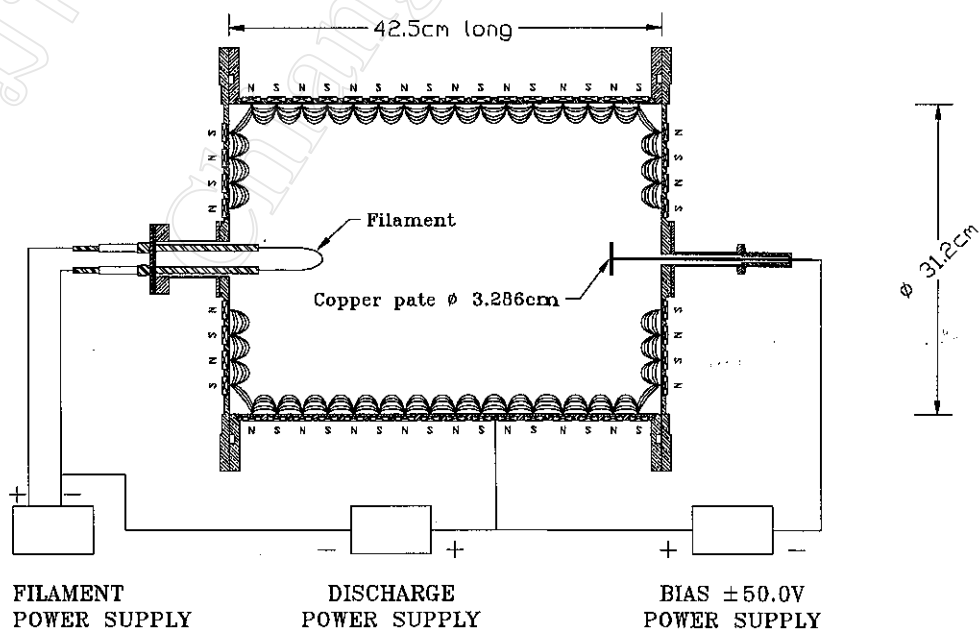


บทที่ 4
ผลการทดลอง

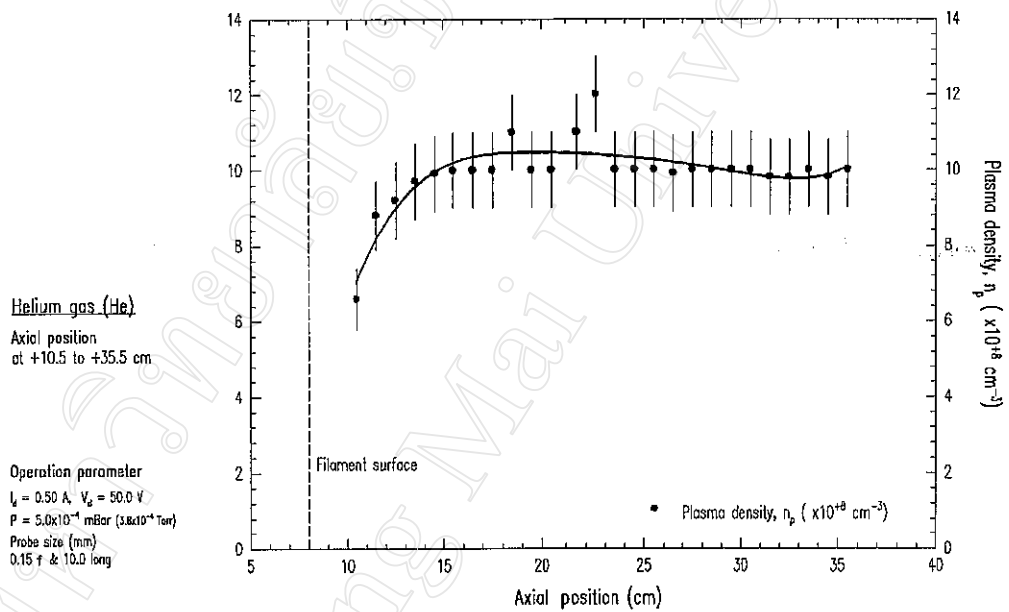
ความเข้มข้นพลาสมาหาได้จากการทดลองโดยใช้หัววัด Langmuir แบบทรงกระบอกตัน เดี่ยวโดยการวัดผลของการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสที่หัววัด (probe current, I_p) กับผลของการเปลี่ยนศักย์ไฟฟ้าที่ป้อนให้กับหัววัด (probe voltage, V_p) แล้วนำมาคำนวณหาค่าความเข้มข้นของอิเล็กตรอนตามสมการที่ (3.19) หรือ (3.20) ซึ่งถือได้ว่ามีค่าประมาณเท่ากับค่าความเข้มข้นของพลาสมานั้นคือ $n_e \cong n_p \cong n_0$ ตามนิยามของการเกิดพลาสมา [ตอนที่ 2.1-2.2] วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รายงานถึงการศึกษาค่าผลของความเข้มข้นของพลาสมาที่มีค่าเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่าสนามแม่เหล็กที่ห่อหุ้มพลาสมา โดยการวัดค่าความเข้มข้นของพลาสมาที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในแชมเบอร์ ศักย์ไฟฟ้าเพื่อการเร่งอิเล็กตรอน V_d ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการ discharge I_d และผลกระทบเมื่อความความดันภายในแชมเบอร์มีการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้การศึกษายังรวมถึงการทดลองหาปริมาณค่า “อัลฟาแฟกเตอร์” เพื่อยืนยันผลของการทดลองเกี่ยวกับคุณลักษณะของพลาสมา แผนผังของการทดลองวัดค่าอัลฟาแสดงในรูปที่ 4.1 การคำนวณหาปริมาณดังกล่าวได้อาศัยสมการที่ (2.123)



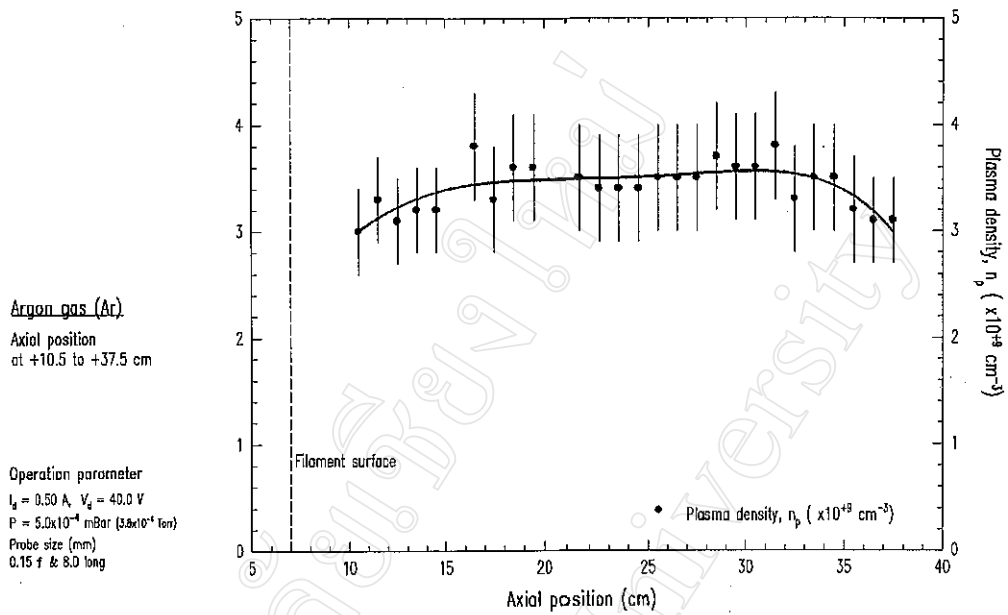
รูปที่ 4.1 แสดงแผนผังของการทดลองหาค่า อัลฟาแฟกเตอร์

4.1 การกระจายของ n_p ตามแนวแกน

รูปที่ 4.2 และ 4.3 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลง n_p ตามแนวแกน (axial profile) ของพลาสมาที่เกิดจากก๊าซฮีเลียม และอาร์กอน การทดลองใช้ค่า $V_d = 40.0$ โวลต์ กับ 50.0 โวลต์ ค่า $I_d = 0.50$ แอมป์ และความดันภายในแชมเบอร์ $P = 3.8 \times 10^{-4}$ ทอร์ (ตารางข้อมูลดิบของผลการทดลองอยู่ใน “ภาคผนวก ค-1, ค-2”)



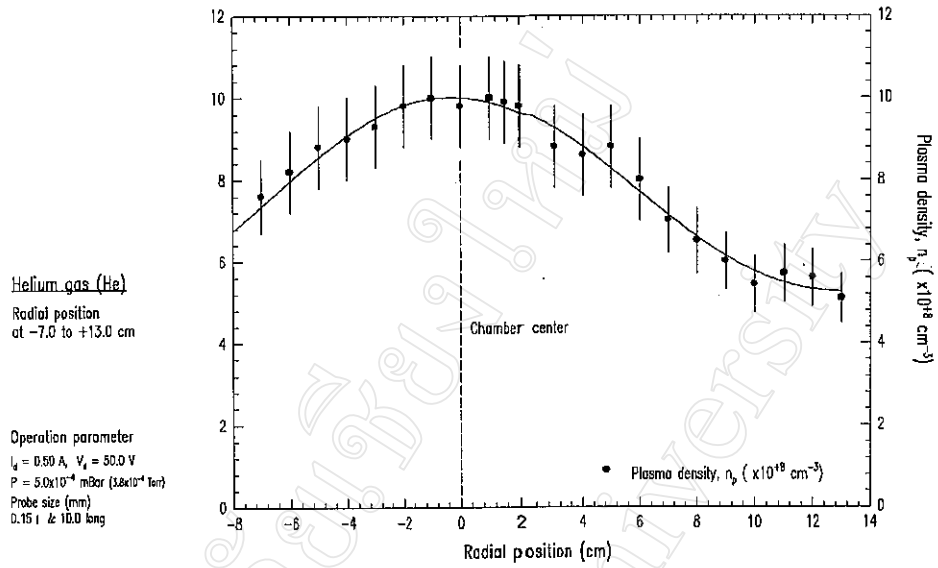
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการกระจายของ n_p ตามแนวแกนของพลาสมาที่เกิดจากก๊าซฮีเลียม



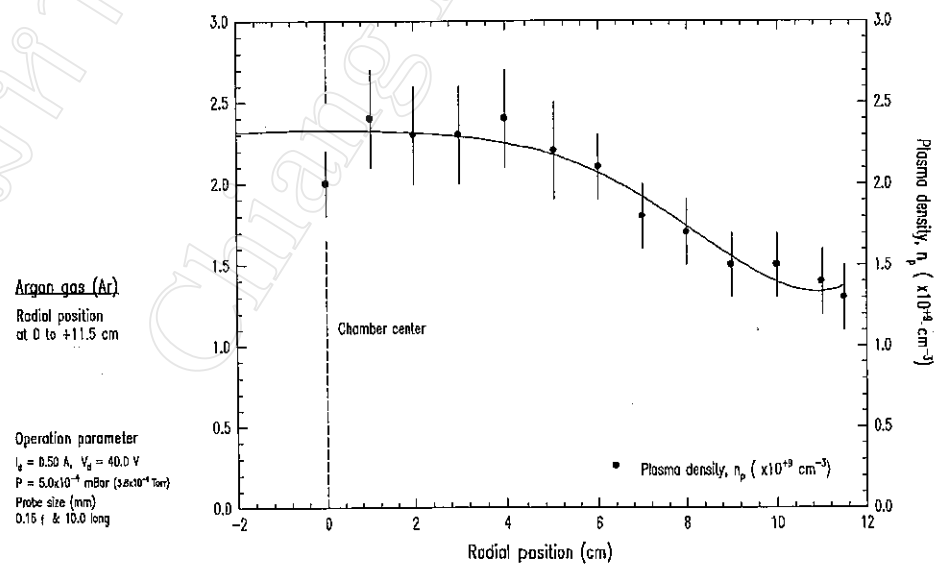
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการกระจายของ n_p ตามแนวแกนของพลาสมาที่เกิดจากก๊าซอาร์กอน

4.2 การแสดงการกระจาย n_p ตามแนวเส้นรัศมี

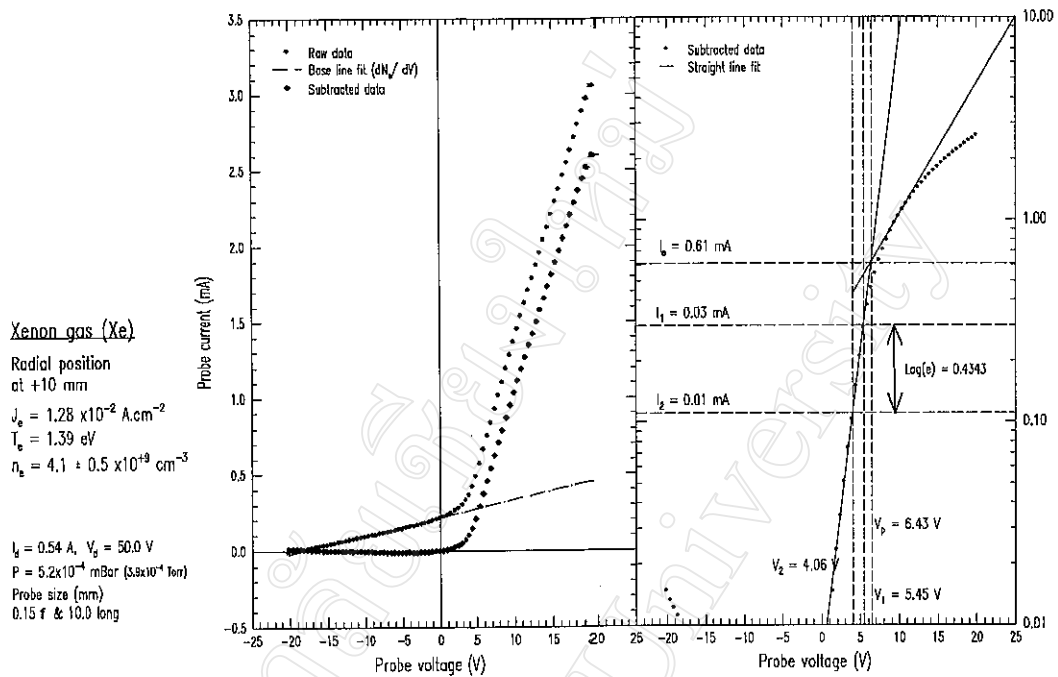
รูปที่ 4.4 และ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ n_p ตามแนวเส้นรัศมี (radial profile) ของพลาสมาที่เกิดจากก๊าซฮีเลียม และอาร์กอน การทดลองวัดหาค่า n_p ของพลาสมาที่เกิดก๊าซซีนอนได้ทำที่ตำแหน่ง +6.0 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 4.6 การทดลองได้ใช้ค่า $V_d = 40.0$ โวลต์ กับ 50.0 โวลต์ ค่า $I_d = 0.50$ แอมป์ และความดันภายในแชมเบอร์ $P = 3.8 \times 10^{-4}$ ทอร์ (ตารางข้อมูลดิบของผลการทดลองอยู่ใน “ภาคผนวก ก-3, ก-4, ก-5”)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการกระจายของ n_p ตามแนวเส้นรัศมีของพลาสมาที่เกิดขึ้นจากก๊าซฮีเลียม



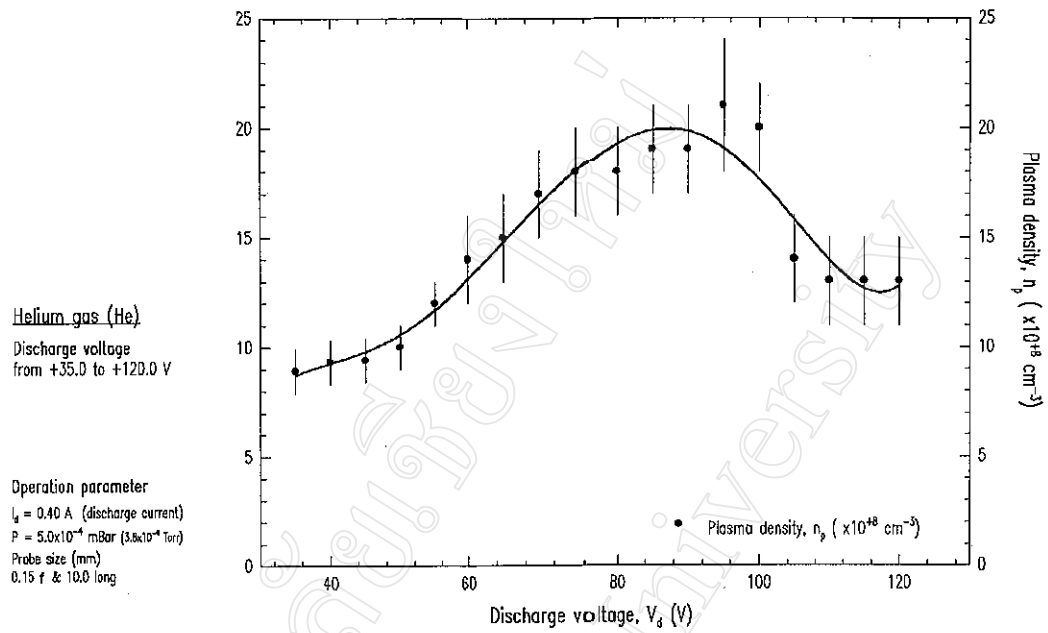
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการกระจายของ n_p ตามแนวเส้นรัศมีของพลาสมาที่เกิดขึ้นจากก๊าซอาร์กอน



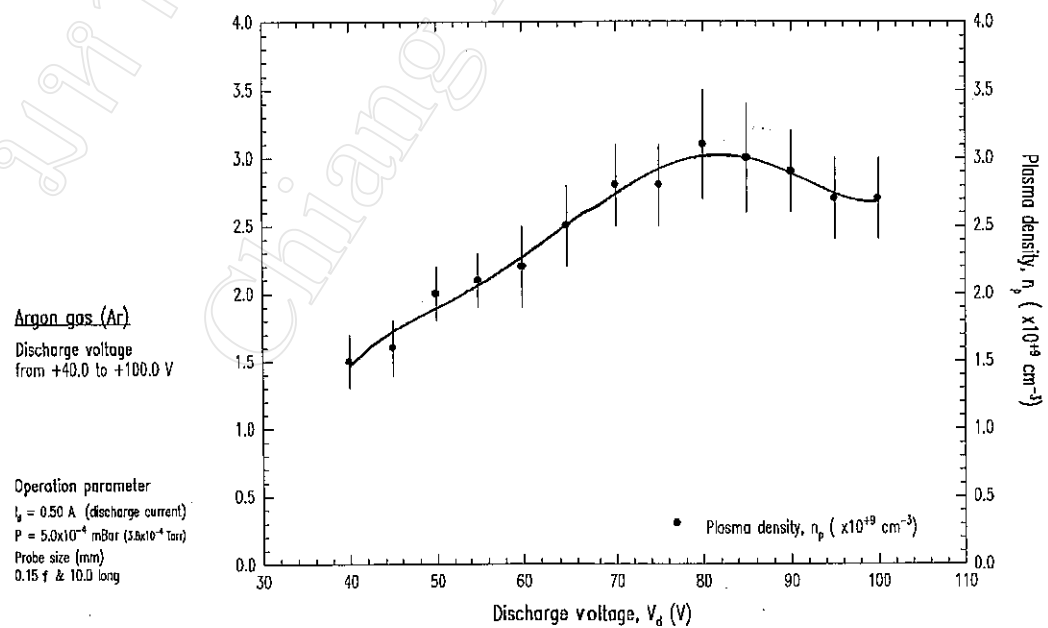
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลที่ได้จากหัววัด Langmuir และผลการคำนวณหาค่า n_p ของพลาสมาที่เกิดจากก๊าซซีนอนที่ระยะ +10.0 ซม. ตามแนวเส้นรัศมี

4.3 ผลของการเปลี่ยนแปลง n_p เนื่องจากการเปลี่ยนค่า V_d

การศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของ n_p ที่มีผลเนื่องจากการเปลี่ยนค่า V_d ได้ทำการทดลองการปรับค่าของ V_d ตั้งแต่ 35.0 โวลต์ ถึง 120.0 โวลต์ โดยใช้ก๊าซซีเลียม และอาร์กอน ซึ่งผลการทดลองได้แสดงในรูปที่ 4.7 และ 4.8 การทดลองได้ใช้ค่า $I_d = 0.40$ แอมป์ กับ 0.50 แอมป์ และความดันภายในแชมเบอร์ $P = 3.8 \times 10^{-4}$ ทอร์ (ตารางข้อมูลดิบของผลการทดลองอยู่ใน “ภาคผนวก ก-6, ก-7”)



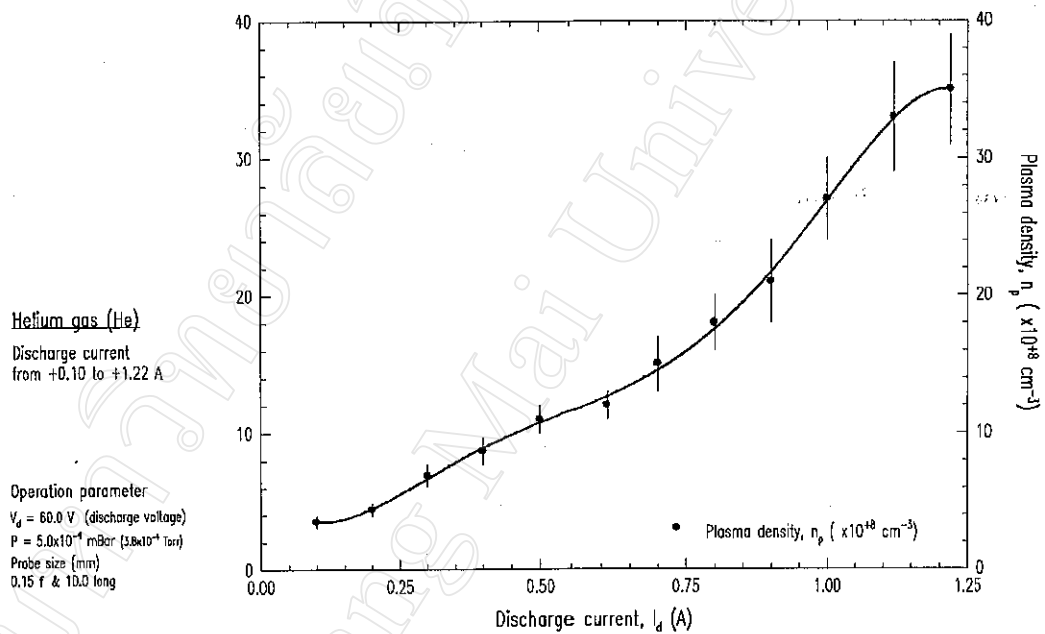
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปลี่ยนค่าของ n_p กับการเปลี่ยนแปลงค่า V_d ของพลาสมาที่เกิดจากก๊าซฮีเลียม



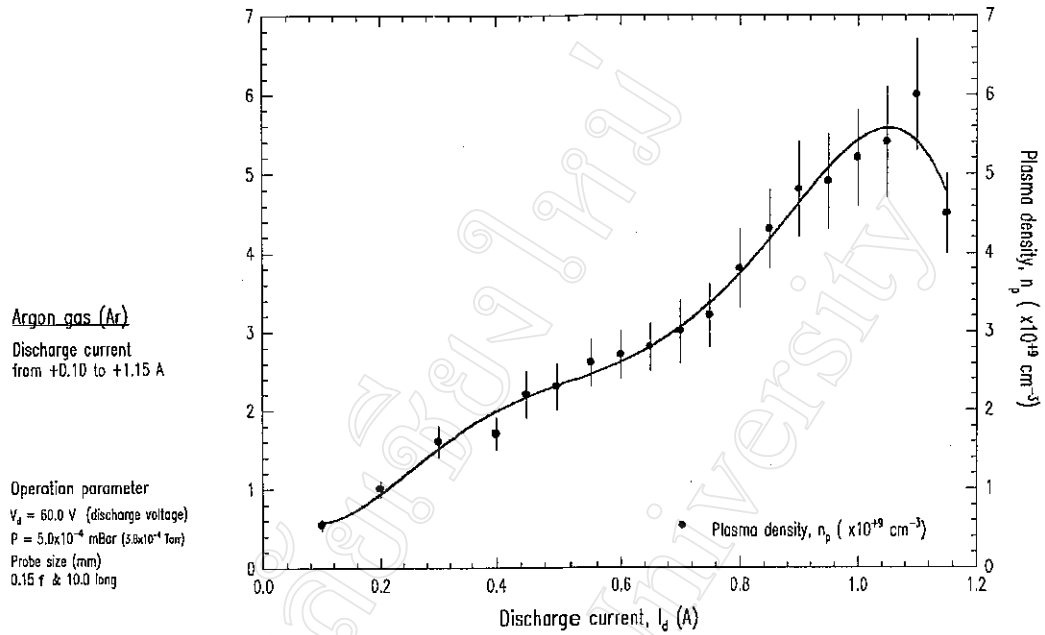
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปลี่ยนค่าของ n_p กับการเปลี่ยนแปลงค่า V_d ของพลาสมาที่เกิดจากก๊าซอาร์กอน

4.4 ผลของการเปลี่ยนแปลง n_p เนื่องจากการเปลี่ยนค่า I_d

ผลการเปลี่ยนแปลงของ n_p เนื่องจากการปรับเปลี่ยนค่า I_d ได้ศึกษาจากการทดลองโดยการปรับค่าของ I_d ตั้งแต่ 0.10 แอมป์ จนถึง 1.20 แอมป์ โดยใช้ก๊าซฮีเลียม และอาร์กอนดังแสดงในรูปที่ 4.9 และ 4.10 การทดลองได้ใช้ค่า $V_d = 60.0$ โวลต์ และความดันภายในแชมเบอร์ $P = 3.8 \times 10^{-4}$ ทอร์ (ตารางข้อมูลดิบของผลการทดลองอยู่ใน “ภาคผนวก ค-8, ค-9”)



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปลี่ยนของ n_p กับการเปลี่ยนแปลงค่า I_d ของพลาสมาที่เกิดจากก๊าซฮีเลียม



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการเปลี่ยนของ n_p กับการเปลี่ยนแปลงค่า I_d ของพลาสมาที่เกิดจากก๊าซอาร์กอน

4.5 ผลของการเปลี่ยนแปลง n_p เนื่องจากการเปลี่ยนค่า P

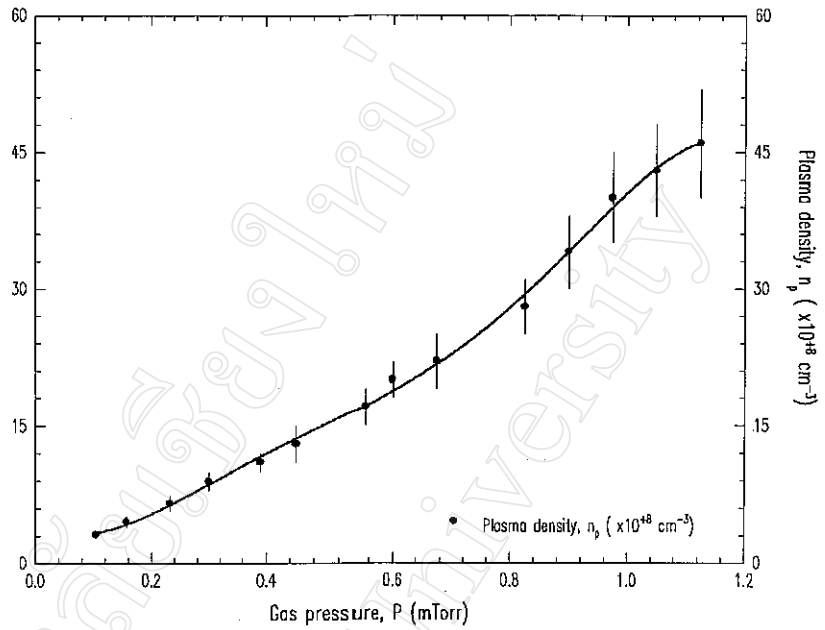
การทดลองหาผลการเปลี่ยนแปลงของ n_p เนื่องจากการปรับเปลี่ยนค่าความดันภายในแชมเบอร์ P ได้ดำเนินการโดยการปรับค่าของ P ตั้งแต่ 1×10^{-4} ทอร์ จนถึง 1×10^{-3} ทอร์ โดยใช้ก๊าซซีเลียม และอาร์กอน รูปที่ 4.11 และ 4.12 แสดงผลทดลองที่ได้โดยใช้ค่า $V_d = 50.0$ โวลต์ ค่า $I_d = 0.50$ แอมป์ (ตารางข้อมูลดิบของผลการทดลองอยู่ใน “ภาคผนวก ก-10, ก-11”)

Helium gas (He)

The gas pressure
from 0.11 to 1.13 mTorr

Operation parameter
 $I_p = 0.50$ A, $V_p = 60.0$ V

Probe size (mm)
0.15 r & 10.0 long



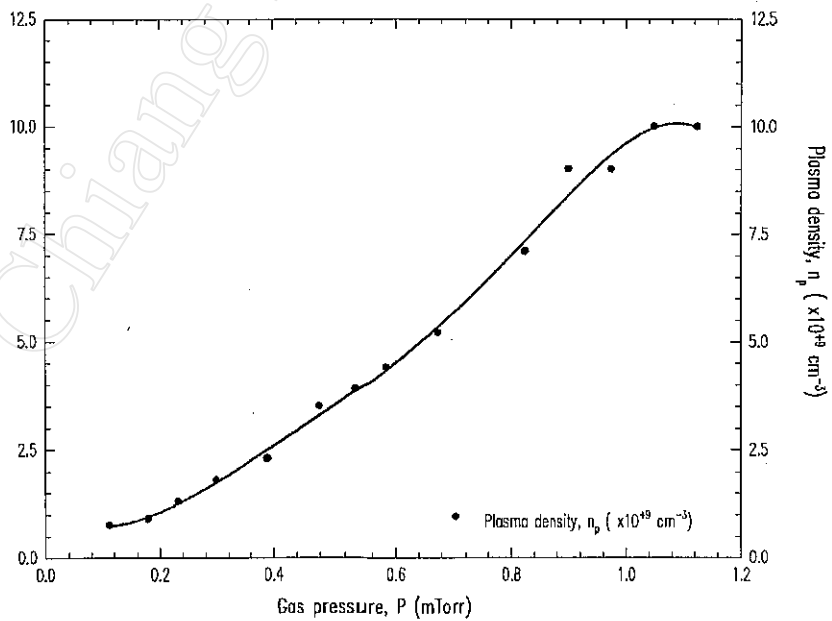
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการเปลี่ยนของ n_p กับการเปลี่ยนแปลงค่า P ของพลาสมาที่เกิดจากก๊าซฮีเลียม

Argon gas (Ar)

The gas pressure
from 0.11 to 1.12 mTorr

Operation parameter
 $I_p = 0.50$ A, $V_p = 60.0$ V

Probe size (mm)
0.15 r & 10.0 long



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการเปลี่ยนของ n_p กับการเปลี่ยนแปลงค่า P ของพลาสมาที่เกิดจากก๊าซอาร์กอน

4.6 อัลฟาแฟกเตอร์

การทดลองหาค่าคงที่ของก๊าซ “อัลฟาแฟกเตอร์ (α)” ที่ขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นของกระแสไอออน J_i ในพลาสมาอิเล็กโทรมด กับค่าความหนาแน่นของพลาสมา n สูงสุดและ ion sound speed ได้ใช้พลาสมาของก๊าซ ฮีเลียม อาร์กอน และ ซีซอน ซึ่งค่าอัลฟาแฟกเตอร์ที่หาได้แสดงในตารางที่ 4.1 การทดลองได้ใช้ $V_d = 50.0$ โวลต์ ค่า $I_d = 0.50$ แอมป์ ค่าความต่างศักย์ที่ไบแอส (bias voltage) $V_B = 50.0$ โวลต์ และความดันภายในแชมเบอร์ $P = 3.8 \times 10^{-4}$ ทอร์ (กราฟข้อมูลของผลการทดลองอยู่ใน “ภาคผนวก ง-1, ง-2, ง-3”)

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการคำนวณค่า อัลฟาแฟกเตอร์ (α) ของก๊าซฮีเลียม อาร์กอน และซีซอน

Ion	Plasma parameters at $I_d = 0.50$ A, $V_d = 50.0$ V, and $V_B = 50.0$ V					α factor
	T_e (eV)	J_e ($\times 10^{-3}$ A/cm 2)	n ($\times 10^{18}$ cm $^{-3}$)	I_B (mA)	J_i ($\times 10^{-5}$ A/cm 2)	
He $^+$	1.44	1.55	4.8 \pm .6	0.38	1.92	0.42 \pm .07
Ar $^+$	1.43	8.37	26. \pm 3.	0.90	4.55	0.59 \pm .08
Xe $^+$	1.40	15.60	49. \pm 6.	0.73	3.69	0.46 \pm .06