หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

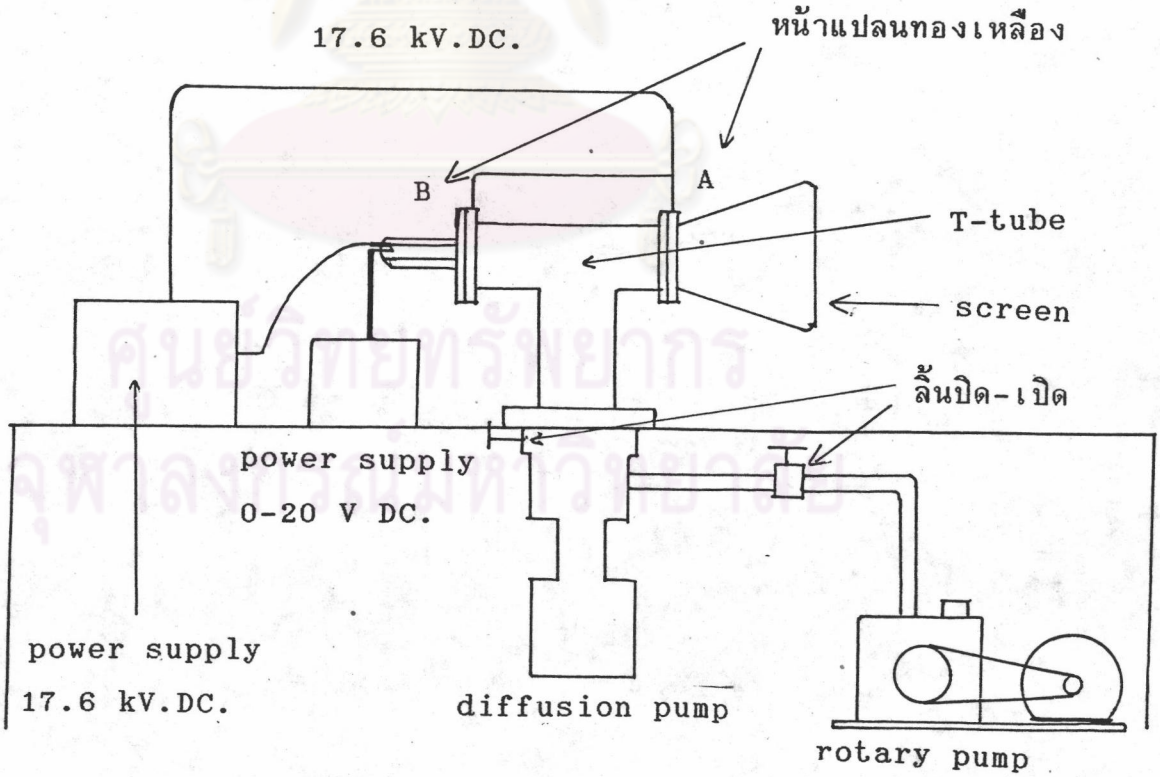
บทที่ 3

การสร้างเครื่องมือและวิธีการทดลอง

เครื่องแสดงการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้

1. ปืนอิเล็กตรอน (electron gun)
2. ส่วนท่อลำอิเล็กตรอน(beam tube)
3. ฟิล์มบาง (thin film)
4. จอภาพ (screen)
5. แหล่งจ่ายไฟ (power supply)
6. ระบบสุญญากาศ (vacuum system)

ส่วนประกอบของเครื่องมือเมื่อติดตั้งจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.1



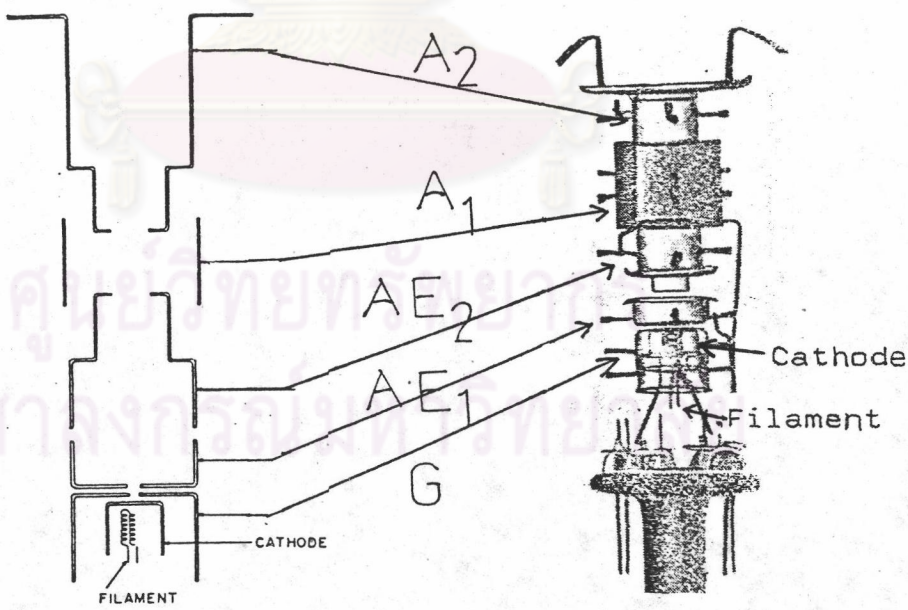
รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบและลักษณะการติดตั้งเครื่องมือ

3.1 ปืนอิเล็กตรอน (electron gun)

ปืนอิเล็กตรอนเป็นส่วนประกอบของเครื่องมือที่ทำหน้าที่สำคัญ 3 อย่างคือ

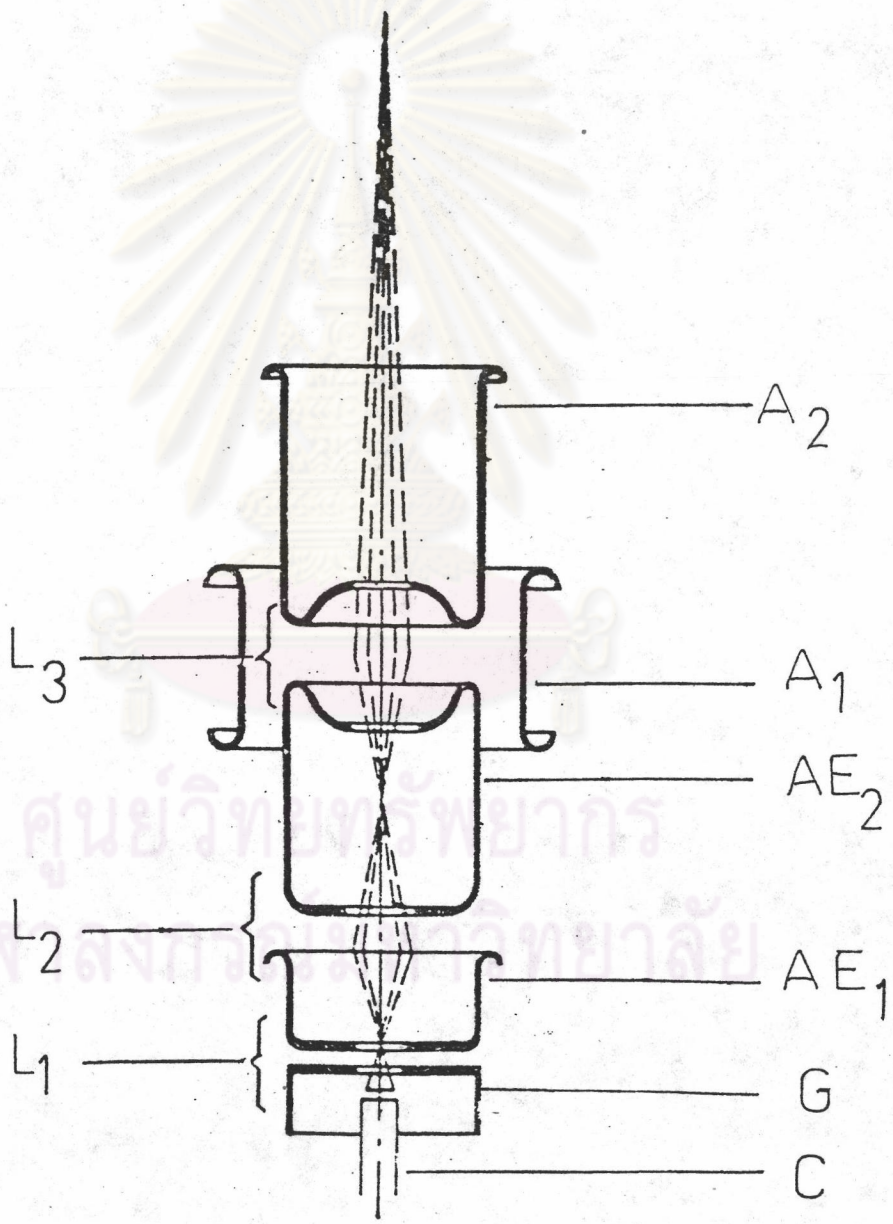
1. เป็นแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน และควบคุมปริมาณอิเล็กตรอน
2. โฟกัสทางเดินของอิเล็กตรอนให้วิ่งเป็นลำ
3. เร่งอิเล็กตรอนให้มีความเร็วสูงสุด

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ปืนอิเล็กตรอนของหลอดภาพโทรทัศน์ขาว-ดำ ที่มีขนาดจอภาพตั้งแต่ 14 นิ้วขึ้นไป โดยนำหลอดภาพโทรทัศน์ขาว-ดำ มาตัดเอาส่วนที่เป็นจอภาพออกนำมาใช้เฉพาะส่วนที่เป็นปืนอิเล็กตรอน ซึ่งจะมีส่วนประกอบเป็นดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะและส่วนประกอบของปืนอิเล็กตรอนของหลอดโทรทัศน์ขาว-ดำ

ปืนอิเล็กตรอนของหลอดภาพโทรทัศน์ขาว-ดำ โฟกัสและเร่งลำอิเล็กตรอนด้วยเลนส์ไฟฟ้าสถิตย์ 3 เลนส์ ลักษณะทางเดินอิเล็กตรอนภายในเลนส์ทั้ง 3 เลนส์ในปืนอิเล็กตรอนจะเป็นดังแนวของเส้นประในรูปที่ 3.3

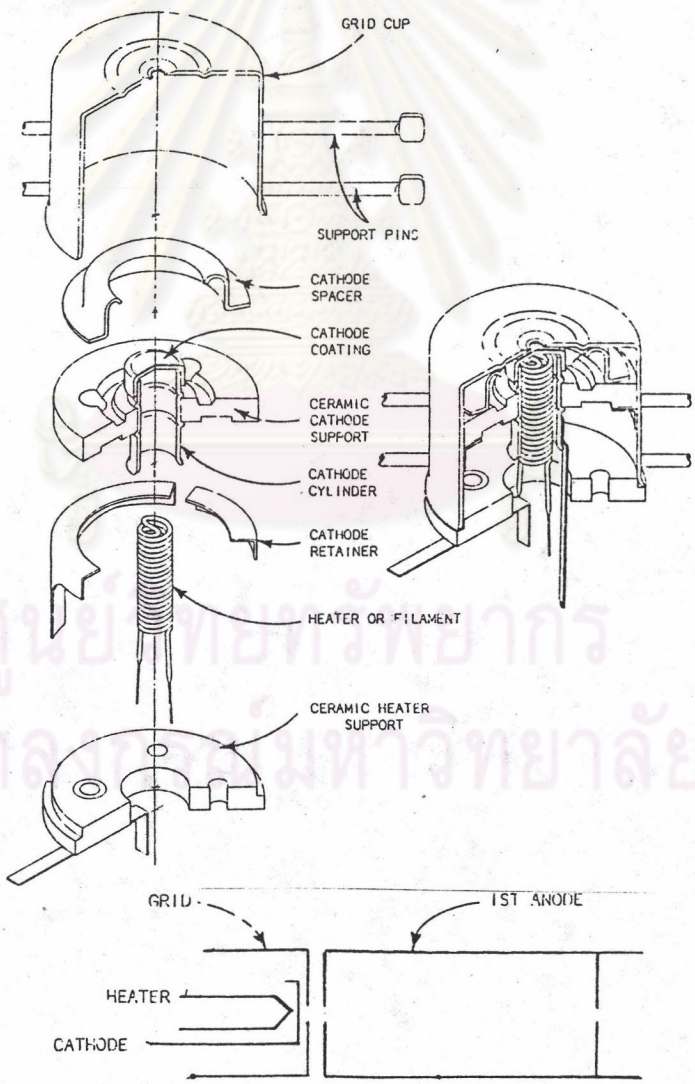


รูปที่ 3.3 แสดงแนวทางเดินของอิเล็กตรอนภายในปืนอิเล็กตรอน

ส่วนประกอบของปืนอิเล็กตรอนแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

3.1.1 ไตรโอด (triode) (10)

เป็นส่วนประกอบที่ทำหน้าที่เป็นเลนส์ตัวที่ 1 (L_1) ตามรูปที่ 3.3 ของระบบ บางทีเรียกส่วนนี้ว่าระบบเลนส์ตัวแรก (first-lens system) ประกอบด้วยชิ้วไฟฟ้า 3 ชิ้ว คือแคโทด กริด และแอโนดแรก (first anode) ดังรูปที่ 3.4 (ก) และ (ข)



ก.

ข.

รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบของไตรโอด

แคโทดของปืนอิเล็กตรอนจะทำด้วยโลหะนิเกิล (nickel) เป็นรูปทรงกระบอกปลายปิดด้านบน บริเวณปลายปิดนี้จะฉาบด้วยแบเรียมออกไซด์ หรือ สตรอนเตียมออกไซด์ และบริเวณนี้จะเป็นผิวของแคโทดที่ทำหน้าที่ปล่อยอิเล็กตรอน ภายในทรงกระบอกของแคโทดจะสอดใส่ขดลวดให้ความร้อน (heater) ซึ่งเส้นลวดที่นำมาทำเป็นขดลวดให้ความร้อนนี้จะหุ้มด้วยฉนวนไฟฟ้า เพื่อเป็นฉนวนกันระหว่างขดลวดแต่ละขดลวดและระหว่างตัวขดลวดให้ความร้อนนี้กับผิวของแคโทดด้วย ซึ่งจะทำให้ศักย์ไฟฟ้าของผิวแคโทดไม่ถูกรบกวนด้วยศักย์ไฟฟ้าของขดลวดให้ความร้อน

3.1.2 <u>เลนส์ที่ 2</u>

เป็นเลนส์ที่ประกอบด้วยชิ้วไฟฟ้า 2 ชิ้ว คือ AE_1 และ AE_2 ตามรูปที่ 3.3 ส่วนนี้ของปืนอิเล็กตรอนจะทำหน้าที่ เบนทางเดินของลำอิเล็กตรอนให้เบนเข้าตัดผ่านกันเพื่อส่งต่อไปให้เลนส์ตัวที่ 3 ขณะเดียวกันจะทำหน้าที่เร่งความเร็วของอิเล็กตรอนให้มีความเร็วสูงสุดเมื่ออิเล็กตรอนวิ่งมาถึงชิ้วแอโนดที่ 2 ด้วย ชิ้วไฟฟ้าทั้ง 2 นี้จะทำด้วยโลหะนิเกิล ทำผิวให้เป็นมันเรียบตรงส่วนปลายของทรงกระบอกที่อยู่ติดกันจะโค้งงอผิวโลหะให้เบนออกจากกัน เพื่อป้องกันการปล่อยประจุไฟฟ้า(discharge) บริเวณนี้เนื่องจากชิ้วไฟฟ้าแอโนดที่ 2 (AE_2) มีศักย์ไฟฟ้าสูง ในการวิจัยครั้งนี้ให้ศักย์ไฟฟ้ากับชิ้ว AE_2 17.6 กิโลโวลท์

3.1.3 <u>เลนส์ที่ 3</u>

เลนส์นี้เป็นเลนส์ที่ทำหน้าที่โฟกัสลำของอิเล็กตรอน ต่อจากเลนส์ที่ 2 ให้วิ่งกระทบไปตกที่จอภาพของเครื่องมือ เลนส์ที่ 3 นี้เรียกอีกอย่างว่า เลนส์ฉายหลัก (main projection lens) จะประกอบด้วยชิ้วไฟฟ้า 3 ชิ้ว คือ AE_2 A_1 และ A_2 ดังรูปที่ 3.3 โดยที่ชิ้วไฟฟ้า AE_1และ A_2 มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากันคือ 17.6 กิโลโวลท์ ส่วนชิ้วไฟฟ้า A_1 มีศักย์เป็น 0 โดยที่ชิ้วไฟฟ้าทั้งสามถูกวางไว้ในแนวแกนเดียวกันร่วมกับระบบเลนส์อื่น ๆ ของปืนอิเล็กตรอน ชิ้วไฟฟ้า A_2 ซึ่งอยู่นอกสุดของปืนอิเล็กตรอนจะมีขาสำหรับ

แตะกับผิวภายในบริเวณคอของหลอดภาพโทรทัศน์ เพื่อนำศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังขั้ว A_2 และ AE_2 ของปืนอิเล็กตรอน แต่ในการสร้างเครื่องมือในการวิจัยนี้จะดัดแปลงให้ขาของขั้วไฟฟ้า A_2 ไปแตะเข้ากับหน้าแปลน A_1 ตามรูปที่ 3.1 แล้วให้ศักย์ไฟฟ้า 17.6 กิโลโวลท์ที่ภายนอกระบบสุญญากาศของเครื่องมือที่หน้าแปลนทองเหลือง A และ B โดยตรง

ที่ขั้วไฟฟ้า A_2 นี้จะเป็นฐานสำหรับติดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่พิเศษ เรียกว่า เกตเตอร์ (getter) ซึ่งเป็นภาชนะรูปวงแหวนสำหรับบรรจุผงแมกนีเซียม หรือแบเรียมที่ทำให้แข็งติดอยู่ภายในภาชนะรูปวงแหวน ซึ่งจะทำหน้าที่ดูดกลืนก๊าซที่หลงเหลืออยู่ภายในหลอดภาพโทรทัศน์เมื่อทำการปิดหลอดในระบบความดันต่ำแล้ว แต่ในการวิจัยครั้งนี้ขณะที่ทำการทดลองจะทำการสูบอากาศออกตลอดเวลา เกตเตอร์จึงไม่ต้องทำหน้าที่พิเศษแต่อย่างใด แต่เนื่องจากการตัดเอาเกตเตอร์ออกจากระบบทำได้ยาก จึงยังคงติดไว้ตามเดิมที่ผลิตปืนอิเล็กตรอนออกมาจากโรงงานผลิต

ส่วนประกอบของปืนอิเล็กตรอนทั้งสามส่วนที่กล่าวมานี้ ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้ารูปทรงกระบอกขนาดต่าง ๆ กัน 5 ชิ้น คือ G AE_1 AE_2 A_1 และ A_2 ตามรูปที่ 3.1 วางไว้ในแนวแกนร่วมกันเรียงกันไป การจับยึดขั้วไฟฟ้าเหล่านี้เข้าด้วยกันทำโดยการต่อขาจากขั้วไฟฟ้าทั้งหมดเข้ากับแท่งแก้ว 2 หรือ 3 แท่ง แล้วแต่การผลิต ซึ่งจะวางขนานกันอยู่ด้านนอกของขั้วไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวยึดและฉนวนกั้นระหว่างขั้วไฟฟ้าแต่ละอัน

ในกรณีการสร้างเครื่องมือนี้ ให้ศักย์ไฟฟ้าต่าง ๆ ของปืนอิเล็กตรอนดังตาราง 3.1

electrode	Potential
Heater of filament	0–20 V. DC.
Cathode(C)	+35–+70 V.
Grid(G)	-25 - +125 V.
first anode(AE_1)	+400 V.
second anode(AE_2)	+17.6 kV.
A_1	+180 V.
A_2	+17.6 kV.

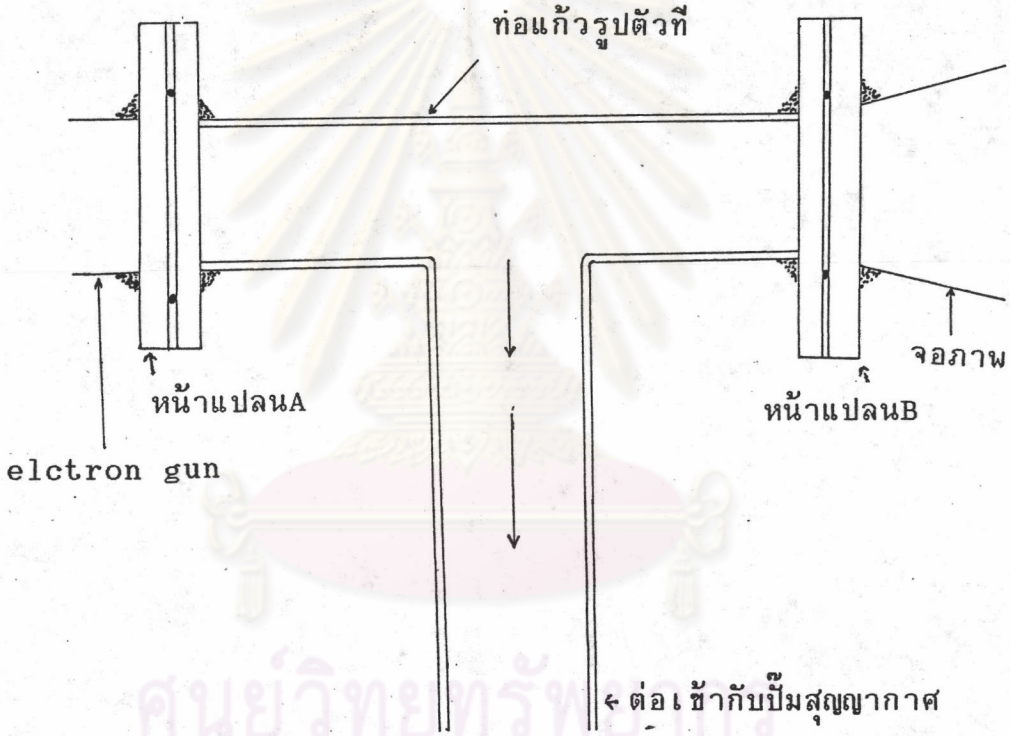
ตาราง 3.1 แสดงศักย์ไฟฟ้าที่ทำให้ขั้วไฟฟ้าต่าง ๆ ในปืนอิเล็กตรอน

3.2 <u>ส่วนท่อลำอิเล็กตรอน</u> (beam tube)

เป็นส่วนที่ประกอบด้วยหลอดแก้วรูปตัวที (T-tube) และหน้าแปลน 2 ตัว คือ A และ B ตามรูปที่ 3.1 เป็นส่วนที่ติดตั้งไว้ระหว่างปืนอิเล็กตรอนกับจอภาพของเครื่องมือ ท่อด้านบนจะทำหน้าที่เป็นท่อทางเดินของอิเล็กตรอน ก่อนจะวิ่งผ่านฟิล์มบางในขณะเดียวกันที่ปลายด้านบนทั้งสองข้างทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าแรงสูงขนาด 17.6 กิโลโวลท์ สำหรับปืนอิเล็กตรอนและที่ปลายด้านหน้าแปลน B จะทำหน้าที่เป็นฐานสำหรับวางตัวอย่างทดลอง คือ ฟิล์มบางด้วยสักษณะของส่วนท่อลำอิเล็กตรอนเป็นดังรูปที่ 3.5

ส่วนของหลอดแก้วตัวที่ทำด้วยแก้วไพเรกซ์ (pyrex) ท่อตรงด้านบนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.3 เซนติเมตร ท่อด้านล่างในแนวตั้งที่ต่อกับปั๊มกลโรตารี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร

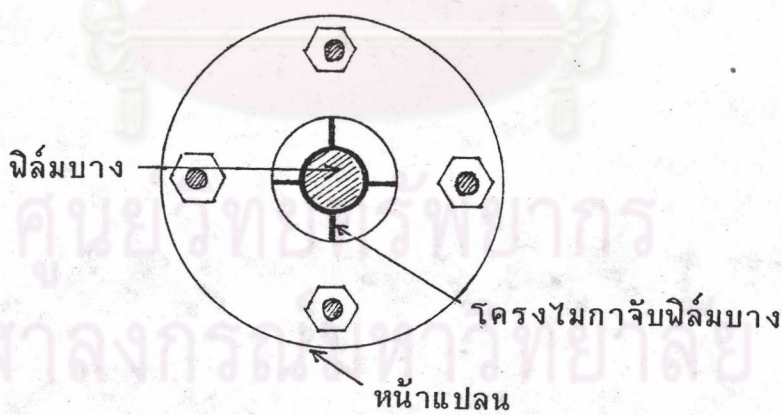
ส่วนที่เป็นหน้าแปลน A และ B ทำด้วยทองเหลืองทั้งหมด ออกแบบให้มีลักษณะเหมือนกันโดย หน้าแปลน A จับยึดปืนอิเลกตรอนเข้ากับหลอดแก้วรูปตัวที และหน้าแปลน B จับยึดจอภาพเข้ากับหลอดแก้วรูปตัวที



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของการติดตั้งท่อลำอิเล็กตรอนเข้ากับระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก



ข

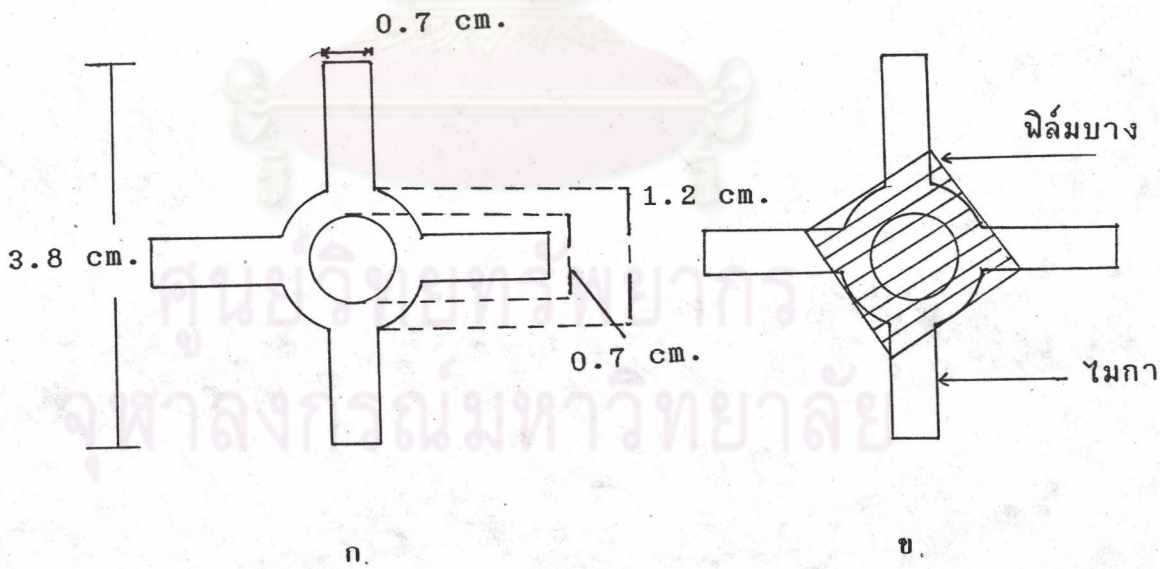
รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะหน้าแปลนทองเหลือง A และ B และการติดตั้งฟิล์มบางไว้ภายใน เมื่อมองจากด้านข้าง (ก) และมองด้านหน้า (ข)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 ฟิล์มบาง (thin flim)

ฟิล์มบางที่ใช้เป็นตัวอย่างทดลอง เพื่อทดสอบว่าเครื่องมือสามารถทำงานได้หรือไม่ ใช้ฟิล์มบางของโลหะ 3 ชนิด คือ ทอง อลูมิเนียม และทองแดง ซึ่งมีวิธีการเตรียมการติดตั้งต่างกันดังนี้

1. ฟิมล์มบางของทอง (gold film) ฟิล์มบางของทองที่ใช้ไม่ได้เตรียมจากห้องปฏิบัติการ ใช้แผ่นทองที่มีขายทั่วๆไป วิธีการติดตั้งลงในเครื่องมือทำโดยนำแผ่นทองมาติดตั้งเข้ากับโครงที่ทำด้วยไม้ไมกาซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้า แล้วนำไปใส่ไว้ในหน้าแปลนที่ออกแบบสำหรับวางโครงไมกาไว้ ดังรูปที่ 3.7

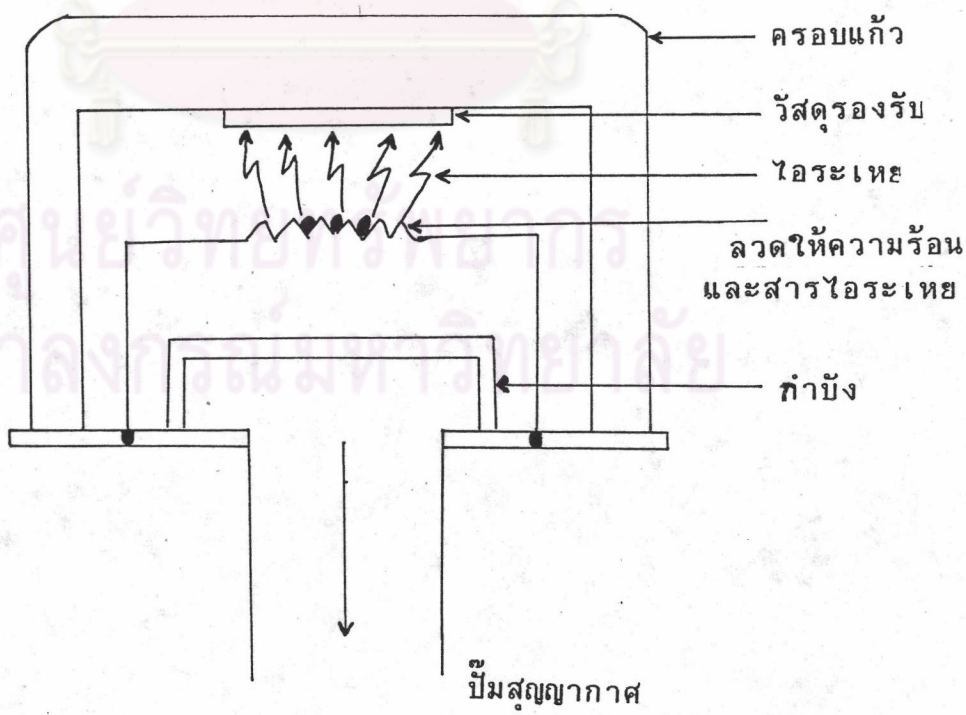


รูปที่ 3.7 (ก) แสดงขนาดและลักษณะของโครงไมกา

(ข) แสดงการติดแผ่นทองลงบนไมกา

การติดตั้งแผ่นทองลงบนโครงไมกา ทำได้โดยตัดแผ่นทองซึ่งบรรจุอยู่ระหว่างแผ่นกระดาษสองแผ่นสองแผ่น ให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือวงกลมที่มีขนาดใหญ่กว่าช่องเป็นรูปวงกลมของโครงไมกาเล็กน้อย นำไปวางบนกระจกหรือวัสดุที่มีผิวเรียบแล้วลอกกระดาษแผ่นที่อยู่ด้านบนของแผ่นทองออก นำโครงไมกาไปวางทับแผ่นทองกดเบาๆ ให้แผ่นทองติดกับไมกา จึงยกขึ้นแล้วลอกกระดาษที่อยู่อีกด้านหนึ่งของแผ่นทองออก วิธีการนี้จะทำให้แผ่นทองที่ใช้เป็นฟิล์มบางมีลักษณะตึงเรียบและไม่ฉีกขาด

2. ฟิล์มบางของอลูมิเนียมและทองแดง ซึ่งสามารถเตรียมและติดตั้งลงในเครื่องโดยวิธีการเดียวกัน การเตรียมฟิล์มบางของอลูมิเนียมและทองแดงทำได้โดยการฉาบผิวหน้าด้วยสารภายใต้สุญญากาศ (vacuum evaporation)ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งใช้หลักการเผาโลหะให้ร้อนภายใต้ระบบสุญญากาศจนถึงจุดเดือดกลายเป็นไอ แล้วโลหะนี้จะไปเกาะวัสดุที่ต้องการฉาบผิว ซึ่งในที่นี้ใช้กระจกสไลด์ที่มีผิวสะอาดเป็นผิวสำหรับให้โลหะมาเกาะ ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องระเหยสารภายใต้สุญญากาศเป็นดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงการระเหยสารภายใต้สุญญากาศ

เมื่อได้กระจกสไลด์ที่ฉาบผิวด้านหนึ่งด้วยทองเหลืองหรืออลูมิเนียมแล้วนำกระจกสไลด์นี้แช่ลงในกรดซัลฟุริค (sulphuric acid)เจือจางทิ้งไว้สักครู่ โลหะที่ฉาบอยู่ที่ผิวจะหลุดจากกระจกลอยขึ้นมาบนผิวของของเหลว ในลักษณะที่เป็นฟิล์มบางๆของทองแดงหรืออลูมิเนียม จากนั้นใช้ตะแกรงซึ่งทำด้วยโลหะที่เรียกว่า ตะแกรงกริด (mesh grid) ช้อนฟิล์มบางขึ้นมา ตัดชิ้นส่วนของฟิล์มบางที่เกิดจากขนาดของตะแกรงออก แล้วนำไปแช่น้ำสะอาดทิ้งไว้สักครู่ จึงนำตะแกรงนี้ไปติดตั้งในเครื่องมือ

ตะแกรงกริดที่ใช้เป็นตะแกรงกริดสำหรับเตรียมฟิล์มบางสำหรับกล้องอิเล็กตรอนไมโครสโคบ (electron microscope) ตะแกรงที่ใช้เป็นชนิดที่ทำด้วยโลหะทองแดงซึ่งมีขนาดของลวดทองแดงที่ใช้เป็นตะแกรงประมาณ 100 ไมโครเมตร (μm) มีลักษณะดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะและขนาดของตะแกรงกริด

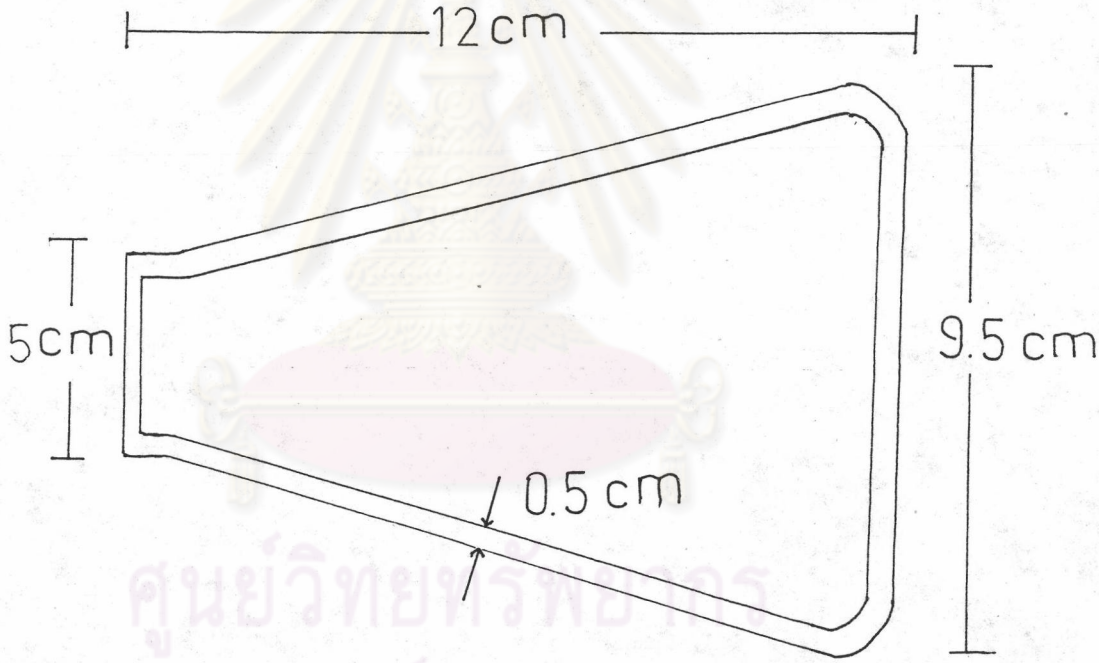
การนำตะแกรงที่มีฟิล์มของทองแดงหรืออลูมิเนียมไปติดตั้งในเครื่องมือทำโดยใช้โครงไมกาลักษณะเช่นเดียวกับรูปที่ 3.7 แต่เจาะช่องเปิดของโครงไมกาให้มีขนาดเล็กกว่ากรอบของกริดเล็กน้อย วางกริดให้อยู่ตรงกลางช่องเปิดแล้วใช้โครงไมกาที่มีขนาดเท่ากันและมีลักษณะเหมือนกันอีกอันหนึ่งประกอบลงไปให้กริดอยู่ตรงกลาง โดยใช้ซิลิโคนกรีส (silicone grease) ทาที่ผิวของไมกาด้านที่ประกบกันเล็กน้อย เพื่อป้องกันการเลื่อนหนีออกจากกันของไมกา หลังจากนั้นจึงนำไปติดตั้งไว้หน้าแปลน เช่นเดียวกับฟิล์มบางของทอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 จอภาพ (screen)

จอภาพที่ใช้เป็นจอภาพที่ทำขึ้นเองในห้องปฏิบัติการ โดยการใช้ขวดแก้วรูปชมพู่กันแบนเวียบขนาด 1000 มิลลิลิตร ขวดแก้วที่เลือกใช้เป็นขวดแก้วทนไฟเนื้อหนา 0.5 เซนติเมตร ฉาบสารเรืองแสง (phospor) ไว้ที่ผิวด้านในของก้นขวดแก้ว สารเรืองแสงที่ใช้คือ ซิงค์ออโธซิลิเกต (Zinc orthosilicate) มีสูตรทางเคมีเป็น Zn_2SiO_4 มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว ให้แสงสีเขียวเมื่อถูกชนด้วยรังสีแคโทด ลักษณะของจอภาพเป็นดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะและขนาดของจอภาพ

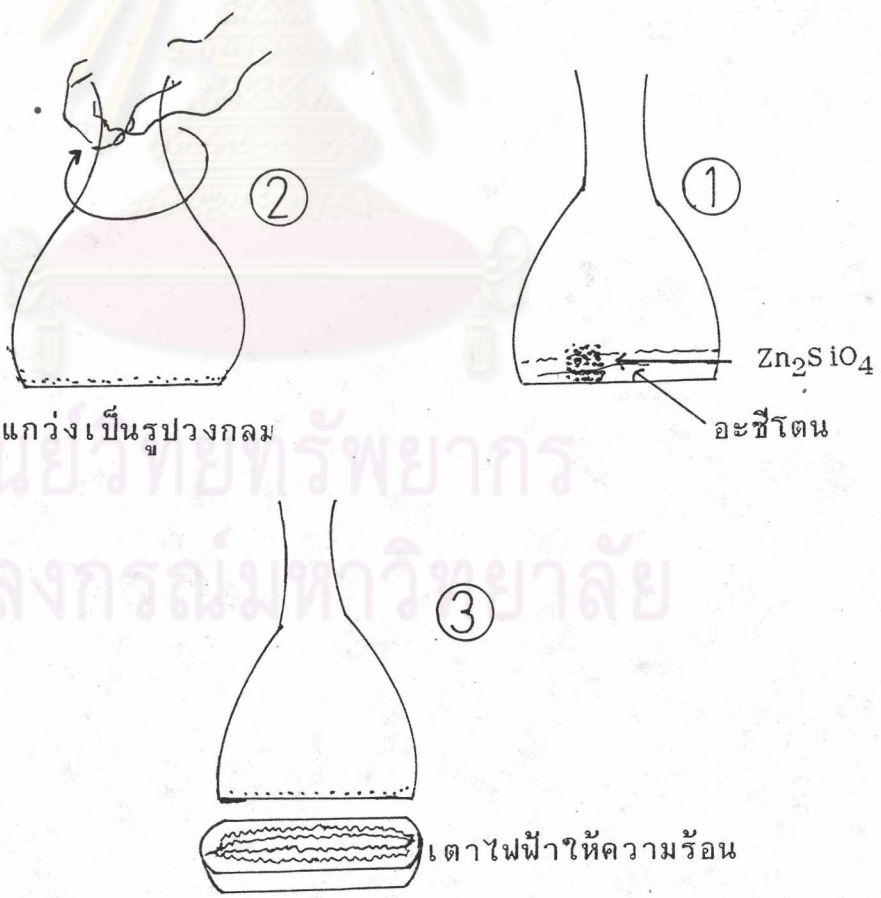
วิธีการฉาบเรืองแสงที่ผิวด้านในของขวดแก้วทำได้ดังขั้นตอนดังนี้

1. ตักผงสารเรืองแสงประมาณ 0.5 กรัมลงในขวดแก้วรูปชมพู่ที่ใช้ทำจอภาพ เติมอะซิโตนลงไปประมาณ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วคนให้เข้ากันด้วยแท่งคนสารจนเห็นเป็นของเหลวข้นข้นสีขาว เนื่องจากเป็นสารแขวนลอย

2. แกว่งขวดรูปชมพู่ที่มีสารแขวนลอยในขั้นตอนที่ 1 ให้เป็นรูปวงกลมในแนวราบ พยายามทำให้สารเรืองกระจายอย่างสม่ำเสมอจนทั่วผิวด้านของขวดรูปชมพู่ แกว่งขวดรูปชมพู่ไปเรื่อยๆจนอะซิโตนระเหยไปหมด ซึ่งจะสังเกตเห็นสารเรืองแสงเกาะติดอยู่ที่ผิวแก้วด้านในจึงหยุด

3. นำขวดแก้วไปให้ความที่ผิวด้านนอกประมาณ 60 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที จะได้ขวดแก้วจอภาพที่ใช้งานได้

ขั้นตอนการฉาบสารเรืองแสงสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงขั้นตอนการฉาบเรืองแสงในจอภาพ

การฉาบโดยวิธีนี้ต้องทำหลายๆครั้งจึงจะได้สัดส่วนที่เหมาะสม ระหว่างอะซิโตนและผงซิลค์ซัลไฟด์ และการแกว่งสารในขั้นตอนที่สองต้องพยายามแกว่งอย่างสม่ำเสมอ หลังจากผ่านการให้ความร้อนในขั้นตอนที่สามแล้ว จะสังเกตุเห็นความไม่สม่ำเสมอได้ชัดขึ้น หากต้องการใหม่ ทำได้โดยการเติมอะซิโตนลงไป แล้วทำการแกว่งใหม่ต้องทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จนเกิดความชำนาญจึงจะได้ฝิวสารเรืองแสงสม่ำเสมอในระดับที่ใช้งานได้

3.5 <u>แหล่งจ่ายไฟ</u> (power supply)

แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องมือมี 2 ส่วน คือ

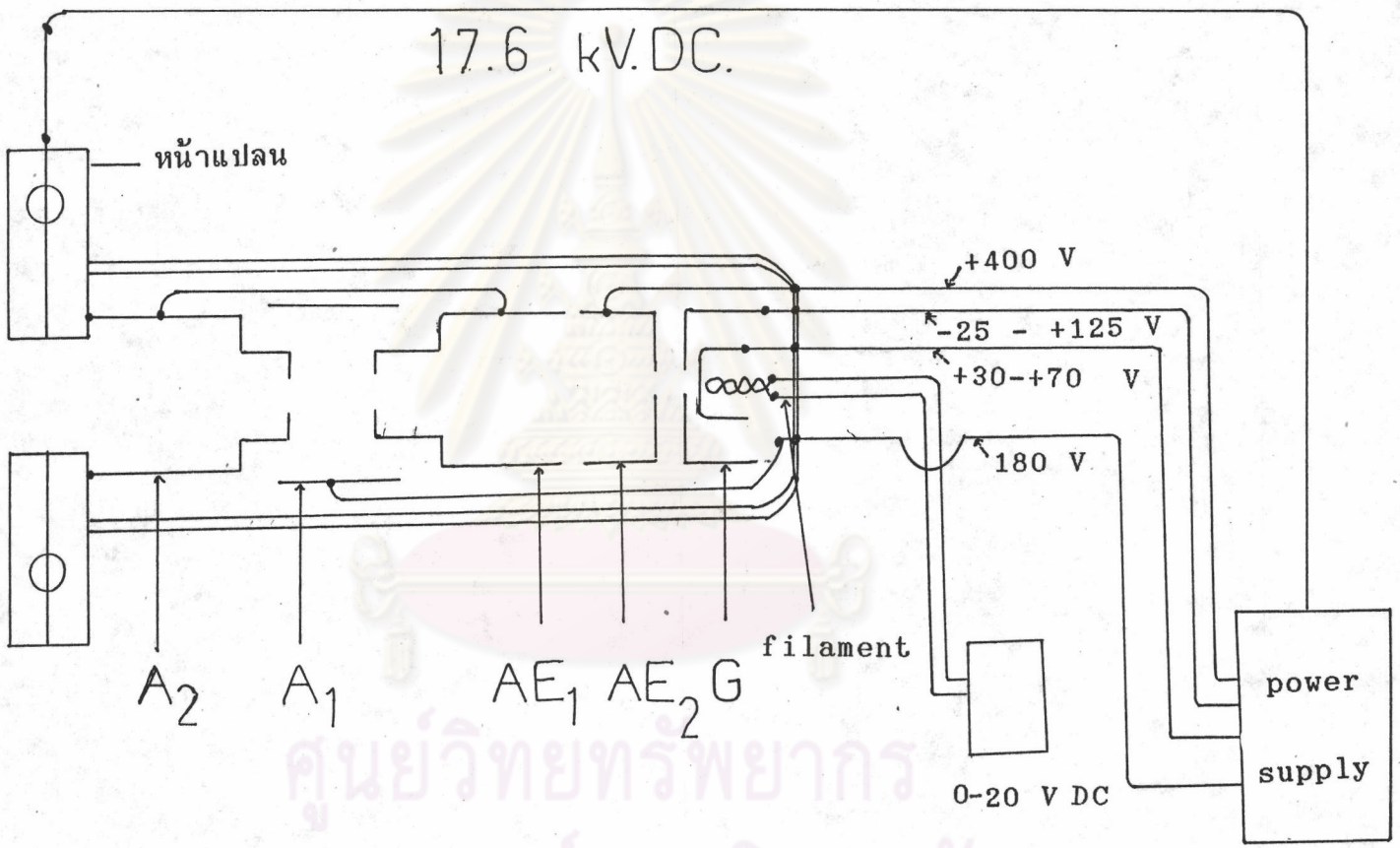
1. แหล่งจ่ายไฟฟ้าความต่างศักย์สูง 17.6 กิโลโวลท์
2. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 0-20 โวลท์

แหล่งจ่ายไฟฟ้าความต่างศักย์ขนาด 17.6 กิโลโวลท์ เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ได้จากวงจรของเครื่องรับโทรทัศน์ขาว-ดำขนาดจอภาพ 14-24 นิ้ว โดยทั่วๆไปวงจรแหล่งจ่ายไฟของเครื่องรับโทรทัศน์ขาว-ดำขนาดนี้ จะเร่งอิเล็กตรอนด้วยความต่างศักย์สูงขนาด 17.6 กิโลโวลท์ โดยปล่อยลำอิเล็กตรอนออกจากแคโทดคิดเป็นกระแสไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 600 ไมโครแอมแปร์ (μA) และจุดไส้หลอดให้ความร้อนแคโทดด้วยไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 6.3 โวลท์ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้วงจรของเครื่องรับโทรทัศน์ขาว-ดำ (Metz) รุ่น 5200 ผลิตในประเทศเยอรมันนี จ่ายไฟฟ้าความต่างศักย์สูง 17.6 กิโลโวลท์ และจ่ายไฟฟ้าความต่างศักย์ต่ำให้กับขั้วไฟฟ้า (electrode) ของปืนอิเล็กตรอนขนาด 0-400 โวลท์ ตามรายละเอียดดังรูปที่ 3.12

สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจุดไส้หลอด ให้ความร้อนแคโทดด้วยกระแสสลับขนาด 6.3 โวลท์ ตัดวงจรส่วนนั้นออกและใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงขนาด 0-20 โวลท์ เข้าไปแทน เนื่องจากปืนอิเล็กตรอนที่ใช้นี้ได้จากไส้หลอดโทรทัศน์เก่าหรือเคยผ่านการใช้งานมาระยะหนึ่งแล้ว เมื่อนำมาตัดออกแล้วนำไปใช้ในระบบสุญญากาศใหม่ของเครื่องมือที่สร้างขึ้น โดยจุดไส้หลอดด้วยแหล่งจ่าย 6.3 โวลท์เท่าเดิมนั้น จะสังเกตุเห็น

ลำอิเล็กตรอนที่ตกกระทบจอภาพน้อยมาก หรือบีนอิเล็กตรอนส่วนใหญ่จะไม่มีอิเล็กตรอนวิ่งมาถึงจอภาพเลย เมื่อเพิ่มศักย์ไฟฟ้าที่จุดไส้หลอดให้มากขึ้นจึงมีปริมาณอิเล็กตรอนกระทบจอภาพในปริมาณมากขึ้น ใช้แหล่งจ่ายไฟสำหรับจุดไส้หลอด 0-20 โวลท์แทน เพื่อให้สามารถปรับหาปริมาณอิเล็กตรอนที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดลองได้ ซึ่งบีนอิเล็กตรอนที่นำมาใช้นี้ส่วนใหญ่จะต้องจุดไส้หลอดด้วยศักย์ไฟฟ้าประมาณ 8-16 โวลท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.12 แสดงลักษณะของแหล่งจ่ายไฟในปืนอิเล็กตรอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

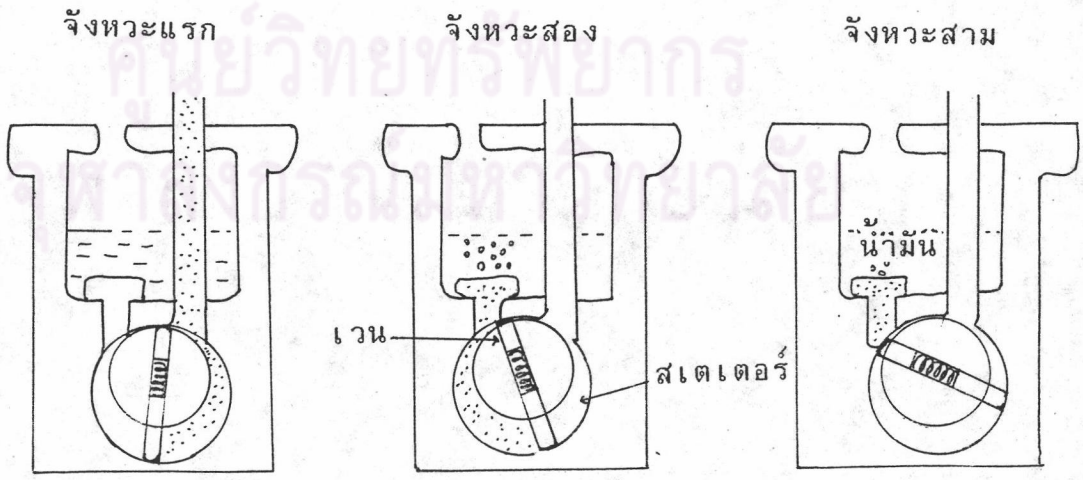
3.6 <u>ระบบสุญญากาศ</u> (vacuum system)(11)

ระบบสุญญากาศของเครื่องมือประกอบด้วยปั๊มสุญญากาศ 2 ชนิดคือ

1. ปั๊มกลโรตารีแบบเวน (rotary vane pump)
2. ปั๊มไอฟุ้งกระจาย (diffusion pump)

3.6.1 <u>ปั๊มกลโรตารีแบบเวน</u> ประกอบด้วยภาชนะทำด้วยโลหะเป็นรูปทรงกระบอกกลวงเรียกว่าสเตเตอร์ (stator) ภายในกระบอกกลวงมีแท่งโลหะรูปทรงกระบอกหมุนได้โดยใช้กำลังส่งจากมอเตอร์ไฟฟ้าเรียกว่าโรเตอร์ (rotor) แกนของโรเตอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่ผิวด้านบนของโรเตอร์แตะกับผิวของสเตเตอร์พอดี บริเวณที่โรเตอร์แตะผิวสเตเตอร์นี้เรียกว่า ท๊อป ซีล โรเตอร์(top seal rotor) ภายในโรเตอร์จะถูกเจาะเป็นช่องเพื่อติดเวน (vane) 2 อัน ซึ่งเวน 2 อันนี้จะถูกดันด้วยสปริงให้ติดอยู่กับสเตเตอร์ตลอดเวลาที่โรเตอร์หมุนไป

การทำงานของปั๊มกลโรตารีแบบเวนนี้แบ่งเป็น 3 จังหวะ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงการทำงานของปั๊มกลโรตารีที่จังหวะต่างๆ

จังหวะแรก โรเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา ก๊าซที่อยู่ในระบบจะถูกดูดเข้าตัวปั๊มทางช่อง A

จังหวะที่สอง เมื่อโรเตอร์หมุนไป 180 องศา ก๊าซที่ดูดเข้าไปในจังหวะแรกจะถูกอัดแล้วส่งออกไปทางลิ้น B ซึ่งเป็นลิ้นที่อากาศผ่านออกได้ทางเดียว โดยปรกติลิ้นนี้จะปิดและมีน้ำมันอยู่โดยรอบ ก๊าซที่ถูกอัดและขับออกที่ลิ้น B นี้จะต้องมีความดันสูงกว่าความดันของบรรยากาศเล็กน้อย

จังหวะที่สาม ก๊าซที่ถูกอัดจะถูกขับออกไปข้างนอกจนเกือบหมด และก๊าซจากระบบจะถูกเวนดูดเข้าไปยังช่องว่างในสเตเตอร์ใหม่อีกครั้งหนึ่งพร้อมกันไป

โรเตอร์จะหมุนเร็วมากจึงจะสามารถขับอากาศออกจากระบบได้เร็ว และน้ำมันปั๊มบางส่วนจะเล็ดลอดผ่านเข้าไปในสเตเตอร์ได้บ้างเล็กน้อย เพื่อใช้เป็นหล่อลื่นระหว่างเวนกับผิวของสเตเตอร์ การหมุนของสเตเตอร์นี้จะอาศัยกำลังส่งจากมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้สายพาน

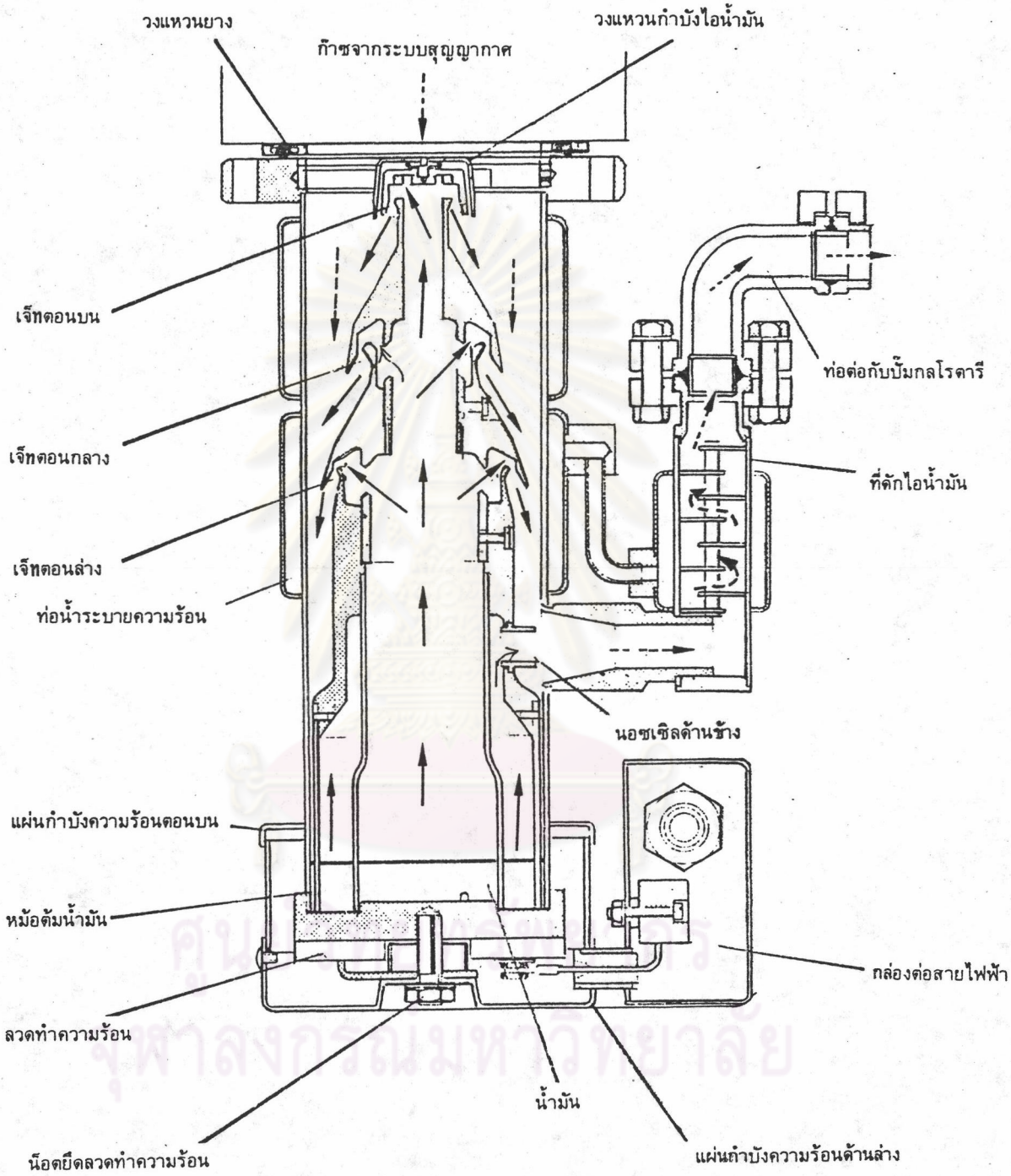
ปั๊มกลโรตารีที่ใช้ในการทดลองนี้ชื่อว่า เมกะแวค (MEGAVAC) รุ่น 92003 (Cat.no.92003,Serial no.968) อัตราหมุนโรเตอร์ 600 รอบต่อนาที สามารถสูบความดันภายในระบบสูญญากาศมีค่าลดลงถึง 10^{-4} ทอร์(torr) ผลิตโดยบริษัทเซ็นทรัล ไซเอนติฟิค (Central scientific Co.,Ltd) ประเทศสหรัฐอเมริกา

ปั๊มกลโรตารีนี้จะต่อเข้ากับปั๊มไอพุ่งกระจายซึ่งต่ออยู่กับระบบสูญญากาศของเครื่องมือโดยระหว่างปั๊มทั้งสองมีลิ้น ปิด-เปิด เพื่อป้องกันการไหลย้อนของน้ำมันของปั๊มกลโรตารีเข้าไปในปั๊มไอพุ่งกระจายและระบบอื่นๆเมื่อเวลาปิดเครื่อง

3.6.2 <u>ปั๊มไอฟุ้งกระจาย</u> เป็นปั๊มแบบใช้ไอน้ำมันเป็นตัวพาโมเลกุลของอากาศออกจากระบบ ส่วนประกอบที่สำคัญมีลักษณะแสดงดังรูปที่ 3.7 มีลักษณะคล้ายทรงกระบอกซึ่งมีน้ำมันบรรจุอยู่ภายใน ส่วนที่อยู่ใต้ทรงกระบอกเป็นขดลวดให้ความร้อน บริเวณตรงกลางของภาชนะจะมีท่อโลหะกลวงเป็นชั้นเรียกว่า เจ็ท (jet) ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของไอน้ำมัน และถัดจากเจ็ทขึ้นไปบนสุดเป็นแผงของแผ่นโลหะทำมุม 45 องศากับแนวดิ่งเพื่อเปลี่ยนทิศของไอน้ำมัน บริเวณรอบนอกของทรงกระบอกจะมีท่อโลหะพันวนรอบไว้เพื่อให้น้ำไหลผ่านตลอดเวลาขณะปั๊มทำงาน เพื่อระบายความร้อนจากไอน้ำมัน และด้านข้างของทรงกระบอกนี้มีท่อสำหรับดูดอากาศออกโดยใช้ปั๊มโรตารีเป็นตัวดูดอากาศออกมา

หลักการทำงานของปั๊มไอฟุ้งกระจายคือ ช่วยเพิ่มการดูดอากาศของปั๊มกลโรตารีให้ดียิ่งขึ้น ในขณะที่ปั๊มกลโรตารีดูดอากาศออกมาความสามารถของปั๊มยังไม่ทำให้อากาศในระบบลดลงในระดับที่ต้องการได้ ยังมีโมเลกุลของอากาศเหลืออยู่ในระบบอีกมาก ในขณะที่น้ำมันถูกต้มให้เดือดด้วยขดลวดให้ความร้อนด้านล่าง น้ำมันจะกลายเป็นไอและฟุ้งกระจายออกมาตามแนวของลูกศรที่แสดงในรูปที่ 3.14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะและส่วนประกอบของปั๊มไอพุ่งกระจาย

ไอน้ำมันที่ระเหยขึ้นจะลอยไปตามช่องตรงกลางของท่อ และจะปะทะกับชั้นของเจ็ทที่ระดับต่างๆ ถูกบังคับให้เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ประกอบกับส่วนบนของท่อทรงกระบอกจะถูกระบายความร้อนด้วยน้ำตลอดเวลา เมื่อไอน้ำมันสูญเสียพลังงานความร้อนจะทำให้พลังงานจลน์ลดลง แล้วตกลงมาปะทะกับโมเลกุลของก๊าซบริเวณตอนบนทำให้โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่จากบนลงล่าง จึงดูเสมือนว่าหยดไอน้ำมันปริมาณมากกวาดโมเลกุลของก๊าซลงมาเป็นจังหวะพร้อมๆกัน โมเลกุลของก๊าซที่ออกมาจะออกันอยู่ด้านล่างทำให้ความดันของก๊าซส่วนล่างสูงกว่าส่วนบน และปั๊มกลโรตารีจะดูดเอาก๊าซจากปั๊มไอฟุ้งกระจายอีกต่อหนึ่ง ไอของน้ำมันเมื่อตกลงมาด้านล่างจะถูกต้มจนกลายเป็นไออีก เป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆจนกระทั่งโมเลกุลของก๊าซในระบบลดลง

ในรูปที่ 3.14 เป็นปั๊มไอฟุ้งกระจายแบบมีเจ็ทสามชั้น ด้านบนต่อกับระบบสุญญากาศโดยมี เชฟรอน แบฟเฟิล (chevron baffle) เป็นกำบังป้องกันมิให้ไอน้ำมันเคลื่อนเข้าสู่ระบบสุญญากาศ

ปั๊มไอฟุ้งกระจายที่ใช้ในการทดลองนี้ ชื่อ สปีดิแวค ออยล์ ดิฟฟิวชัน (Speedivac oil diffusion pump) แบบ 203B หมายเลข 298 มีปริมาณความจุน้ำมัน 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ขดลวดให้ความร้อนใช้กับไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ 110 โวลท์ ผลิตโดยบริษัท ดับบลิว เอ็ดวาร์ด (W.Edward Co.,Ltd.) ประเทศอังกฤษ น้ำมันที่ใช้เป็นไอฟุ้งกระจาย คือ อพีซอน (apiezon) มีชื่อทางเคมีว่า พาราฟฟินิค ไฮโดรคาร์บอน (Paraffinic Hydrocarbon)

3.7 วิธีการทดลอง

ในการทดลองดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. เตรียมเครื่องมือ ตรวจดูความเรียบร้อยของส่วนต่างๆก่อนที่จะเดินเครื่องปั๊มกลโรตารีและปั๊มไอฟุ้งกระจาย

2. เดินเครื่องปั๊มสุญญากาศ โดยเริ่มเดินเครื่องปั๊มกลโรตารีก่อนแล้วเปิดสิ้นปิด-เปิดทั้งสองตัว เดินเครื่องต่อไปประมาณ 25-30 นาที แล้วเปิดน้ำระบายความร้อนพร้อมกับเปิดปั๊มไอฟุ้งกระจาย แล้วเดินเครื่องต่อไปอีกประมาณ 20 นาที ความดันของระบบจะลดลงในระดับที่ทำการทดลองได้

3. ทดสอบความดันของระบบ โดยต่อสายไฟ 17.6 กิโลโวลท์ เข้ากับหน้าแปลนทองเหลืองตัวใดตัวหนึ่งก็ได้ แล้วเปิดสวิทช์สังเกตก๊าซที่แตกตัวเป็นอิออนภายในหลอดแก้วรูปตัวที ถ้าสังเกตไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงใดๆภายในหลอดแก้ว แสดงว่าความดันของระบบลดลงในระดับที่ทำการทดลองได้ ถ้าสังเกตเห็นลำแสงสว่างภายในหลอดแก้วเนื่องจากก๊าซในระบบแตกตัวเป็นอิออน แสดงว่าความดันของระบบลดลงยังไม่ถึงระดับที่ทำการทดลองได้ ให้เดินเครื่องต่อไปอีก แล้วทดลองเป็นช่วงๆจนกว่าแสงสว่างที่เห็นจะหมดไป การเปิดสวิทช์ทดสอบความดันควรเปิดและปิดเป็นช่วงๆไม่ควรเปิดทิ้งไว้นานๆ เพราะจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านวงจรมากเกินไป ทำให้วงจรเสียหายได้ง่าย

4. เปิดสวิทช์แหล่งจ่ายไฟ 0-20 โวลท์ จุดไส้หลอดปืนอิเล็กตรอนโดยปรับไว้ที่ประมาณ 8 โวลท์ ก่อน ทิ้งไว้ประมาณ 3-5 นาที แล้วจึงเปิดสวิทช์จากแหล่งจ่ายไฟ 17.6 กิโลโวลท์ เริ่มทดลองยิงอิเล็กตรอนผ่านฟิล์มบางได้ ปรับหาความเข้มและความคมชัดที่สุดของภาพการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนที่เห็นทางจอภาพ การปรับความเข้มสามารถปรับได้สองที่คือ เริ่มปรับที่ศักย์ไฟฟ้าของแคโทดซึ่งจะปรับได้ในช่วง +35 ถึง

+70 โวลท์เมื่อปรับจนหมดแล้ว ถ้าความเข้มของลำอิเล็กตรอนยังไม่พอ จึงปรับความเข้มที่แหล่งจ่ายจุดไส้หลอด 0-20 โวลท์ โดยค่อยๆเพิ่มจาก 6 โวลท์อย่างช้า ๆ แล้วสังเกตความเข้มไปด้วย ส่วนการปรับความคมชัดนั้นปรับที่ศักย์ไฟฟ้าของกริด ซึ่งจะปรับได้ในช่วง -25 ถึง +125 โวลท์

5. เมื่อปรับความชัดเจนของภาพการเลี้ยวเบนได้แล้ว จึงบันทึกภาพการเลี้ยวเบนจากจอภาพด้วยกล้องถ่ายรูป

6. เมื่อต้องการเปลี่ยนชนิดของฟิล์มบางใหม่ขณะที่ทำการทดลอง สามารถทำได้โดยเริ่มจากปิดสิ้น ปิด-เปิด ที่อยู่ส่วนบนของปั๊มไอพ่นกระจายแล้วปิดสวิทช์สำหรับขดลวดให้ความร้อนของปั๊มไอพ่นกระจาย โดยยังเปิดน้ำระบายความร้อนและเดินปั๊มกลโรตารีต่อไปเรื่อยๆ

7. ถอดหน้าแปลน B ออก ค่อยๆให้อากาศเข้าในระบบตอนบนของปั๊มไอพ่นกระจาย แล้วถอดหน้าแปลน B ออกจากกัน เปลี่ยนฟิล์มบางที่ต้องการทดลองเข้าไปใหม่ แล้วนำไปประกอบเข้าดังเดิม

8. เปิดสิ้น ปิด-เปิดที่อยู่ตอนบนของปั๊มไอพ่นกระจาย แล้วทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที จึงเปิดสวิทช์สำหรับขดลวดให้ความร้อนของปั๊มไอพ่นกระจาย เดินเครื่องต่อไปอีกประมาณ 20 นาที จึงเริ่มทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 3-5 ต่อไปได้

9. การปิดเครื่องมือ เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้ว เริ่มปิดเครื่องมือโดยเริ่มจากปิดสวิทช์แหล่งจ่ายไฟจุดไส้หลอดปืนอิเล็กตรอน ปิดสวิทช์ของวงจรโทรทัศน์ 17.6 กิโลโวลท์ ปิดสวิทช์ไฟสำหรับขดลวดให้ความร้อนของปั๊มไอพ่นกระจาย ปิดสิ้น ปิด-เปิดที่อยู่ตอนบนของปั๊มไอพ่นกระจาย เดินเครื่องต่อไปอีกประมาณ 30 นาที ปิดสิ้น ปิด-เปิดตัวที่สอง ปิดปั๊มกลโรตารี แล้วปิดน้ำสำหรับระบายความร้อน