

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สเปตเทอริง (sputtering) เป็นวิธีการทางด้านฟิสิกส์ที่มีความสำคัญมากวิธีการหนึ่งในการเคลือบฟิล์มบางภายใต้ระบบสุญญากาศ ซึ่งเป็นวิธีการที่อาศัยหลักการพื้นฐานทางด้านฟิสิกส์ของพลาสมา โดยเริ่มต้นมาจากวิธีดีซีไดโอดสเปตเทอริง (dc diode sputtering) ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาเป็นวิธีดีซีแมกเนตรอนสเปตเทอริง (dc magnetron sputtering) [1] ซึ่งสนามแม่เหล็กในดีซีแมกเนตรอนสเปตเทอริงจะมีผลทำให้อัตราในการเคลือบฟิล์มบางมีค่าสูงกว่าวิธีดีซีไดโอดสเปตเทอริง [2] จึงเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยและในอุตสาหกรรมเคลือบฟิล์มบางในระบบสุญญากาศ [1] ซึ่งมักต้องการให้ฟิล์มบางที่เคลือบมีคุณภาพสูงขึ้นไปแต่ละความต้องการที่แตกต่างกัน [3] อาทิเช่น ความแข็งของฟิล์มบางที่เคลือบ การเคลือบเพื่อป้องกันการสึกกร่อน เคลือบเพื่อให้มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำ เคลือบเพื่อลดการกัดกร่อน เคลือบเพื่อความสวยงาม และเคลือบเพื่อคุณสมบัติทางแสงโดยเฉพาะหรือเคลือบเพื่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าโดยเฉพาะ ซึ่งจากคุณสมบัติเหล่านี้ได้นำไปใช้จนประสบความสำเร็จในงานอุตสาหกรรมต่างๆตามความเหมาะสม และจากความแตกต่างกันของเงื่อนไขในการเคลือบเพื่อให้คุณสมบัติของฟิล์มมีผลดีที่สุด จึงเป็นสิ่งสำคัญมากในการเข้าใจการทำงานของแหล่งกำเนิดรวมไปถึงการออกแบบแหล่งกำเนิดให้เหมาะสมกับเงื่อนไขเหล่านี้ เพื่อให้ได้ฟิล์มบางที่เกิดจากการสเปตเทอริงมีคุณสมบัติตามความต้องการ [1]

หัวแมกเนตรอน (magnetron head) ถูกนำมาใช้เป็นแหล่งกำเนิดพลาสมาเพื่อใช้ในวิธีการสเปตเทอริงกันอย่างแพร่หลายสำหรับการเคลือบฟิล์มบาง โดยลักษณะของหัวแมกเนตรอนนั้นมีรูปร่างทางเรขาคณิตที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับ การออกแบบเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในแต่ละความต้องการ อาทิเช่น แมกเนตรอนทรงกระบอก (cylindrical magnetron) [4] แมกเนตรอนทรงกลมแนวราบ (circular planar magnetron) [4] แมกเนตรอนทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular) [4] แมกเนตรอนทรงกรวย (conical magnetron) [4] และปืนสเปตเทอริง (sputter gun) [5]

สำหรับการพัฒนาของระบบดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริง ในการควบคุมหรือการได้มาของฟิล์มบางตัวใหม่ที่มีคุณสมบัติดีกว่าเดิมนั้นจำเป็นต้องผ่านกระบวนการศึกษาข้อมูลอย่างละเอียดของพารามิเตอร์ของพลาสมา คือ ความหนาแน่นของพลาสมา อุณหภูมิของอิเล็กตรอน ศักย์ของพลาสมา และศักย์ลอย (floating potential) โดยหัววัดลางมัวร์ (Langmuir probe) เป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการประเมินค่าตัวแปรเหล่านี้ [6-9]

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบสร้างและตรวจสอบลักษณะเฉพาะของหัวดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริง โดยต้องการออกแบบและพัฒนาให้หัวดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริงที่สร้างขึ้นมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกขนาดเล็กโดยใช้วัสดุที่มีอยู่ภายในประเทศและใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำและมีคุณภาพทัดเทียมกับหัวแมกนีตรอนที่ออกแบบสร้างจากต่างประเทศ และยังต้องการพัฒนาการออกแบบวัสดุที่ใช้ในการสร้างหัวแมกนีตรอนให้มีขนาดเล็กและราคาถูกเหมาะสมกับงานวิจัยที่ใช้เคลือบฟิล์มบางของโลหะลงบนชิ้นงานขนาดเล็กโดยจะกล่าวถึงในบทที่ 3 และสามารถใช้ได้ในงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมสำหรับผู้ประกอบการที่มีต้นทุนในการผลิตไม่สูงมากนักแต่มีความสนใจในงานอุตสาหกรรมด้านนี้

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบลักษณะเฉพาะของพลาสมาที่เกิดขึ้นในระบบดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริงที่สร้างขึ้นด้วยการใช้หัววัดลางมัวร์ เพื่อศึกษาพารามิเตอร์ของพลาสมาที่ใช้ในการควบคุมและปรับปรุงคุณภาพของฟิล์ม และได้ทำการทดสอบระบบดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริงที่สร้างขึ้นด้วยการเคลือบฟิล์มบางของโลหะ เช่น ฟิล์มบางของทองแดง และเงิน และทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของฟิล์มบางที่เคลือบได้โดยการใช้วิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการจัดเรียงตัวของผลึกและลักษณะโครงสร้างของฟิล์มบาง และใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) เพื่อวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิว และขนาดของเกรน (grain)

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ออกแบบสร้างระบบดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริง และออกแบบสร้างและตรวจสอบลักษณะเฉพาะของหัวดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริง
2. เคลือบฟิล์มบางด้วยหัวดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริง และตรวจสอบสมบัติทางด้านฟิสิกส์ของฟิล์มบางโดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ และโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริงเพื่อใช้ในการเคลือบฟิล์มบาง
2. ได้รับความรู้และทักษะด้านต่างๆในการสร้างระบบดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริงและการสร้างหัวดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริง
3. ได้รับความรู้และทักษะด้านต่างๆในการตรวจสอบลักษณะเฉพาะของหัวดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริง การตรวจสอบลักษณะเฉพาะของพลาสมา การเคลือบฟิล์มบางของโลหะ และการตรวจสอบคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์ของฟิล์มบางที่เคลือบ

### 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษางานวิจัย หลักการและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาและใช้โปรแกรมออกแบบอุปกรณ์
3. ออกแบบระบบดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริง และหัวดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริง
4. สร้างระบบดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริง
  - 4.1 ทำหัวดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริง
  - 4.2 วัดลักษณะเฉพาะของความเข้มสนามแม่เหล็กที่ผิวเป้าของหัวดีซีแมกนีตรอนสปีดเทอริง
  - 4.3 วัดลักษณะเฉพาะของพลาสมาโดยหัววัดลางมัวร์
5. ทดสอบระบบโดยการเคลือบฟิล์มบางของโลหะ
6. ตรวจสอบลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางที่เคลือบ
7. สรุปผลและเขียนวิทยานิพนธ์

### 1.5 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท ซึ่งประกอบด้วย

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา และขั้นตอนการวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีที่มีความสำคัญเกี่ยวกับระบบดีซีแมกนิตรอนสปัตเทอริง ได้แก่ การโกลด์ดิซฮาร์จ วิธีสปัตเทอริง หัวดีซีแมกนิตรอนสปัตเทอริง การศึกษาลักษณะเฉพาะของพลาสมา และการศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของฟิล์มบางด้วยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ และการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบและการสร้างระบบดีซีแมกนิตรอนสปัตเทอริงและหัวดีซีแมกนิตรอนสปัตเทอริง ลักษณะเฉพาะของความเข้มสนามแม่เหล็กที่ผิวเป้าของหัวดีซีแมกนิตรอนสปัตเทอริง

บทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการทดลอง ผลการทดลอง และการอภิปรายผลการทดลอง โดยการตรวจสอบลักษณะเฉพาะของกระแสและความต่างศักย์ของการดิซฮาร์จจากหัวแมกนิตรอน การตรวจสอบลักษณะเฉพาะของพลาสมาที่เกิดขึ้นจากระบบดีซีแมกนิตรอนสปัตเทอริง และการศึกษาคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์ของฟิล์มบางที่เคลือบได้ โดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์และการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

บทที่ 5 บทสรุป ประโยชน์ที่ได้รับและข้อเสนอแนะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย