

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ควอนตัมดอตที่เกิดขึ้นแบบประกอบตนเองบนแผ่นฐานเรียบมีปัญหาด้านความเป็นระเบียบ เนื่องจากกระบวนการก่อตัว (SK) เป็นแบบสุ่ม วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้ออกแบบโครงสร้างที่สามารถลดความสุ่มของตำแหน่งการเกิดของ InAs ควอนตัมดอตในการเกิดแบบประกอบตนเองด้วยการปรับปรุงแผ่นฐานเสมือนลายตาราง InGaAs/GaAs ที่ถูกนำไปปลูกชั้นควอนตัมดอตโดยตรง [77] ด้วยการกลบทับด้วยชั้น GaAs spacer ก่อนที่จะปลูกควอนตัมดอต หลังการปลูก ชีงงานถูกนำไปวัดความสูงต่ำของพื้นผิวด้วยเทคนิค AFM และวัดสมบัติทางแสงด้วยเทคนิค PL

ผลการวัดพื้นผิวในการทดลองพบว่า การปรับปรุงชั้นแผ่นฐานเสมือนลายตารางเดิมคือ $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}/\text{GaAs}$ ด้วยชั้น GaAs spacer ที่มีความหนาต่างๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวหน้าใหม่เป็นแนวเนินยาวและกว้างมากขึ้นในทิศ [110] และทิศ [1-10] เมื่อเทียบกับ $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}/\text{GaAs}$ เดิมซึ่งเป็นแนวของเนินยาวขนาดเล็ก ลักษณะดังกล่าวเป็นผลจากแนวของ dislocation ที่เกิดขึ้นในชั้น $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}/\text{GaAs}$ เปลี่ยนไปเมื่อมีชั้น GaAs spacer เพิ่มขึ้นบนผิวหน้า [56] โดยความกว้างของแนวเนินจะแปรผันตามขนาดของความหนาของชั้น GaAs spacer

การปลูกควอนตัมดอตลงบนผิวหน้าใหม่ที่เกิดจากการเพิ่มชั้น GaAs spacer ก่อให้เกิดการจัดเรียงควอนตัมดอตที่โดดเด่นในทิศ [110] มากกว่าในทิศ [1-10] แต่การปรับเปลี่ยนเทคนิคควอนตัมดอตจากเดิมที่เป็นแบบ SK ทั่วไป ไปเป็น MEE SK ทำให้ควอนตัมดอตสามารถเปลี่ยนทิศทางการจัดเรียงโดดเด่นไปยังทิศทาง [1-10] ได้ เนื่องจาก In adatoms มีอิสระในการเคลื่อนที่มากกว่า เพราะถูกรบกวนด้วยไอของ As₄ น้อยกว่า จึงเลือกก่อตัวในบริเวณที่ขึ้นขอบ คือ ในทิศ [1-10] ซึ่งเป็นพื้นผิวที่มีความลึก ความขรุขระ มากกว่า อีกทั้งยังมีผลของระนาบที่เปลี่ยนแปลงไปจากพื้นผิวที่เป็นรอนคลื่นซึ่งส่งผลต่อการเลือกก่อตัวของควอนตัมดอตเช่นกัน

ผลการทดลองวัดสมบัติทางแสงด้วยเทคนิค PL แสดงให้เห็นว่าชีงงานเปล่งแสงได้ดีตามผลที่คาดหวังเนื่องจาก dislocation ที่ลดลง การเปล่งแสงยังแสดงให้เห็นถึงควอนตัมดอตสองกลุ่มในชีงงานซึ่งจะมีขนาดแตกต่างกัน การเพิ่มกำลังแสงเลเซอร์กระตุ้นส่งผลให้ความเข้มของยอดพลังงานต่างๆมีค่าสูงขึ้นอันเป็นผลจาก state-filling effect [82] การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิส่งผลต่อการเปล่งแสงเป็น 2 ช่วง

คือในช่วงแรกเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ความเข้มแสงในแต่ละยอดพลังงานเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงเกิดการการเลื่อนตำแหน่งของยอดพลังงานไปค่าพลังงานที่สูงขึ้น (blue shift) ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดจากพาหะได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นจากความร้อนจึงส่งผลคล้าย state-filling effect ในช่วงที่สองเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นอีก ปรากฏให้เห็น การลดลงของความเข้มแสงของยอดพลังงานโดยรวม และการเลื่อนตำแหน่งของยอดพลังงานต่างๆไปยังตำแหน่งที่พลังงานลดลง (red shift) ลักษณะดังกล่าวเป็นผลจาก thermal excitation ที่มีสูงมากไปจนทำให้พาหะหลุดออก และการเกิด thermal expansion รวมถึง phonon scattering ขึ้น [92] ตามลำดับ นอกจากนี้แสงจากควอนตัมดอตเป็นแสงโพลาไรซ์ อันเป็นผลจากการเรียงตัวเป็นเส้นในทิศ [110] และ [1-10]

จากผลการทดลองทั้งหมดจึงสรุปได้ว่า การเพิ่มชั้น GaAs Spacer ลงบนผิวหน้าลายตาราง $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}/\text{GaAs}$ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวหน้าขึ้น โดยสามารถใช้ผิวนาดังกล่าวในการก่อตัวและเรียงตัวของควอนตัมดอตที่เป็นระเบียบแบบเส้นยาวในทิศ [110] และทิศ [1-10] พร้อมกันนี้ยังได้การเปล่งแสงที่ดีไม่ด้อยไปกว่าควอนตัมดอตที่ปลูกบนแผ่นฐาน (100)-GaAs โดยตรงเนื่องจากลดผลกระทบจาก dislocation ในชั้น $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$