number of Layers and Type of Interlayer", **Surface and Coating Technology** , Vol 56 , pp 89-95.

35. Halvarsson, M. and Norden, H.,1993, "Microstructual Investigation of CVD κ/α Al_2O_3" ,**Surface and Coatings Technology**,Vol 202 , pp103-108.

36. Ga-Lane Chen , Sivertsen, J.M. and Judy, J.H., 1984 , "The Effect of Partial Pressure on The Properties of RF-Sputtered Al_2O_3 Thin Films ", **Material letters** , Vol 2 , Num 3 ,pp 196-201.

37. Cueff, R., Baud, G. and Besse, J.P., 1995," Study of Thin Alumina Coatings Sputtered on Polyethylene Terephthalate Films", **Thin Solid Films** ,Vol. 266 , pp198-204.

38. Koski, K., Juliet, P., Wang, Z.H. and Pischow, K.,1999, "Characterisation of Aluminium Oxide Thin Film Deposited on Polycarbonate Substrates by Reactive Magnetron Sputtering", **Materials Science and Engineering** ,Vol 65, pp 94-105.

39. Roth, TH., Broszeit, E. and Kloops, K.H.,1988, " Wear Behaviour of R.F. Sputtered Alumina Coatings on Cast Iron Substrates in A Model Wear Test Under Dry Conditions and The Influence of Residual Stresses and Adhesion", **Surface and Coating Technology** , Vol 36 , pp 801-805.

40. Chou, T.C., Adamson, D., Mardinly, J.and Nieg, T.G.,1991, "Microstructural Evolution and Properties of Nanocrystalline Alumina made by Reactive sputtering Deposition", **Thin Solid Film** , Vol 205, pp131-189.

41. Lynne, M.G. and Subhash, .H.,1991,"Reluctant Etchability of Delectric Al_2O_3 Films Sputtered in Water Vapor and Ar-O_2 Environment.",**Thin Solid Film** ,Vol 202,pp83-89.

42. Stauder, B.,Perry, F. and Frantz, C.,1995, "Chemical and Structural Analysis of Aluminium-Oxigen Coating Obtained by D.C. magnetron Reactive Sputtering:Some Features of The Process", **Surface and Coatings Technology** ,Vol 74-74-75, pp 320-325.

43. Schneider, J.M., Sproul, W.D., Chia, R.W.J. and Matthews, A.,1997,"Very-high-rate Reactive Sputtering of Alumina Hard Coatings", **Surface and Coatings Technology** , Vol 96 , pp 262-266.

44. Eva Fredriksson and Jan-Otto Carlsson, 1993," Factors Influencing the κ- Al_2O_3 $\rightarrow \alpha$- Al_2O_3 Phase Transformation During CVD Growth", **Surface and Coatings Technology** , Vol 56, pp165-177.