บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การให้พลังงานแก่กระบวนการตกสะสมไอเชิงเคมี (Chemical Vapor Deposition; CVD) ในอุตสาหกรรมมีหลายวิธีเช่น การใช้ลวดความร้อน (hot filament) การใช้ความต่างศักย์สูง (high voltage) การใช้คลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency) และการใช้คลื่นความถี่ไมโครเวฟ (microwave frequency) เป็นต้น [1] การส่งผ่านพลังงานด้วยคลื่นไมโครเวฟเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความสนใจมาก [2] เนื่องจากมีข้อดีคือ ไม่มีการใช้ขั้วไฟฟ้า (electrode) ในระบบ จึงไม่เกิดปัญหาการปนเปื้อน (contamination) ของการแตกตัวเป็นไอออนของขั้วไฟฟ้า ทำให้ระบบไม่สกปรก และวิธีนี้ให้ฟิล์มบางที่มีคุณภาพและอัตราการสังเคราะห์ฟิล์มสูงกว่าวิธีอื่น เพราะพลาสมาที่เกิดขึ้นมีความหนาแน่นสูง และสม่ำเสมอ นอกจากนี้การเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีนี้สามารถทำลงบนวัสดุที่มีพื้นผิวกว้างได้ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 10 cm.) [3] จึงทำให้วิธีนี้ได้รับความนิยมในงานอุตสาหกรรมการเคลือบผิวด้วยฟิล์มบางลงบนวัสดุได้เป็นอย่างดีเช่น ในอุตสาหกรรมการเคลือบผิวอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือกล และอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้มีการนำวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้ในการกัดกร่อนผิวหน้าวัสดุ (surface etching) ใช้ในการปรับปรุงผิวหน้าของวัสดุ (surface modification) และอื่นๆ อีกมาก [4-9]

นอกจากการเลือกวิธีการให้พลังงานแก่กระบวนการตกสะสมไอเชิงเคมีจะเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อการปลูกฟิล์มบางแล้ว การศึกษาสมบัติเชิงฟิสิกส์ของพลาสมาในกระบวนการตกสะสมไอเชิงเคมีก็มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะเป็นข้อมูลในการใช้ประโยชน์จากพลาสมานั้น ดังเห็นได้จากเอกสารงานวิจัยต่างๆ เช่น ในงานของ Rousseau และคณะ [10] งานของ Mahalingam และคณะ [11] และงานของ Brockhaus และคณะ [12] พบว่า ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของพลาสมา (plasma parameters) เช่น ค่าความหนาแน่นของพลาสมา (plasma density) และค่าอุณหภูมิของอิเล็กตรอน (electron temperature) มีผลต่อการปลูกฟิล์มอย่างยิ่ง เนื่องจากความหนาแน่นของพลาสมา และอุณหภูมิของอิเล็กตรอนเป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดกลไกของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างพลาสมากับก๊าซและพื้นผิววัสดุ ดังนั้นการทราบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของพลาสมาจะเป็นข้อมูลในการควบคุมและปรับปรุงการเคลือบฟิล์มบางให้ได้ฟิล์มบางที่มีคุณภาพดีที่สุดได้

การวัดค่าพารามิเตอร์ของพลาสมามีหลายวิธีเช่น การวัดด้วยวิธีอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์คลื่นไมโครเวฟ (microwave interferometer) [13-14] ใช้หาค่าความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในพลาสมา โดยอาศัยหลักการเลื่อนเฟสของคลื่นไมโครเวฟที่ผ่านเข้าไปในพลาสมา การวัดด้วยวิธีการกระเจิงของทอมสัน (Thompson scattering) [13-14] ใช้หาค่าความหนาแน่นและอุณหภูมิของอิเล็กตรอนในพลาสมา โดยอาศัยหลักการวัดการกระเจิงของแสงเลเซอร์ที่ผ่านเข้าไปในพลาสมา และการวัดด้วยวิธีการใช้หัววัดไฟฟ้า (electric probe) [13-14] ใช้หาค่าความหนาแน่นและอุณหภูมิของอิเล็กตรอนในพลาสมา โดยอาศัยหลักการวัดค่ากระแสและศักย์ของพลาสมาจากหัววัดเมื่อจ่ายศักย์ให้กับหัววัดที่อยู่ในพลาสมา เป็นต้น วิธีการวัดค่าพารามิเตอร์ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ หัววัดไฟฟ้า เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกในการใช้งาน การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของพลาสมาจากหัววัดดังกล่าวไม่ซับซ้อน วิธีนี้จะวัดค่าพารามิเตอร์ของพลาสมาที่พลาสมาโดยตรง ทำให้ผลการวัดมีความแม่นยำสูง และวิธีการวัดแบบนี้สามารถใช้วัดพลาสมาที่มีการเกิดจากวิธีต่างๆ ได้เช่น ในเอกสารงานวิจัยของ Hoong [13] ได้ใช้หัววัดไฟฟ้าวัดค่าพารามิเตอร์ของพลาสมาที่เกิดจากระบบดิสชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ได้ค่าความหนาแน่นของพลาสมาฮีเลียมมีค่าอยู่ระหว่าง 3.56×10^{9} ถึง 4.67×10^{9} cm^{-3} และอุณหภูมิของอิเล็กตรอนมีค่าอยู่ระหว่าง 1.7 ถึง 2.0 eV และในงานของ Friedman [15] ได้ใช้หัววัดไฟฟ้าวัดค่าพารามิเตอร์ของพลาสมาที่เกิดจากคลื่นวิทยุ ได้ค่าความหนาแน่นของพลาสมามีค่าอยู่ระหว่าง 10^{9} ถึง 10^{10} cm^{-3} และอุณหภูมิของอิเล็กตรอนมีค่าอยู่ระหว่าง 2 ถึง 5 eV และในงานของ Rousseau และคณะ [10] ได้ใช้หัววัดไฟฟ้าวัดค่าพารามิเตอร์ของพลาสมาที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟ ได้ค่าความหนาแน่นของพลาสมามีค่าอยู่ระหว่าง 2×10^{10} ถึง 6×10^{11} cm^{-3} และอุณหภูมิของอิเล็กตรอนมีค่าอยู่ระหว่าง 2 ถึง 7 eV เป็นต้น ซึ่งค่าอุณหภูมิของอิเล็กตรอนและความหนาแน่นของพลาสมาที่ได้จากการวัดด้วยหัววัดไฟฟ้าในระบบต่างๆ นี้ จะมีค่าใกล้เคียงกับการวัดในวิธีการอื่นๆ ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของพลาสมา จากการวัดด้วยหัววัดไฟฟ้าจึงเป็นที่ยอมรับและมีการนำไปใช้งานอย่างมาก

จากข้อมูลข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะทำการสร้างเครื่องกำเนิดพลาสมาชนิดโพรงเรโซแนนซ์ด้วยคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในอนาคตที่จะนำเครื่องดังกล่าวไปใช้ในการปลูกฟิล์มบางพหุผลึกคล้ายเพชร (polycrystalline Diamond-Like thin film) สำหรับในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะทำการสร้างเครื่องกำเนิดพลาสมาชนิดโพรงเรโซแนนซ์ด้วยคลื่นไมโครเวฟ ที่มีความถี่ 2.45 GHz วัดการทำงานของเครื่องที่สร้างขึ้น และวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของพลาสมาจากเครื่องที่สร้างขึ้น ได้แก่ ความหนาแน่นของพลาสมา และอุณหภูมิของอิเล็กตรอน ด้วยหัววัดทางไฟฟ้า

1.2 ลำดับและขั้นตอนในการเสนองานวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท แต่ละบทมีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 1 จะกล่าวถึงความเป็นมาและแรงจูงใจ วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ลำดับและขั้นตอนในการเสนองานวิจัย

บทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยได้แก่ ลักษณะทั่วไปของพลาสมา พลาสมาที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟ การเกิดเรโซแนนซ์ของคลื่นไมโครเวฟในโพรงทรงกระบอก และหลักการหัววัดทางไฟฟ้าที่ใช้วัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของพลาสมา

บทที่ 3 จะกล่าวถึงเครื่องกำเนิดพลาสมาชนิดโพรงเรโซแนนซ์ด้วยคลื่นไมโครเวฟ ส่วนประกอบและหลักการทำงานของส่วนต่างๆ ของเครื่อง และระบบการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของพลาสมาด้วยหัววัดทางไฟฟ้า

บทที่ 4 จะกล่าวถึงวิธีการทดลอง ผลการทดลอง พร้อมทั้งวิเคราะห์ วิจารณ์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองได้แก่ การวัดการทำงานของเครื่องกำเนิดพลาสมาชนิดโพรงเรโซแนนซ์ด้วยคลื่นไมโครเวฟที่สร้างขึ้น และการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของพลาสมาจากเครื่องดังกล่าว

บทที่ 5 จะกล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย