บทที่ 7

สรุป

1. โครงสร้างแบรกรีเฟกเตอร์แบบสม่ำเสมอ (Uniform) ที่มีชั้นของสารกึ่งตัวนำแต่ละชั้นหนาเท่ากับ $\frac{\lambda_0}{4n}$ เป็นโครงสร้างที่ให้ค่าการสะท้อนสูงที่สุดที่ความยาวคลื่นใช้งาน λ_0

2. ค่าดัชนีหักเหของสารกึ่งตัวนำสองชนิดที่นำมาสร้างเป็นแบรกรีเฟกเตอร์ (n_H และ n_L) มีผลต่อคุณลักษณะการสะท้อนคือ เมื่อคิดที่จำนวนคู่เท่ากันแล้วถ้าสัมประสิทธิ์พิสัย $\frac{n_H - n_L}{n_H + n_L}$ มีค่ามาก ลักษณะกราฟการสะท้อนที่ได้จะมีแบนด์วิดท์กว้างมากกว่าและค่าการสะท้อนสูงกว่า

3. เมื่อเพิ่มจำนวนคู่ของแบรกรีเฟกเตอร์ให้มากขึ้นค่าการสะท้อนที่บริเวณความยาวคลื่นใช้งาน λ_0 จะมีค่าสูงขึ้น และจะมีแบนด์วิดท์แคบลง

4. สำหรับโครงสร้างที่มีชั้นเลื่อนเฟส (Phase-shift layer) ถ้าชั้นเลื่อนเฟสนั้นมีความหนาเป็น $\frac{k\lambda_0}{2}$ $(k = 0,\ 1,\ \ldots)$ ค่าการสะท้อนที่ความยาวคลื่นใช้งานมีค่าต่ำ เนื่องจากเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกัน ถ้าชั้นเลื่อนเฟสมีความหนาเป็น $\frac{(2k+1)\lambda_0}{4}$ $(k = 0,\ 1,\ \ldots)$ ค่าการสะท้อนที่ความยาวคลื่นใช้งานจะสูงสุดเพราะเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกัน และที่ความหนาอื่นๆ ค่าการสะท้อนสูงสุดเปลี่ยนไปอยู่ที่ความยาวคลื่นอื่นขึ้นอยู่กับความหนานั้นคือถ้ามีความหนา ϕ มีค่าเป็น $\frac{k\lambda_0}{2} < \phi < \frac{(2k+1)\lambda_0}{4}$ ค่าการสะท้อนสูงสุดจะเลื่อนไปทางความยาวคลื่นสั้น แต่ถ้ามีค่าเป็น $\frac{(2k+1)\lambda_0}{4} < \phi < \frac{(k+1)\lambda_0}{2}$ ค่าการสะท้อนสูงสุดจะเลื่อนไปทางความยาวคลื่นยาว

5. ในโครงสร้างแบบไม่สม่ำเสมอที่สัดส่วนของ Al คงที่ อัตราส่วนของ $d_H : d_L$ จะส่งผลต่อค่าการสะท้อนคือถ้า $\frac{d_H}{d_L}$ มีค่าน้อยกว่า $\frac{n_L}{n_H}$ ค่าการสะท้อนในช่วงความยาวคลื่นยาวจะลดลง แต่ถ้า $\frac{d_H}{d_L}$ มากกว่า $\frac{n_L}{n_H}$ ค่าการสะท้อนในช่วงความยาวคลื่นสั้นจะลดลง โดยเฉพาะแบรกรีเฟกเตอร์คู่หน้าๆ อัตราส่วนนี้มีผลมากกว่าคู่ที่อยู่ถัดเข้าไป

6. สำหรับโครงสร้างแบบไม่สม่ำเสมอที่ทุกๆ คู่มีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของ Al นั้นเป็นโครงสร้างที่กำจัดการสะท้อนช่วงความยาวคลื่นอื่นๆ นอกจาก λ_0 ไปได้มาก ซึ่งมีลักษณะที่เป็นแบนด์สต๊อปฟิวเตอร์ (Band stop filter) ทางแสง นั่นคือช่วงความยาวคลื่นอื่นๆ นอกเหนือจากช่วงใช้งานจะสามารถทะลุผ่านแบรกรีเฟกเตอร์ได้ดี

7. เมื่ออ้างอิงกับโปรแกรม BRproject® แล้ว แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาโดยวิธีโปรปาเกชั่นเมตริกซ์ (Propagation matrix) ให้ผลของการคำนวณที่ใกล้เคียงกัน และยังใกล้เคียงกับผลจากการทดลองอีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8

ข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากวิทยานิพนธ์นี้ได้แสดงให้เห็นอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ในโครงสร้างแบรกรีเฟกเตอร์ ซึ่งตัวแปรแต่ละตัวนั้นมีผลต่อค่าการสะท้อนและการส่งผ่านที่สร้างจากสารประกอบกลุ่ม GaAlAs สำหรับแสงในช่วง 1.3 μm ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวเหมาะสมการประยุกต์ใช้กับโครงสร้างควอนตัมดอทที่เกิดจากการก่อตัวของ InAs บนแผ่นผลึกฐาน GaAs ที่มีการเปล่งแสงช่วง 1.3 μm เช่นเดียวกัน จากตัวอย่างโครงสร้างแบรกรีเฟกเตอร์ที่ได้วิเคราะห์ในวิทยานิพนธ์สามารถผลิตได้ด้วยเทคโนโลยีการปลูกผลึกอิพิแทกซีจากสถานะไอและเทคโนโยลีจากลำโมเลกุล โดยข้อสังเกตสำหรับการประดิษฐ์ในแต่ละโครงสร้างดังนี้

(ก) โครงสร้างแบรกรีเฟกเตอร์แบบสม่ำเสมอและโครงสร้างแบรกรีเฟกเตอร์แบบที่ชั้นเลื่อนเฟสนิยมใช้คู่ของสารประกอบ GaAs/AlAs เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความคลาดของค่าสัดส่วนในสารประกอบ GaAlAs และที่สำคัญค่าอัตราการปลูกผลึกต้องมีค่าคงที่ตลอดการปลูก มิฉะนั้นค่าความคลาดของค่าความหนาจะผิดพลาดไปทำให้ค่าแถบการสะท้อนที่ได้มีความคลาดเคลื่อนไปและค่าอัตราการปลูกผลึกต้องมีค่าไม่ต่ำเกินไปนัก ซึ่งเป็นผลทำให้เวลาที่ใช้ในการปลูกนานเกินไปอันมีผลทำให้ความสม่ำเสมอของคุณสมบัติของผลึกที่ได้ในแต่ละชนิดของโครงสร้างมีความแตกต่างกัน โดยมีผลทำให้ผลที่ได้คลาดเคลื่อนไปจากที่ออกแบบได้

(ข) โครงสร้างแบรกรีเฟกเตอร์แบบไม่สม่ำเสมอ (Chriped or Rugate) โครงสร้างนี้สามารถประดิษฐ์สร้างได้ยากในทางปฏิบัติ วิธีการที่สร้างทำให้ได้โครงสร้างดังกล่าวมีความจำเป็นต้องในเครื่องคอมพิวเตอร์ในการคำนวณเพื่อกำหนดค่าสัดส่วนของ GaAlAs ค่าความหนา จากนั้นนำค่าสัดส่วนและค่าความหนาไปคำนวณหาค่าฟลักซ์หรืออัตราการไหลของก๊าซและเวลาที่ใช้ในการปลูกในแต่ละชั้น ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบค่าฟลักซ์ ค่าสัดส่วนของ GaAlAs และค่าความหนาของผลึกที่ปลูกได้มีความสำคัญสำหรับใช้ในการประดิษฐ์สร้างโครงสร้างดังกล่าว ตัวอย่างเช่น RHEED Oscillation [9], spectroscopic ellipsometry [10], Optical-based flux monitor (OFM) [11] เป็นต้น

เนื่องจากโครงสร้างแบรกรีเฟกเตอร์นั้นเมื่อคำนวณค่าความหนาของแต่ละโครงสร้างมีค่าความหนาประมาณ 5 μm สำหรับ GaAs/AlAs จำนวน 25 คู่ที่มีค่าความยาวคลื่นแบรกที่ 1.3 μm หากใช้ค่าอัตราการปลูกผลึก 0.5 μm/ชั่วโมง ต้องใช้เวลาปลูกเป็นเวลา 10 ชั่วโมง สำหรับการปลูกผลึกด้วยวิธีการปลูกผลึกจากลำโมเลกุลที่ใช้วัสดุที่อยู่ในรูปของแข็งภาชนะสำหรับบรรจุสารต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอ มิฉะนั้นค่าฟลักซ์มีค่าไม่ตรงที่ได้ อันทำให้ค่าความหนาที่ได้เกิดความไม่

สม่ำเสมอขึ้น และในกรณีที่เป็นสารประกอบ GaAlAs ค่าสัดส่วนและความหนาก็คลาดเคลื่อนไปด้วยเช่นเดียวกันจากการเปลี่ยนแปลงค่าฟลักซ์ของสารใดสารหนึ่งหรือทั้งสองชนิด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าโครงสร้างแบรกรีเฟกเตอร์จึงไม่นิยมใช้วิธีการปลูกผลึกจากลำโมเลกุลที่ใช้วัสดุที่อยู่ในรูปของแข็ง แต่อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีของการปลูกผลึกจากลำโมเลกุลที่ใช้วัสดุที่อยู่ในรูปของแข็งได้มีการพัฒนาให้ Effusion มีขนาดของบรรจุสารต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นที่ให้สามารถปลูกผลึกได้ในอัตราการปลูกผลึกที่สูงกว่า 0.5 μm/ชั่วโมง และมีค่าฟลักซ์คงที่นานกว่า 200 ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย