

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

สิ่งประดิษฐ์บ่อควอนตัม (quantum well devices) เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่มีความสำคัญมากชนิดหนึ่งในสิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสิ่งประดิษฐ์นี้ถูกเสนอโดย Esaki และ Tsu ในปี ค.ศ.1969 และได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมากเนื่องจากการเกิดปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์หลายอย่างในสิ่งประดิษฐ์นี้ทั้งทางไฟฟ้าและทางแสงที่ไม่มีในธรรมชาติ เช่นการเกิดซับแบนด์ (sub-band) การเกิดระดับพลังงานแบบไม่ต่อเนื่อง (quantized energy levels) ซึ่งเป็นระดับพลังงานควอนตัมพิเศษที่เกิดขึ้นในบ่อพลังงาน การเกิดการดูดกลืนแสงและการเปล่งแสงอย่างแรงในบ่อควอนตัม

ในการศึกษาสมบัติทางแสงของบ่อควอนตัมวิธีที่นิยมคือเทคนิควิธีโฟโตลูมิเนสเซนส์สเปกโตรสโกปี (photoluminescence spectroscopy) ซึ่งการเปล่งแสงของบ่อควอนตัมนี้เกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอิเล็กตรอนภายในบ่อควอนตัมหลังจากที่โดนกระตุ้นด้วยโฟตอนจากภายนอกทำให้อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์มีพลังงานมากขึ้นและขึ้นไปอยู่ในแถบนำ เมื่ออิเล็กตรอนกลับสู่แถบวาเลนซ์จึงมีการคายพลังงานในรูปของโฟตอนหรือแสงออกมาทำให้สามารถตรวจวัดได้ว่าโฟตอนที่ปลดปล่อยออกมามีค่าพลังงานเป็นเท่าไร

แต่เนื่องจากว่าแถบช่องว่างพลังงาน (energy gap) ที่อยู่ระหว่างแถบวาเลนซ์และแถบนำมีค่าขึ้นกับอุณหภูมิคือถ้าอุณหภูมิต่ำแถบนี้จะมีค่าเพิ่มขึ้น หากต้องการกระตุ้นให้อิเล็กตรอนขึ้นไปอยู่ในแถบนำจะต้องให้พลังงานเพิ่มขึ้นด้วย แต่เนื่องจากการศึกษาวิจัยโดยทั่วไปการหาค่าแถบช่องว่างพลังงานของกึ่งตัวนำในบ่อควอนตัมจะคำนวณจากอัตราส่วนผสมของโลหะแต่เพียงอย่างเดียวโดยไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ ในขณะที่ส่วนที่เป็นบ่อจะคำนวณแถบช่องว่างพลังงานขึ้นกับอุณหภูมิ ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาว่าถ้าแถบช่องว่างพลังงานของกึ่งตัวนำขึ้นกับอุณหภูมิจะมีผลอย่างไรกับการส่งผ่านพลังงานของ $hh1$ ในแถบวาเลนซ์กับ $e1$ ในแถบนำ ซึ่งมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นิยมใช้ในการคำนวณคือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวาซนี, วินา และพาสเลอร์ (Varshni, Vina and Passler's method) ในการศึกษาจะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพาสเลอร์ในการเขียนโปรแกรมเพื่อคำนวณหาค่าช่องว่างพลังงาน เพื่อนำไปหาค่าการเปลี่ยนระดับพลังงานที่ขึ้นกับอุณหภูมิสำหรับโครงสร้างบ่อควอนตัม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. หาค่าพลังงาน (E) ในสมการชโรดิงเงอร์ที่ทำให้ผลเฉลยหรือค่าฟังก์ชันคลื่นของสมการเป็นจริงตามเงื่อนไขขอบเขต ที่ระดับพลังงานสถานะพื้น (ground state) โดยใช้ระเบียบวิธีการเชิงตัวเลข (numerical methods)
2. คำนวณค่าการเปลี่ยนระดับพลังงาน (transition energy) ที่ขึ้นกับอนุกรมทั้งส่วนที่เป็นบ่อและส่วนที่เป็นกำแพงสำหรับโครงสร้างบ่อควอนตัม โดยใช้วิธีการหาค่าระดับพลังงานที่สถานะพื้น ตามวัตถุประสงค์ข้อ 1

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงการหาค่าการเปลี่ยนระดับพลังงานในโครงสร้างบ่อควอนตัมโดยใช้ระเบียบวิธีการเชิงตัวเลขในการแก้ปัญหาโดยทำการศึกษาจากโครงสร้างบ่อศักย์ที่มีความลึกอนันต์ และบ่อศักย์ที่มีความลึกจำกัด ซึ่งทราบเงื่อนไขขอบเขต จะได้ปัญหาเงื่อนไขขอบเขตซึ่งไม่สามารถแก้ปัญหาคำถามได้โดยตรงต้องทำการแปลงเป็นปัญหาเงื่อนไขค่าเริ่มต้นแล้วทำการหาค่าพลังงานที่สถานะพื้น ซึ่งในโครงสร้างบ่อควอนตัมจะต้องทำการหาทั้งในแถบวาเลนซ์และแถบนำเพื่อใช้ในการหาค่าการส่งผ่านพลังงาน ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าการส่งผ่านพลังงานที่ได้โดยการแก้ปัญหาคำถามด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ และคิดว่าอนุกรมมีผลต่อช่องว่างพลังงานตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพาาสเลอร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องบ่อควอนตัม
2. เข้าใจการแก้ปัญหาคำถามโดยใช้ระเบียบวิธีการเชิงตัวเลข
3. สามารถทำนายค่าการเปลี่ยนระดับพลังงานในสารกึ่งตัวนำที่มีโครงสร้างบ่อควอนตัมเมื่อมีการเปลี่ยนพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง
4. ทราบค่าการเปลี่ยนระดับพลังงานในกรณี que คิดว่าอนุกรมมีผลต่อความกว้างของช่องว่างพลังงานของส่วนที่เป็นกำแพงโดยใช้ร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1.5 แนวทางในการศึกษาวิจัย

แผนการดำเนินการแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับบ่อควอนตัม

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาถึงการให้ระเบียบวิธีการเชิงตัวเลขแก้ปัญหาคอขวด ของบ่อศักย์ลึก
อนันต์ และบ่อศักย์ลึกจำกัด โดยพิจารณาถึงค่าขอบเขตและค่าเริ่มต้นที่ต้อง
ใช้ในการหาผลเฉลย เปรียบเทียบกับค่าที่ทราบคำตอบ

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาถึงค่าขอบเขตและค่าเริ่มต้นของปัญหาโครงสร้างบ่อควอนตัม

ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบและเขียน โปรแกรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการแก้ปัญหาโดยระเบียบวิธีการเชิงตัวเลขกับ
ค่าที่ได้จากการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 6 ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่ได้โดยคิดว่าอนุกรมมีผลต่อความกว้าง
ของช่องว่างพลังงานของส่วนที่เป็นกำแพง โดยใช้แบบจำลองทาง
คณิตศาสตร์ช่วยในการคำนวณ

ขั้นตอนที่ 7 สรุปและเขียนวิทยานิพนธ์