บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เพชร (Diamond) เป็นวัสดุที่มีสมบัติพิเศษเฉพาะตัวที่โดดเด่น ทั้งทางด้านฟิสิกส์ เคมี และไฟฟ้า เช่น มีความแข็งที่สุด มีความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าสูง เฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี ฯลฯ ด้วยสมบัติดังกล่าวทำให้เพชรมีมูลค่าสูงในเชิงพาณิชย์ และเนื่องจากเพชรธรรมชาติมีข้อจำกัดในการใช้งานหลายอย่าง และมีอยู่อย่างจำกัด จึงทำให้นักวิทยาศาสตร์ทำการวิจัยและพยายามที่จะสังเคราะห์พัฒนาวัสดุชนิดใหม่ที่มีสมบัติเหมือนหรือใกล้เคียงเพชรให้มากที่สุด จนสามารถสังเคราะห์ฟิล์มบางคาร์บอนคล้ายเพชร (Diamond liked carbon, DLC) สมบัติโดยทั่วไปของฟิล์ม DLC ได้แก่ มีค่าความแข็งสูง ทนต่อรอยขีดข่วนและทนต่อการสึกกร่อนได้ดี จากสมบัติต่างๆ เหล่านี้ทำให้ฟิล์ม DLC สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้หลากหลายด้าน เช่นเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางด้านไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ [1,2,3,4]

นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์ม DLC โดยการพัฒนาสมบัติสภาพนำไฟฟ้าของฟิล์ม DLC ด้วยการเจือ ซึ่งมี 2 แนวทาง คือการเจือด้วยโบรอนหรือ ไอโอดีนลงบนฟิล์ม DLC เพื่อทำหน้าที่เป็นอะตอมตัวรับ ทำให้ฟิล์ม DLC มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี และการเจือด้วยไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสเพื่อทำหน้าที่เป็นอะตอมตัวให้ ทำให้ฟิล์ม DLC มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ในงานวิจัยส่วนใหญ่จะเน้นทางด้านการทำฟิล์ม DLC เป็นชนิดพีซึ่งทำได้ง่ายและในปัจจุบันงานวิจัยที่ปรับปรุงลักษณะของฟิล์ม DLC เป็นชนิดพีค่อนข้างจะประสบความสำเร็จแล้ว ส่วนการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC มีลักษณะเป็นชนิดเอ็น เป็นการทำที่ยากมาก เพราะอะตอมตัวให้ส่วนใหญ่เป็นอะตอมที่มีขนาดใหญ่กว่าอะตอมของคาร์บอน ทำให้เกิดการทำลายโครงสร้างของฟิล์ม DLC ได้ อย่างไรก็ตามได้มีนักวิทยาศาสตร์สามารถสังเคราะห์ฟิล์ม DLC ชนิดเอ็นโดยไม่ทำลายโครงสร้างของฟิล์ม Dr. Koizumi และคณะพบว่าการใส่สารเจือฟอสฟอรัสในฟิล์ม DLC ให้ค่าแถบพลังงานกระตุ้น (activation energy) ในช่วง 0.49 - 0.60 eV ทำให้ค่าความต้านทานสูง เนื่องจากฟอสฟอรัสส่วนใหญ่แตกตัวทำให้มีปริมาณความเข้มข้นพาหะในชั้นแถบการนำ (conduction band) มีค่าน้อย เมื่อสังเคราะห์ฟิล์ม DLC เจือด้วยไนโตรเจน พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 5.3×10^{-13}-$1.14\times10^{-10}(\Omega\text{-cm})^{-1}$ แถบพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 1.7 eV และ I. Sakaguchi และคณะ สังเคราะห์ฟิล์ม DLC เจือด้วยซัลเฟอร์พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 10^{-8}-10^{-12} $(\Omega\text{-cm})^{-1}$ ค่าแถบพลังงานกระตุ้นของซัลเฟอร์มีค่า 0.380 eV การที่ใช้พลังงานกระตุ้นน้อยแสดงว่าฟิล์มจะมีสภาพความต้านทานที่ต่ำและนำไฟฟ้าได้ดี

เหตุจูงใจในการใช้วิธีดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริงสำหรับการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC เนื่องจากเป็นวิธีหนึ่งที่ให้ฟิล์มที่มีคุณภาพ มีการยึดเกาะกับวัสดุรองรับดี และสามารถสังเคราะห์ฟิล์ม DLC บนวัสดุรองรับได้หลายชนิด เช่น กระจกสไลด์ ซิลิคอน เซรามิกส์ อลูมิเนียม ฯลฯ [5] โดยกลไกในการสังเคราะห์อะตอมที่ผิวเป้าถูกทำให้หลุดออกมาพร้อมกับมีการปลดปล่อยอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary electron) จากการระดมยิงของอนุภาคพลังงานสูงที่ถูกเร่งให้เคลื่อนที่เข้าชนเป้า และอนุภาคพลังงานสูงที่ใช้ในกระบวนการโดยทั่วไปจะใช้ไอออนของแก๊ส เพราะสามารถเร่งให้มีความเร็วสูงขึ้นได้ง่าย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการวิเคราะห์ฟิล์ม DLC เจือด้วยซัลเฟอร์ โดยวิธีดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลของตัวแปร ได้แก่ อัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อซัลเฟอร์ ความต่างศักย์ เวลาที่ใช้ในการสปัตเตอริง
2. ศึกษาสมบัติของฟิล์ม DLC จากข้อ 1 ที่โดปด้วยซัลเฟอร์ซึ่งสังเคราะห์โดยใช้เทคนิคดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาผลการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC ในสภาวะต่างๆดังนี้
   - อัตราส่วนของคาร์บอนต่อซัลเฟอร์ที่ใช้เป็นเป้า
   - ค่าความต่างศักย์
   - เวลาที่ใช้ในการสปัตเตอริง
2. ทดสอบคุณสมบัติของฟิล์ม DLC ที่สังเคราะห์ได้ โดยใช้
   - กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเพื่อดูลักษณะพื้นผิวของฟิล์ม DLC
   - รามานสเปกโทรสโกปี เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างฟิล์ม DLC
   - วัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของฟิล์ม DLC ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยจ่ายศักย์ไฟฟ้าและวัดกระแสที่ไหลผ่านฟิล์ม
   - อัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (UV-VIS spectrophotometer)
   - สเปกโตรสโคปิกอิลลิปโซเมทรี (Spectroscopic Ellipsometry)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ทราบภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC ที่มีต่อลักษณะเฉพาะของรามานสเปกโทรสโกปีของฟิล์มซึ่งเชื่อมโยงสู่สมบัติของฟิล์มที่ดีขึ้น

2.เป็นต้นแบบในการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC โดยเจือด้วยซัลเฟอร์ โดยนำไปใช้ในงานด้านสารกึ่งตัวนำ และการใช้งานในลักษณะอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. อัดเป้าคาร์บอนผสมกับซัลเฟอร์ในอัตราส่วนของซัลเฟอร์ตั้งแต่ 0-10% โดยโมล
2. สังเคราะห์ฟิล์ม DLC โดยมีตัวแปรที่ศึกษาดังนี้
   - อัตราส่วนของคาร์บอนต่อซัลเฟอร์ที่ 0-10% โดยโมล
   - ความต่างศักย์ที่ใช้ในการสปัตเตอริงในช่วง 400-500 V
   - เวลาที่ใช้ในการสปัตเตอริง 30-75 นาที
3. ทดสอบคุณสมบัติของฟิล์ม DLC โดยใช้
   - กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเพื่อศึกษาลักษณะของพื้นผิวฟิล์ม DLC และความหนาจาก cross section
   - รามานสเปกโทรสโกปีเพื่อวิเคราะห์โครงสร้างของฟิล์ม DLC
   - วัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของฟิล์ม DLC ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยจ่ายศักย์ไฟฟ้าและวัดกระแสที่ไหลผ่านฟิล์ม
   - ยูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์เพื่อใช้ในการคำนวณหาพลังงานกระตุ้น (optical band gap)
   - สเปกโตรสโคปีกอิลลิปโซเมทรีเพื่อใช้ในการคำนวณหาพลังงานกระตุ้น (energy band gap) และความหนาของฟิล์ม
4. อภิปราย สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.6ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5บท รายละเอียดในแต่ละบทดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงที่มาของปัญหาและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ประโยชน์ของการวิจัยและลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึงความรู้พื้นฐานของ DLC รูปแบบของคาร์บอนในโครงผลึก โครงสร้างของฟิล์ม DLC กระบวนการสปัตเตอริงของฟิล์ม DLC การเจือด้วยสารในฟิล์ม DLC เทคนิคการ

สังเคราะห์ฟิล์ม DLC งานวิจัยในการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC โดยเจือด้วยโบรอน ไอโอดีน ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ในฟิล์มเพชร นอกจากนี้ยังประกอบด้วยทฤษฎีเบื้องต้นของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด การวิเคราะห์ทางรามาน ทฤษฎียูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ สเปกโตรสโคปิกอิลลิปโซเมทรี และการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของฟิล์ม DLC โดยเทคนิค two probe

บทที่ 3 กล่าวถึงขั้นตอนการทดลองซึ่งแบ่งออกเป็น 2ส่วน ส่วนแรกเป็นการอัดเป้าที่ใช้ในระบบ และส่วนที่ 2 เป็นการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC โดยเทคนิคดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง ตรวจสอบสมบัติของฟิล์มด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด รามานสเปกโทรสโกปี และ วัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของฟิล์ม DLC ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยจ่ายศักย์ไฟฟ้าและวัดกระแสที่ไหลผ่านฟิล์ม และคำนวณค่าแถบพลังงานของฟิล์ม DLC โดยยูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ และสเปกโตรสโคปิกอิลลิปโซเมทรี

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองโดยแบ่งออกเป็นสมบัติทางด้านสภาพนำไฟฟ้า สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางโครงสร้าง และสมบัติทางแสง

บทที่ 5 จะเป็นการสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ