

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพประกอบ	ฎ
นิยามคำศัพท์ที่ใช้	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	4
2.1 พลาสมาอิมเมอร์ชันไอออนอิมพลานเตชัน (plasma immersion ion implantation; PIII)	4
2.2 เครื่องกำเนิดไอออนชนิดอาร์กในสุญญากาศ (MEVVA)	6
2.3 ระบบลำเลียงพลาสมา	12
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างโดสและพลาสมาพารามิเตอร์	17
2.5 การใช้ Electric Probe วัดคุณสมบัติของพลาสมา	21
2.6 การวัดกระแสอาร์ก	25
2.7 การออกแบบตัวเก็บประจุที่ใช้ในวงจรไบอัสเป่า	33
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์	35
3.1 หัวกำเนิดพลาสมา	36
3.2 ระบบจ่ายไฟ (power supply)	45
3.3 ท่อลำเลียงพลาสมาทำจากโซลินอยด์	47
3.4 ระบบวัดกระแส	49
3.5 ระบบขับเคลื่อนภายในสุญญากาศ	55
3.6 ระบบสนับสนุน	56

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	57
4.1 การพัฒนาระบบวัดกระแสอาร์กด้วยหม้อแปลงทอรอยด์วัดกระแส	58
4.1.1 การทดลองหาค่าจำนวนรอบของทอรอย์ที่เหมาะสมกับการอินทิเกรตด้วยโปรแกรม	58
4.1.2 การทดลองหาเวลาคงค่าของวงจรอาร์ซี (time constant) ที่เหมาะสมในการอินทิเกรตด้วยวงจรฮาร์ดแวร์	61
4.1.3 การทดลองเพื่อสอบเทียบทอรอยด์วัดกระแสที่อินทิเกรตด้วยโปรแกรม และวงจรอาร์ซีพาสซีฟ	64
4.2 การทดลองเพื่อศึกษาและพัฒนาการใช้ MEVVA ในระบบ PIII	66
4.2.1 การทดลองหาความสัมพันธ์ของกระแสพลาสมา กับศักย์ไฟฟ้าไบแอสเป้า	66
4.2.2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกระแสดำกับกระแสไอออนอิมิตเตอร์ของโลหะแคโทดชนิดต่าง ๆ	71
4.2.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไอออนอิมิตเตอร์กับกระแสอาร์กของโลหะแคโทดทั้ง 5 ชนิด ที่ตำแหน่งต่างๆ	73
4.2.4 การทดลองเพิ่มปริมาณกระแสไอออนอิมิตเตอร์ด้วยการเลื่อนตำแหน่งโซลินอยด์โฟกัสจากบริเวณผิวหน้าโลหะแคโทด	77
4.2.5 การทดลองเพิ่มปริมาณกระแสไอออนอิมิตเตอร์ด้วยการเลื่อนตำแหน่งแม่เหล็กถาวรโฟกัสจากบริเวณผิวหน้าของโลหะแคโทด	81
4.2.6 การทดลองใช้โซลินอยด์ตรงและโค้งลำเลียงพลาสมา	85
4.2.7 การทดลองหาตำแหน่งแม่เหล็กโฟกัสที่เหมาะสมกับจุดกำเนิดพลาสมาเมื่อใช้โซลินอยด์ลำเลียงตรงและโค้ง	88
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	92
เอกสารอ้างอิง	94

	หน้า
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	96
ภาคผนวก ข	101
ภาคผนวก ค	114
ภาคผนวก ง	116
ประวัติผู้เขียน	118

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของธาตุไทเทเนียม เหล็ก อะลูมิเนียมและคาร์บอน	37
3.2 แสดงค่าสมบัติทางไฟฟ้าของเครื่องทริกเกอร์ที่ออกแบบขึ้นใช้งาน	45
3.3 แสดงค่าสมบัติทางไฟฟ้าของเครื่องจ่ายไฟอาร์ก	46
3.4 แสดงค่าสมบัติทางไฟฟ้าของระบบไบอัสโพรบ	51
4.1 แสดงค่าความสัมพันธ์ของกระแสพลาสมา กับศักย์ไฟฟ้าไบอัสเป้าที่ผลิตจากโลหะแคโทดทั้ง 5 ชนิด	70
4.2 แสดงผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของกระแสไอออนอิมพัลส์ต่อกระแสอาร์กของโลหะแคโทด 6 ชนิด	72
4.3 แสดงผลการทดลองเพิ่มปริมาณกระแสไอออนอิมพัลส์ด้วยการเลื่อนตำแหน่งโซลินอยด์ไฟกัส	79
4.4 แสดงผลการทดลองเพิ่มปริมาณกระแสไอออนอิมพัลส์ด้วยการเลื่อนตำแหน่งโซลินอยด์ไฟกัส	83

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 แสดงทิศการเคลื่อนที่ของอนุภาคไอออนใน PIII	5
2.2 แสดงโครงสร้างวงจรพื้นฐานของส่วนกำเนิดพลาสมาของเครื่องกำเนิดไอออนชนิด MEVVA พร้อมภาคจ่ายไฟต่างๆ	6
2.3 แสดงปรากฏการณ์ที่เกิดบริเวณผิวแคโทดระหว่างกระบวนการทริก	8
2.4 แสดงระบบ PIII ที่ใช้ Glow discharge source เป็นแหล่งกำเนิดพลาสมา	9
2.5 แสดงระบบ PIII ที่ใช้ MEVVA เป็นหัวกำเนิดพลาสมา	10
2.6 แสดงระบบ PIII ที่ใช้ MEVVA เป็นหัวกำเนิดพลาสมาพร้อมทั้งแม่เหล็กโฟกัสและโซลินอยด์ตรง	10
2.7 แสดงระบบ PIII ที่ใช้ MEVVA เป็นหัวกำเนิดพลาสมาพร้อมทั้งแม่เหล็กโฟกัสและโซลินอยด์โค้ง	11
2.8 แสดงการวัดระบบดีซิปลาสมาของเครื่องกำเนิดไอออน	21
2.9 แสดงปรากฏการณ์ของฮอลล์	25
2.10 แสดงการวัดกระแสโดยใช้หัววัดฮอลล์วัดสนามแม่เหล็กในแนวแกนกลางของโซลินอยด์	27
2.11 แสดงพารามิเตอร์ต่างๆ ของโซลินอยด์	27
2.12 แสดงการใช้ทอรอยด์วัดกระแสไฟฟ้า	29
2.13 แสดงวงจรอาร์ชีบิทเทรต	31
3.1 แสดงระบบอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	36
3.2 แสดงภาพจริงของหัวกำเนิดพลาสมา	36
3.3 แสดงโลหะแคโทด	38
3.4 แสดงโลหะทริกเกอร์	39
3.5 แสดงขั้วแอโนดที่เป็นโครงสร้างจริง	40
3.6 แสดงไฟเรกซ์ที่ใช้เป็นฉนวนคั่นระหว่างขั้วโลหะแคโทดกับทริกเกอร์	41
3.7 แสดงโปรไฟล์ของสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรและโซลินอยด์โฟกัส	43

รูป	หน้า
3.8 แสดงโซลินอยด์ไฟฟ้า 3 รอบ	43
3.9 แสดงลักษณะของแม่เหล็กถาวร	44
3.10 แสดงการเชื่อมต่อขดลวดโซลินอยด์เข้ากับวงจรของขั้วแอโนดแบบอนุกรม	47
3.11 แสดงโซลินอยด์ตรง	48
3.12 แสดงโซลินอยด์โค้ง	49
3.13 แสดงวงจรโพรบวัดกระแสพลาสมา	50
3.14 แสดงความต้านทานชั้นที่ใช้วัดกระแสอาร์ก	52
3.15 แสดงระบบหัววัดฮอลล์ที่ใช้วัดกระแสอาร์ก	52
3.16 แสดงระบบทอรอยด์วัดกระแสที่ใช้วัดกระแสอาร์ก	53
3.17 แสดงทอรอยด์แกนอากาศที่ใช้	53
3.18 แสดงลำดับการประมวลผลสัญญาณ	54
3.19 แสดงระบบขับเคลื่อนภายในสุญญากาศ	55
3.20 แสดงระบบสุญญากาศ	56
4.1 แสดงวงจรอย่างง่ายของการทดลองหาค่าจํานวนรอบที่เหมาะสมของทอรอยด์	59
4.2 แสดงกราฟแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่วัดได้จากทอรอยด์ วัดกระแสจํานวนรอบต่าง ๆ	60
4.3 แสดงกราฟสัญญาณกระแสอาร์กที่ได้จากการอินทิเกรตทอรอยด์จํานวนรอบต่าง ๆ	61
4.4 แสดงวงจรอย่างง่ายของการทดลองหาค่า RC หรือ time constant ที่เหมาะสม	62
4.5 แสดงสัญญาณกระแสที่วัดได้จากการอินทิเกรตแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ของทอรอยด์ 600 รอบ ด้วยวงจร RC passive ที่มีค่าความต้านทาน หรือ time constant ค่าต่าง ๆ	63
4.6 แสดงวงจรอย่างง่าย ในการทดลองสอบเทียบทอรอยด์วัดกระแส	64
4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอาร์กโวลเตจและกระแสอาร์ก	65
4.8 แสดงวงจรอย่างง่ายที่ใช้ในการทดลองหาความสัมพันธ์ของกระแสพลาสมา กับ ศักย์ไฟฟ้า ไบแอสเป้า (IV curve)	66
4.9 แสดง IV curve ของโลหะแคโทดคาร์บอน (C)	67
4.10 แสดง IV curve ของโลหะแคโทด อะลูมิเนียม (Al)	68
4.11 แสดง IV curve ของโลหะแคโทดไทเทเนียม (Ti)	68

รูป	หน้า
4.12 แสดง IV curve ของโลหะแคโทดเหล็ก (Fe)	69
4.13 แสดง IV curve ของโลหะแคโทดทองแดง (Cu)	69
4.14 แสดงวงจรอย่างง่ายที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไอออนอิมิต์ ของโลหะแต่ละชนิดกับพลังงานไอออนไนต์เซชันอันดับที่ 1	71
4.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างไอออนอิมิต์กับกระแสอาร์กของ โลหะแคโทดแต่ละชนิด	72
4.16 แสดงวงจรอย่างง่ายที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไอออนอิมิต์ กับระยะห่างจากเป้าถึงแคโทด	73
4.17 ค่ากระแสอาร์กและกระแสไอออนอิมิต์ของโลหะแคโทดอะลูมิเนียม	74
4.18 ค่ากระแสอาร์กและกระแสไอออนอิมิต์ของโลหะแคโทดไทเทเนียม	75
4.19 ค่ากระแสอาร์กและกระแสไอออนอิมิต์ของโลหะแคโทดเหล็ก	75
4.20 ค่ากระแสอาร์กและกระแสไอออนอิมิต์ของโลหะแคโทดทองแดง	76
4.21 แสดงวงจรอย่างง่ายในการทดลองเพิ่มปริมาณกระแสไอออนอิมิต์ด้วยการ เลื่อนตำแหน่งโซลินอยด์โฟกัส	77
4.22 แสดงการเคลื่อนตำแหน่งโซลินอยด์โฟกัสที่สัมพันธ์กับผิวหน้าของโลหะแคโทด	78
4.23 กราฟแสดงผลการทดลองเพิ่มปริมาณกระแสไอออนอิมิต์ด้วยการเลื่อนตำแหน่ง แม่เหล็กโฟกัสจากผิวหน้าของโลหะแคโทด	78
4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไอออนอิมิต์กับความชันของโปรไฟล์ สนามแม่เหล็กในแนวแกนของโซลินอยด์โฟกัส	80
4.25 แสดงวงจรอย่างง่ายในการทดลองเพื่อเพิ่มปริมาณกระแสไอออนอิมิต์ ด้วยการเลื่อนตำแหน่งแม่เหล็กถาวรโฟกัส	81
4.26 แสดงการเคลื่อนตำแหน่งแม่เหล็กถาวรโฟกัสที่สัมพันธ์กับผิวหน้าของโลหะแคโทด	82
4.27 กราฟแสดงผลการทดลองเพิ่มปริมาณกระแสไอออนอิมิต์ด้วยการเลื่อนตำแหน่ง แม่เหล็กถาวรโฟกัสจากผิวหน้าของโลหะแคโทด	82
4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไอออนอิมิต์กับความชันของโปรไฟล์ สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร	84
4.29 แสดงการทดลองใช้โซลินอยด์ตรงและโค้งลำเลียงพลาสมา	86

รูป	หน้า
4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไอออนอ้อมตัวกับกระแสอาร์ก เมื่อใช้โซลินอยด์ตรง และโซลินอยด์โค้ง	87
4.31 แสดงวงจรอย่างง่าย ในการทดลองหาตำแหน่งแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสมกับ จุดกำเนิดพลาสมาเมื่อใช้โซลินอยด์ลำเลียง	89
4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแม่เหล็กไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับ จุดกำเนิดพลาสมากับกระแสไอออนอ้อมตัว	90

นิยามคำศัพท์ที่ใช้

สำหรับคำศัพท์ที่ใช้ในหนังสือวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้เขียนได้พยายามใช้ให้ตรงกับศัพท์บัญญัติจากหนังสือศัพท์วิทยาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน ที่รวบรวมขึ้นโดยคณะกรรมการบัญญัติศัพท์วิทยาศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ.2528 และหนังสือศัพท์เทคนิควิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์ ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่จัดทำโดยคณะกรรมการปรับปรุงศัพท์เทคนิคทางวิศวกรรมไฟฟ้าในคณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า เมื่อปี พ.ศ. 2540 ทั้งนี้ผู้เขียนได้ปรับปรุงศัพท์บางคำให้สอดคล้องกับเรื่องที่ทำตามความเหมาะสม

คำศัพท์	ศัพท์บัญญัติ	คำศัพท์ที่ใช้
abrasion	การสึกกร่อน	การสึกกร่อน
ampere	แอมแปร์	แอมแปร์
analog to digital	<u>แอนะล็อกเป็นดิจิตอล</u>	แอนะล็อกเป็นดิจิตอล
arc	อาร์ก	อาร์ก
beam	ลำ	ลำ
cathode	แคโทด	แคโทด
charge	ประจุ	ประจุ
conductivity	สภาพนำไฟฟ้า	สภาพนำไฟฟ้า
deposition	การเคลือบ	การเคลือบ
direct current(DC)	กระแสตรง (ดีซี)	กระแสตรง (ดีซี)
electric field	สนามไฟฟ้า	สนามไฟฟ้า
electron	อิเล็กตรอน	อิเล็กตรอน
evaporation	การระเหย	การระเหย
forces	แรง	แรง
freeze	แข็งตัว	ไม่แตกตัว
friction	ความเสียดทาน	ความฝืด
hardness	ความแข็ง	ความแข็ง
Input	<u>เข้า, อินพุต</u>	เข้า, อินพุต
Ion	ไอออน	ไอออน
ion flux	ไอออนฟลักซ์	ไอออนฟลักซ์

คำศัพท์	คำแปลจากหนังสือ	คำศัพท์ที่ใช้
ion implantation	-	การเคลือบฝังผิวด้วยไอออน
isochoric	ไอโซคอริก	ไอโซคอลิก
larmor radius	รัศมีของลามอร์	รัศมีของลามอร์
macroparticle	อนุภาคขนาดใหญ่	อนุภาคขนาดใหญ่
magnet	แม่เหล็ก	แม่เหล็ก
magnetic field	สนามแม่เหล็ก	สนามแม่เหล็ก
magnetic pressure	แรงดันจากสนามแม่เหล็ก	แรงดันจากสนามแม่เหล็ก
melting point	จุดหลอมเหลว	จุดหลอมเหลว
microtip	ไมโครทิว	ไมโครทิว
oscilloscope	<u>ออสซิลโลสโคป</u>	ออสซิลโลสโคป
particle	อนุภาค	อนุภาค
plasma density	ความหนาแน่นของพลาสมา	ความหนาแน่นของพลาสมา
plasma immersion-	-	การเคลือบฝังผิวด้วยพลาสมา
ion implantation	-	การเคลือบฝังผิวด้วยพลาสมา
pressure gradients	การขยายตัวเนื่องจากแรงดัน	การขยายตัวเนื่องจากแรงดัน
potential	ศักย์	ศักย์
potential difference	ความต่างศักย์	ความต่างศักย์
primary	ปฐมภูมิ	ปฐมภูมิ
resistivity	สภาพความต้านทาน	สภาพความต้านทาน
saturation	การอิ่มตัว	การอิ่มตัว
shunt	ชัณฑ์	ชัณฑ์
species	ประเภท	ประเภท
tesla	เทสลา	เทสลา
voltage	<u>แรงดัน</u>	แรงดัน

คำที่ ขีดเส้นใต้ คือ ศัพท์จากหนังสือศัพท์เทคนิควิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์

* คือ คำที่ใช้ต่างจากศัพท์บัญญัติ