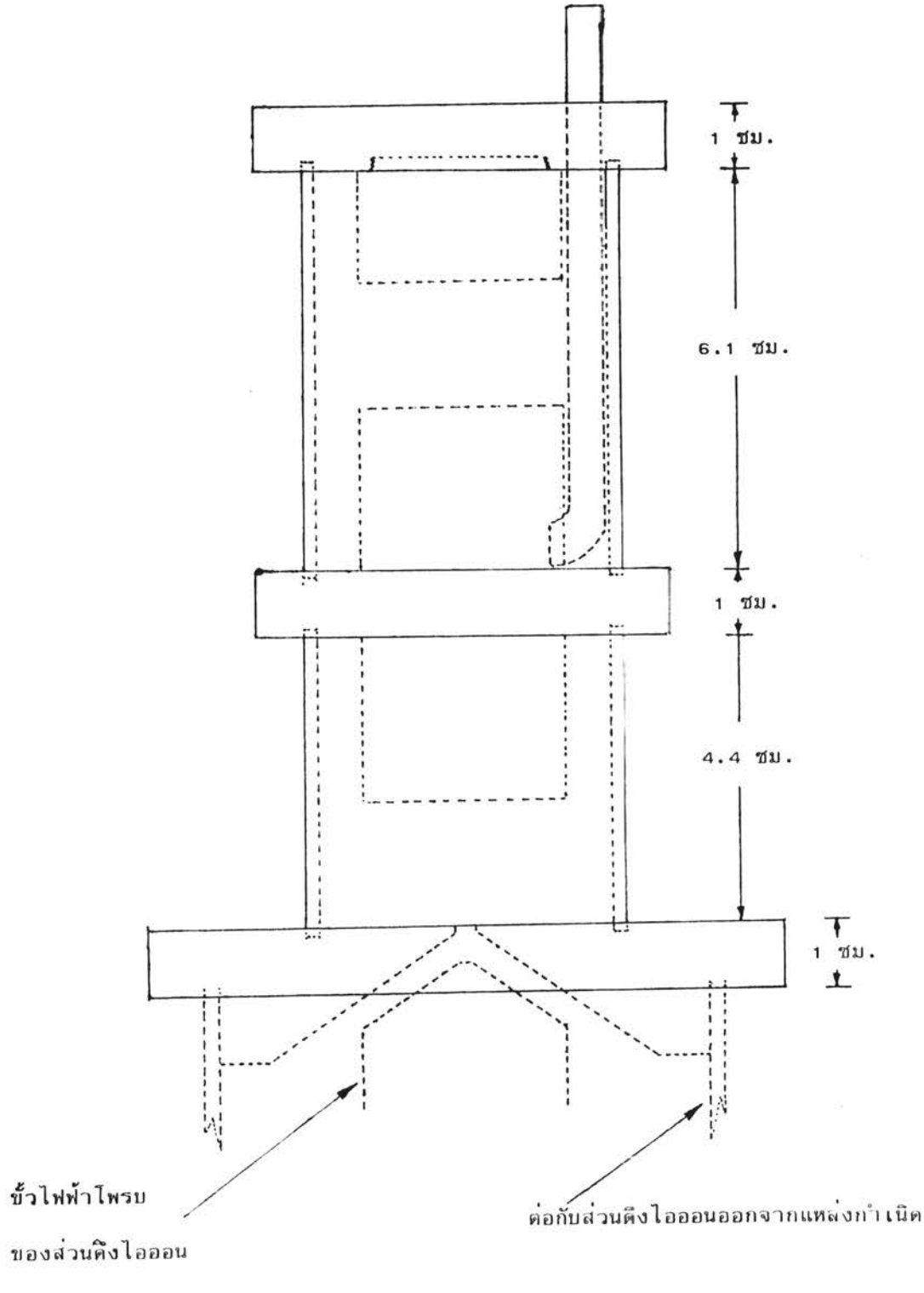
บทที่ 4

เครื่องมือและวิธีการทดลอง

4.1 เครื่องกำเนิดไอออนชนิดอิเล็คตรอนออสซิลเลชัน

เครื่องมือที่สร้างประกอบด้วย 3 ส่วน คือ แหล่งกำเนิดไอออน ส่วนดึงไอออนออกจากแหล่งกำเนิด และส่วนไฟกัส ซึ่งทั้ง 3 ส่วนนี้จะสร้างติดเป็นอันเดียวกัน ยกเว้นคอยล์สนามแม่เหล็กซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแหล่งกำเนิดไอออนที่สามารถแยกออกต่างหากได้ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

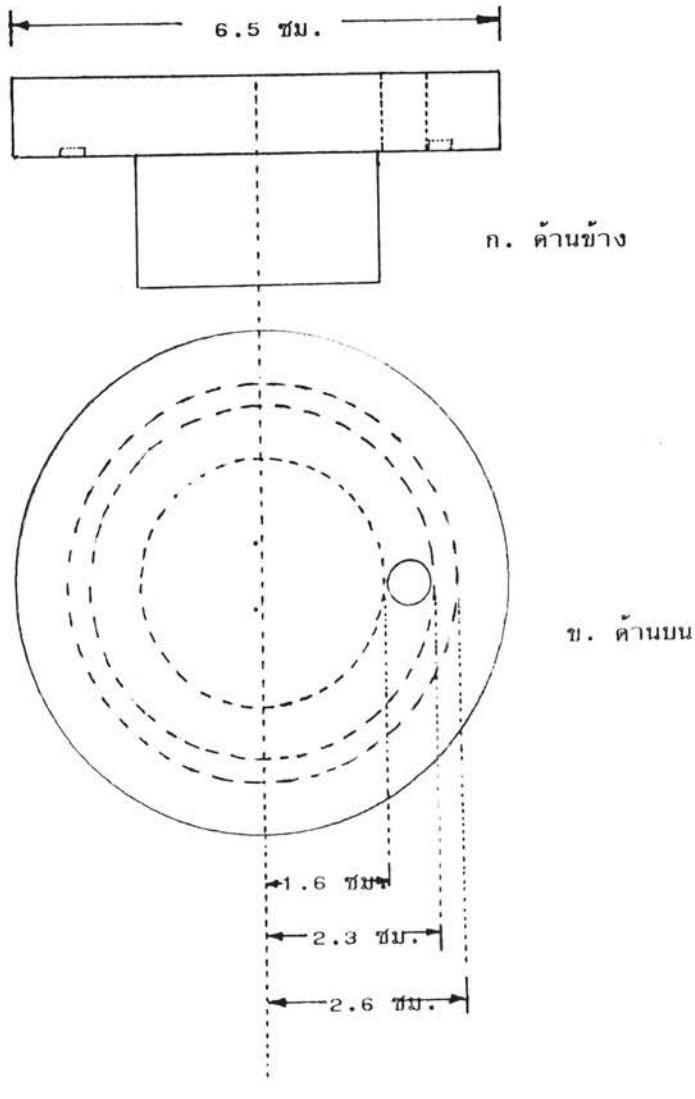
4.1.1 แหล่งกำเนิดไอออน (ยังไม่รวมคอยล์สนามแม่เหล็ก) ประกอบด้วยแผ่นอลูมิเนียมกลมหนา 1 เซนติเมตร วางเรียงกัน 3 ชั้น แผ่นบนมีแท่งอลูมิเนียมทรงกระบอกตันติดอยู่ตรงกลาง แผ่นกลางมีอลูมิเนียมทรงกระบอกกลวงสอดอยู่ตรงกลาง แผ่นล่างมีรูเล็กอยู่ตรงกลาง และมีท่อแก้วทนความร้อนหนา 0.2 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.65 เซนติเมตร ขั้นแต่ละแผ่นอลูมิเนียมกลมไว้ โดยแผ่นอลูมิเนียมกลมอันบนห่างจากอันกลางเท่ากับ 6.1 เซนติเมตร และแผ่นกลางห่างจากแผ่นล่างเท่ากับ 4.4 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงไดอะแกรมของแหล่งกำเนิดไอออน (ยังไม่มีคอยล์สนามแม่เหล็ก)

แหล่งกำเนิดไอออนเมื่อแยกส่วนต่างๆ ออกจากท่อแก้วมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

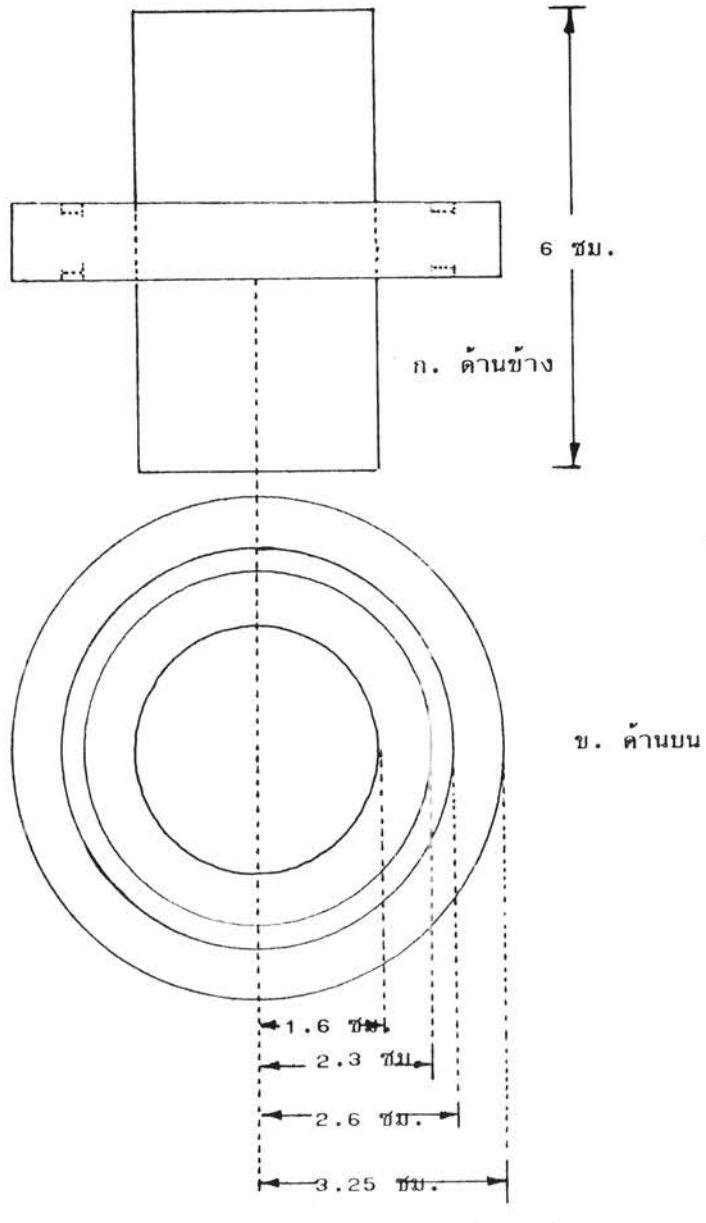
ก. แผ่นอลูมิเนียมกลมอันบนทำหน้าที่เป็นคาโธด (cathode) ซึ่งเมื่อแยกออกจากท่อแก้วจะมีลักษณะ เป็นแผ่นอลูมิเนียมกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร และมีร่องเป็นรูปวงกลมรัศมี 2.3 เซนติเมตร สำหรับต่อท่อแก้วทนความร้อน ร่องนี้มีความกว้าง .3 เซนติเมตร ที่บริเวณศูนย์กลางของแผ่นกลมนี้ มีแท่งอลูมิเนียมรูปทรงกระบอกตันรัศมี 1.6 เซนติเมตร ยาว 1.7 เซนติเมตร ซึ่งทำเกลียวฝังไว้บนแผ่นอลูมิเนียมกลมโดยทำหน้าที่ปล่อยอิเล็คตรอน ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของคาโธดอลูมิเนียมของแหล่งกำเนิดไอออน

แผ่นอลูมิเนียมกลมนี้ยังมีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง .6 เซนติเมตร ไว้สอดหลอดคาปิลลารี เพื่อให้กาซจากถังภายนอกเข้าไปภายในแหล่งกำเนิดด้วย

ข. แผ่นอลูมิเนียมกลมอันกลางทำหน้าที่เป็นฐานของแอโนดอลูมิเนียมทรงกระบอกกลวง ซึ่งเมื่อแยกออกจากท่อแก้วทั้งสองด้านจะเห็นว่ามีลักษณะเป็นแผ่นกลมซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร และมีร่องเป็นรูปวงกลมซึ่งมีรัศมี 2.3 เซนติเมตร สำหรับต่อท่อแก้วทั้ง 2 ด้าน ร่องนี้กว้าง .3 เซนติเมตร บริเวณตรงกลางแผ่นอลูมิเนียมกลมนี้มีรูวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2 เซนติเมตร สำหรับสอดแอโนดอลูมิเนียมทรงกระบอกกลวงที่มีความยาว 6 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.3

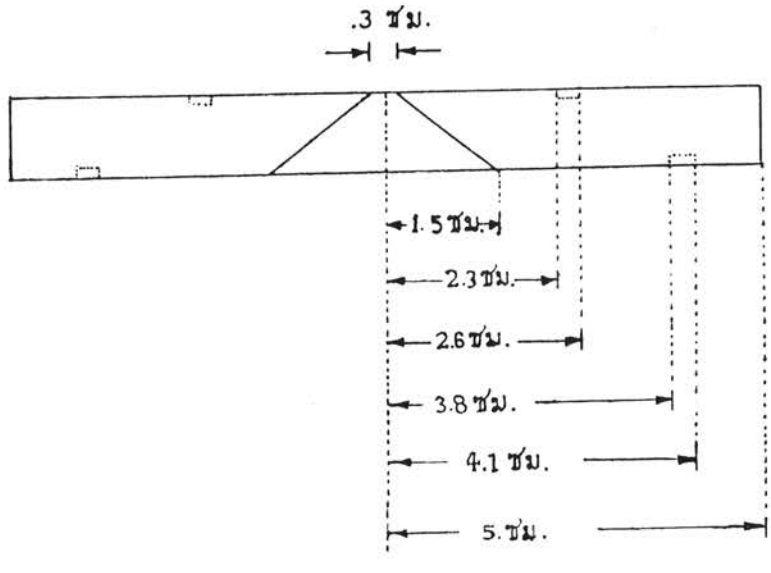


รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะของแอโนดอลูมิเนียมของแหล่งกำเนิดไอออน

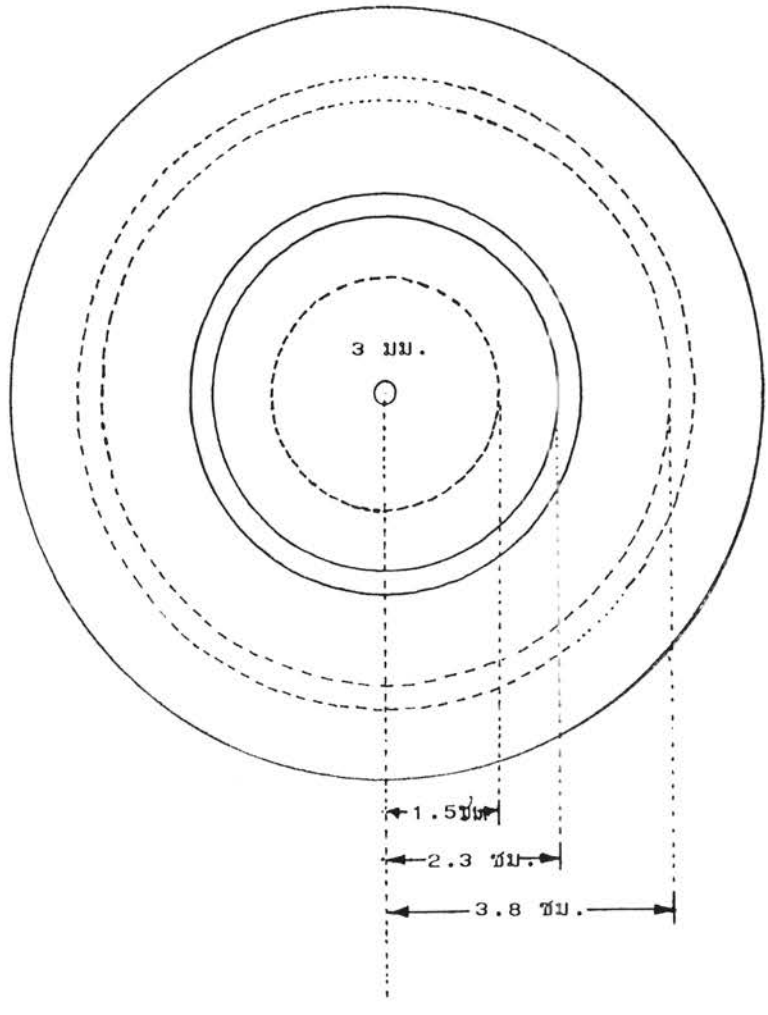
อลูมิเนียมทรงกระบอกกลวงที่สอดเข้าไปในแผ่นอลูมิเนียมกลมนี้ ด้านบนเจาะรูสำหรับต่อท่อคาปิลลารีที่มาจากแผ่นอลูมิเนียมกลมอันบน

ค. แผ่นอลูมิเนียมกลมอันล่างทำหน้าที่เป็นแอนตี้คาโธด (anti cathode) เมื่อแยกออกจากท่อแก้วจะเห็นว่ามีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมกลมวางซ้อนกันอยู่ 2 อัน โดยมีจุดศูนย์กลางร่วมกัน แต่อันในหากมองภายนอกจะไม่เห็นเพราะท่อแก้วสวมไว้ มีลักษณะรายละเอียดดังนี้

แผ่นอลูมิเนียมกลมด้านบนมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ด้านบนมีร่องวงกลมรัศมี 2.3 เซนติเมตร สำหรับต่อท่อแก้วทนความร้อน ด้านล่างมีร่องวงกลมรัศมี 3.8 เซนติเมตร สำหรับต่อท่อแก้วทนความร้อน ทั้งร่องด้านบนและล่างมีความกว้าง .3 เซนติเมตร ที่บริเวณศูนย์กลางแผ่นอลูมิเนียมกลมนี้เจาะรูเป็นรูปกรวยโดยหันปลายกรวยไปทางด้านบนและปลายกรวยนี้มีรูกว้าง 0.3 เซนติเมตร ปากกรวยกว้าง 3 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.4 ก. และ ข.



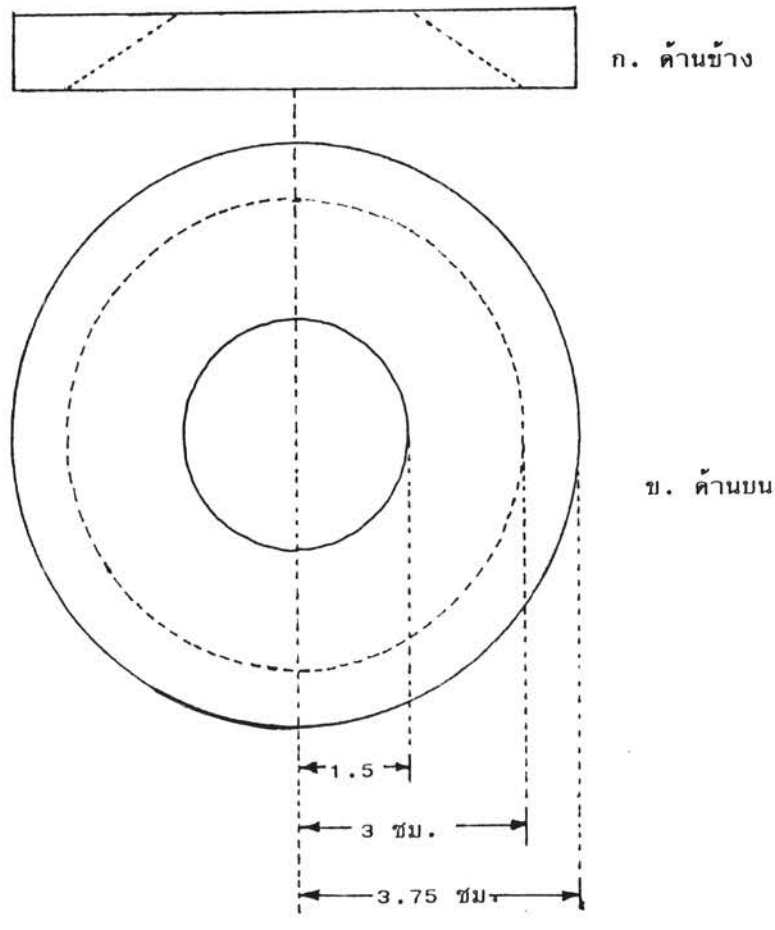
รูปที่ 4.4 ก. แสดงลักษณะด้านข้างของแอนตี้คาโธดอลูมิเนียมแผ่นบน



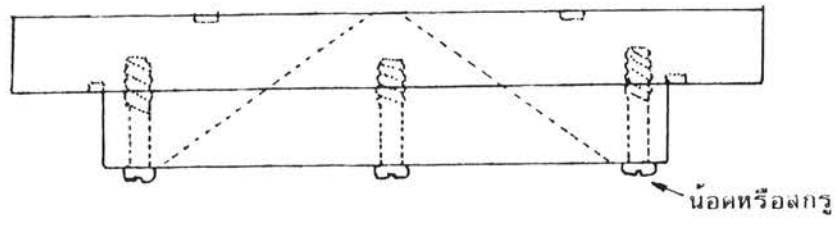
รูปที่ 4.4 ข. แสดงลักษณะด้านบนของแอนตี้คาโธดอลูมิเนียมแผ่นบน

แผ่นอลูมิเนียมกลมด้านล่างซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแอนตี้คาโธดนี้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร ที่บริเวณศูนย์กลางเจาะเป็นรูปกรวยขนาดใหญ่ โดยหันด้านปลายไปทางด้านบนของแผ่นอลูมิเนียม ที่ปลายกรวยกว้าง 3 เซนติเมตร ปากกรวยกว้าง 6 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.5 และนำแผ่นอลูมิเนียมกลมด้านบนและด้านล่างที่ทำนี้มาติดกันด้วยสกรู 4 ตัว ดังรูปที่ 4.6

แหล่งกำเนิดไอออนส่วนแรกนี้ หากมองเข้าไปด้านในพร้อมกันทุกส่วนจะเป็นดังรูปที่ 4.1

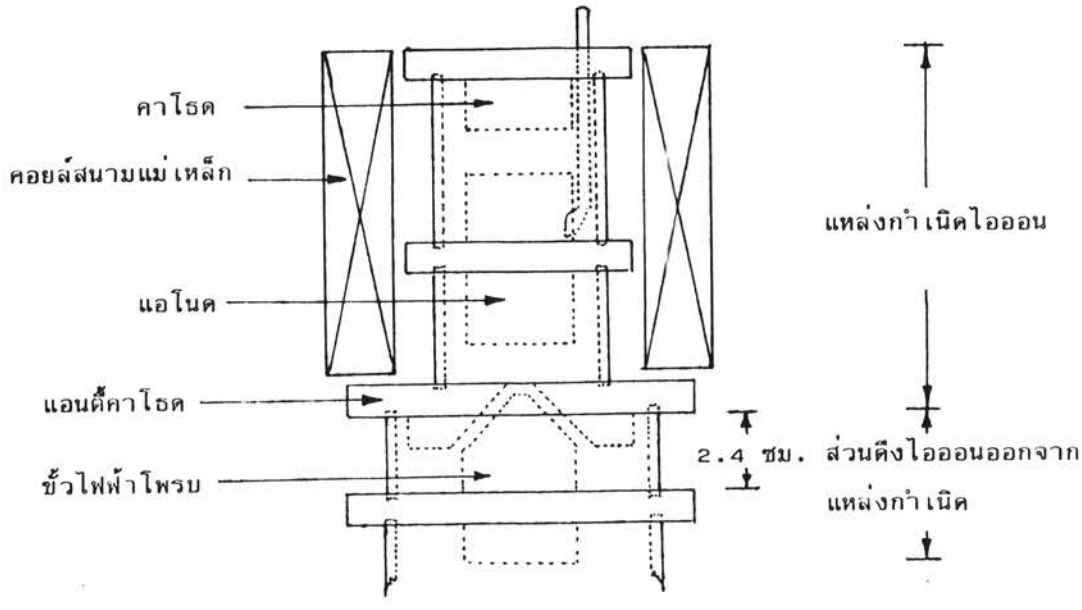


รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะของแอนตี้คาโธดอลูมิเนียมแผ่นล่าง



รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะด้านข้างของแอนตี้คาโธดอลูมิเนียม

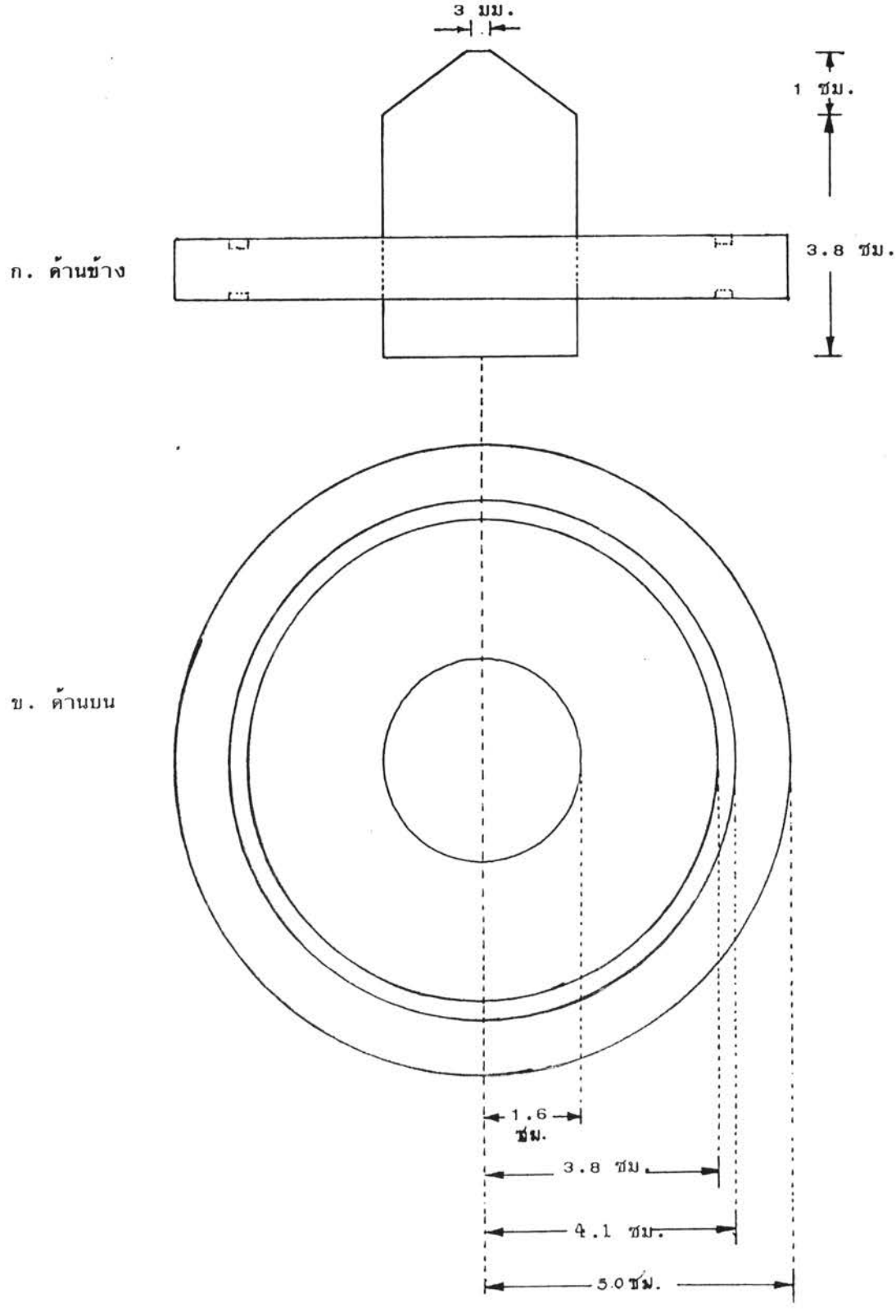
4.1.2 ส่วนดึงไอออนออกจากแหล่งกำเนิด ส่วนนี้ถ้ามองจากภายนอกจะมีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมกลมหนา 1 เซนติเมตร ถัดมาจากด้านล่างของแหล่งกำเนิดไอออน โดยมีท่อแก้วทนความร้อนยาว 2.4 เซนติเมตร ขั้นอยู่ ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงแหล่งกำเนิดไอออนต่อกับส่วนดึงไอออนออกจากแหล่งกำเนิด

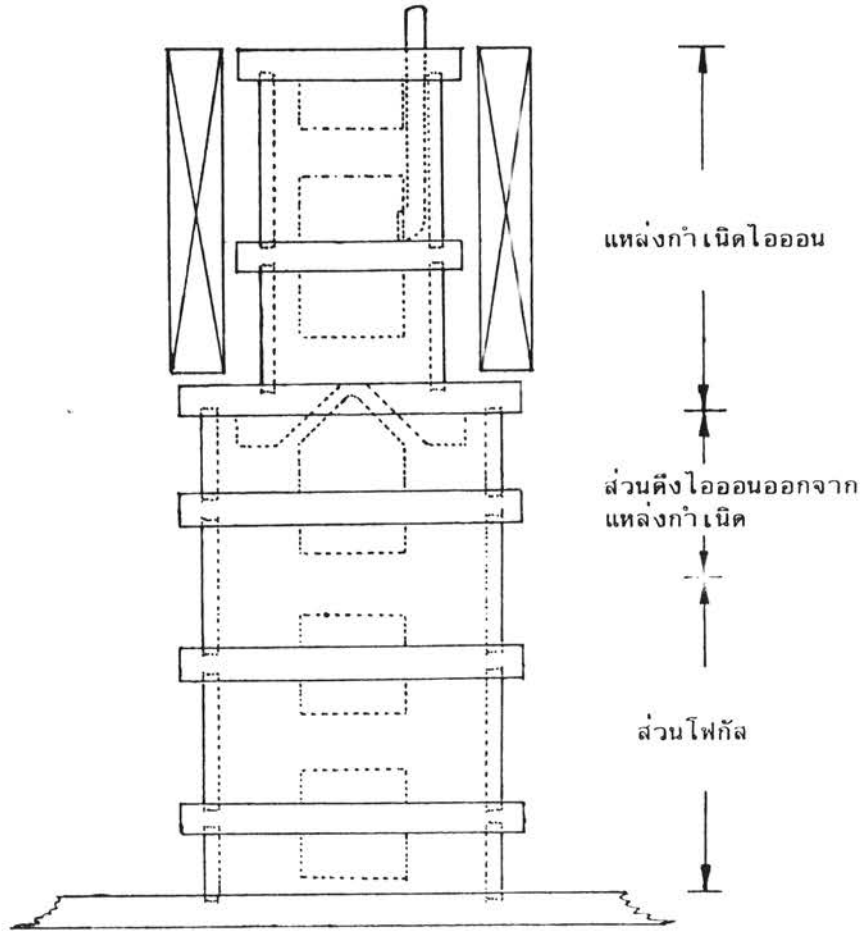
ส่วนดึงไอออนออกจากแหล่งกำเนิดนี้ หากแยกส่วนนี้ออกจากท่อแก้วจะเห็นว่ามีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมกลมซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ทั้งด้านบนและด้านล่างมีร่องวงกลมรัศมี 3.8 เซนติเมตร ร่องนี้กว้าง .3 เซนติเมตร บริเวณตรงกลางของแผ่นอลูมิเนียมกลมเจาะรูวงกลม ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2 เซนติเมตร เพื่อสอดอลูมิเนียมซึ่งด้านบนเป็นรูปกรวย และด้านล่างเป็นรูปทรงกระบอกกลวงติดกันอยู่ ซึ่งเรียกว่า ขั้วไฟฟ้าโพรบ (probe electrode) ดังรูปที่ 4.8

ขั้วไฟฟ้าโพรบที่สอดแผ่นอลูมิเนียมกลมนี้ ส่วนที่เป็นกรวยสูง 1 เซนติเมตร และมีปลายกรวยกว้าง 3 มิลลิเมตร ส่วนที่เป็นทรงกระบอกยาว 3.8 เซนติเมตร



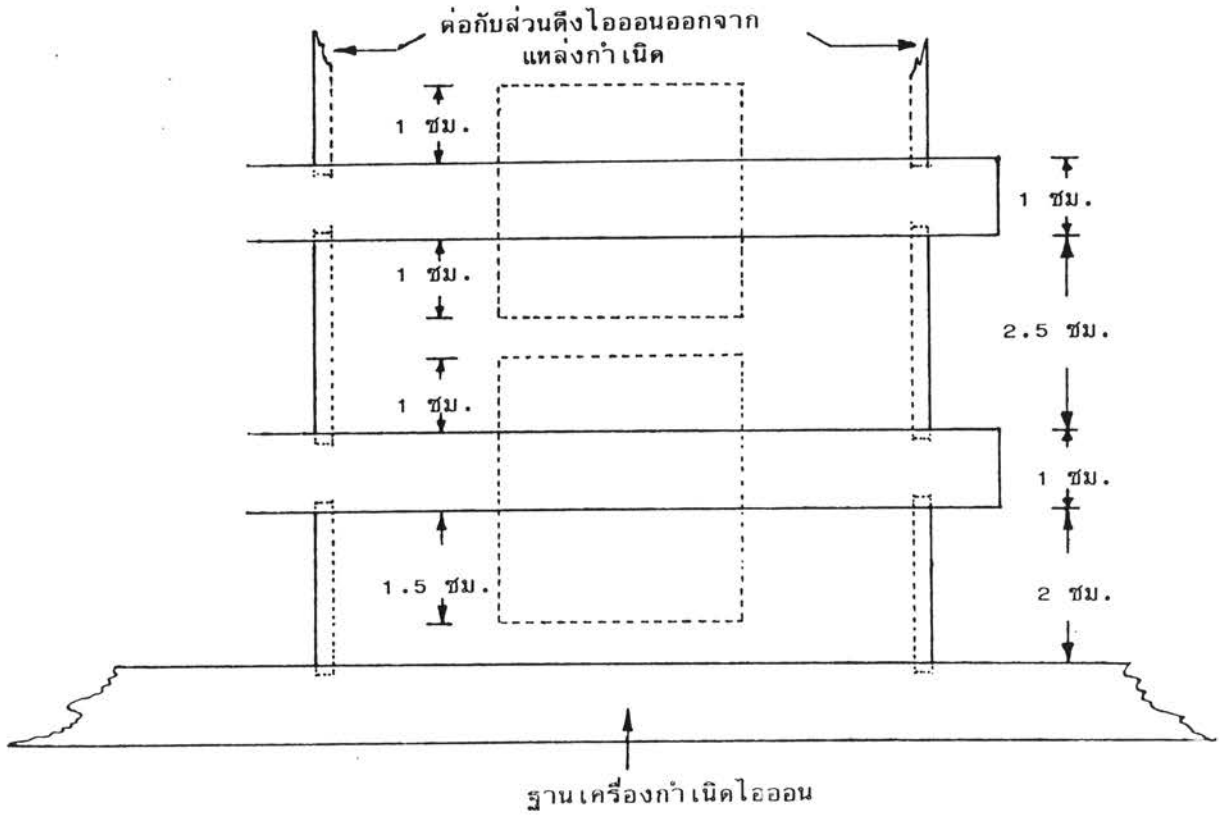
รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะส่วนตีงไอออนออกจากแหล่งกำเนิด

4.1.3 ส่วนไฟกัส มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมกลมหนา 1 เซนติเมตร 2 แผ่น วางเรียงกันเป็นชั้น แต่ละแผ่นมีอลูมิเนียมทรงกระบอกกลวงสอดอยู่ตรงกลาง ส่วนไฟกัสนี้ต่อจากด้านล่างของส่วนดึงไอออนออกจากแหล่งกำเนิด โดยมีท่อแก้วทนความร้อนขั้นอยู่ระหว่างส่วนดึงไอออนออกจากแหล่งกำเนิดกับส่วนไฟกัส ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงแหล่งกำเนิดไอออนต่อกับส่วนดึงไอออนออกจากแหล่งกำเนิด และส่วนไฟกัส

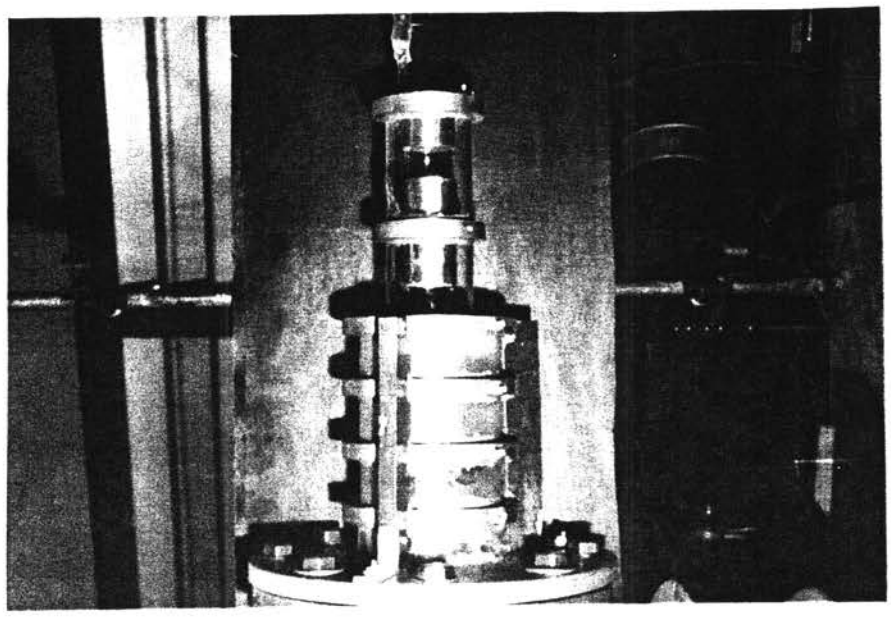
แผ่นอลูมิเนียมกลมทั้ง 2 แผ่นทำหน้าที่เป็นฐานของขั้วไฟฟ้าทรงกระบอกกลวง ขั้วไฟฟ้าทรงกระบอกนี้ทำหน้าที่โฟกัสลำอนุภาคที่มีประจุ ส่วนไฟกัสนี้เมื่อแยกแต่ละแผ่นอลูมิเนียมกลมออกจากท่อแก้วทนความร้อนแล้ว จะเห็นได้ว่ามีลักษณะเหมือนรูปที่ 4.8 ทุกประการ ต่างกันตรงที่สอดอลูมิเนียมทรงกระบอกแทนขั้วไฟฟ้าไพรบเพียงอย่างเดียว แผ่นอลูมิเนียมกลมอันบนของส่วนไฟกัสนี้สอดอลูมิเนียมทรงกระบอกยาว 3 เซนติเมตร แผ่นล่างสอดอลูมิเนียมทรงกระบอกยาว 3.5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะโครงสร้างของส่วนไฟกัส

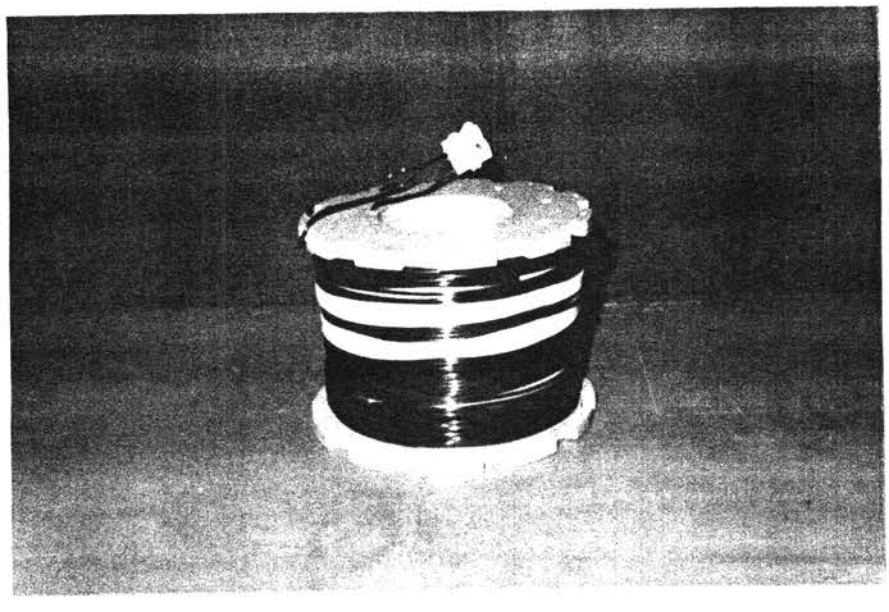
ถัดจากส่วนโฟกัสจะเป็นฐานเครื่องกำเนิดไอออนซึ่งมีท่อแก้วทนความร้อนยาว 2 เซนติเมตร ขึ้นอยู่ ฐานของเครื่องกำเนิดไอออนเมื่อแยกออกมาจากท่อแก้วจะมีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ด้านบนมีร่องวงกลมรัศมี 3.8 เซนติเมตร สำหรับต่อท่อแก้วทนความร้อน ท่อนี้กว้าง .3 เซนติเมตร และบริเวณขอบๆ ของแผ่นอลูมิเนียมกลมขนาดใหญ่ซึ่งทำหน้าที่เป็นฐานนี้มีรูเพื่อยึดติดกับปั๊มไอพุ่งกระจาย

จาก 3 ส่วน ซึ่งประกอบด้วย แหล่งกำเนิดไอออน ส่วนดึงไอออนออกจากแหล่งกำเนิด และส่วนโฟกัส เมื่อสร้างติดกันเป็นอันเดียวกันแล้วจะยึดส่วนต่างๆ ไว้ด้วยแท่งเบคีไลท์ (Bakelite) ดังรูปที่ 4.11 โดยทุกๆ ส่วนที่เชื่อมระหว่างท่อแก้วกับแผ่นอลูมิเนียมกลมและแท่งเบคีไลท์กับแผ่นอลูมิเนียมกลมจะเชื่อมด้วยกาว อี พ๊อก อี ซีเมนต์ และ ฟิลล์เลอร์ (E. Pox. E cement & Filler)



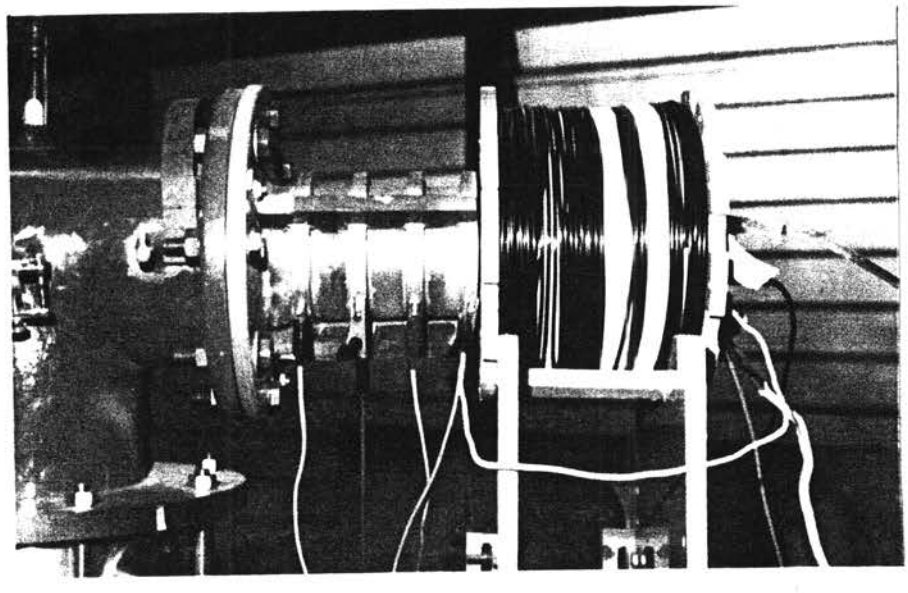
รูปที่ 4.11 แสดงการยึดส่วนต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไอออนด้วยแท่งเบคีไลท์

4.1.4 คอยล์สนามแม่เหล็ก ส่วนนี้เป็นส่วนหนึ่งของแหล่งกำเนิดไอออนซึ่งมีหน้าที่ทำให้การไอออไนซ์มีมากขึ้น คอยล์สนามแม่เหล็กสร้างขึ้นจากลวดทองแดงอินาเมล (enamel) เบอร์ 12 เอส. คับเบิลยู จี (S. W. G) พันรอบแกน

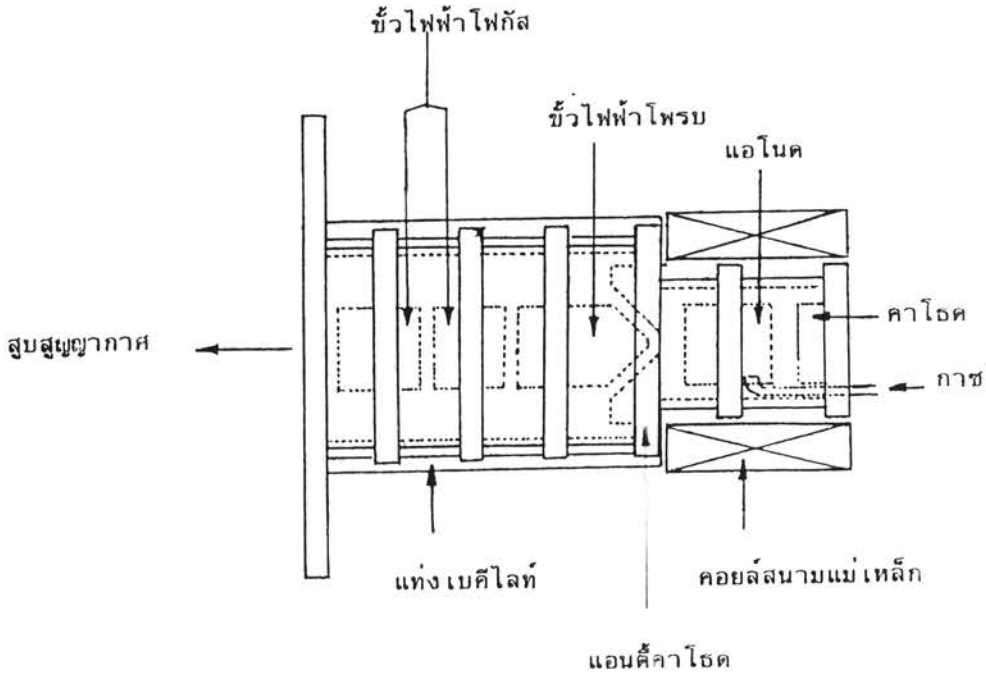


รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะคอยล์สนามแม่เหล็ก

จากส่วนแหล่งกำเนิดไอออน ส่วนดึงไอออนออกจากแหล่งกำเนิด และส่วนโฟกัส เมื่อรวมทั้งหมดเข้าด้วยกันเป็นเครื่องกำเนิดไอออนชนิดอิเล็คตรอนออสซิลเลชัน จะมีลักษณะดังรูปที่ 4.13 และลักษณะภายในของเครื่องกำเนิดไอออนชนิดอิเล็คตรอนออสซิลเลชันจะมีลักษณะ ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 แสดงลักษณะเครื่องกำเนิดไอออนชนิดอิเล็คตรอนออสซิลเลชัน

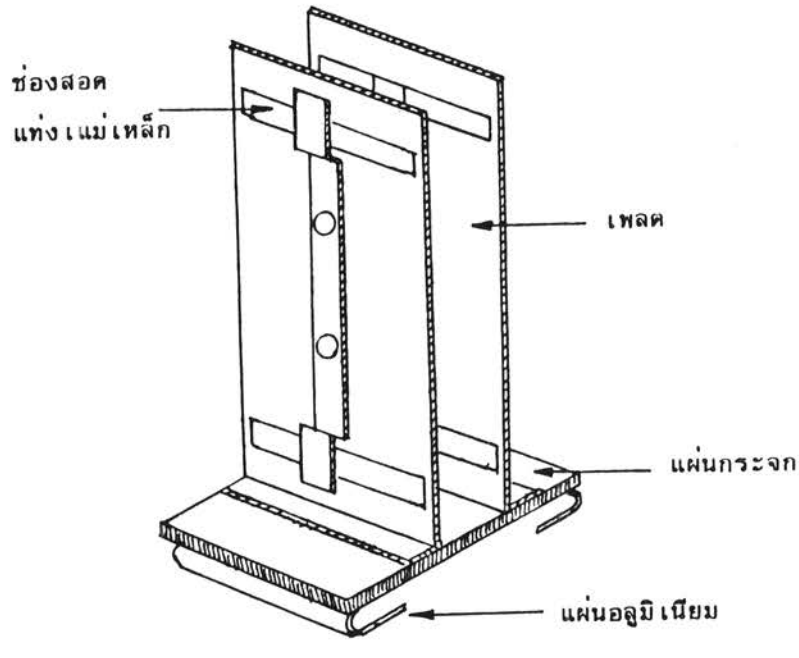


รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะภายในอย่างสังเขปของเครื่องกำเนิดไอออนชนิดอิเล็คตรอนออสซิลเลชัน

4.2 อุปกรณ์การวัดค่าประจุต่อมวล

อุปกรณ์การวัดค่าประจุต่อมวลของไอออนที่พุ่งออกมาจากเครื่องกำเนิดไอออนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

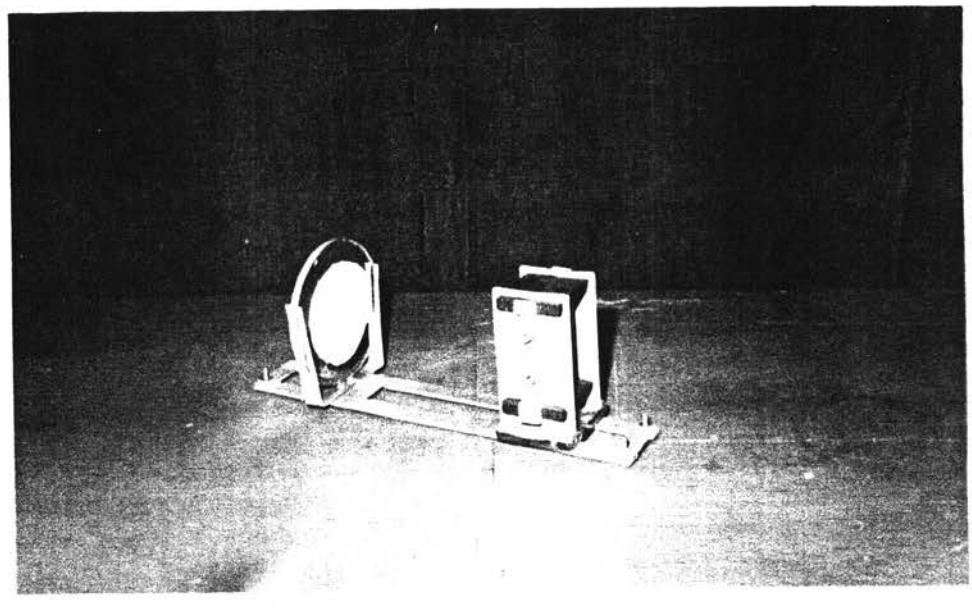
ก. เพลต (plate) คู่ขนาน มีหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้า เพลตนี้สร้างจากแผ่นอลูมิเนียมหนา 1 มิลลิเมตร กว้าง 4.25 เซนติเมตร ยาว 8.2 เซนติเมตร วางขนานกันเป็นระยะ 3.55 เซนติเมตร บนแผ่นกระจกสี่เหลี่ยม ที่ปลายบนและล่างของเพลตเจาะรูสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 6 มิลลิเมตร ยาว 3.85 เซนติเมตร เพื่อสอดแม่เหล็กถาวรเข้าไป และด้านนอกของเพลตทั้ง 2 ข้างจะมีแผ่นอลูมิเนียมไว้ล็อคแท่งแม่เหล็ก ที่ฐานซึ่งเป็นกระจกของเพลตคู่นี้จะมีแผ่นอลูมิเนียมสำหรับล็อคติดกับรางอลูมิเนียมแต่เลื่อนไปมาได้ ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงเพลตคู่ขนานบนแผ่นกระจกสี่เหลี่ยม

ข. แท่งแม่เหล็กถาวร แท่งแม่เหล็กถาวรซึ่งใช้ในการวัดค่าประจุต่อมวลนี้มีความหนา 6 มิลลิเมตร กว้าง 1.9 เซนติเมตร และยาว 5 เซนติเมตร ใช้สอดเข้าไปในเพลตคู่ขนานที่ปลายบน 2 อัน ปลายล่าง 2 อัน ในลักษณะขนานกัน เพื่อให้สนามแม่เหล็กตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า

ค. ฉากฉาบสารเรืองแสง ทำด้วยกระจกกลมชนิดโปร่งใสมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร และฉาบสารเรืองแสงบนกระจกด้านที่รับการกระทบของไอออนที่มาจากเครื่องกำเนิดไอออน อีกด้านสร้างสเกล (scale) เพื่อวัดระยะการเบี่ยงเบนของอนุภาค ฉากกระจกนี้มีขาอลูมิเนียมเพื่อติดกับรางอลูมิเนียมแต่เลื่อนไปมาได้ ดังรูปที่ 4.16

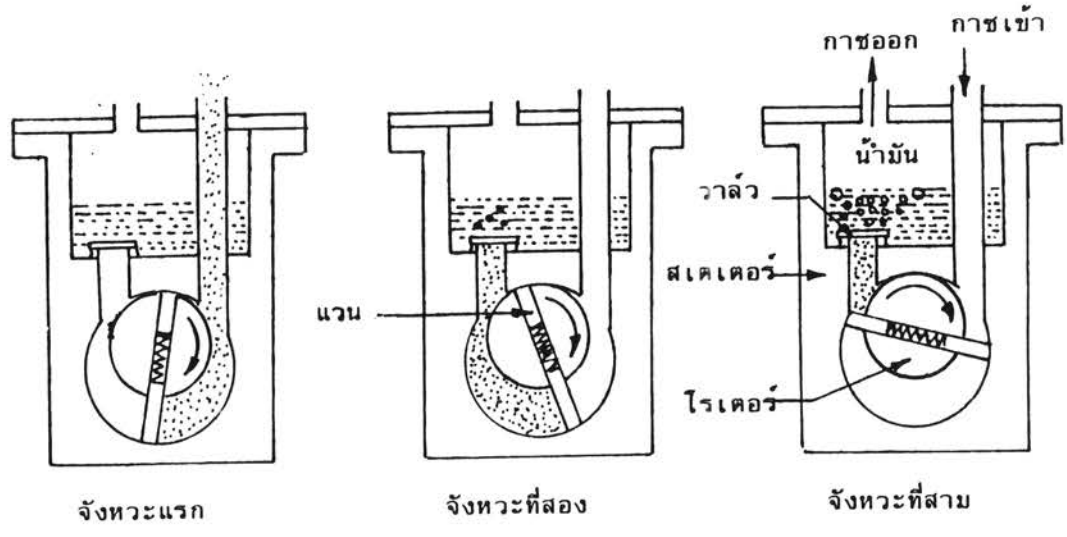


รูปที่ 4.16 แสดงเพลตคู่ขนาน แท่งแม่เหล็กถาวร ฉากฉาบสารเรืองแสง เมื่อติดตั้งรวมกันบนรางอลูมิเนียม

4.3 ระบบสูญญากาศ (Vacuum system)

ระบบสูญญากาศประกอบด้วยปั๊มสูบอากาศสองตัว คือ ปั๊มกลโรตารีแบบแวน (Mechanical rotory vane pump) และปั๊มไอพุ่งกระจาย (Vapour diffusion pump) ดังมีรายละเอียดและการทำงานดังนี้

4.3.1 ปั๊มกลโรตารีแบบแวน (Mechanical rotory vane pump) ประกอบด้วยภาชนะทำด้วยโลหะเป็นรูปทรงกระบอกกลวงเรียกว่า สเตเตอร์ (stator) ภายในทรงกระบอกกลวงมีแท่งโลหะรูปทรงกระบอกหมุนได้โดยมอเตอร์ไฟฟ้าเรียกว่า โรเตอร์ (rotor) แกนของโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่ทำให้บันแตะผิวของสเตเตอร์พอดี บริเวณที่แตะผิวด้านบนนี้เรียกว่า ทอฟ ซีล โรเตอร์ (top seal rotor) จะถูกเจาะเป็นช่องเพื่อติดแวน (vane) 2 อัน แวน 2 อันนี้จะถูกดันด้วยสปริงให้แตะกับผิวสเตเตอร์ตลอดเวลา ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 แสดงปั๊มกลโรตารีแบบแวน

หลักการทำงานของปั๊มโรตารีแบบแวนนี้แบ่งออกได้เป็น 3 จังหวะ คือ

จังหวะแรกโรเตอร์จะหมุนตามเข็มนาฬิกา ทำให้กาซถูกดูดออกจากภาชนะสูญญากาศเข้าตัวปั๊มทางช่อง D

จังหวะที่สอง เมื่อโรเตอร์หมุนไปเกือบ 180° กาซที่ถูกดูดเข้าจะถูกอัดแล้วส่งออกทางลิ้น E ปกติลิ้นนี้จะปิดและมีน้ำมันปั๊มอยู่โดยรอบ กาซที่ถูกขับออกจากปั๊มนี้จะต้องมีความดันเหนือความดันบรรยากาศปกติเล็กน้อย

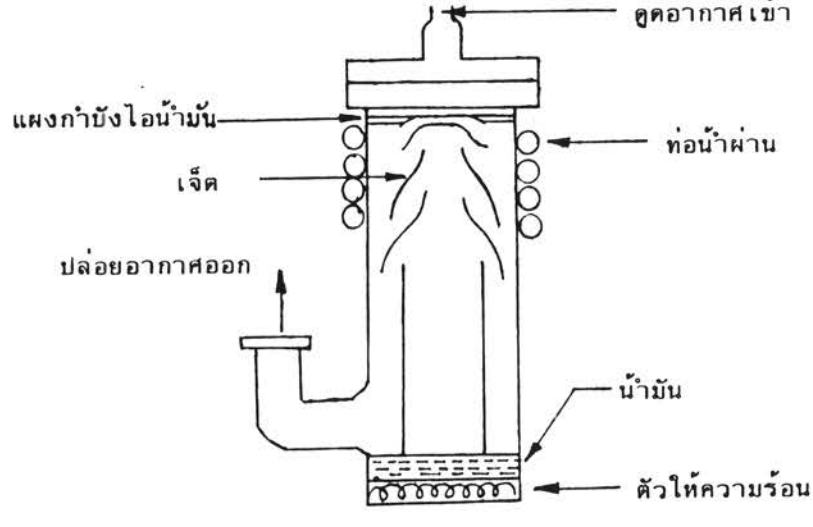
จังหวะที่สาม กาซถูกอัดส่งออกจนเกือบหมด กาซจากภาชนะสูญญากาศจะถูกแวนดูดเข้าไปยังช่องว่างในสเตเตอร์อีกครั้งหนึ่ง

โรเตอร์จะหมุนเร็วหลายร้อยถึงพันรอบต่อนาที จึงขับกาซออกจากภาชนะสูญญากาศได้เร็ว และน้ำมันปั๊มบางส่วนสามารถเล็ดลอดผ่านเข้าไปในสเตเตอร์ได้เล็กน้อย เพื่อใช้เป็นตัวหล่อลื่นระหว่างแวนกับผิวสเตเตอร์ ปั๊มกลโรตารีส่วนใหญ่ใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังโรเตอร์ ความเร็วรอบมีค่าระหว่าง 350 ถึง 750 รอบต่อนาที แต่ปั๊มแบบใหม่ใช้แกนต่อมอเตอร์เข้ากับโรเตอร์โดยตรง[7]

ปั๊มกลโรตารีแบบแวนที่ใช้ในการทดลองชื่อ สปิดิเวคไฮแว็คคิวอัมปั๊ม (Speedivac high vacuum pump) แบบสถานะเดียว ไอ เอส ซี 450 บี (Sigle stage model ISC 450 B) อัตราการสูบอากาศออก 15 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที และสามารถสูบลงได้ .005 ทอร์ (Torr)

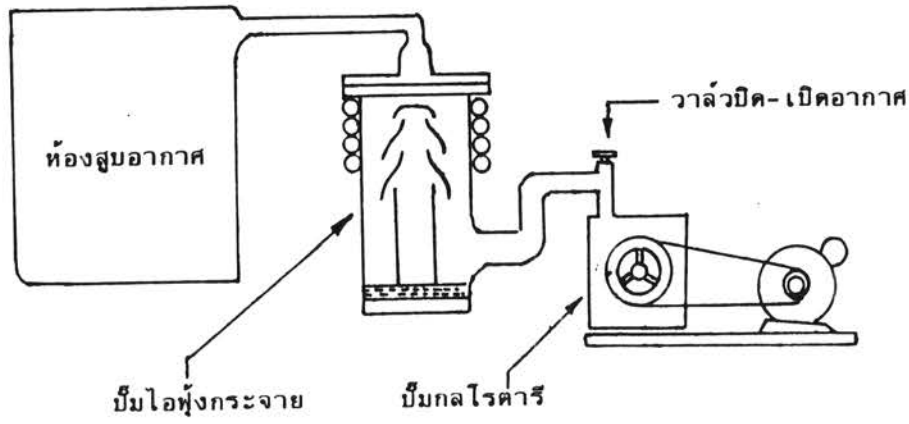
เมื่อไม่ใช้กาซบัลลาสต์ (gas ballast) และปั๊มลงได้ .3 ทอร์ เมื่อใช้กาซบัลลาสต์ อัตราการหมุน 350 รอบต่อนาที เป็นของบริษัท เอ็ดวาร์ดไฮแว็คคิวอัม (Edwards High Vacuum Ltd.) จากปั๊มกลไรตารีมีท่อซึ่งมีวาล์วสำหรับปิดเปิดติดอยู่ก่อนที่จะต่อเข้ากับปั๊มไอพุ่งกระจาย วาล์วมีไว้สำหรับปิดและเปิดอากาศเข้าปั๊มกลไรตารี เพื่อป้องกันน้ำมันจากปั๊มกลไรตารีทะลักเข้าปั๊มไอพุ่งกระจาย

4.3.2 ปั๊มไอพุ่งกระจาย (vapour diffusion pump) เป็นแบบใช้น้ำมัน ส่วนประกอบมีลักษณะคล้ายภาชนะรูปทรงกระบอกใบหนึ่งซึ่งมีน้ำมันบรรจุอยู่ ถัดจากน้ำมันไปส่วนล่างเป็นตัวให้ความร้อน (heater) ที่บริเวณส่วนบนภาชนะนี้ภายในมีโลหะเป็นชั้นๆ เรียกว่า เจ็ต และถัดจากเจ็ตอันบนเป็นแผงกำบังไอน้ำมัน ส่วนภายนอกของส่วนบนมีท่อน้ำผ่านเพื่อระบายความร้อนออกจากปั๊มไอพุ่งกระจาย รูปร่างของปั๊มไอพุ่งกระจายมีลักษณะและส่วนประกอบ ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 เป็นรูปแสดงไดอะแกรมของปั๊มไอพุ่งกระจาย

การทำงานของปั๊มไอพุ่งกระจาย คือ ในขณะที่ปั๊มกลไรตารีดูดอากาศออก แต่ความสามารถยังไม่อาจทำให้อากาศออกหมดได้ จึงมีโมเลกุลของอากาศอยู่กันอย่างห่างๆ และกระจายอยู่ทั่วๆ ไปภายในห้องสูญญากาศ การสูบอากาศส่วนนี้ออกต้องใช้ปั๊มไอพุ่งกระจาย กล่าวคือต้องนำปั๊มไอพุ่งกระจายต่อเข้าระหว่างปั๊มกลไรตารีกับห้องที่ต้องการสูบอากาศออก ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงไดอะแกรมการต่อปั๊มไอพุ่งกระจายในการสูบอากาศออก

เมื่อน้ำมันในปั๊มไอพุ่งกระจายถูกต้มจนกลายเป็นไอ ไอน้ำมันจะเคลื่อนตัวผ่านช่องแคบภายในปั๊มไอพุ่งกระจาย ทำให้ตัวเองมีความเร็วสูงและขึ้นไปกระทบเจ็ตที่ระดับต่างกัน ไอน้ำมันจึงถูกบังคับให้เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ขณะเดียวกันที่ส่วนบนของปั๊มไอพุ่งกระจายระบายความร้อนด้วยน้ำ ทำให้ไอน้ำมันสูญเสียพลังงานความร้อนทำให้พลังงานจลน์ลดลง ดังนั้นไอน้ำมันจึงหกลงมาเกิดการปะทะกับโมเลกุลของกาซตอนบน ทำให้โมเลกุลของกาซเคลื่อนที่จากด้านบนลงมาด้านล่าง จึงดูเสมือนว่าหยดไอน้ำมันปริมาณมากกว่าดโมเลกุลของกาซลงมาเป็นจังหวะพร้อมๆ กัน ทำให้ความดันของกาซบริเวณส่วนล่างของปั๊มไอพุ่งกระจายมีความดันมากกว่าส่วนบน และกาซส่วนล่างจะถูกปั๊มกลโรตารีดูดออก

สิ่งที่ควรพิจารณาในปั๊มสูญญากาศไอพุ่งกระจาย คือ

ก. ความดันต่ำสุด (ultimate vacuum pressure) ขึ้นอยู่กับแบบน้ำมันไอที่ใช้ กำลังของปั๊ม ขนาดของปั๊ม ความดันท้าย (back pressure) ช่วงความดันจะอยู่ระหว่าง 10^{-3} ถึง 10^{-10} ทอร์ (Torr)

ข. ความดันท้าย (back pressure) หมายถึงความดันตอนล่างของปั๊มไอพุ่งกระจายจะต้องมีค่าไม่สูงกว่า 0.1 ทอร์ ขึ้นอยู่กับขนาดของปั๊ม จึงต้องใช้ปั๊มกลโรตารีต่อด้านข้อต่อท่ายที่มีสมรรถนะสร้างความดันได้ต่ำกว่าความดันท้าย

ค. ความเร็วปั๊ม (pump speed) ขึ้นอยู่กับขนาดของปั๊ม ขนาดของปั๊มมักจะวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิดด้านบนว่ามีขนาดกี่นิ้วหรือกี่มิลลิเมตร ความเร็วปั๊มก็มักใช้เป็นเครื่องชี้

ขนาดของปั๊มไอพุ่งกระจาย ปั๊มไอพุ่งกระจายจะมีความเร็วปั๊ม 10 ลิตรต่อวินาที ถึง 45,000 ลิตร-ต่อวินาที ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิด 1 ถึง 36 นิ้ว

ง. อัตราการไหลย้อนกลับ (back streaming) จะมีค่ามากน้อยขึ้นอยู่กับการออกแบบ แผงกำบังไอน้ำมันตอนส่วนบน และการใช้อุปกรณ์ดักไอน้ำมันด้วยความเย็นต่ำ

จ. ข้อควรพิจารณาอื่นๆ รวมถึงกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเผาน้ำมัน ชนิดน้ำมันที่ใช้ และปริมาณที่ต้องการการระบายความร้อนด้วยน้ำว่าต้องใช้อุณหภูมิเท่าใด อัตราการไหลเท่าใด

ปั๊มไอพุ่งกระจายที่ใช้ในการทดลองนี้ ชื่อ สปีดิเวคออยล์ดิฟฟิวชันปั๊ม (Speedivac oil diffusion pump) แบบเอฟ 603 (F 603) เมื่อมีเชฟว์รอนเบฟเฟิล (chevron baffle) อัตราการปั๊ม 600 ลิตรต่อวินาที และเมื่อไม่มีเชฟว์รอนเบฟเฟิลอัตราการปั๊ม 300 ถึง 350 ลิตร-ต่อวินาที ความดันที่ปั๊มลงได้ 5×10^{-7} ทอร์ และความดันท้าย (back pressure) .35 ทอร์ ใช้ไฟฟ้า 300 วัตต์ น้ำมันที่ใช้ คือ ซิลิโคน 704

4.4 แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power supply)

แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนต่างๆ มีดังต่อไปนี้

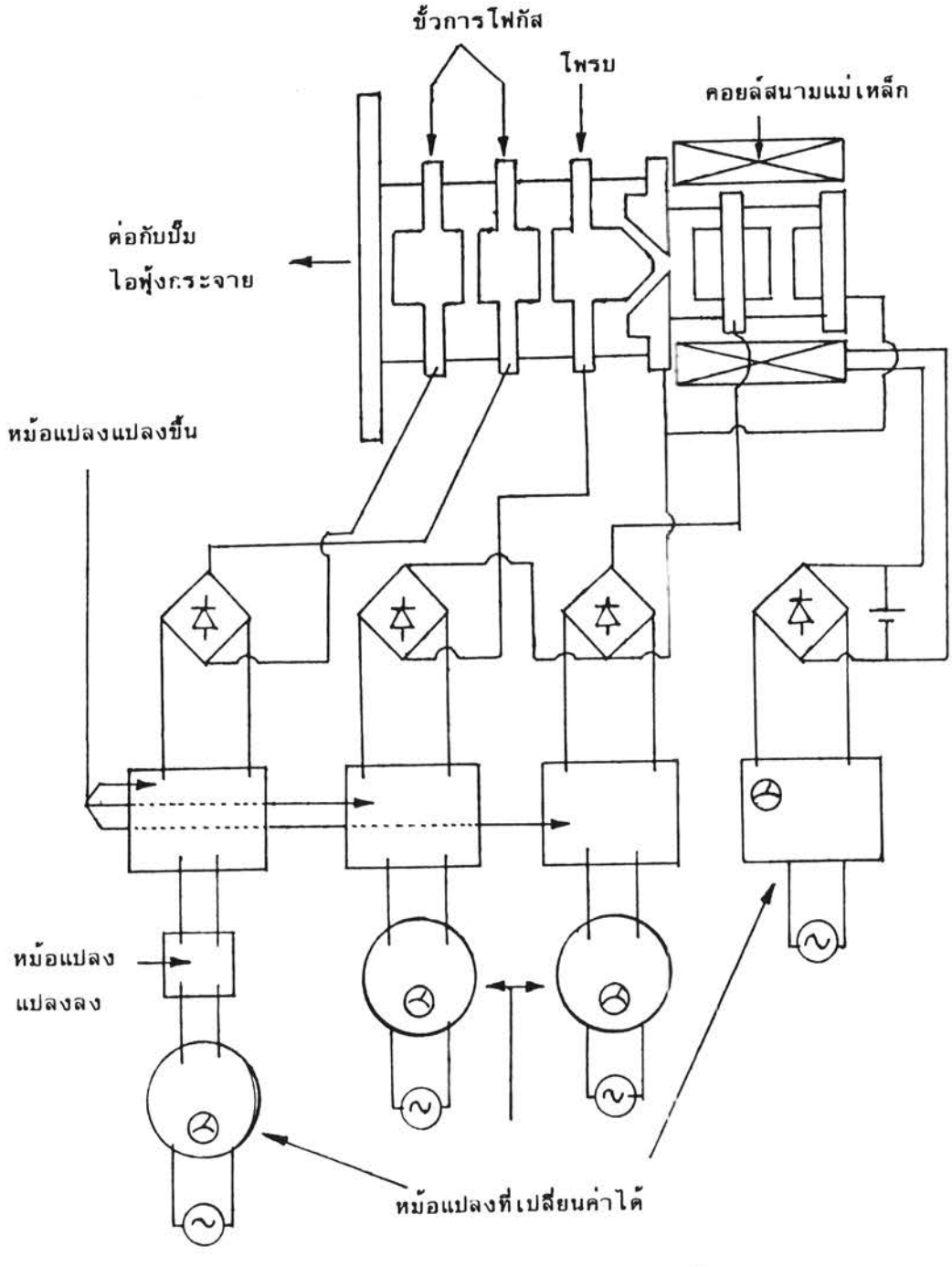
4.4.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้าแหล่งกำเนิดไอออนส่วนแรกสร้างขึ้นเอง โดยใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ผ่านเข้าหม้อแปลงเปลี่ยนค่าได้ (variable transformer or variac) ชื่อ สไลด์เรกูเลเตอร์ (Slide regulator) ของบริษัท มาตซูนากา เอ็มเอฟจี (Mutsunaga MFG Co., Ltd.) และผ่านเข้าหม้อแปลงชนิดแปลงขึ้น (stepup transformer) โดยมีอินพุท (input) 110 โวลต์ และเอาท์พุท (output) 10 กิโลโวลต์ ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ความต่างศักย์ระหว่าง 454 ถึง 1273 โวลต์ ผ่านวงจรบริดจ์เร็คติไฟเออร์ (bridge rectifier) เพื่อให้ได้กระแสตรงไปเข้าคาโธด แอนตี้คาโธดและแอโนดของแหล่งกำเนิดไอออน ดังรูปที่ 4.20

4.4.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้าคอยล์สนามแม่เหล็ก คอยล์สนามแม่เหล็กเป็นส่วนหนึ่งของแหล่งกำเนิดไอออนมีหน้าที่ทำให้มีการไอออไนซ์เพิ่มมากขึ้น แหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้าคอยล์สร้างขึ้นเอง โดยใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ผ่านเข้าหม้อแปลงที่เปลี่ยนค่าได้ ชื่อ เพาเวอร์สเตท (Power-state) ของบริษัท สุพีเรียอิเล็คทริค (Superior electric, Ltd.) ที่เอาท์พุท (output) ของหม้อแปลงมีวงจรบริดจ์เร็คติไฟเออร์ เพื่อให้ได้กระแสตรงไปเข้าคอยล์แม่เหล็ก ซึ่งการทดลองคอยล์แม่เหล็กต้องการกระแสตรงอยู่ระหว่าง 0 ถึง 20 แอมแปร์ การต่อวงจรดูได้จากรูปที่ 4.20

4.4.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้าขั้วไฟฟ้าโพรบ (probe electrode) สร้างขึ้นเองโดยใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ผ่านเข้าหม้อแปลงที่เปลี่ยนค่าได้ ชื่อ โวลเทค (voltac) ชนิด ที เอส บี -10 เอ็ม (TSB -10M) ของบริษัท โยโกยามาอิเล็คทริคเวิคร์ (Yokoyama Electric Works, Ltd.) และผ่านหม้อแปลงชนิดแปลงขึ้น (stepup transformer) โดยมีอินพุท 230 โวลต์ เอาท์พุท 15 กิโลโวลต์ ชนิด ที 1523 (T 1523) ของบริษัท สเตนดาร์ด อิเล็คทริคเวิคร์ (Standard Electric Works, Ltd.) ซึ่งในการทดลองนี้ขั้วไฟฟ้าโพรบต้องการความต่างศักย์ระหว่าง 1000 ถึง 6000 โวลต์ ผ่านวงจรบริดจ์เรคติไฟเออร์ เพื่อให้ได้กระแสตรงไปเข้าขั้วไฟฟ้าโพรบนี้ดังวงจรในรูปที่ 4.20

4.4.4 แหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้าส่วนไฟกัส ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ผ่านเข้าหม้อแปลงที่เปลี่ยนค่าได้แบบเดียวกับหม้อแปลงตัวแรกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้าขั้วไฟฟ้าโพรบ และจากนี้ผ่านเข้าหม้อแปลงชนิดแปลงลง (stepdown transformer) โดยมีอินพุท 220 โวลต์ และเอาท์พุท 20 โวลต์ ของบริษัท เลย์โบลด์ (Ley bold) เยอรมัน เพื่อจะได้วัดค่าความต่างศักย์อย่างละเอียดขึ้นก่อนเข้าหม้อแปลงชนิดแปลงขึ้นอีกที หม้อแปลงชนิดแปลงขึ้นมีอินพุท 110 โวลต์ และเอาท์พุท 64 กิโลโวลต์ เป็นของบริษัท วัตสันและสัน (Watson & Sons Ltd.) ซึ่งการทดลองนี้ใช้ความต่างศักย์ระหว่าง 0 ถึง 9000 โวลต์ ผ่านวงจรบริดจ์เร็คติไฟเออร์ เพื่อให้ได้กระแสตรงเข้าขั้วไฟฟ้าการไฟกัสดังวงจรรูปที่ 4.20

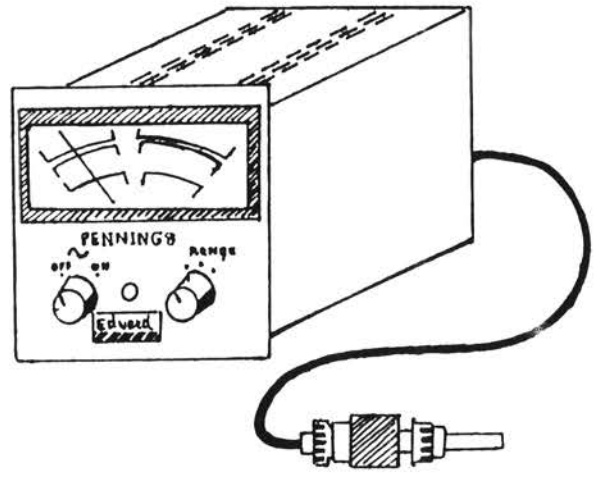
4.4.5 แหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้าเพลต เพื่อให้เกิดสนามไฟฟ้าในการวัดค่าประจุต่อมวลของไอออน สร้างขึ้นเองโดยผ่านไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เข้าหม้อแปลงที่เปลี่ยนค่าได้ (variable transformer) แบบเดียวกับหม้อแปลงตัวแรกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้าขั้วไฟฟ้าโพรบ และผ่านเข้าหม้อแปลงชนิดแปลงขึ้นอีกตัวซึ่งมีวงจรบริดจ์เร็คติไฟเออร์ ให้ความต่างศักย์ของกระแสตรง 0 ถึง 1000 โวลต์



รูปที่ 4.20 แสดงไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้าเครื่องกำเนิดไอออน

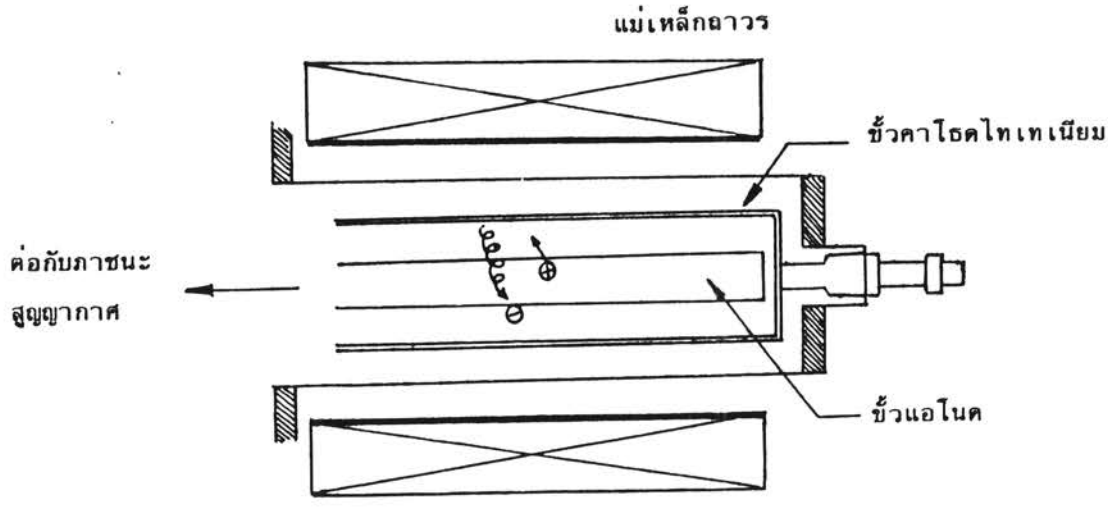
4.5 เกจเพ็นนิง (Penning gauge)

เครื่องมือนี้เรียกชื่ออื่นได้ คือ เกจฟิลิปไอออไนเซชัน (Philip ionization gauge) หรือเกจขั้วคาโธดเย็นไอออไนเซชัน (Cold cathode ionization gauge) เป็นเครื่องมือวัดความดันของกาซ ประกอบด้วยวงจรอิเล็คทรอนิค และมาตรวัดอยู่ในเครื่องเดียวกันและมีหัววัดติดอยู่มีลักษณะดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 แสดงเกจเพ็นนิง

หัววัดเกจเพ็นนิงประกอบด้วย ขั้วคาโธดเป็นโลหะไทเทเนียมรูปทรงกระบอกกลวง ภายในมีขั้วแอโนดซ้อนกันอยู่ ศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วมีค่าประมาณ 2 กิโลโวลต์ รอบนอกทรงกระบอกเป็นแม่เหล็กถาวรขนาด 400 เกาส์ (Gauss) ดังรูปที่ 4.22



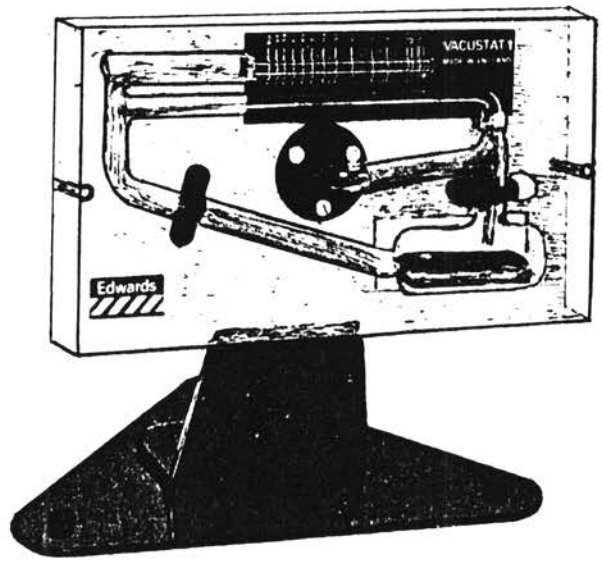
รูปที่ 4.22 แสดงไดอะแกรมภายในหัววัดของเกจเพ็นนิง

หลักการทำงานของหัววัด จากรูปที่ 4.22 สนามไฟฟ้าระหว่างขั้วคาโธดเย็น (ขั้วที่ไม่ต้องเผาให้ร้อนเพื่อปลดปล่อยอิเล็คตรอน) จะทำให้กาซแตกตัว อิเล็คตรอนที่เกิดจากการแตกตัวของกาซเนื่องจากสนามไฟฟ้านี้ จะถูกเร่งไปยังขั้วแอโนดโดยวิถีวงโคจรเป็นรูปเกลียว และจะถูกบังคับให้วิ่งกลับไปมาระหว่างขั้วคาโธดกับขั้วแอโนด โดยสนามแม่เหล็กจนกระทั่งถูกจับไว้โดยขั้วแอโนด ส่วนไอออนบวกประจุบวกจะวิ่งไปปะทะขั้วคาโธด แล้วปลดปล่อยอิเล็คตรอนทุติยภูมิและอะตอมเป็นกลาง อะตอมไทเทเนียมนี้จะไปเกาะกับผนังของทรงกระบอกโดยรอบ ทำหน้าที่ดูดกลืนกาซได้อีก เนื่องจากไอออนประจุบวกที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนโมเลกุลของกาซที่มีอยู่ ดังนั้นจึงขึ้นอยู่กับความดันกาซ[7]

เกจเพ็นนิงที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นของบริษัท เอ็ดวาร์ด (Edwards) วัดความดันได้ถึง 1×10^{-7} มิลลิบาร์ (mbar) ซึ่งนำหัววัดไปติดไว้ตรงเชฟว์รอนเบฟเฟิล (chevron baffle)

4.6 เกจแมคลาวด์ (Mcleod gauge) แบบแวคคูสแตต (Vacustat)

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความดันอย่างหยาบๆ แต่วัดได้รวดเร็ว ลักษณะเครื่องมือประกอบด้วย หลอดแก้วบรรจุปรอท ดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 แสดงเกจแมคคลาวด์แบบแวคคูสแตต

วิธีการวัดโดยการกระดกหลอดแก้วไปเป็นมุม 90° แล้วอ่านค่าความดันบนสเกลโดยดูที่ระดับปรอท ระดับความดันที่วัดได้อยู่ในช่วง 10 ถึง 0.01 ทอร์ (Torr) หรือ 0.1 ถึง 0.001 ทอร์ (Torr) ความแม่นยำมีค่า 10 เปอร์เซนต์ เกจที่ใช้นี้เป็นของบริษัท เอ็ดวาร์ด ซึ่งนำไปวัดความดันอากาศตรงช่องดูดอากาศเข้าของปั๊มกลโรตารี

4.7 วิธีการทดลอง

ในการทดลองดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.7.1 การเตรียมเครื่องมือ ตรวจดูความเรียบร้อยส่วนต่างๆ ก่อนที่จะเดินปั๊มกลโรตารี และปั๊มไอพุ่งกระจาย

4.7.2 เดินเครื่องสูบอากาศโดยเริ่มเดินเครื่องปั๊มกลโรตารีก่อน สูบอากาศออกจากส่วนบนของเชฟว์รอนเบฟเฟิล (chrvron baffle) ซึ่งต่อกับเครื่องกำเนิดไอออนเป็นเวลาประมาณ 5 ถึง 30 นาที จากนี้ปิดวาล์วท่อสูบอากาศเข้าปั๊มกลโรตารีที่ต่อส่วนบนของเชฟว์รอนเบฟเฟิล และเปิดวาล์วท่อสูบอากาศเข้าปั๊มกลโรตารีที่ต่อกับส่วนล่างของปั๊มไอพุ่งกระจาย จากนี้เปิดน้ำผ่านปั๊มไอพุ่งกระจาย พร้อมทั้งเปิดสวิทช์ตัวให้ความร้อนของปั๊มไอพุ่งกระจาย ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 25 นาที ความดันจะลงถึงประมาณ 2×10^{-6} มิลลิบาร์ จึงเปิดลิ้นผีเสื้อ (buttefly valve) ซึ่งกั้นระหว่างส่วนบนและส่วนล่างของเชฟว์รอนเบฟเฟิล ซึ่งส่วนบนต่อ

กับเครื่องกำเนิดไอออน และส่วนล่างต่อกับปั๊มไอพุ่งกระจาย ปล่อยเครื่องเดินไปอีกประมาณ 20 ถึง 30 นาที ความดันจะลงจนใช้ทดลองได้

4.7.3 ปล่อยกาซไฮโดรเจนเข้าแหล่งกำเนิดไอออน

4.7.4 จ่ายไฟฟ้าเข้าเครื่องกำเนิดไอออน โดยจ่ายไฟฟ้าเข้าคอยล์สนามแม่เหล็ก จ่ายไฟฟ้าเข้าคาโธด แอนตี้คาโธดและแอโนดของแหล่งกำเนิดไอออน จ่ายไฟฟ้าเข้าขั้วไฟฟ้าโพรบและจ่ายไฟฟ้าเข้าขั้วไฟกัสตามลำดับ ถ้าต้องการวัดค่าความต่างศักย์ที่ขั้วการไฟกัสของการไฟกัสบนฉากที่ตำแหน่งหนึ่งก็เปลี่ยนค่าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ละแหล่ง พร้อมทั้งจดค่าความต่างศักย์ที่ใช้ในการไฟกัสไว้ เมื่อต้องการเปลี่ยนตำแหน่งฉากจะต้องปิดลิ้นผีเสื้อก่อนแล้วเปิดให้อากาศเข้าส่วนบนของเชฟว์รอนเบฟเฟิล จากนี้เลื่อนฉากไปที่ตำแหน่งที่ต้องการแล้วปิดไม่ให้อากาศเข้า เมื่อปิดแล้วก็ปิดท่อสูบอากาศเข้าปั๊มกลไรตารีที่ต่อเข้ากับส่วนล่างของปั๊มไอพุ่งกระจายระยะหนึ่ง แล้วเปิดวาล์วท่อสูบอากาศเข้าปั๊มกลไรตารีที่ต่อกับส่วนบนของเชฟว์รอนเบฟเฟิล แต่การปิดเปิดวาล์วท่อสูบอากาศตอนนี้ต้องทำอย่างรวดเร็วเพียงเวลาไม่กี่วินาที จากนี้ปิดวาล์วท่อสูบอากาศเข้าปั๊มกลไรตารีที่ต่อกับส่วนบนของเชฟว์รอนเบฟเฟิล และเปิดวาล์วท่อสูบอากาศที่ต่อกับส่วนล่างของปั๊มไอพุ่งกระจายเหมือนเดิม จากนี้ปฏิบัติตามข้อ 4.7.2 ถึง 4.7.3 ถ้าต้องการวัดค่ากระแสหรือความต่างศักย์ของลำไอออนบวกก็เปลี่ยนฉากเป็นฟาราเดย์คัพคอลเลคเตอร์ (Faraday cup collector) แล้วต่อสายวัดเข้ากับไมโครแอมมิเตอร์ (microammeter) หรือออสซิลโลสโคป (oscilloscope)

4.7.5 การปิดเครื่อง เมื่อทดลองเสร็จ ปิดไฟฟ้าที่เข้าเครื่องกำเนิดไอออนทุกๆ ส่วน และปิดวาล์วถังกาซไฮโดรเจน เลิกต้มน้ำมันในปั๊มไอพุ่งกระจายและปล่อยเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จึงปิดปั๊มโรตารีและปิดน้ำที่ระบายความร้อน