

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 บทนำ	3
2.2 หลักการของเครื่องกำเนิดไอออนชนิดอาร์คในสุญญากาศ	4
2.3 กระบวนการเคลื่อนที่ของพลาสมาผ่านขดลวดโซลินอยด์	7
2.3.1 การเคลื่อนที่ของพลาสมาบริเวณผิวแคโทด	7
2.3.2 การเคลื่อนที่ของพลาสมาในท่อแม่เหล็ก	9
2.4 ศักย์พลาสมาและโพรบวัดกระแส	12
2.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์โพลกับอุณหภูมิของพลาสมา	13
2.4.2 การประเมินค่าอุณหภูมิของอิเล็กตรอนในทางปฏิบัติ	18
บทที่ 3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	22
3.1 บทนำ	22
3.1.1 หัวกำเนิดไอออน	22
3.1.2 แคมเบอร์เป่า	22
3.1.3 ระบบจ่ายไฟและส่วนควบคุมการทำงาน	25
3.1.4 ระบบสนับสนุนอื่นๆ	25
3.2 เครื่องมือที่ออกแบบสร้าง	25
3.2.1 หัวจ่ายไอออนชนิด เอ็ม อี วี วี เอ	25
3.2.2 ระบบจ่ายไฟทริกเกอร์	28
3.2.3 ระบบจ่ายไฟอาร์ค	34
3.2.4 ขดลวดโซลินอยด์	38

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	40
4.1 การวัดกระแสไอออนที่ได้จากเครื่องกำเนิดไอออนชนิด เอ็ม อี วี วี เอ	40
4.1.1 วิธีการวัดกระแสอาร์คและกระแสพลาสมา	40
4.1.2 ผลการวัดกระแสอาร์คและกระแสไอออน	43
ก เมื่อไม่ใช้โซลินอยด์	43
ข เมื่อใช้โซลินอยด์	44
4.2 การหาอุณหภูมิของอิเล็กตรอน	45
4.3 ผลการนับจำนวนอนุภาคนิวเคลียสขนาดใหญ่	49
4.3.1 วิธีการเตรียมชิ้นงานสำหรับการทำฟิล์ม	49
4.3.2 การแจกแจงของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่	50
4.3.3 ความสัมพันธ์ของจำนวนอนุภาคนิวเคลียสขนาดใหญ่กับกระแสอาร์ค	51
4.3.4 ผลการใช้โซลินอยด์โค้งในการลดจำนวนอนุภาคนิวเคลียสขนาดใหญ่	52
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	54
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก ก	58
ภาคผนวก ข	60
ภาคผนวก ค	64
ประวัติการศึกษา	69

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงแผนผังกระบวนการต่างๆ ที่ใช้ผลิตพลาสมา โดยการทำให้ก๊าซแตกตัวเป็นไอออน จากแหล่งพลังงานชนิดต่างๆ	4
2.2	แสดงโครงสร้างวงจรพื้นฐานของส่วนกำเนิดพลาสมาของเครื่องกำเนิดไอออนชนิด MEVVA พร้อมภาคจ่ายไฟต่างๆ	5
2.3	แสดงปรากฏการณ์ที่เกิดบริเวณผิวแคโทดระหว่างกระบวนการทริก	6
2.4	แสดงไดอะแกรมของโปรบวัดกระแสชนิดขั้วเดียว (single probe) และวงจรภายนอก ในระบบพลาสมาดีซี	13
2.5	แสดงการเคลื่อนที่ของอนุภาคทั้ง 3 ชนิด เข้าสู่โลหะตัวนำ	14
2.5	แสดงชีพของพลาสมาที่เกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของโปรบที่วางไว้ในพลาสมา และความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นระหว่างพลาสมาและโลหะตัวนำ	16
2.6	แสดงการวัดระบบดีซีพลาสมาของเครื่องกำเนิดไอออน	18
3.1	แสดงภาพสเก็ตช์แบบเบร็พเปาเอนกประสงค์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในการทดลอง	23
3.2	ไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องกำเนิดไอออนชนิด เอ็ม อี วี วี เอ สำหรับการทำให้ฟิล์ม	24
3.3	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการสีกบริเวณผิวแคโทดที่ผ่านการใช้งานระหว่างทริกเกอร์ชนิดปลายแหลม และชนิดวงแหวน	27
3.4	แสดงโครงสร้างภายในหัวกำเนิดไอออนชนิด เอ็ม อี วี วี เอ	27
3.5	แสดงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นขณะอาร์คของหัวจ่ายพลาสมา	28
3.6	แสดงวงจรอย่างง่ายของทริกเกอร์ที่ใช้คอยล์จตุระเบิตรถยนต์เป็นหม้อแปลงเพิ่มความต่างศักย์	29
3.7	วงจรสมมูลย์ของหม้อแปลงในคอยล์จตุระเบิตรถยนต์	31
3.8	วงจรรวมของภาคจ่ายไฟทริกเกอร์	33
3.9	แสดงโครงสร้างวงจรพื้นฐานของเครื่องจ่ายไฟอาร์ค	36
3.10	แสดงลักษณะการต่อขดลวดโซลินอยด์ตรงอนุกรมเข้ากับแอโนด	37
3.11	ภาพแสดงขดลวดโซลินอยด์ที่ใช้ในการลำเลียงพลาสมา	38
3.12	แสดงความเข้มสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งต่างๆ ในแนวแกนของโซลินอยด์เมื่อกระแสอาร์คเท่ากับ 300 A	39

รูปที่		หน้า
4.1	ไดอะแกรมแสดงวงจรอย่างง่ายที่ใช้ในการวัดกระแสอาร์คและกระแสพลาสมา	40
4.2	แสดงภาพกระแสอาร์คและกระแสพลาสมาที่บันทึกได้จาก storage oscilloscope	41
4.3	แสดงการไบอัสโพรวัดกระแส เพื่อใช้ในการวัดกระแสไอออน และกระแสอิเล็กตรอน	42
4.4	แสดงกระแสไอออนและกระแสอิเล็กตรอนที่วัดได้เมื่อมีการไบอัสโพรวัดกระแส	42
4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสอาร์คกับกระแสไอออน เมื่อไม่ใช่โซลินอยด์	44
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์คกับกระแสไอออน เมื่อลำเลียงผ่านโซลินอยด์ตรงและโค้ง	45
4.7	กราฟแสดงผลการทดลองหาค่าอุณหภูมิของอิเล็กตรอน ของท่อโซลินอยด์ตรง	46
4.8	กราฟแสดงผลการหาค่าอุณหภูมิของอิเล็กตรอน ของโซลินอยด์ตรงและโค้ง เมื่อ $I_{arc} = 300 \text{ A}$	48
4.9	แสดงภาพถ่ายของฟิล์มทองแดงบนกระจกที่มีการใช้งานทั่วไป จากกล้องขยายกำลังสูงขนาด 200 เท่า	49
4.10	กราฟแสดงจำนวนอนุภาคขนาดใหญ่บนฟิล์มทองแดง เมื่อ deposition ด้วยกระแสอาร์ค 150 A จำนวน 1000 นัด	51
4.11	แผนภูมิแสดงจำนวนอนุภาคขนาดใหญ่กับกระแสอาร์คค่าต่างๆ	52
4.12	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบจำนวนอนุภาคขนาดต่างๆ เมื่อใช้โซลินอยด์ กับไม่ใช่โซลินอยด์ ที่กระแสอาร์คเท่ากับ 300 A	53
ข.1	กราฟแสดงการแจกแจงแบบ Maxwell-Boltzmann's distribution	60
ค.1	หม้อแปลงไฟฟ้ากรณี open circuit	64
ค.2	วงจรเทียบเท่าหม้อแปลงไฟฟ้ากรณี Open circuit load ($L = L_{mag}$)	65
ค.3	หม้อแปลงไฟฟ้ากรณี Short circuit load	65
ค.4	วงจรเทียบเท่าหม้อแปลงไฟฟ้ากรณี Short circuit load ($L = L_L$)	66

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
3.1	แสดงค่าสมบัติทางไฟฟ้าของเครื่องทริกเกอร์ที่ออกแบบขึ้นใช้งาน	32
3.2	แสดงค่าสมบัติทางไฟฟ้าของเครื่องจ่ายไฟอาร์คที่ออกแบบขึ้นใช้งาน	35

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University