

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาของการวิจัย

ปัจจุบันวัสดุสารกึ่งตัวนำเป็นที่นิยมนำมาสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กันอย่างกว้างขวาง และที่เป็นที่นิยมมากที่สุด คือ ซิลิคอน แต่เนื่องจากคุณสมบัติของซิลิคอน ที่มีค่าช่องว่างพลังงานเพียง 1.12 eV ทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องการนำไปใช้งานที่อุณหภูมิสูง จึงได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อค้นหาวัสดุสารกึ่งตัวนำชนิดใหม่ ชาติคาร์บอนจัดเป็นสารกึ่งตัวนำประเภทธาตุเดี่ยว เช่นเดียวกับซิลิคอน ซึ่งเพชรเป็นรูปหนึ่งของคาร์บอน และเป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำชนิดช่องว่างพลังงานกว้าง (Large band gap semiconductor) และเหมาะที่จะนำมาสร้างเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นกว่าวัสดุอื่นๆ เช่น มีความแข็งแรง ทนต่อการกัดกร่อน สามารถนำความร้อนและใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ดี จึงได้มีความพยายามในการที่จะสังเคราะห์ฟิล์มเพชรเพื่อนำไปใช้งานในด้านต่างๆรวมทั้งสร้างเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยในระยะแรกการสังเคราะห์ฟิล์มเพชรมีข้อจำกัด และสามารถสร้างบนฐานรองที่เป็นเพชรเท่านั้น กระทั่ง ปี ค.ศ. 1970 จึงสามารถสร้างบนฐานรองที่ไม่ใช่เพชรได้ ซึ่งนำไปสู่การประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ อย่างกว้างขวาง

จากคุณสมบัติเด่นของฟิล์มเพชร ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำฟิล์มเพชรมาประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดแสง โครงสร้าง n-diamond/p-diamond เนื่องจากฟิล์มเพชรที่มีค่าช่องว่างแถบพลังงาน ถึง 5.45 eV ทำให้สามารถทนอุณหภูมิได้สูง และคุณสมบัติด้านอื่นๆ ทำให้ตัวตรวจวัดแสงจากฟิล์มเพชรเป็นที่น่าสนใจและน่าศึกษา และยังเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งานสารกึ่งตัวนำเพชร ไปเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อีกด้วย

### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการสังเคราะห์ฟิล์มเพชร ด้วยวิธี HF-CVD
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของฟิล์มเพชร
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของ โฟโตไดโอด โครงสร้าง n-diamond/p-diamond
4. เพื่อศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ฟิล์มเพชรและสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็น โฟโตไดโอด โครงสร้าง n-diamond/p-diamond

### 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การนำสารกึ่งตัวนำเพชรชนิด พีและเอ็นที่สังเคราะห์ได้ และมีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ มาทำหน้าที่แทนสารกึ่งตัวนำซิลิคอน ในโฟโตไดโอดโครงสร้าง p-n จะทำให้ได้โฟโตไดโอดโครงสร้างใหม่คือ n-diamond/p-diamond ซึ่งสามารถทำงานได้เช่นเดียวกับซิลิคอนโฟโตไดโอด แต่ด้วยคุณสมบัติเด่นของฟิล์มเพชร เช่น ความแข็งแรง ทนทาน สภาพผิวที่ขรุขระ เป็นต้น จึงคาดว่าโฟโตไดโอดชนิดนี้ จะสามารถทำงานได้ดี มีความไวต่อแสงสูง และสามารถทำงานที่อุณหภูมิสูงได้ดี ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จึงได้เลือกใช้ฟิล์มเพชรแทนซิลิคอนในการสร้างโฟโตไดโอด

### 1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

เพชรเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติเด่น หลายประการ เช่น ฟิล์มเพชรมีค่าช่องว่างแถบพลังงานถึง 5.45 eV ทนต่อการกัดกร่อน เป็นตัวนำความร้อนได้ดี มีค่า Dielectric constant ค่าประมาณ 5.6 เป็นต้น จากคุณสมบัติข้างต้นทำให้ฟิล์มเพชรเหมาะสมที่จะนำมาใช้สร้างเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง(Photo detector)

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาและสร้างโฟโตไดโอดโครงสร้าง ฟิล์มเพชรชนิดเอ็น-ฟิล์มเพชรชนิดพี โดยเป็นการนำเอาฟิล์มเพชรมาใช้งานแทนซิลิคอน โดยมีฟิล์มเพชรชนิดเอ็นเป็นชั้นในการรับแสง นอกจากนี้แล้ว ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ยังเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งานฟิล์มเพชรไปเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ต่อไป

### 1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน

1. ในการศึกษาได้นำเสนอการนำฟิล์มบางเพชร(Diamond thin film) ซึ่งสังเคราะห์ด้วยวิธี CVD แบบขดลวดความร้อน(Hot Filament Chemical Vapor Deposition: HFCVD) มาประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง โฟโตไดโอดโครงสร้างใหม่คือ n-diamond/p-diamond
2. เนื่องจากคุณสมบัติของฟิล์มเพชรที่มีความแข็ง จึงสามารถใช้เป็นชั้นป้องกันผิวหน้า (Passivation layer) ของโฟโตไดโอดได้ ฉะนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ฟิล์มเพชรเป็นด้านรับแสง ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากและยังช่วยลดขั้นตอนกระบวนการสร้างอีกด้วย

## 1.6 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการศึกษา การสังเคราะห์ฟิล์มเพชรด้วยวิธี HF-CVD และการนำฟิล์มเพชรไปประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดแสงหรือโฟโตไดโอด โครงสร้าง ฟิล์มเพชรชนิดเอ็็น/ฟิล์มเพชรชนิดพี รวมถึงทำการทดลองศึกษาเงื่อนไขในการสังเคราะห์ฟิล์มเพชร อัตราการเกิด ลักษณะโครงสร้าง และคุณสมบัติของฟิล์มเพชร โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM, Raman Spectroscopy และ Hot point probe ตามลำดับ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาลักษณะต่างๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้า และทางแสงของโฟโตไดโอด เช่น ความหนาแน่นอะตอมสารเจือ ความหนาของฟิล์มเพชร รวมทั้งผลของอุณหภูมิ เป็นต้น

## 1.7 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีเกี่ยวกับแสง ตัวตรวจวัดแสง ข้อมูลพื้นฐานต่างๆที่สำคัญของโฟโตไดโอดทั่วไป และ โฟโตไดโอดโครงสร้าง n-diamond/p-diamond สารกึ่งตัวนำเพชร ลักษณะโครงสร้างของผลึกคาร์บอน คุณสมบัติที่สำคัญของผลึกเพชร เทคนิคการสังเคราะห์ฟิล์มเพชร เทคนิคการวิเคราะห์คุณสมบัติของผลึกเพชร ทฤษฎีแถบพลังงานของสารกึ่งตัวนำ และทฤษฎีรอยต่อพี-เอ็็น

บทที่ 3 กล่าวถึงกระบวนการสังเคราะห์ฟิล์มเพชรและการวิเคราะห์คุณสมบัติฟิล์มเพชรด้วยวิธี HFCVD กระบวนการสร้างโฟโตไดโอดโครงสร้าง n-diamond/p-diamond การทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นอะตอมสารเจือในฟิล์มเพชร ผลของความหนาของฟิล์มเพชร และผลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณสมบัติของโฟโตไดโอด

บทที่ 4 กล่าวถึงการวิเคราะห์คุณสมบัติฟิล์มเพชรที่สังเคราะห์ได้ ผลการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าและคุณสมบัติทางแสงรวมทั้งอัตราการเกิดของฟิล์มเพชร ผลการวัดคุณสมบัติของโฟโตไดโอดโครงสร้าง n-diamond/p-diamond ผลของความเข้มข้นอะตอมสารเจือในฟิล์มเพชรที่มีต่อคุณสมบัติของโฟโตไดโอด ผลของความหนาของฟิล์มเพชรที่มีผลต่อลักษณะสมบัติของโฟโตไดโอด และผลของอุณหภูมิที่มีต่อลักษณะคุณสมบัติของโฟโตไดโอด

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ