สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เพชรเป็นวัสดุที่มีสมบัติพิเศษเฉพาะตัวที่โดดเด่นกว่าวัสดุชนิดอื่น ทั้งทางเคมีและทางฟิสิกส์ อาทิเช่น มีความแข็งแกร่งสูง สภาพนำความร้อนที่อุณหภูมิห้องสูงที่สุด ค่าความร้อนจำเพาะและสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนต่ำ เฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมีและทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี โปร่งแสงในช่วงกว้างตั้งแต่อัลตราไวโอเลตถึงอินฟราเรดและมีดัชนีหักเหสูง เพชรมีช่องว่างแถบพลังงาน 5.47 eV ซึ่งค่อนข้างกว้างเมื่อเทียบกับ ซิลิกอน (1.12 eV) และเจอมาเนียม (0.66 eV) [1, 2] สมบัติต่างๆ ดังตารางที่ 1.1 ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ ทั้งด้านอุตสาหกรรม การแพทย์และอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 1.1 สมบัติต่างๆ ของเพชร [3, 4]

สมบัติของเพชร	**ปริมาณ**
ความหนาแน่น	3.52 g cm^{-3}
สัมประสิทธิ์การเสียดทาน	0.03
ความแข็ง	1×10^{4} Kg mm^{-2}
สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อน	1×10^{-6} K^{-1}
สภาพความนำความร้อนที่อุณหภูมิห้อง	2×10^{3} W m^{-1} K^{-1}
ความจุความร้อน	6.2 $Jmol^{-1}K^{-1}$
สภาพคล่องของอิเล็กตรอน	2200 $cm^{2}V^{-1}s^{-1}$
สภาพคล่องของโฮล	1600 $cm^{2}V^{-1}s^{-1}$
ช่องว่างพลังงาน	5.45 eV
สภาพต้านทาน	10^{13}-10^{16} Ωcm
ดัชนีหักเหที่ 591 nm	2.41

แต่เนื่องจากเพชรธรรมชาตินั้นมีข้อจำกัดในการใช้งานหลายอย่าง ทั้งการมีอยู่อย่างจำกัด และมีมูลค่าสูงในเชิงพาณิชย์ จึงมีความพยายามที่จะสังเคราะห์และพัฒนาวัสดุชนิดใหม่ที่มีสมบัติเหมือนหรือใกล้เคียงเพชรให้มากที่สุดขึ้น เพื่อนำเอาไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆได้อย่างเหมาะสมและลดต้นทุนการผลิต

ในปี ค.ศ. 1955 นักวิจัยบริษัทเยนเนอรัลอิเล็กทริก (General Electric) [5] สังเคราะห์เพชรขึ้นในห้องปฏิบัติการได้สำเร็จ โดยจำลองภาวะการเกิดเพชรในธรรมชาติซึ่งเกิดภายใต้ภาวะความดันสูงและอุณหภูมิสูง (High Temperature High Pressure; HPHT) ด้วยการอัดแกรไฟต์ในเครื่องอัดไฮโดรลิก ที่ความดันในช่วง 50-100 kbar ความร้อนสูงถึง 1800-2300 K เพชรที่สังเคราะห์ได้เป็นเพชรผลึกเดี่ยวมีขนาดตั้งแต่ระดับนาโนเมตรจนถึงระดับเซนติเมตร แต่เนื่องจากต้นทุนในการผลิตเพชรจากวิธี HPHT ค่อนข้างสูงและอันตรายเพราะต้องผลิตที่ความดันสูงและอุณหภูมิสูง ในปี ค.ศ. 1971 Aisenberg และ Chabot [6] ทดลองยิงลำไอออนของคาร์บอน (C^+) ลงบนแผ่นซิลิกอนภายใต้ความดัน 10^{-6} torr ฟิล์มที่ได้มีสมบัติใกล้เคียงกับเพชร อาทิเช่น โปร่งแสง ไม่นำไฟฟ้า ดัชนีหักเหสูงกว่า 2.0 ทนต่อการกัดกร่อนของกรดเป็นเวลานาน ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกระหว่าง 8-14 ซึ่งใกล้เคียงกับเพชร ด้วยสมบัติที่ใกล้เคียงกับเพชรเหล่านี้จึงเรียกฟิล์มชนิดใหม่นี้ว่า "ฟิล์มบางคาร์บอนคล้ายเพชร" (Diamond-Like Carbon; DLC) ภายหลังจากนั้นเทคนิคที่ใช้การสังเคราะห์ฟิล์ม DLC ถูกพัฒนาขึ้นหลากหลายเทคนิค แต่ที่นิยมคือเทคนิคที่เรียกว่า การตกสะสมไอเชิงเคมี (Chemical Vapor Deposition; CVD) [7] ซึ่งมีชื่อเรียกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิดพลังงานที่ใช้กระตุ้นแก๊ส [8] เช่น ไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับที่ความถี่คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ และไส้ความร้อน (Hot filament; HF) เป็นต้น ฟิล์ม DLC มีข้อดีหลายประการ อาทิ สามารถสังเคราะห์ได้ที่อุณหภูมิต่ำทำให้สามารถสังเคราะห์บนวัสดุที่หลากหลายและมีการนำเอาไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง [7] เช่น ระบายความร้อน (Heat sink) ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เคลือบแผ่นบันทึกข้อมูลและหัวอ่าน เคลือบเลนส์ เคลือบหน้าต่างของวัสดุทางแสงเพื่อป้องกันรอยขีดข่วนและเพิ่มประสิทธิ์ภาพในการรับแสง เคลือบอุปกรณ์ตัด จำพวก ใบเลื่อย มีดดัด และสว่านในงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

สุจิรา พรหมนิมิต [9] ได้สร้างระบบกำเนิดพลาสมาแบบเหนี่ยวนำ (Inductively coupled plasma: ICP) ขึ้นในห้องปฏิบัติการวิจัยพลาสมา ภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อใช้สังเคราะห์ฟิล์ม DLC จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าระบบที่สร้างขึ้นนี้สามารถกำเนิดพลาสมาที่ความดันต่ำได้ และฟิล์มที่สังเคราะห์ขึ้นมีลักษณะบ่งชี้ว่าเป็นฟิล์ม DLC แต่เนื่องจากยังคงมีปัญหาในระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ความถี่คลื่นวิทยุ ที่ไม่สามารถจ่ายที่กำลังสูงได้ มีการปนเปื้อนจากของไอน้ำมันจากไอปั๊มไอฟุ้งกระจาย (Diffusion pump) และไม่มีตัวให้ความร้อนแก่

แผ่นรองรับ (Heater) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC การสังเคราะห์ฟิล์ม DLC ที่อุณหภูมิประมาณ 400 °C [7,10] จะได้ฟิล์มที่มีคุณภาพดีกว่าฟิล์มที่สังเคราะห์ที่อุณหภูมิห้อง จึงเหมาะแก่การสังเคราะห์ฟิล์ม DLC บนวัสดุจำพวกโลหะ หรือกระจก

ในงานวิจัยนี้จะปรับปรุงระบบ ICP ดังกล่าว เพื่อให้เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC และทำการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC ด้วยเทคนิคการตกสะสมไอเชิงเคมีเสริมด้วยพลาสมาที่ความถี่วิทยุ (Radio Frequency Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; RF-PECVD) หรือเทคนิคอาร์เอฟ-พีอีซีวีดี พร้อมทั้งตรวจสอบสมบัติของพลาสมาในระบบด้วยหัววัดลางมัวร์ (Langmuir probe) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของพลาสมาและสมบัติของฟิล์ม DLC โดยวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (Scanning Electron Microscope; SEM) และวิเคราะห์โครงสร้างของฟิล์มด้วยรามานสเปกโทรสโกปี (Raman Spectroscopy)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ปรับปรุงระบบ RF-PECVD แบบ ICP ให้เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC
2. สังเคราะห์ฟิล์ม DLC ด้วยเทคนิค RF-PECVD
3. ตรวจสอบภาวะการสังเคราะห์และลักษณะเฉพาะของรามานสเปกโทรสโกปีของฟิล์ม DLC ที่สังเคราะห์ได้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ระบบ RF-PECVD แบบ ICP ที่ได้รับการปรับปรุงเพื่อใช้ในการสังเคราะห์ฟิล์มบาง DLC และทราบภาวะการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC ที่มีต่อลักษณะเฉพาะของรามานสเปกโทรสโกปีของฟิล์ม ซึ่งลักษณะเฉพาะของรามานสเปกโทรสโกปีนี้จะเชื่อมโยงไปสู่สมบัติของฟิล์มที่สังเคราะห์ขึ้น

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของเครื่องมือและขั้นตอนการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC ด้วยเทคนิค RF-PECVD
2. ปรับปรุงระบบ RF-PECVD แบบ ICP ให้เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC โดยการเพิ่มตัวให้ความร้อนแก่แผ่นรองรับและระบบระบายความร้อนเพื่อให้สามารถสังเคราะห์ฟิล์มที่อุณหภูมิสูงขึ้น รวมทั้งปรับปรุงระบบควบคุมไฟฟ้าเพื่อให้สามารถ

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สังเคราะห์ฟิล์มที่กำลังไฟฟ้าที่ความถี่คลื่นวิทยุสูงขึ้นและเพิ่มตัวกรองไอน้ำมันจากปั๊มไอพุ่งกระจายเพื่อทำให้ระบบสะอาดขึ้น

3. สร้างหัววัดลางมัวร์แบบชดเชยค่าภายในตัวเอง (Self compensate Langmuir probe) เพื่อใช้วัดพารามิเตอร์ของพลาสมาในระบบกำเนิดพลาสมาแบบ ICP ด้วยกำลังไฟฟ้าที่ความถี่คลื่นวิทยุ
4. สังเคราะห์ฟิล์ม DLC ด้วยเทคนิค RF-PECVD ภายใต้ภาวะการสังเคราะห์ต่างๆ ได้แก่ กำลังไฟฟ้าที่ความถี่คลื่นวิทยุ อัตราส่วนของแก๊สตั้งต้น ความดันแก๊สและชนิดแผ่นรองรับ (Substrate) ซึ่งจะใช้กระจกและแผ่นอะลูมิเนียม
5. ตรวจสอบสมบัติของฟิล์ม DLC ที่สังเคราะห์ได้ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (SEM) และรามานสเปกโทรสโกปี (Raman Spectroscopy)
6. สรุปผลการวิจัย

1.5 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท รายละเอียดในแต่ละบทดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงที่มาของปัญหาและวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ วิธีดำเนินการวิจัย และลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึงโครงสร้างและสมบัติของฟิล์ม DLC เทคนิค RF-PECVD ที่ใช้ในการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC ในงานวิจัยนี้ วิธีการวัดสมบัติของพลาสมา ซึ่งได้แก่ ความหนาแน่นของพลาสมาและอุณหภูมิอิเล็กตรอนด้วยหัววัดลางมัวร์ วิธีการตรวจสอบสมบัติของฟิล์มด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาดและรามานสเปกโทรสโกปี

บทที่ 3 กล่าวถึงขั้นตอนการทดลอง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการวัดพารามิเตอร์ของพลาสมาที่เกิดขึ้นในระบบ ส่วนที่ 2 เป็นการสังเคราะห์ฟิล์ม DLC ด้วยเทคนิค RF-PECVD แล้วตรวจสอบสมบัติของฟิล์มด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาดและรามานสเปกโทรสโกปี

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

บทที่ 5 จะเป็นการสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ