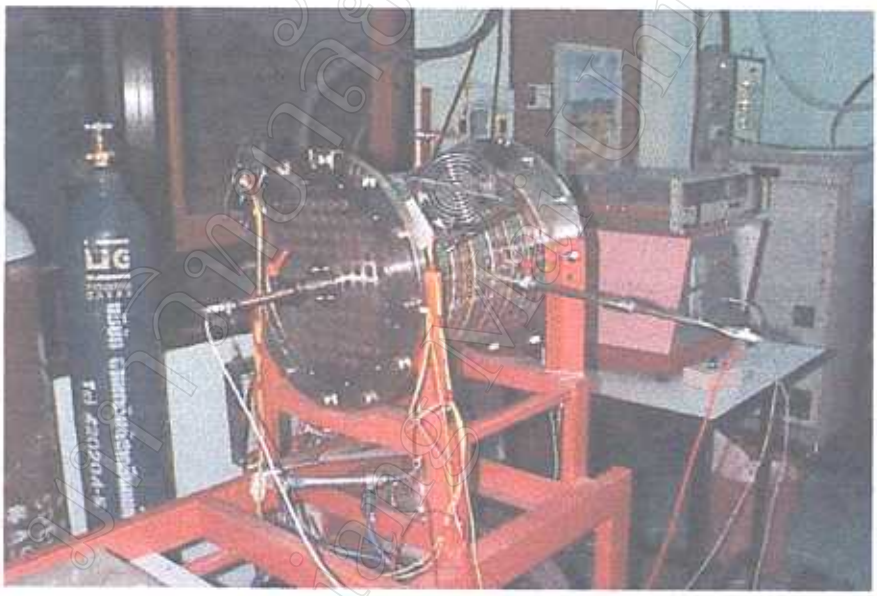
บทที่ 1
บทนำ

ในต้นทศวรรษนี้ คณะนักวิจัยได้เริ่มให้ความสนใจที่จะพัฒนาแหล่งกำเนิดไอออนแบบมัลติคัสพ์พลาสมา (multicusp) เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไอออนความเข้มสูงสำหรับงานปรับปรุงสมบัติเชิงพื้นผิวของวัสดุ โดยใช้หลักการของการนำเอาสนามแม่เหล็กถาวรมาห่อหุ้มแหล่งกำเนิดพลาสมาเพื่อสร้างพลาสมาให้มีความเข้มสูงขนาด 10^{12} ต่อ ลบ.ซม. [Limpaecher and MacKenzie, 1973 ; Leung et al., 1975]



รูปที่ 1.1 ภาพถ่ายของแหล่งกำเนิดไอออนแบบ ดีซี มัลติคัสพ์ ณ อาคารวิจัยนิวตรอนพลังงานสูง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พลาสมาแชมเบอร์ (plasma chamber) แบบมัลติคัสพ์ขนาดใหญ่ได้ถูกออกแบบขึ้นตามแนวความคิดของ Leung และคณะวิจัยแห่ง Lawrence Berkeley National Laboratory ประเทศสหรัฐอเมริกา [Leung et al., 1975, 1978, 1988 ; Ehlers et al., 1979 ; Ehlers and Leung, 1983 ; Walther et al., 1988, 1990 ; Leung and Keller, 1990] ต้นแบบของแหล่งกำเนิดขนาดใหญ่นี้ได้

ทำการสร้างและติดตั้งที่อาคารวิจัยนิวตรอนพลังงานสูง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 31.2 ซม. ตัวถังแหล่งกำเนิดหนา 2.0 มม. และยาว 42.5 ซม. สร้างจากเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) ดังแสดงในรูปที่ 1.1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำมาใช้ในการสร้างไอออนจากจากก๊าซสำหรับการศึกษาคุณลักษณะ (characteristic) และพฤติกรรมของพลาสมาสำหรับเป็นข้อมูลเพื่อใช้ออกแบบแหล่งกำเนิดไอออนต่อไป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะและพฤติกรรมของพลาสมา ที่เกิดจากการแตกตัวของก๊าซ ฮีเลียม (He) อาร์กอน (Ar) และ ซีนอน (Xe) โดยวิธีการเผาเส้นลวดทังสเตน [ดูตอนที่ 3.1] ที่บรรจุอยู่ในตัวถังภายใต้ความดันสูญญากาศ เพื่อให้เกิดอิเล็กตรอนปฐมภูมิ (primary electron) เมื่อให้ค่าความต่างศักย์ระหว่างตัวถังซึ่งทำหน้าที่เป็นแอโนดและแคโถดซึ่งทำจากเส้นลวดทังสเตนมีค่าประมาณ 40 โวลต์ (discharge voltage) โดยมีค่ากระแสปล่อยประจุ (discharge current) อยู่ระหว่าง 500 มิลลิแอมป์ ถึง 1 แอมป์ อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปชนกับโมเลกุลของก๊าซทำให้ก๊าซเกิดการแตกตัว (ionization) และฟอร์มพลาสมาขึ้น หลักการนี้เป็นการสร้างไอออนจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง [Chapman, 1980] แต่ระยะปลอดการชนเฉลี่ยของอิเล็กตรอน (electron mean free path) ในตัวถังของแหล่งกำเนิดที่บรรจุภายในด้วยก๊าซอาร์กอนภายใต้ความดันประมาณ 10^{-4} ทอร์ มีค่าประมาณ 1 ม. [ดูตอนที่ 3.1] ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของตัวถังแหล่งกำเนิด ดังนั้นจึงต้องใช้แม่เหล็กถาวรห่อหุ้มล้อมรอบตัวถังของแหล่งกำเนิด สนามที่เกิดจากแม่เหล็กถาวรจะสามารถกักอิเล็กตรอนและพลาสมาที่เกิดขึ้นให้อยู่ภายในบริเวณที่จำกัดทำให้สามารถฟอร์มพลาสมาให้มีความเข้มสูงได้ [ดูตอนที่ 3.3] แหล่งกำเนิดไอออนชุดนี้ใช้แม่เหล็กถาวรแบบเม็ดกระดุมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18.5 มม. หนา 5.2 มม. วางล้อมรอบตัวถังของแหล่งกำเนิดจำนวน 632 เม็ด ความเข้มของพลาสมาวัดได้โดยใช้เทคนิคหัววัดแบบ Langmuir แบบทรงกระบอกตันเดี่ยว (single Langmuir probe) [ดูตอนที่ 3.4] ภายใต้ความดันก๊าซประมาณ 3.75×10^{-4} ทอร์ และกำลังเผาไหม้เส้นลวด 650 วัตต์ มีค่า 4.8×10^{8} ถึง 4.9×10^{9} ต่อ ลบ.ซม. [ดูผลการทดลองบทที่ 4 ตอนที่ 4.1-4.5]

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังกล่าวถึงการศึกษาหาค่าความสัมพันธ์ของค่าคงที่ของก๊าซ "อัลฟาแฟกเตอร์ (α)" ที่ขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นของกระแสไอออน (ion current density) ในพลาสมาอิเล็กโทรด (plasma electrode) กับค่าความหนาแน่นของพลาสมา (plasma density) สูงสุดและ ion sound speed [Leung, 1994] การทดลองด้วยก๊าซ ฮีเลียม อาร์กอน และ ซีนอน ได้ค่าคงที่อยู่ระหว่าง 0.4-0.6 [ดูผลการทดลองบทที่ 4 ตอนที่ 4.6]

ส่วนหนึ่งของผลงานที่กล่าวไว้ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้นำไปเสนอในการสัมมนาเชิงปฏิบัติการของ The Asian Science Seminar เรื่อง "Frontier of Physics in Fusion Relevant Plasma" ที่ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนจีนปี พ.ศ. 2539 และในงานประชุมระหว่างประเทศ "11th International Stellarator Conference & 8th International Toki Conference on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion (ITC-8)" ที่ประเทศญี่ปุ่นปี พ.ศ. 2540

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University