บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวัดค่าพารามิเตอร์ของพลาสมาสามารถกระทำได้หลายวิธี ซึ่งมีประโยชน์และวิธีใช้ที่ต่างกันออกไปเช่น การวัดด้วยวิธีอินเตอร์ฟีรอเมทรีด้วยคลื่นไมโครเวฟ (microwave interferometry) ซึ่งนิยมใช้ในการวัดความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในพลาสมา วิธีนี้มีข้อดีอยู่ที่ เป็นการวัดที่ไม่รบกวนระบบ วิธีการวัดแบบนี้ อาศัยหลักการที่ว่า คลื่นไมโครเวฟที่ผ่านเข้าไปในพลาสมาจะเคลื่อนที่ช้าลงกว่าปกติ [1] นอกจากวิธีนี้แล้ว เรายังสามารถศึกษาสมบัติของพลาสมาผ่านวิธีวิเคราะห์พลังงานของไอออน (ion energy analysis) ได้อีกด้วย วิธีนี้กระทำโดยใช้การวิเคราะห์จากเครื่องวิเคราะห์การหน่วงของพลังงานศักย์ (retarding potential energy analyzer) และเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบแผ่นโค้ง (curved-plate energy analyzer) ซึ่งออกแบบมาเพื่อประยุกต์ใช้งานกับงานปรับปรุงพื้นผิวโดยพลาสมา สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก (microelectronic plasma deposition and etching) [2,3]

หัววัดทางไฟฟ้า (electric probe) เป็นอุปกรณ์อย่างง่ายชนิดหนึ่ง ซึ่งนิยมใช้ในการศึกษาสมบัติของพลาสมา เพราะนอกจากจะไม่ซับซ้อนแล้ว ยังให้ผลการวัดที่มีความแม่นยำสูง หัววัดแบบลางมัวร์ (Langmuir probe) เป็นหัววัดทางไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับพลาสมาหลาย ๆ แบบได้ เช่นพลาสมาฟิวชั่น (plasma fusion) สารกึ่งตัวนำ (semiconductor) และเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตวัสดุต่าง ๆ เป็นต้น

เทคนิคการวัดพารามิเตอร์ของพลาสมาโดยใช้หัววัดแบบลางมัวร์ เป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายมาก ดังเช่นในงานของ William D. Friedman [4] ซึ่งได้ใช้หัววัดแบบลางมัวร์ศึกษาอุณหภูมิของอิเล็กตรอนและความหนาแน่นของพลาสมา จากเครื่องกำเนิดพลาสมาด้วยคลื่นความถี่วิทยุ โดยสามารถวัดอุณหภูมิของอิเล็กตรอนได้ในช่วง 2 ถึง 5 อิเล็กตรอนโวลต์ (eV) และวัดความหนาแน่นของอิเล็กตรอนได้ 10^{9} ถึง 10^{10} cm^{-3} และในงานชิ้นหนึ่งของ L. F. C. Nascimento และคณะ [5] ได้กล่าวถึงเทคนิคในการใช้หัววัดแบบลางมัวร์ในการศึกษาระบบพลาสมา ที่สร้างขึ้นโดยวิธีใช้ไฟฟ้ากระแสตรงให้พลังงานกับก๊าซ ทำให้อิเล็กตรอนถูกกระตุ้นกลายเป็นพลาสมา และงานของ A.M. Abdel-Baky และคณะ [6] ได้วัดค่าพารามิเตอร์ของพลาสมาของก๊าซฮีเลียม ที่เกิดจากการดิสชาร์จ ในช่วงการเรืองแสงด้านลบ (negative glow region) ด้วยวิธีการทางแสงกับวิธีใช้หัววัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบลางมัวร์ และงานของ M.J. Heintz และคณะ [7] ซึ่งได้ใช้หัววัดแบบลางมัวร์ในการศึกษาพลาสมาที่เกิดจากการดิสชาร์จเรืองแสงด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency glow discharge) ซึ่งสามารถวัดพลังงานของอิเล็กตรอนได้อยู่ในช่วงประมาณ 2 ถึง 5 eV และความหนาแน่นพลาสมาอยู่ในช่วงประมาณ 10^{9} cm^{-3} ถึง 10^{10} cm^{-3} ตัวอย่างงานอีกชิ้นหนึ่งทำโดย G.C. Goldenbaum และ K.A. Gerber [8] ได้ทดลองวัดพลังงานและความหนาแน่นพลาสมาของก๊าซอาร์กอนซึ่งสามารถหาพลังงานและความหนาแน่นได้ 4 eV และ 4×10^{18} cm^{-3} ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าในการวัดพลาสมาในหลาย ๆ งานวิจัย ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น เลือกใช้ระบบวัดโดยใช้หัววัดแบบลางมัวร์ ทั้งสิ้น ซึ่งหมายความว่าระบบการวัดโดยใช้หัววัดแบบลางมัวร์เป็นระบบการวัดที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล

ในงานวิจัยนี้ ผู้ทำวิจัยได้ทำการวัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของพลาสมาคือ อุณหภูมิของอิเล็กตรอน ความหนาแน่นของพลาสมา ศักย์ของพลาสมา และศักย์ลอย ในพลาสมาที่เกิดจากระบบดิสชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรง นอกจากนี้ยังได้พัฒนาเทคนิคการสร้างหัววัดแบบลางมัวร์ เพื่อใช้ในการศึกษาพลาสมาในงานวิจัยครั้งนี้ด้วย เพราะว่าในปัจจุบันนี้ หัววัดดังกล่าวมีราคาสูง อีกทั้งเมื่อมีการใช้งานไปนาน ๆ หัววัดจะถูกไอออนในระบบพลาสมาพุ่งชนจนเกิดการสึกกร่อนหมดสภาพ การที่ต้องเปลี่ยนหัววัดบ่อย ๆ จะเป็นการเพิ่มต้นทุนในงานวิจัยเป็นอย่างมาก ผู้ทำการทดลองเล็งเห็นว่า หากเราสามารถสร้างหัววัดดังกล่าวจากวัสดุที่มีภายในประเทศได้ ก็น่าจะเป็นการลดต้นทุนในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพลาสมาซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.ออกแบบและสร้างระบบพลาสมาดิสชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายเพื่อใช้เป็นแหล่งกำเนิดพลาสมาเพื่อใช้ในการศึกษาสมบัติต่าง ๆ

2.ออกแบบและสร้างหัววัดทางไฟฟ้าจากวัสดุที่หาได้ง่ายในประเทศ และมีราคาไม่สูง เพื่อศึกษาสมบัติของพลาสมาที่เกิดจากการดิสชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การสร้างหัววัดทางไฟฟ้าแบบลางมัวร์ เพื่อใช้วัดและศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของพลาสมาที่เกิดจากการดิสชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้ และทักษะด้านต่างๆ ในงานสร้างระบบพลาสมาดิสชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ตลอดจนทักษะต่าง ๆ เกี่ยวกับหัววัดทางไฟฟ้าและการสร้างหัววัดทางไฟฟ้า

2. ได้หัววัดทางไฟฟ้าเพื่อใช้ในการศึกษาระบบพลาสมา ซึ่งหัววัดที่ได้นั้นสามารถนำไปใช้กับพลาสมาระบบอื่น ๆ ได้อีก ไม่เพียงแต่พลาสมาที่เกิดจากการดิสชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น แต่ยังสามารถใช้กับพลาสมาที่เกิดจากคลื่นพลังงานสูงเช่น คลื่นวิทยุ ได้อีกด้วย

3. ได้รับเทคนิควิธีและทักษะในการวัดและวิเคราะห์พารามิเตอร์ของพลาสมา

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างระบบพลาสมาดิสชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้เป็นแหล่งกำเนิดพลาสมา

2. ออกแบบและสร้างหัววัดทางไฟฟ้า เพื่อใช้ในการศึกษาระบบพลาสมาดิสชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรง

3. นำหัววัดที่ได้มาวัดหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของพลาสมา ที่ได้จากระบบพลาสมาดิสชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรง

4. อภิปรายและสรุปผลงานวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 5 บท ซึ่งในบทที่ 1 จะกล่าวถึงเหตุจูงใจ และวิธีการดำเนินการวิจัย ส่วนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เช่นระบบพลาสมาที่เกิดจากการดิสชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรง การคำนวณหาค่าอุณหภูมิของอิเล็กตรอน และความหนาแน่นของพลาสมานั้น ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ส่วนในบทที่ 3 กล่าวถึง ระบบทดลองที่ใช้ เช่นระบบพลาสมาดิสชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรง และการสร้างระบบพลาสมานั้น การสร้างหัววัดทางไฟฟ้าเพื่อใช้วัดค่าลักษณะเฉพาะตัวของพลาสมา และเทคนิควิธีการวัดโดยใช้หัววัดที่สร้างนั้น ในบทที่ 4 กล่าวถึงเทคนิคการวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของพลาสมาที่วัดได้ และอภิปรายผล โดยที่การสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ จะกล่าวไว้ในบทที่ 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย