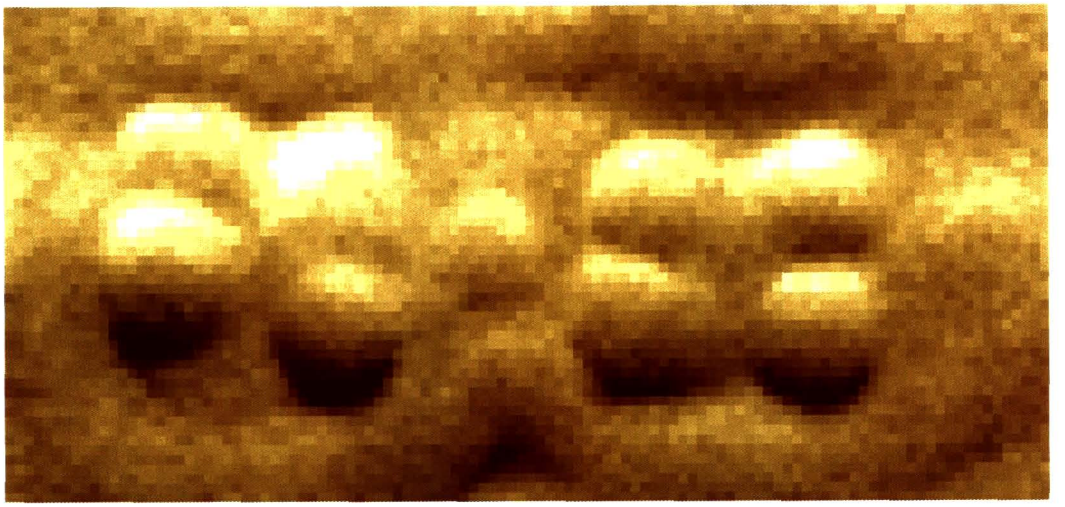


รูปที่ 15 โครงสร้างควอนตัมดอต 4 ดอตที่เรียงตัวกันเป็นแนวตรง

การยื่นจดสิทธิบัตรทั้งสองนั้นได้กระทำผ่านสำนักงานทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแจ้งให้ทั้งสำนักงานคณะกรรมการสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (ศูนย์นาโนเทค) รับทราบในรายละเอียดด้วย

เนื้อหาของสิทธิบัตรทั้งสองเน้นกระบวนการและขั้นตอนการเตรียมโครงสร้างโซ่ควอนตัมดอตคู่ และควอนตัมดอต 4 ดอต มากกว่าสิทธิบัตรของสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งจะเป็นเป้าหมายถัดไปของงานวิจัยในทางวิศวกรรมศาสตร์ที่ยังต้องพัฒนาต่อ

ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้งานด้านวิศวกรรมศาสตร์จึงเน้นการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใหม่ที่ใช้โครงสร้างควอนตัมดอตโมเลกุลความหนาแน่นสูงแบบหลายชั้น ซึ่งยังมีปัญหาที่ต้องพัฒนาต่ออีกเช่นกัน ดังมีรายละเอียดในตอนที่ 8 ของรายงานฉบับนี้

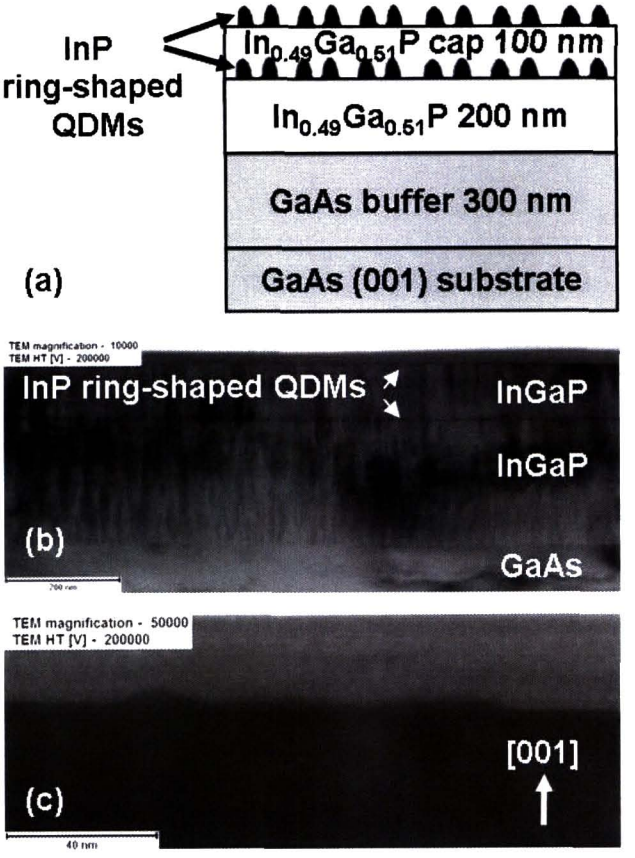
6. การวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของโครงสร้างควอนตัมดอตแบบต่าง ๆ

โครงสร้างควอนตัมดอตแบบต่าง ๆ ที่เตรียมได้จากงานวิจัยจะผ่านขั้นตอนการตรวจสอบโครงสร้างด้วยเครื่อง Atomic Force Microscopy (AFM) เพื่อดูรายละเอียดทั้งรูปร่าง ขนาด และภาพตัดขวางของพื้นผิวในระดับนาโนเมตร ดังรูปผลการทดลองที่แสดงผ่านมาในตอนต้น

การวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของโครงสร้างควอนตัมดอตนั้นจำเป็นต้องทดสอบแบบทำลายด้วยโดยใช้เครื่อง Tunneling Electron Microscopy (TEM) ตัวอย่างจะถูกนำไปขัดจนมีความบางมากเพื่อนำไปดูโครงสร้างในเชิงภาพตัดขวาง เพื่อศึกษารายละเอียดของโครงสร้างที่อยู่ใต้ผิว ทำให้สามารถดูความหนา ความลึก ขนาด และปริมาณของควอนตัมดอต ที่ฝังอยู่ภายในได้ ในขณะเดียวกัน ยังสามารถตรวจสอบจุดบกพล่อง (Defects) ต่าง ๆ ตลอดจน Dislocations ที่มักเกิดขึ้นในโครงข่ายผลึกเมื่อมีแรงเครียด

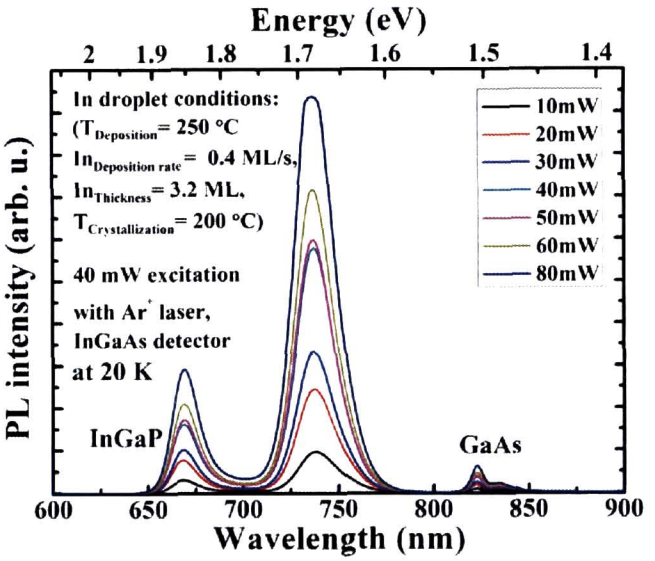
เนื่องจากโครงสร้างควอนตัมดอตต่าง ๆ จะนำไปใช้งานในด้านนาโนอิเล็กทรอนิกส์ และนาโนโฟโตนิกส์ ดังนั้นการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานทางไฟฟ้า และทางแสงจึงมีความสำคัญและสามารถนำมาประเมินคุณภาพของโครงสร้างเหล่านั้นได้ ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงมีการตรวจวัดการเปล่งแสงจากโครงสร้างควอนตัมดอต เมื่อมีการกระตุ้นด้วยแสงเลเซอร์ การทดลองนี้เรียกว่า โฟโตลูมิเนสเซนซ์ (Photoluminescence; PL) ซึ่งอาจวัดที่อุณหภูมิต่ำโดยใช้ฮีเลียมเหลว จนถึงอุณหภูมิห้องซึ่งเป็นอุณหภูมิใช้งานจริงของสิ่งประดิษฐ์หลาย ๆ ชนิด

รูปที่ 16 เป็นตัวอย่างของภาพที่วัดด้วยเครื่อง TEM ของโครงสร้างควอนตัมดอตวงแหวนที่ทำจาก InP ฝังอยู่ในชั้น InGaP ภาพตัดขวางที่ได้เป็นข้อมูลที่ยืนยันกระบวนการเตรียมโครงสร้างฯ และผลของคุณภาพผลึกที่ได้



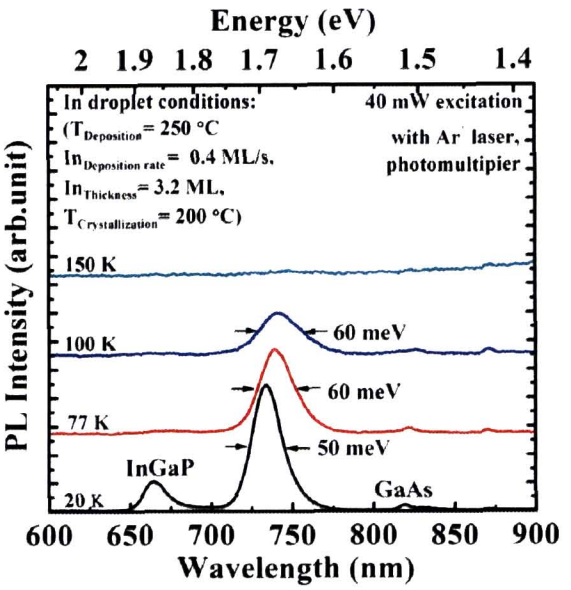
รูปที่ 16 ภาพ TEM ของโครงสร้างควอนตัมดอตวงแหวน

โครงสร้างดังกล่าวยังถูกนำไปตรวจสอบความสามารถในการเปล่งแสง โดยใช้เลเซอร์อาร์กอนซึ่งมีค่าความยาวคลื่นสั้น (สีเขียว) เป็นตัวกระตุ้น รูปที่ 17 เป็นผล PL ที่วัดได้จากโครงสร้างควอนตัมดอตวงแหวนที่ทำจาก InP ฝังอยู่ใน InGaP และปลูกบนฐานผลึก GaAs การทดลองนี้ทำที่อุณหภูมิต่ำ 20 K และมีการเปลี่ยนค่าความเข้มแสงเลเซอร์ด้วย (10-80 mW)



รูปที่ 17 ผลของ PL Specfra ที่วัดได้จากโครงสร้างควอนตัมดอตวงแหวน
เมื่อเปลี่ยนความเข้มแสงเลเซอร์

เมื่อมีการเปลี่ยนอุณหภูมิการวัดจาก 20 K ให้สูงขึ้นถึงอุณหภูมิ 150 K โดยใช้ความเข้มแสงเลเซอร์คงที่ที่ 40 mW ผล PL spectra จะมีค่าลดลงจนวัดหาไม่ได้ที่อุณหภูมิ 150 K แสดงให้เห็นว่า โครงสร้างควอนตัมดอตวงแหวนที่ทำจาก InP ด้วยเทคนิค Droplet Epitaxy และ S-K ยังมีคุณภาพไม่ดีนัก ต้องมีการปรับปรุงต่อไป ผลการทดลองดังกล่าวมีแสดงดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 ผลของ PL Spectra ที่วัดได้จากโครงสร้างควอนตัมดอตวงแหวน
เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิการวัดจาก 20 K เป็น 150 K