บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและปัญหา

สารกึ่งตัวนำ (semiconductor) เป็นสารที่ใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในปริมาณมาก จึงจำเป็นต้องทราบสมบัติต่างๆของสารกึ่งตัวนำก่อนนำมาใช้งาน สมบัติต่างๆของสารกึ่งตัวนำที่ต้องทราบได้แก่ ค่าคงที่โครงผลึก (lattice constant) สภาพเคลื่อนที่ได้ (mobility) ช่องว่างแถบพลังงาน (energy band gap) ความหนาแน่น (density) และความเข้มข้นพาหะ (carrier concentration) เป็นต้น การศึกษาสมบัติต่างๆเหล่านี้สามารถทำได้ในหลายๆวิธีด้วยกัน เช่น การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) การกระเจิงแบบรามาน (Raman scattering) การเปล่งแสง (Photoluminescence) และการวัดฮอลล์ (Hall measurement) เป็นต้น โดยบางวิธีทำให้เกิดความเสียหายต่อสารตัวอย่าง ซึ่งสารตัวอย่างอาจหาได้ยากหรือมีราคาแพง เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นวิทยานิพนธ์นี้จะทำการใช้เทคนิคทางแสงได้แก่ การกระเจิงแบบรามานและการเปล่งแสง ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่เป็นการทำลายสารตัวอย่างในการหาสมบัติของสารกึ่งตัวนำอันได้แก่ ความเข้มข้นพาหะ ช่องว่างแถบพลังงาน และระดับพลังงานเฟอร์มิ ในสารกึ่งตัวนำชนิดพีคือ แกลเลียมอาร์เซไนด์ที่ถูกเจือด้วยเบริลเลียม (GaAs:Be) และคาร์บอน (GaAs:C) ในปริมาณสูง

การศึกษาสเปกตรัมการกระเจิงแบบรามานของสารกึ่งตัวนำชนิดพี[1-3] พบว่าสามารถสังเกตเห็นรูปแบบการสั่นที่เกิดจากการควบคู่ระหว่างโฟนอนทรรศนศาสตร์ตามยาวและพลาสมอน (Longitudinal Optical phonon – Plasmon Coupled modes, LOPC modes) ซึ่งรูปแบบการสั่นนี้จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณสารเจือ การศึกษาครั้งนี้จึงจะทำการวัดปริมาณความเข้มข้นพาหะจากรูปแบบการสั่น LOPC โดยทำการปรับแก้สเปกตรัมของรูปแบบการสั่น LOPC ที่ได้จากการทดลองกับสมการของรูปแบบการสั่น LOPC ที่นำเสนอโดย Irmer และคณะ[4] วิธีการนี้ไม่เป็นการทำลายสารตัวอย่างซึ่งจะแตกต่างกับการวัดความเข้มข้นพาหะด้วยปรากฏการณ์ฮอลล์ซึ่งต้องทำขั้วไฟฟ้าติดกับสารตัวอย่างอันเป็นทำความเสียหายแก่ผิวของสารตัวอย่าง

นอกจากนี้สเปกตรัมการเปล่งแสงยังใช้ในการศึกษาช่องว่างแถบพลังงาน ระดับพลังงานเฟอร์มิ และความเข้มข้นพาหะอีกด้วย โดยสเปกตรัมการเปล่งแสงที่ถูกปรับแก้กับสมการอย่างง่ายที่สมมติให้อิเล็กตรอนเกิดการเปลี่ยนสถานะพลังงานทางอ้อม (indirect transition) จะให้ข้อมูลของช่องว่างแถบพลังงานและระดับพลังงานเฟอร์มิ โดยการทราบค่าของระดับพลังงานเฟอร์มิสามารถนำมาคำนวณเป็นความเข้มข้นพาหะได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. วัดลักษณะสเปกตรัมการกระเจิงแบบรามานของ GaAs:Be

2. หาความเป็นไปได้ในการวัดความเข้มข้นพาหะโดยใช้เทคนิคการกระเจิงแบบรามานและการเปล่งแสง

3. วัดผลของช่องว่างแถบพลังงานที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการเจือปนของอะตอมสารเจือ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดลองการกระเจิงแบบรามานในแกลเลียมอาร์เซไนด์ที่ถูกเจือด้วยเบริลเลียมในปริมาณสูงเพื่อหาความเข้มข้นพาหะจากลักษณะของรูปแบบการสั่นที่เกิดจากการควบคู่ระหว่างโฟนอนทรรศนศาสตร์และพลาสมอน ซึ่งได้จากการปรับแก้สเปกตรัมที่ได้จากการทดลองกับสมการการกระเจิงแบบรามานที่เสนอโดย Irmer และคณะ [4] นอกจากนี้ยังทำการทดลองการเปล่งแสงในแกลเลียมอาร์เซไนด์ที่ถูกเจือด้วยเบริลเลียมและแกลเลียมอาร์เซไนด์ที่ถูกเจือด้วยคาร์บอนในปริมาณสูงอีกด้วย โดยสเปกตรัมที่ได้จะถูกปรับแก้กับสมการที่สมมติให้อิเล็กตรอนเกิดการเปลี่ยนสถานะทางอ้อมเพื่อหาค่าของช่องว่างแถบพลังงาน ระดับพลังงานเฟอร์มิ และความเข้มข้นพาหะ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทราบลักษณะสเปกตรัมการกระเจิงแบบรามานของ GaAs:Be

2. เป็นแนวทางในการหาความเข้มข้นพาหะโดยเทคนิคการกระเจิงแบบรามานและการเปล่งแสง

3. ทราบความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างแถบพลังงานและปริมาณสารเจือในสารกึ่งตัวนำชนิดพี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย