บทที่ 3

การออกแบบการสร้างและการทดสอบ
ระบบเคลือบฟิล์มบางโดยเทคนิคสปัตเตอริง

ก่อนที่จะกล่าวถึงการออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์และการจัดสร้าง จะขอแสดงแผนภูมิการทำงานของระบบสปัตเตอริงให้ได้ทราบเสียก่อนว่า ระบบสปัตเตอริงจะต้องประกอบไปด้วยอะไรบ้าง ดังนี้

3.1 แผนภูมแสดงการทำงาน(Block diagram)ของระบบสปัตเตอริง

ในระบบเคลือบฟิล์มบางโดยเทคนิคสปัตเตอริงนั้นจะมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ คือ

1)ภาชนะสุญญากาศ(Vacuum chamber)

2)โรตารีปั๊ม(Rotary pump)

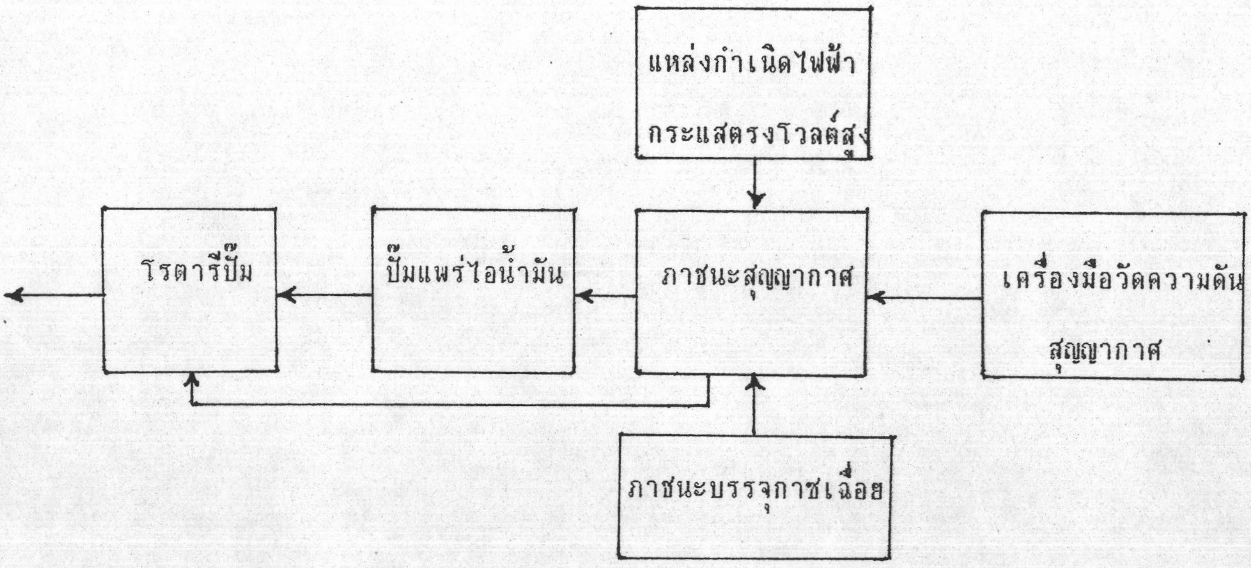
3)ปั๊มแพร่ไอน้ำมัน(Diffusion pump)

4)ภาชนะบรรจุกาซเฉื่อย(ในที่นี้ใช้กาซอาร์กอน)

5)แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง(DC. high voltage power supply)

6)เครื่องมือวัดความดันสุญญากาศ(Vacuum measuring device)

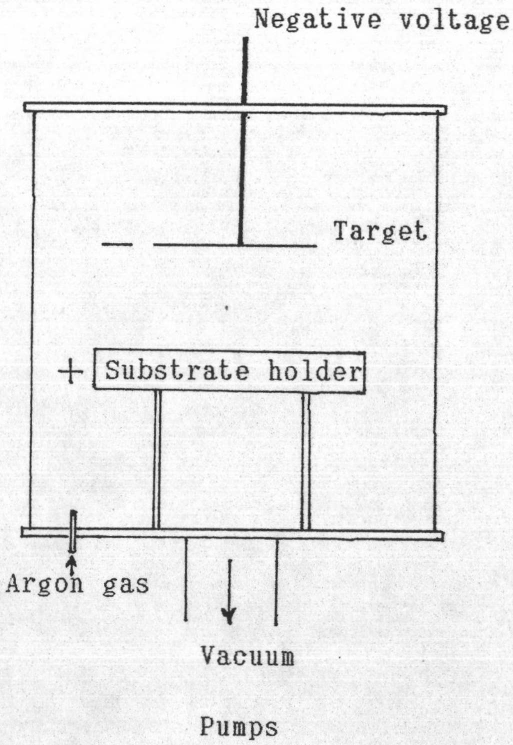
ส่วนประกอบต่างๆนี้สามารถนำมาเขียนเป็นแผนภูมิแสดงการทำงานของระบบเคลือบฟิล์มบางโดยเทคนิคสปัตเตอริง ได้ดังนี้ คือ



รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงการทำงานของระบบสปัตเตอริง

1) ภาชนะสุญญากาศ

ภาชนะสุญญากาศนับว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญที่สุดของการเคลือบฟิล์มบาง เพราะว่าการเคลือบฟิล์มบางจะเกิดขึ้นในส่วนนี้ ภายในภาชนะสุญญากาศนี้มีอุปกรณ์ที่สำคัญอยู่ 2 ชิ้นคือ ขั้วคาโธดและขั้วอาโนด การจัดวางตำแหน่งของขั้วคาโธดและขั้วอาโนดอาจจัดวางได้หลายแบบด้วยกัน แต่ในที่นี้ได้จัดให้ขั้วคาโธดอยู่ด้านบน ส่วนขั้วอาโนดอยู่ด้านล่างดังรูปที่ 3.2 และขั้วอาโนดนี้ยังทำหน้าที่เป็นที่สำหรับวางแผ่นรองรับอีกด้วย ส่วนขั้วคาโธดก็จะทำหน้าที่เป็นเป้าให้อิออนของกาซวิ่งเข้าชน



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะและส่วนประกอบของภาชนะสุญญากาศ

2)โรตารีปั๊ม และ 3)ปั๊มแพร่ไอน้ำมัน

ในการเคลือบฟิล์มบางของโลหะโดยวิธีการสปัตเตอริงนั้น เป็นการเคลือบฟิล์มบางโดยอาศัยอิออนของกาซเฉื่อย(ในที่นี้ใช้กาซอาร์กอน) ทำหน้าที่เป็นอนุภาคพลังงานสูง และในเครื่องเคลือบฟิล์มนี้ ไม่ต้องการให้มีกาซชนิดอื่นๆหลงเหลืออยู่ในภาชนะสุญญากาศ ดังนั้นจึงต้องมีการสูบเอากาซชนิดต่างๆที่มีอยู่ในภาชนะสุญญากาศออกมาให้หมดเสียก่อน ในการสูบอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศให้ได้มากที่สุดนั้นจะมีการสูบอากาศอยู่ 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือในขั้นตอนที่หนึ่งจะเป็นการสูบอากาศโดยใช้โรตารีปั๊มเพียงอย่างเดียว ส่วนในขั้นตอนที่สองจะใช้ปั๊มแพร่ไอน้ำมันช่วยในการสูบอากาศ การสูบอากาศในขั้นตอนนี้จะต้องทำหลังจากที่มีการสูบอากาศในขั้นตอนแรกจนความดันภายในภาชนะสุญญากาศลดลงต่ำกว่า 100 มิลลิทอร์ เสียก่อน เพราะว่าปั๊มแพร่ไอจะทำงานได้ดีที่ความดันต่ำๆเท่านั้น

4)ภาชนะบรรจุกาซเฉื่อย

เนื่องจากการเคลือบฟิล์มบางโดยวิธีการสปัตเตอริงนั้น ใช้อิออนของกาซเฉื่อยมาทำหน้าที่เป็นอนุภาคพลังงานสูง ดังนั้นในการเคลือบฟิล์มบางโดยวิธีนี้จึงจำเป็นต้องมีภาชนะสำหรับบรรจุกาซเฉื่อยเพื่อคอยป้อนกาซนี้ให้กับภาชนะสุญญากาศตลอดเวลา โดยผ่านทางวาล์วรูเข็ม

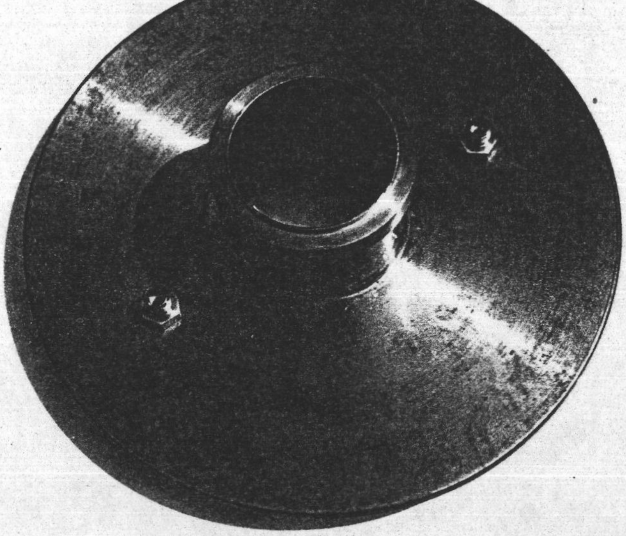
5)แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง

เนื่องจากในการเคลือบฟิล์มบางโดยวิธีการสปัตเตอริงนี้ จะต้องทำให้กาซอาร์กอนแตกตัวเป็นอิออน แล้วเร่งให้มีความเร็วสูงจึงจำเป็นต้องมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงไว้ทำหน้าที่เร่งอนุภาคดังกล่าว แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้นมานี้ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 2,000 โวลต์ และทนกระแสไฟฟ้าได้ 1 แอมแปร์

6)เครื่องมือวัดความดันสุญญากาศ

เนื่องจากในการเคลือบฟิล์มบางโดยวิธีการสปัตเตอริงนี้จะต้องมีการควบคุมความดันให้มีค่าคงที่เสมอ ดังนั้นจึงจะต้องมีเครื่องมือคอยวัดความดันภายในภาชนะสุญญากาศอยู่ตลอดเวลา และเนื่องจากเครื่องมือวัดความดันแต่ละชนิดมีความสามารถในการวัดความดันได้ในช่วงของความดันที่แตกต่างกัน หรือไม่มีเครื่องมือวัดความดันเครื่องใดที่สามารถวัดความดันได้ทุกค่าของความดันดังนั้นในที่นี้จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดความดัน 2 ชนิด ด้วยกันคือ เครื่องมือวัดความดันสุญญากาศแบบเทอร์โมคับเปิล(Thermocouple gauge) และเครื่องมือวัดความดันสุญญากาศแบบเพ็นนิง(Penning gauge) เครื่องมือวัดความดันสุญญากาศแบบเทอร์โมคับเปิลนั้นสามารถวัดความดันสุญญากาศได้ตั้งแต่ 760 - 10^{-3} ทอร์ ส่วนเครื่องมือวัดความดันสุญญากาศแบบเพ็นนิงสามารถวัดความดันสุญญากาศได้ตั้งแต่ 10^{-2} - 10^{-6} ทอร์

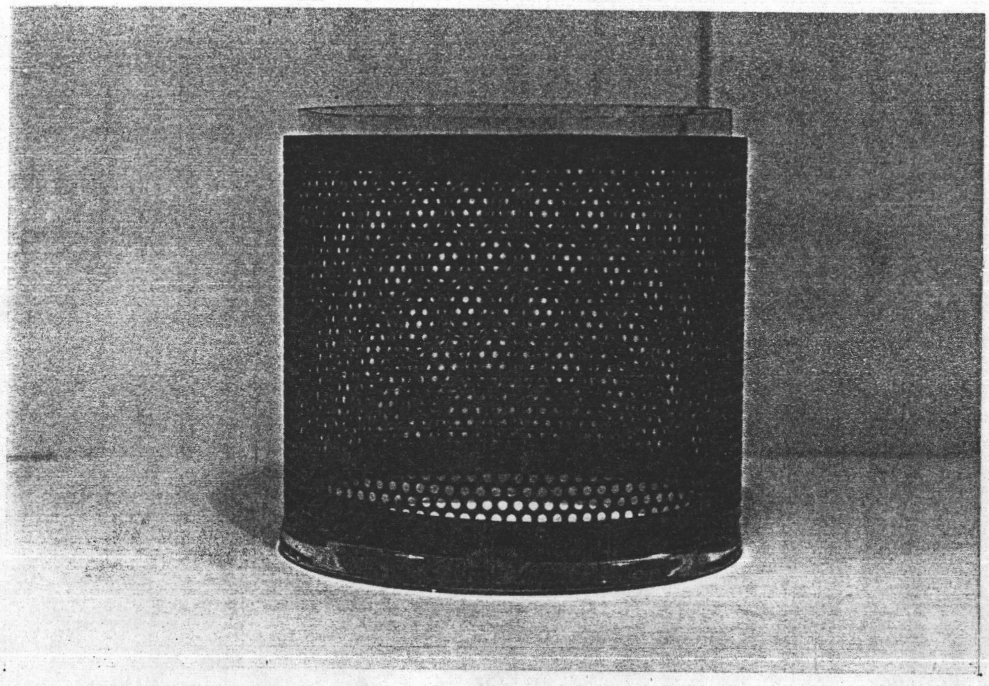
ต่อไปจะได้กล่าวถึงการออกแบบและการสร้างส่วนประกอบต่างๆของเครื่องเคลือบฟิล์มบางโดยเทคนิคสปัตเตอริง ดังนี้



รูปที่ 3.3 ฐานรอง

2) ครอบแก้วของภาชนะสุญญากาศ

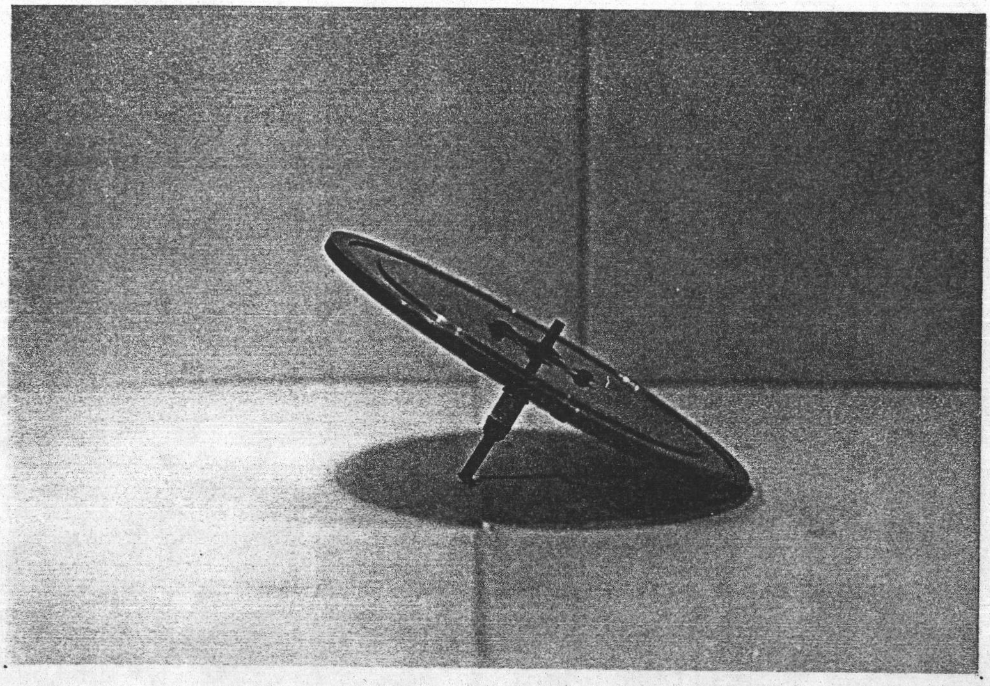
ได้มาจากการนำเอาครอบแก้วที่ใช้กับระบบสุญญากาศโดยเฉพาะ มาตัดให้มีลักษณะเหมือนท่อทรงกระบอกแล้วครอบด้วยตะแกรงโลหะ เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดจากการแตกของภาชนะสุญญากาศมีลักษณะดังรูปที่ 3.4



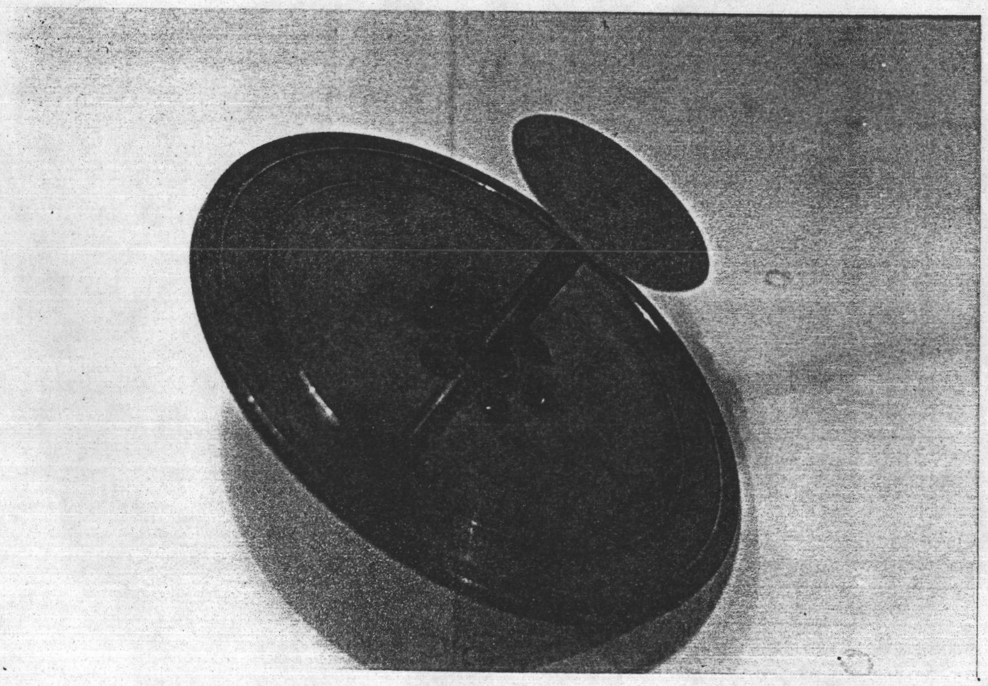
รูปที่ 3.4 ภาชนะสุญญากาศที่ครอบด้วยตะแกรงโลหะ

3) **ฝาปิดด้านบนของภาชนะสุญญากาศ**

ฝาปิดด้านบนของภาชนะสุญญากาศทำด้วยทองเหลือง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4 เซ็นติเมตร บริเวณขอบเซาะเป็นร่องที่มีความกว้าง 2.2 เซ็นติเมตร ลึก 0.3 เซ็นติเมตร สำหรับฝังยางแผ่นที่ตัดเป็นวงกลมเพื่อทำหน้าที่เป็นซีลให้กับภาชนะสุญญากาศ ตรงกลางจะเป็นขั้วคาโธดหรือเป้าต่อยื่นออกมา ดังรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6



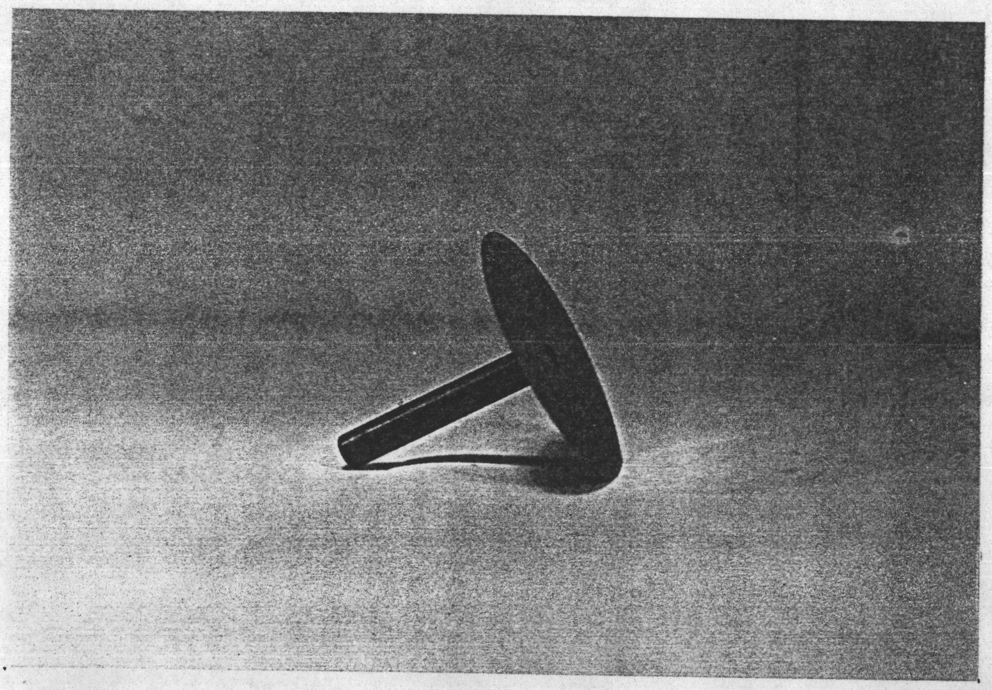
รูปที่ 3.5 ฝาปิดด้านบนของภาชนะสุญญากาศ



รูปที่ 3.6 ฝาปิดด้านบนของภาชนะสุญญากาศเมื่อใส่เป้าแล้ว

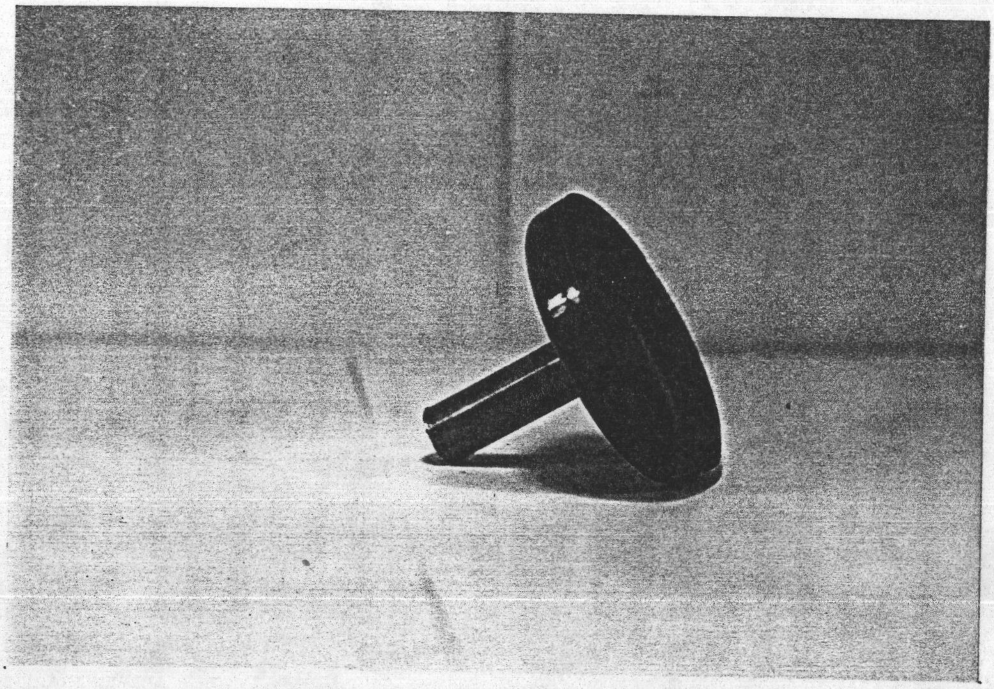
4) **ขั้วคาโธดหรือเป้าและชีลด์**

ขั้วคาโธด หรือเป้า เป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญมากชิ้นส่วนหนึ่ง เพราะว่าโลหะที่ใช้ทำขั้วคาโธดหรือเป้านี้จะต้องไปทำหน้าที่เคลือบลงบนแผ่นรองรับ แล้วเกิดเป็นฟิล์มบางขึ้น ขั้วคาโธดนี้โดยทั่วไปจะทำจากโลหะที่เราต้องการเคลือบลงบนแผ่นรองรับ สำหรับเครื่องเคลือบฟิล์มบางที่สร้างขึ้นมานี้ใช้โมลิบดินัมทำเป็นเป้า เพราะว่าในที่นี้ต้องการที่จะศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของฟิล์มโมลิบดินัม



รูปที่ 3.7 ขั้วคาโธดหรือเป้า

และเนื่องจากในการสปัตเตอร์นั้น ไม่ต้องการให้มีการสปัตเตอร์ทางด้านหลังของเป้าและที่แกนกลางของขั้วคาโธดจึงได้มีการทำชีลด์ครอบขั้วคาโธด ชีลด์นั้นจะทำด้วยโลหะ(ในที่นี้ทำด้วยทองแดง) มีลักษณะดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ชีลด์ครอบขั้วคาโธด

3.2.2 การออกแบบและการสร้างแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง

แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง ที่ใช้กับระบบเคลือบฟิล์มบางที่สร้างขึ้นมานี้มี 2 แหล่งด้วยกัน คือ

1) แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง ที่ใช้สร้างสนามไฟฟ้าความเข้มสูงขึ้นภายในระบบดีซีไดโอดสปัตเตอริง

2) แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงที่ใช้กับเครื่องมือวัดความดันแบบเพ็นนิง

1) แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง ที่ใช้สร้างสนามไฟฟ้าความเข้มสูงขึ้นภายในระบบสปัตเตอริง

เนื่องจากในการเคลือบฟิล์มบางโดยวิธีการสปัตเตอริงนั้น จะต้องมีการสร้างสนามไฟฟ้าที่มีความเข้มสูงขึ้นระหว่างขั้วคาโธดและอาโนดเพื่อทำให้กาซแตกตัวเป็นอิออน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงขึ้น ในที่นี้ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่แปลงไฟจาก 220 โวลต์ AC.เป็นไฟฟ้า 1,500 โวลต์ AC. และเพื่อไม่ให้หม้อแปลงมีขนาดใหญ่โตเกินความจำเป็นจึงใช้หม้อแปลงที่ไม่มีขั้วกลาง(Center tap) และเนื่องจากในระบบสปัตเตอริงมักจะมีการอาร์คเกิดขึ้นบ่อยๆ จึงจำเป็นจะต้องใช้หม้อแปลงที่สามารถทนกระแสไฟฟ้าสูงๆได้(ในที่นี้ใช้หม้อแปลงที่ทนกระแสไฟฟ้าได้ 1 แอมแปร์)

สำหรับวงจรเรคติไฟเออร์นั้นในที่นี้ใช้บริดจ์เรคติไฟเออร์ เนื่องจากหม้อแปลงที่สร้างขึ้นไม่มีขั้วกลาง ในการสร้างวงจรเรคติไฟเออร์อาจมีปัญหาอยู่บ้างเล็กน้อยคือไดโอดโวลต์สูงที่ทนกระแสไฟฟ้าได้มากๆมักหาซื้อตามท้องตลาดทั่วไปได้ยาก ในที่นี้จึงใช้ไดโอด 1,000 โวลต์ 1 แอมป์ 3 ตัวต่ออนุกรมกันแทนไดโอด 3,000 โวลต์ 1 แอมป์ และเพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดแต่ละตัวเท่าๆกันจึงใช้ความต้านทานขนาด 1 เมกกะโอมห์ต่อคร่อมไดโอดแต่ละตัว ดังรูปที่ 3.9

3.2 การอออแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์และการจัดสร้าง

เนื่องจากระบบเคลือบฟิล์มบางโดยเทคนิคสปัตเตอริงที่ได้สร้างขึ้นนี้ ระบบปั๊มสุญญากาศได้มาจากชิ้นส่วนของปั๊มสุญญากาศของบริษัท Edwards High Vacuum ชิ้นส่วนเหล่านี้ได้แก่ปั๊มแพร่ไอน้ำมันและโซลินอยด์วาล์ว ดังนั้นการออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์ขึ้นมาใหม่จึงมีไม่มากนักชิ้นส่วนเหล่านี้ได้แก่ภาชนะสุญญากาศ, แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง และแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงสำหรับใช้กับเครื่องมือวัดความดันสุญญากาศแบบเพ็นนิง

3.2.1การออกแบบและการสร้างชิ้นส่วนของภาชนะสุญญากาศ

ชิ้นส่วนของภาชนะสุญญากาศที่ได้ออกแบบและจัดสร้างขึ้น ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆดังนี้

1) ฐานรอง(Baseplate)

2) ครอบแก้วของภาชนะสุญญากาศ

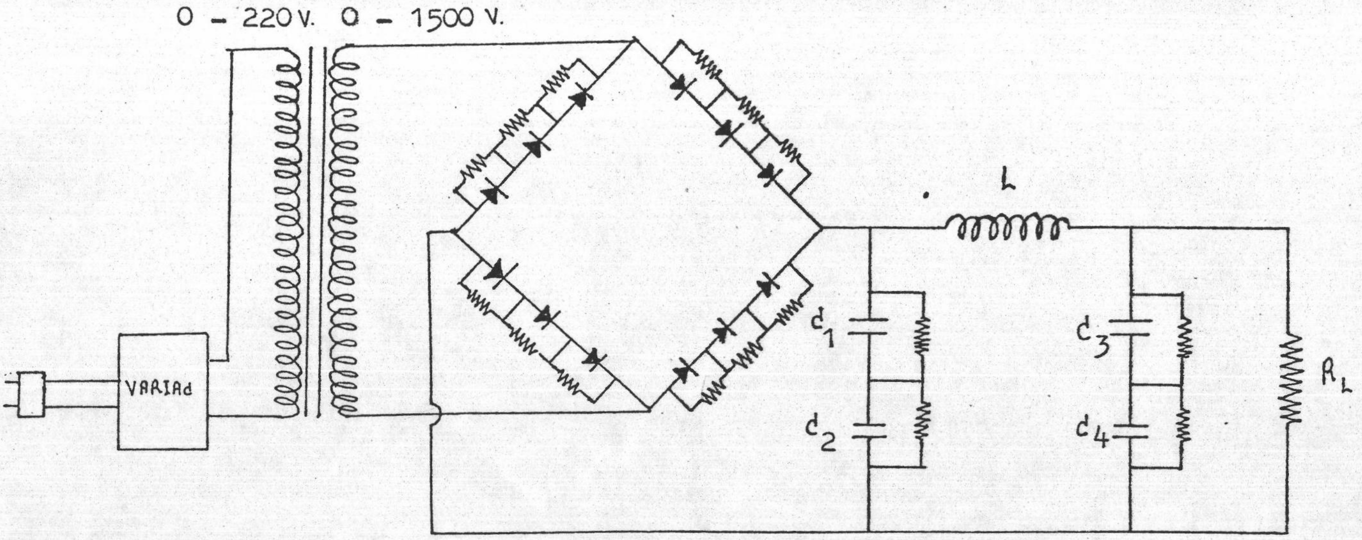
3) ฝาปิดด้านบนของภาชนะสุญญากาศ

4) ขั้วคาโธดหรือเป้าและชีลด์(Shield)

การออกแบบชิ้นส่วนของระบบสุญญากาศมีดังนี้

1) ฐานรอง

ทำด้วยทองเหลือง มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4 เซ็นติเมตร หนา 0.7 เซ็นติเมตร ตรงกลางเจาะเป็นรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.0 เซ็นติเมตร สำหรับใส่ท่อทองเหลือง และท่อทองเหลืองนี้จะไปเชื่อมต่อกับปั๊มแพร่ไอน้ำมัน ที่ขอบของฐานรองเซาะเป็นร่อง กว้าง 1.9 เซ็นติเมตร ลึก 0.2 เซ็นติเมตร สำหรับฝังยางแผ่นที่ตัดเป็นวงกลมเพื่อทำหน้าที่เป็นซีล (seal)ให้กับภาชนะสุญญากาศ ดูรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.9 วงจรของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงที่ใช้กับไดโอดสปัตเตอริง

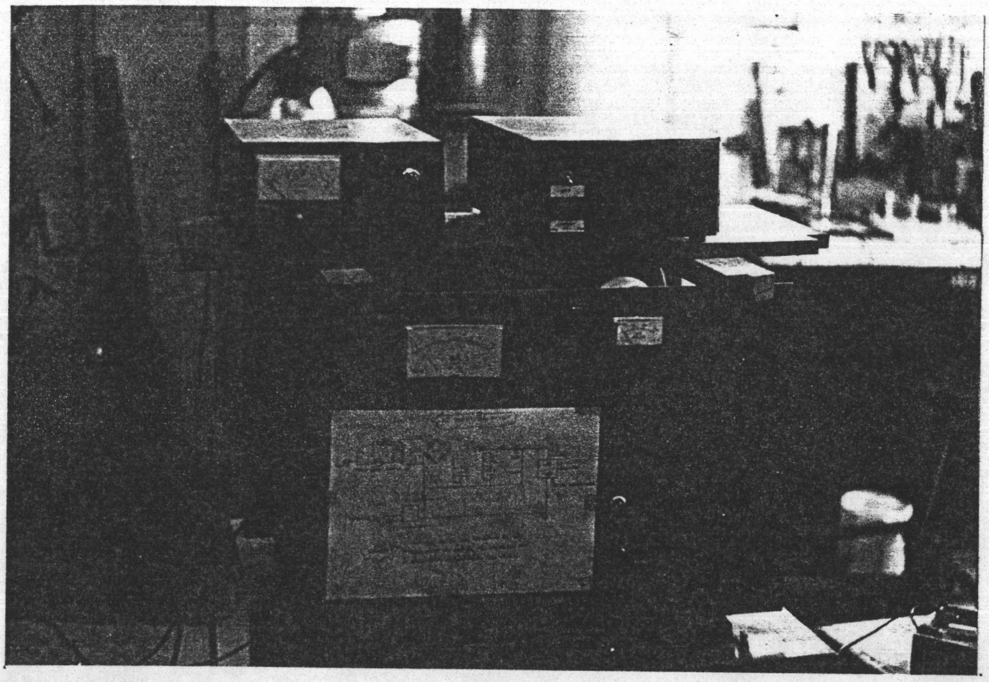
ส่วนวงจรกรองแรงดัน(Filter)นั้น ในที่นี้ใช้วงจรกรองแรงดันแบบพาย(π) วงจรกรองแรงดันแบบนี้จะทำให้ริปเปิล(Ripple)ลดลงมาก ในวงจรกรองแรงดันแบบนี้ตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 จะทำหน้าที่เป็นตัวกรองแรงดัน ตัวเก็บประจุสองตัวนี้จะเป็นตัวทำให้ค่าแรงดันเอาท์พุทมีค่าเป็นแรงดันสูงสุดแล้วคายประจุลดลง ในขณะที่แรงดันเอาท์พุทจากเรคติไฟเออร์ลดลงตัวเก็บประจุ C_3 และ C_4 จะทำหน้าที่เช่นเดียวกับตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 ตัวเหนี่ยวนำ L_1 ทำให้การกรองแรงดันทั้งหมดดีขึ้น และถ้าใช้ค่าของตัวเหนี่ยวนำ(L)และค่าของตัวเก็บประจุ(C)เหมาะสมแรงดันเอาท์พุทของวงจรกรองแรงดันแบบนี้ จะมีจำนวนริบเปิลเหลือน้อยมาก

<u>หมายเหตุ</u>

ตัวต้านทานที่ใช้คล่อมไดโอดและคอนเดนเซอร์ทุกตัวมีค่าเท่ากับ 1 เมกกะโอห์ม

คอนเดนเซอร์และตัวเหนี่ยวนำควรใช้ค่ามากๆ และทนกระแสไฟฟ้าได้สูง

ไดโอดที่ใช้ทนกระแสไฟฟ้าได้ 1 แอมแปร์

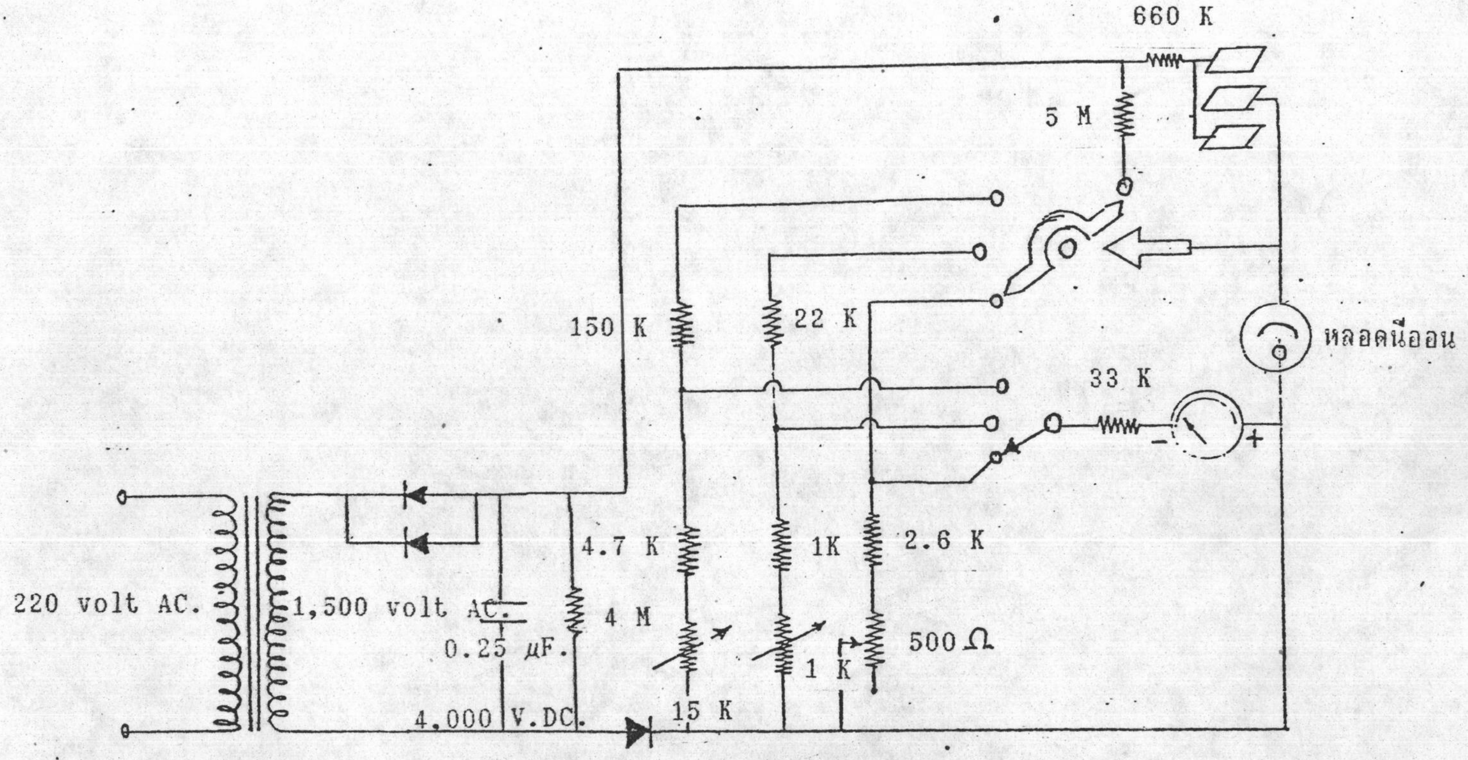


รูปที่ 3.10 แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง

2) แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงที่ใช้กับเครื่องมือวัดความดันแบบเพ็นนิง

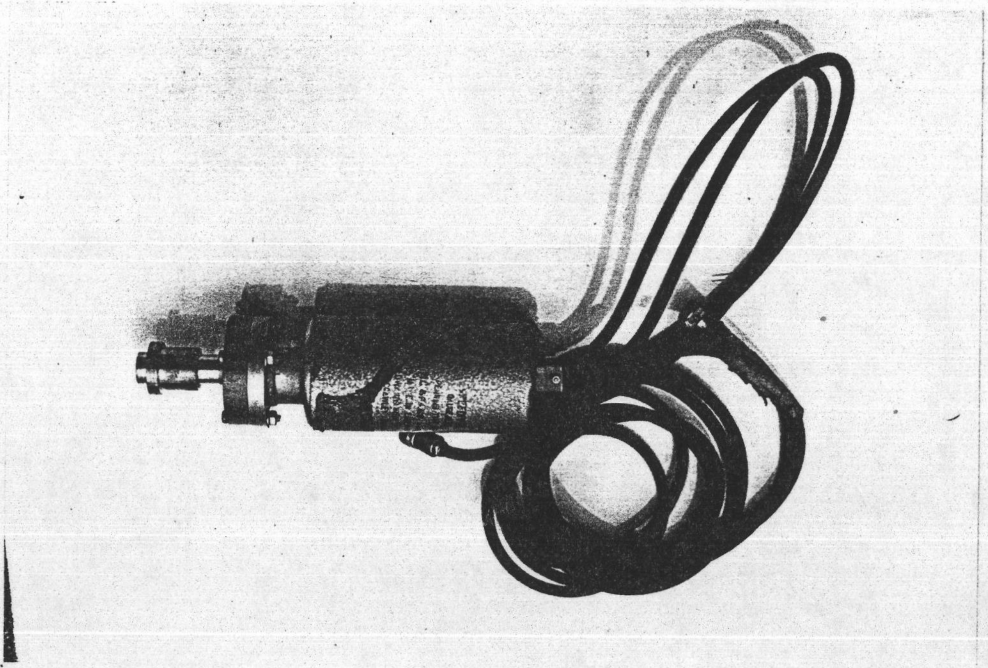
เนื่องจากในเครื่องมือวัดความดันสุญญากาศแบบเพ็นนิง จำเป็นจะต้องใช้แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงประมาณ 2,000 โวลต์ เพื่อไปทำให้กาซภายในหัววัดความดันแบบคาโธดเย็นเกิดการแตกตัวเป็นอิออน จึงจำเป็นจะต้องสร้างแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงขึ้นอีกเครื่องหนึ่ง แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องออกแบบให้ทนกระแสไฟฟ้าได้มากนักเพราะว่าจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหม้อแปลงไม่มากนัก

สำหรับวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับหัววัดความดันความดันแบบคาโธดเย็นนั้นใช้วงจรไฟฟ้าของบริษัท Cambridge Instrumentซึ่งมีลักษณะดังรูป3.11



รูปที่ 3.11 วงจรของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงที่ใช้กับเพ็นนิงเกจ

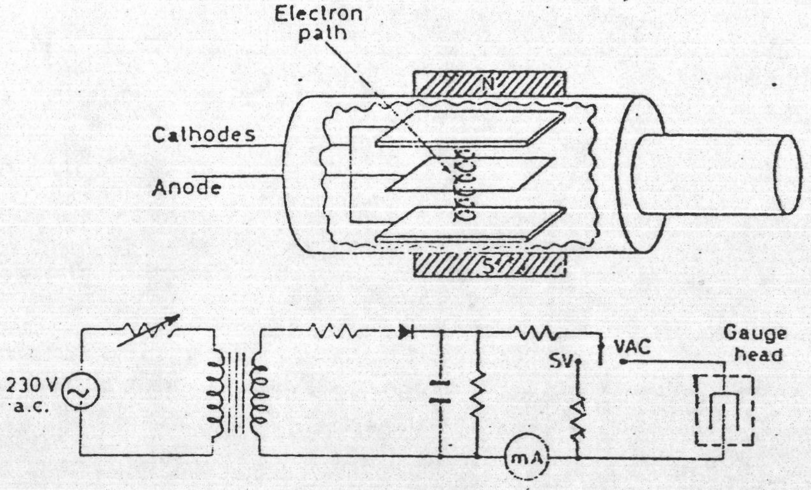
แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูงนี้จะต้องใช้คู่กับหัววัดความดันแบบคาโธดเย็น สำหรับในที่นี้ใช้หัววัดแบบคาโธดเย็น Model CP25-s Code No.D145 - 33 -000 ของบริษัท Edwards High Vacuum ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 หัววัดของเพ็นนิงเกจ

หลักการทำงานของเครื่องมือวัดความดันสุญญากาศแบบเพ็นนิง

ภายในหัววัดความดันสุญญากาศแบบเพ็นนิง จะมีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วคือขั้วคาโธดและขั้วอาโนด ขั้วคาโธดจะมีลักษณะเป็นแผ่นโลหะแบนๆ 2 แผ่น วางขนานกันดังรูปที่ 3.13

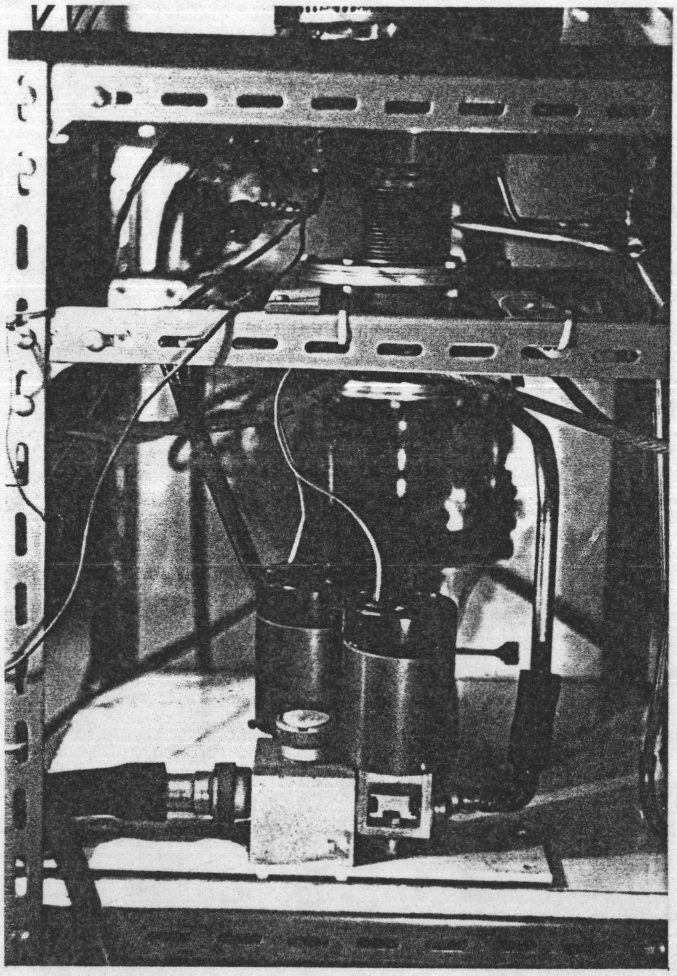


รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะภายในของหัววัดความดันสุญญากาศแบบเพ็นนิง

ส่วนขั้วอาโนดจะทำด้วยเส้นลวดที่หักงอเป็นรูปห่วงสี่เหลี่ยม วางอยู่ตรงกลางระหว่างขั้วคาโธดทั้งสอง ศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วคาโธดและอาโนดจะมีค่าประมาณ 2,000 โวลต์ สนามไฟฟ้าระหว่างขั้วคาโธดและอาโนดจะทำให้อะตอมของกาซที่อยู่ภายในหัววัดเกิดการแตกตัวเป็นอิออน (มีอิเล็คตรอนหลุดออกมา) อิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้จะถูกสนามไฟฟ้าเร่งให้วิ่งไปยังอาโนด แต่เนื่องจากสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีทิศตั้งฉากซึ่งกันและกัน ดังนั้นอิเล็กตรอนจะมีการเคลื่อนที่เป็นรูปเกลียวสว่าน กลับไปกลับมาระหว่างแผ่นโลหะที่เป็นขั้วคาโธดจนกว่าจะถูกขั้วอาโนดจับไว้ ส่วนอิออนบวกจะวิ่งไปชนกับขั้วคาโธดแล้วปล่อยอิเล็กตรอนทุติยภูมิออกมา เครื่องมือวัดความดันสุญญากาศแบบนี้จะใช้วัดความดันสุญญากาศได้ในช่วง 10^{-2} - 10^{-6} ทอร์

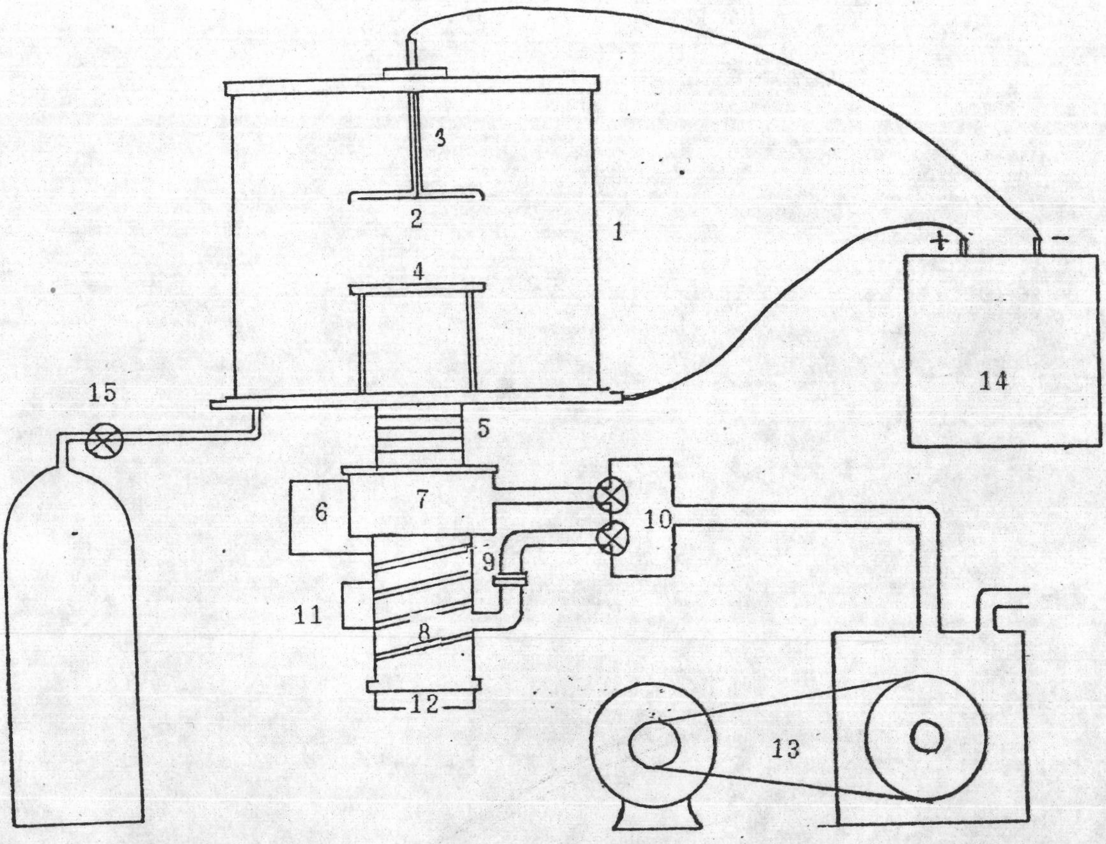
3.3 การประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน

เมื่อมีชิ้นส่วนต่างๆครบแล้ว ขั้นต่อไปก็จะเป็นการประกอบชิ้นส่วนต่างๆเหล่านี้เข้าด้วยกัน เมื่อประกอบเสร็จแล้วจะได้เครื่องเคลือบฟิล์มบางที่มีลักษณะดังรูปที่ 3.14



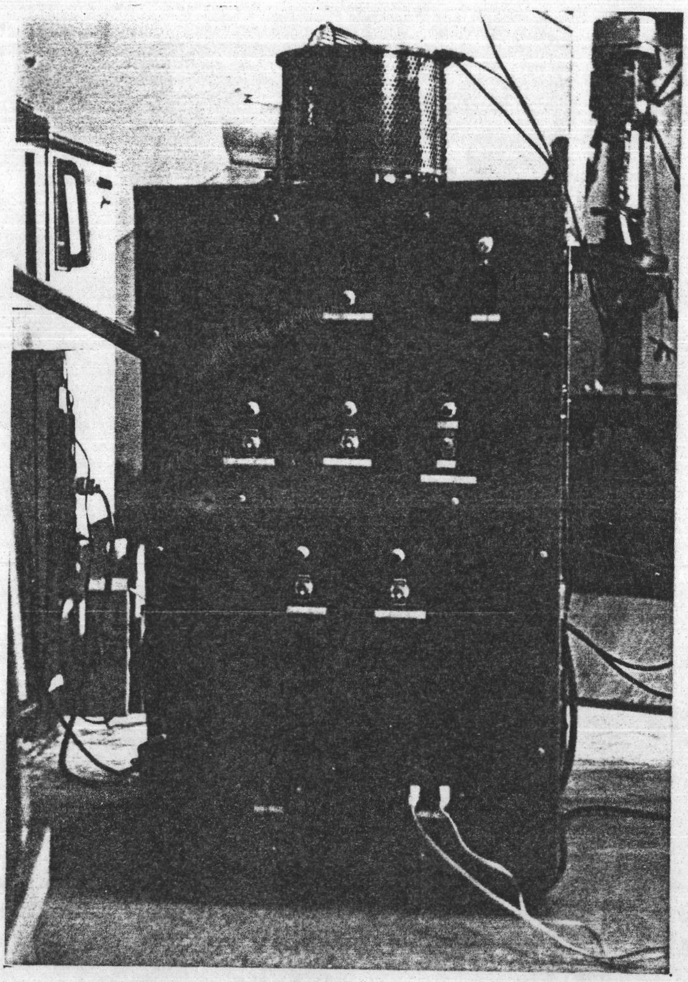
รูปที่ 3.14 เครื่องเคลือบฟิล์มบางที่สร้างขึ้นมา

ซึ่งสามารถแสดงส่วนประกอบต่างๆให้เห็นได้ในรูปที่ 3.15



1) ภาชนะสุญญากาศ
2) ขั้วคาโธดหรือเป้า
3) ชีลด์ครอบขั้วคาโธด
4) ที่วางแผ่นรองรับ
5) ท่ออ่อน
6) มอเตอร์ ปิด - เปิด วาล์วผีเสื้อ
7) วาล์วผีเสื้อ
8) ปั๊มแพร่ไอน้ำมัน
9) ท่อน้ำระบายความร้อน
10) โซลินอยด์วาล์ว
11) สวิทช์ตัดวงจรอัตโนมัติ
12) เครื่องทำความร้อน
13) โรตารีปั๊ม
14) แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง โวลต์สูง
15) วาล์วรูเข็ม

รูปที่ 3.15 แสดงส่วนประกอบของระบบเคลือบฟิล์มบางที่สร้างขึ้นมา



รูปที่ 3.16 แสดงแผงควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ

รายชื่อของสวิทช์ที่ทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ต่างๆ มีดังนี้

หมายเลข	ชื่ออุปกรณ์	หน้าที่การทำงาน
1	Main Switch	เป็นสวิทช์ ปิด - เปิดไฟเข้าเครื่อง
2	Heat Indicator	เป็นหลอดไฟที่จะสว่างขึ้นเมื่อการระบายความร้อนที่ปั๊มแพร่ไอน้ำมัน ไม่ดีพอ
3	SW.Roughing Valve	เป็นสวิทช์ที่ทำหน้าที่ ปิด - เปิด วาล์วที่ทำหน้าที่ปิด - เปิด ท่อที่ใช้ดูดอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศ
4	SW.Backing Valve	เป็นสวิทช์ที่ทำหน้าที่ ปิด - เปิด วาล์วที่ทำหน้าที่ปิด - เปิด ท่อที่ใช้ดูดอากาศออกจากปั๊มแพร่ไอน้ำมัน
5	SW.Butterfly Valve	เป็นสวิทช์ที่ทำหน้าที่ ปิด - เปิด วาล์วที่ทำหน้าที่เป็นประตูเชื่อมต่อระหว่างภาชนะสุญญากาศกับปั๊มแพร่ไอน้ำมัน
6	SW.Rotary Pump	เป็นสวิทช์ ปิด - เปิด โรตารี่ปั๊ม
7	SW.Diffusion Pump	เป็นสวิทช์ ปิด - เปิด Heater ที่ทำหน้าที่ต้มน้ำมันในปั๊มแพร่ไอน้ำมัน
8	AC.220 Volt	ปลั๊กไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

3.4 การทดสอบระบบเคลือบฟิล์มบางที่สร้างขึ้น

เมื่อได้จัดสร้างระบบเคลือบฟิล์มบางเสร็จสิ้นแล้ว ขั้นต่อไปก็คือการทดสอบการทำงานของระบบเคลือบฟิล์มบางที่ได้สร้างขึ้นมานี้ การทดสอบมีดังนี้

3.4.1 การทดสอบการทำงานของโรตารี่ปั๊ม

การทดสอบการทำงานของโรตารี่ปั๊ม ทำได้โดยการทดลองใช้โรตารี่ปั๊มทำการสูบอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศ แล้วสังเกตว่าความดันภายในภาชนะสุญญากาศลดต่ำลงเป็นที่น่าพอใจหรือไม่ จากผลการทดลองพบว่าความดันภายในภาชนะสุญญากาศจะลดลงต่ำลงอย่างรวดเร็วในตอนแรก ต่อจากนั้นความดันจะค่อยๆลดลงอย่างช้าๆ จนในที่สุดจะได้ความดันต่ำสุดประมาณ 50 มิลลิทอร์ ซึ่งก็อยู่ในขั้นพอใช้ได้

3.4.2 การทดสอบการทำงานของปั๊มแพร่ไอน้ำมัน

เนื่องจากปั๊มแพร่ไอน้ำมันเป็นเครื่องสูบอากาศขั้นที่สอง จึงทำงานได้ดีที่ความดันต่ำๆเท่านั้น(ประมาณ 100 มิลลิทอร์ลงมา) ดังนั้นก่อนที่จะเปิดให้ปั๊มแพร่ไอน้ำมันทำงานจะต้องสูบอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศโดยใช้โรตารี่ปั๊มเสียก่อน เมื่อความดันภายในภาชนะสุญญากาศลดลงเหลือประมาณ 100 มิลลิทอร์ จึงเปิดสวิทช์ให้เครื่องทำความร้อนทำงาน รอประมาณ 30 นาที ปั๊มแพร่ไอน้ำมันก็จะทำงานได้เต็มที่ คราวนี้ความดันจะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วและจากการทดสอบพบว่าเมื่อใช้ปั๊มแพร่ไอน้ำมันช่วยในการสูบอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศ จะสามารถทำให้ความดันภายในภาชนะสุญญากาศลดลงเหลือประมาณ 5×10^{-5} ทอร์

3.4.3 การทดสอบเพื่อหาอัตราการรั่วซึมในส่วนต่างๆของระบบสุญญากาศ

ในการสร้างเครื่องเคลือบฟิล์มบางในระบบสุญญากาศนั้น สิ่งหนึ่งที่ต้องระวังอย่างมากคือจะต้องพยายามไม่ให้มีการรั่วซึมของอากาศเข้าไปในระบบสุญญากาศได้ หรือถ้ามีการรั่วซึมก็ควรที่จะสามารถตรวจสอบหาจุดที่มีการรั่วซึมได้ ซึ่งการตรวจสอบเพื่อหาจุดที่มีการรั่วซึมอย่างหยาบๆนั้น สามารถทำการตรวจสอบได้ดังนี้

1) การตรวจสอบว่าในระบบสุญญากาศทั้งระบบ หรือในภาชนะสุญญากาศ มีการรั่วซึมหรือไม่ทำได้โดยการสูบอากาศภายในภาชนะสุญญากาศออก โดยใช้โรตารี่ปั๊มเพียงอย่างเดียวหรือจะใช้ปั๊มแพร่ไอน้ำมันช่วยด้วยก็ได้ เมื่อสูบอากาศออกจนได้ความดันต่ำสุดแล้ว จากนั้นปิดวาล์วผีเสื้อ แล้วอ่านค่าความดันภายในภาชนะสุญญากาศจากนั้นก็สังเกตว่าความดันภายในภาชนะสุญญากาศมีค่าเพิ่มขึ้นหรือไม่ ถ้าความดันมีค่าเพิ่มขึ้นก็แสดงว่าระบบสุญญากาศนั้นรั่วซึม แต่ถ้าความดันภายในภาชนะสุญญากาศค่อยๆเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆก็คงไม่เป็นปัญหามากนัก เพราะว่าการที่จะทำให้ระบบสุญญากาศไม่มีการรั่วซึมเลยคงเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยาก และถึงแม้ว่าถ้าในระบบสุญญากาศนั้นมีการซีล อย่างดีจนไม่มีการรั่วซึมเลย ความดันภายในภาชนะสุญญากาศก็จะยังคงมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากภายในเนื้อของวัตถุที่ประกอบกันเป็นระบบสุญญากาศจะมีการขับก๊าซ (Outgassing)ออกมาตลอดเวลา

2) การตรวจสอบว่าระบบสุญญากาศทั้งระบบ คือนับตั้งแต่ภาชนะสุญญากาศ ลงมาถึงปั๊มแพร่ไอน้ำมัน รวมถึงท่อต่างๆที่ทำหน้าที่สูบอากาศออกด้วย ว่ามีการรั่วซึมหรือไม่ให้ทำการทดสอบดังนี้คือ(ดูรูปที่ 3.15 ประกอบการอธิบาย)ให้สูบอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศโดยใช้โรตารี่ปั๊มเพียงอย่างเดียว เมื่อดูดอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศจนได้ความดันต่ำสุดแล้ว จากนั้นปิด Roughing valve และ Backing valve ส่วนวาล์วผีเสื้อ ให้เปิดไว้ แล้วคอยอ่านความดันภายในภาชนะสุญญากาศว่าเพิ่มขึ้นเร็วกว่าในการตรวจสอบตามข้อ 1) หรือไม่ ถ้าเพิ่มขึ้นเร็วกว่ามากก็น่าที่จะแสดงได้ว่าว่าระบบสุญญากาศในส่วนล่างคือตั้งแต่ วาล์วผีเสื้อลงมามีการรั่วซึม ซึ่งจะต้องหาต่อไปว่ามีการรั่วซึมที่จุดไหน

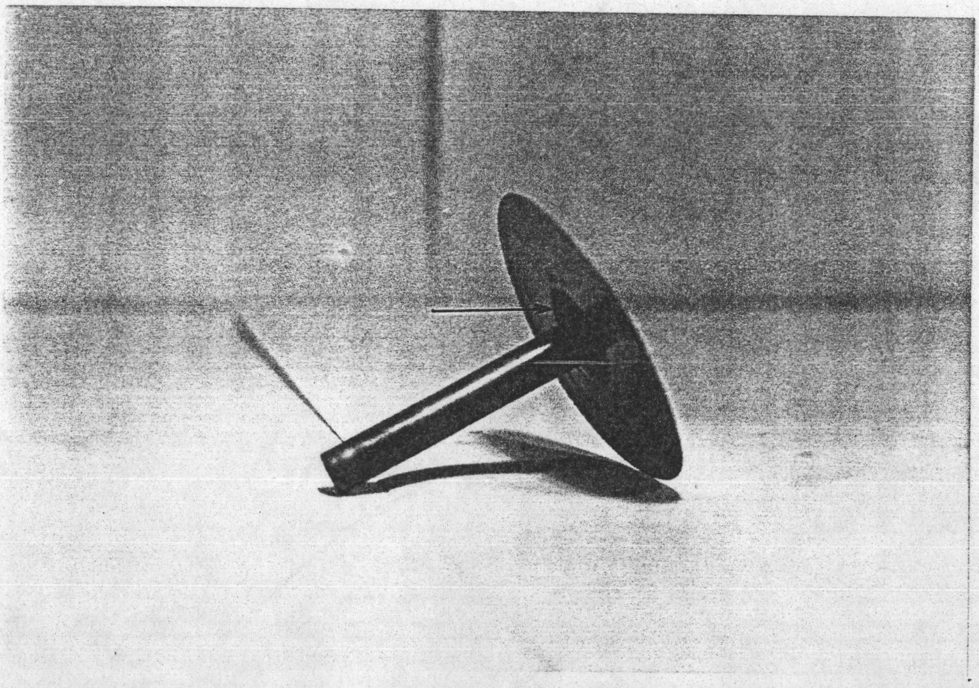
3.5 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงานของระบบเคลือบฟิล์มบางที่สร้างขึ้นมา

ระบบสปัตเตอริงที่สร้างขึ้นมานั้นมีปัญหาที่สำคัญอยู่ 2 ปัญหา คือ

1) มีการอาร์คเกิดขึ้นบ่อยๆทำให้การสปัตเตอร์ต้องหยุดชะงัก

2) มีความร้อนสูงเกิดขึ้นที่คาโธด และแผ่นรองรับเมื่อทำการสปัตเตอร์ไปนานๆ

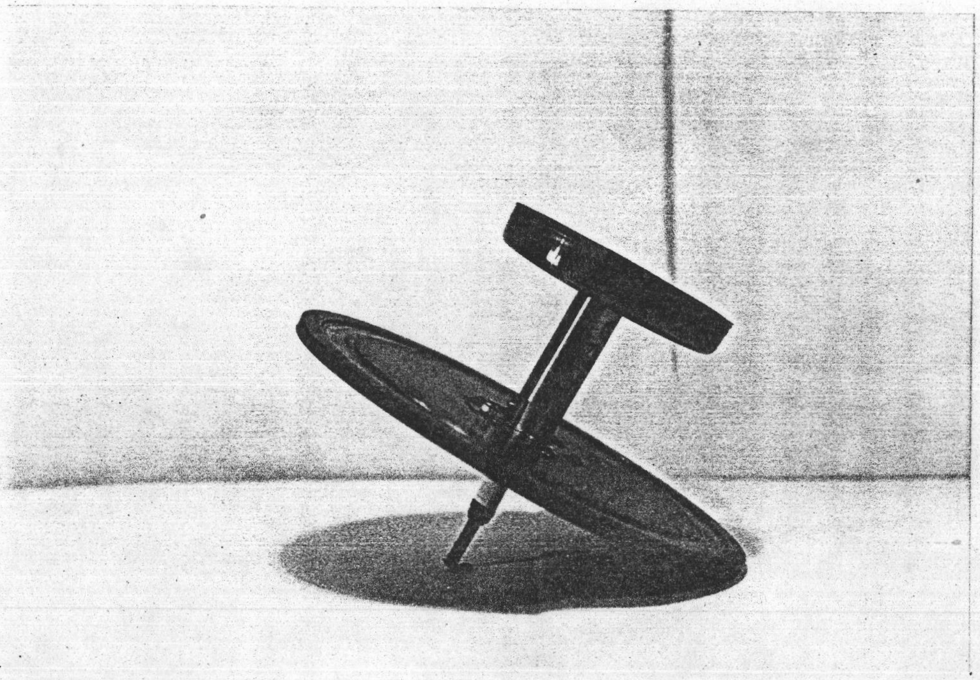
บริเวณที่เกิดการอาร์คคือบริเวณด้านหลังของขั้วคาโธดหรือเป้า ดูรูปที่ 3.17 ประกอบการอธิบาย



รูปที่ 3.17 แสดงบริเวณที่เกิดการอาร์ค

ถ้าเอากระดาษทรายชนิดละเอียดขัดบริเวณที่เกิดการอาร์ค จะทำให้การอาร์คเกิดขึ้นน้อยลง และการอาร์คจะเกิดขึ้นน้อยลงอย่างมากเมื่อได้มีการทำชีลด์ครอบขั้วคาโธดดังรูปต่อไป นอกจากนี้ชีลด์ยังทำหน้าที่ป้องกันการสปัตเตอร์ด้านหลังของเป้า ซึ่งเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการอีกด้วย เพราะว่าอะตอมของเป้าทางด้านหลังที่ถูกสปัตเตอร์หลุดออกมาจะไม่มีผลต่อการ

เพิ่มอัตราการเคลือบมากนัก นอกจากนี้การสปัตเตอร์ด้านหลังยังเป็นการทำให้เป้ามีความร้อนมากขึ้นอีกด้วย



รูปที่ 3.18 แสดงคาโธดที่มีชีลด์ครอบเพื่อป้องกันการอาร์ค
และป้องกันการสปัตเตอร์ด้านหลังของเป้า

3.6 สาเหตุของปัญหา

3.6.1 สาเหตุของการอาร์คในภาชนะสุญญากาศ

1) ความสกปรกของเป้าหรือคาโธด
2) ความไม่เรียบของเป้าหรือคาโธดและอาโนด หรือเกิดจากการที่มีเศษโลหะเล็กๆ ติดอยู่บริเวณขั้วอิเล็คโทรด

3.6.2 สาเหตุที่ทำให้มีความร้อนเกิดขึ้นที่ขั้วคาโธด

1) ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ขั้วคาโธด เกิดจากการที่อิออนของกาซวิ่งเข้าชนแล้วเกิดการถ่ายเทพลังงานให้กับขั้วคาโธดในรูปของพลังงานความร้อน

2) ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ขั้วอาโนด เกิดจากการที่อิเลกตรอนที่หลุดออกมาจากอะตอมของก๊าซ และอิเลกตรอนทุติยภูมิที่หลุดออกมาจากเป้าวิ่งเข้าชนแล้วเกิดการถ่ายเทพลังงานให้กับขั้วอาโนดในรูปของพลังงานความร้อน

3.7 การแก้ไขปัญหา

3.7.1 การป้องกันการอาร์คในระบบสุญญากาศ

1) ทำความสะอาดเป้า(คาโธด)โดยการขัดด้วยกระดาษทรายชนิดละเอียด

2) ทำชีลด์ครอบด้านหลังของขั้วคาโธด

3.7.2 การแก้ปัญหาอันเกิดจากความร้อนที่เกิดขึ้นที่ขั้วคาโธดและขั้วอาโนด

สำหรับความร้อนที่เกิดขึ้นที่ขั้วคาโธดและอาโนดนั้นเราไม่สามารถทำให้ไม่เกิดความร้อนได้ แต่เราสามารถทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นระบายออกไปได้โดยการใช้น้ำหรือลมเป่าระบายความร้อนออกไป