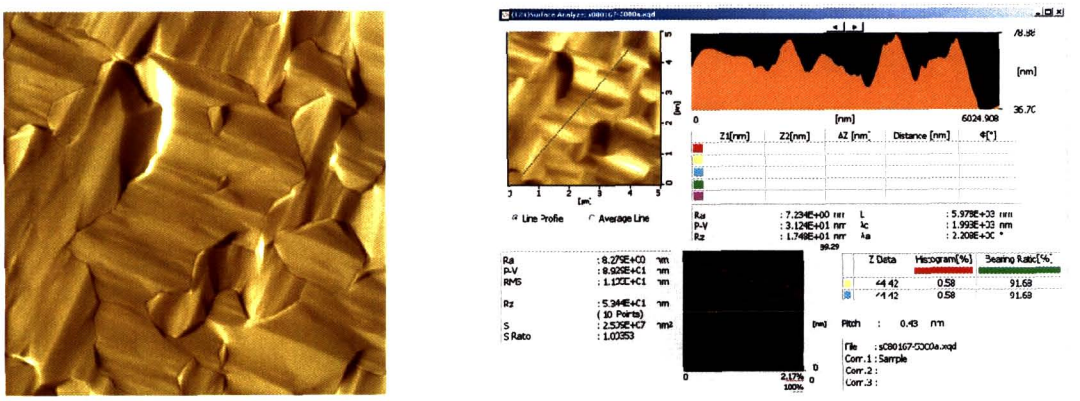
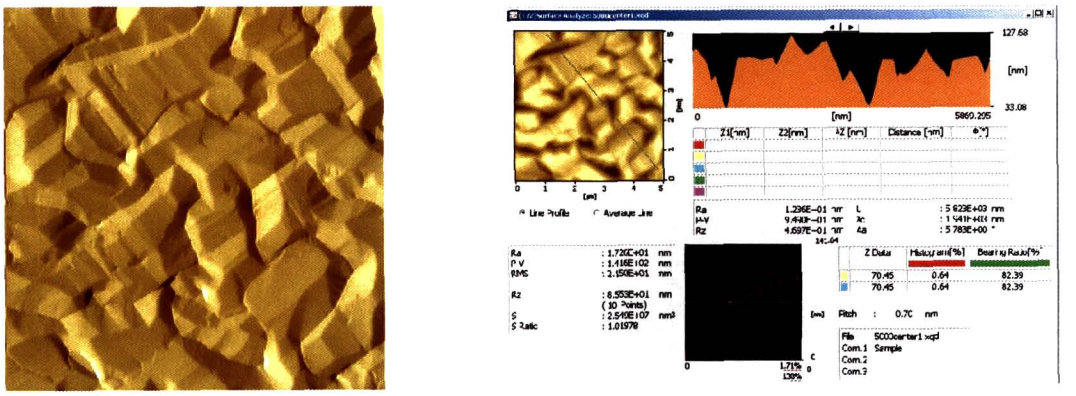


(a) (b)

รูปที่ 20 ชั้นผลึก GaAs ที่ปลูกบนฐานผลึก Ge โดยตรง



(a) (b)

รูปที่ 21 ชั้นผลึก GaAs ที่ปลูกบนฐานผลึก Ge โดยมีชั้น AlAs คั่นกลาง

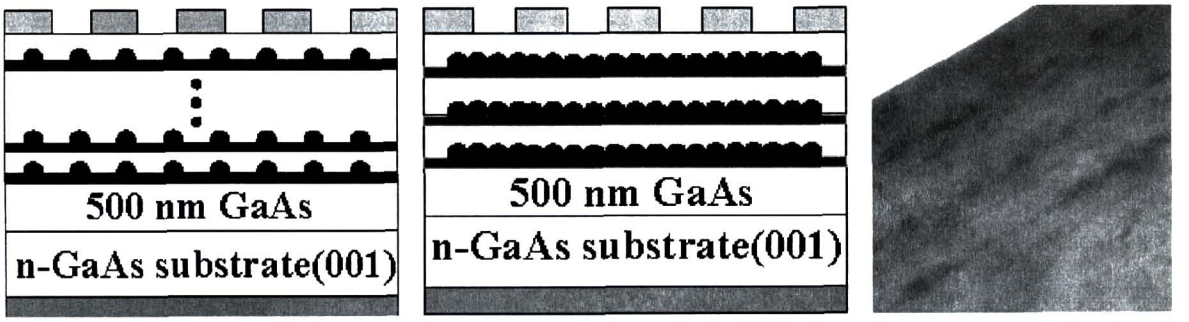
ได้มีการตรวจสอบโครงสร้าง GaAs ที่ได้โดยการวัดผลการเปล่งแสงจากชั้นผลึกโดยวิธี Photoluminescence ซึ่งจะมีการนำผลมาวิเคราะห์ต่อไป

8. การศึกษาผลตอบสนองทางสเปคตรัมของควอนตัมดอตโซล่าเซลล์

งานวิจัยของโครงการวิจัยนี้ที่มีผลต่อการใช้งานจริงทางวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ การนำโครงสร้างควอนตัมดอตมาใช้เป็นชั้นดูดกลืนแสงในโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ งานวิจัยส่วนนี้ได้ดำเนินการต่อเนื่องมาตั้งแต่ช่วงแรกจนถึงปัจจุบัน และได้รับการสนับสนุนด้านเงินทุนวิจัยส่วนหนึ่งจาก Asian Office of Aerospace Research and Development (AOARD) ซึ่งเป็นหน่วยงานหนึ่งของกองทัพอากาศของสหรัฐอเมริกา

เพื่อให้การศึกษามีความชัดเจนในเชิงแนวคิด (Cenceptual) การทำความเข้าใจในเชิงพื้นฐานด้านฟิสิกส์จึงจำเป็น ตลอดจนโครงสร้างควอนตัมดอตที่ใช้งานจริงก็ต้องสมารถมีคุณสมบัติตามต้องการตามหลักทางวิศวกรรมศาสตร์ด้วย อาศัยการพัฒนาเทคนิคการปลูกชั้นผลึกด้วยลำโมเลกุลดังได้กล่าวรายละเอียดมาแล้วในตอนแรก ๆ ทำให้คณะวิจัยสามารถเตรียมโครงสร้างควอนตัมดอตโมเลกุลความหนาแน่นสูง (HD-QDMs) ด้วยวิธี Multi-Cycle-Thin-Capping-and Regrowth Process และได้นำเทคนิคดังกล่าวมาปลูกชั้นผลึกหลายชั้นของ HD-QDMs เพื่อเป็นโครงสร้างส่วนหนึ่งของเซลล์แสงอาทิตย์

ในงานวิจัยสนี้ได้เลือกใช้โครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Schottky ที่มี HD-QDMs ซึ่งมี 3 ชั้น และเปรียบเทียบผลกับโครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Schottky ที่มี QDs ซึ่งมี 15 ชั้น เพราะจำนวนควอนตัมดอตทั้งสองตัวอย่างมีเท่า ๆ กันโดยประมาณ นอกจากนี้ขั้นตอนการปลูกชั้นผลึก HD-QDMs แต่ละชิ้นจะใช้เทคนิค Thin-Copping-and-Regrowth Process จำนวน 5 รอบ ดังนั้นการปลูกชั้นผลึก HD-QDMs 3 ชั้น จึงใช้รอบการปลูกทั้งสิ้น 3×5 = 15 รอบ จึงใช้เวลาในการเตรียมโครงสร้างดังกล่าวใกล้เคียงกับการปลูกโครงสร้าง QDs 15 ชั้น โครงสร้างของตัวอย่างทั้งสองมีแสดงในรูป 22 (a) และ (b) ตามลำดับ โดยมีภาพของโครงสร้างที่ถ่ายจาก TEM ดังแสดงในรูปที่ 22 (c)

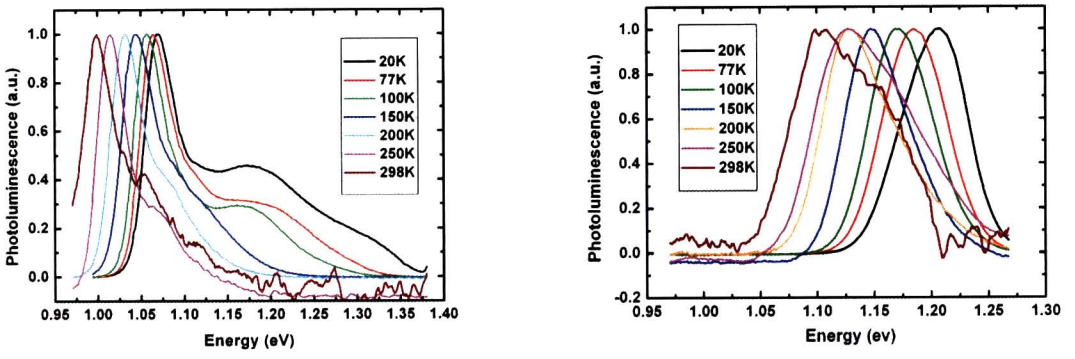


(a) (b) (c)

รูปที่ 22 โครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Schottky ที่มีชั้นผลึกควอนตัมดอต 15 ชั้น และชั้นผลึกควอนตัมดอตโมเลกุล 3 ชั้น เป็น Active Layers โดยมีรายละเอียดโครงสร้างที่ถ่ายภาพจาก TEM เพื่อยืนยันผล

การใช้โครงสร้างควอนตัมดอตหลาย ๆ ชั้นก็เพื่อเพิ่มจำนวนควอนตัมดอตให้มีค่าสูง เพื่อการดูดกลืนแสงที่มีประสิทธิภาพ แต่การใช้โครงสร้างควอนตัมดอตโมเลกุลจะมีจำนวนชั้นน้อยกว่า 1/5 เพราะควอนตัมดอตโมเลกุลมีจำนวนหนาแน่นในแนวนอนมากกว่า จึงสามารถใช้จำนวนชั้นผลึกน้อยกว่า ดังนั้นโครงสร้างควอนตัมดอตโมเลกุลจึงอยู่ตื้นใต้ผิวมากกว่า จึงสามารถดูดกลืนแสงได้ดีและมีประสิทธิภาพมากกว่า

ตัวอย่างทั้งสองถูกนำไปวัด PL เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางแสงที่อุณหภูมิ 20 ° -300 °K ผลการวัดที่อุณหภูมิต่ำ (20 °K) จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับระดับพลังงานควันไตน์ของควอนตัมดอต และควอนตัมดอตโมเลกุล ในขณะที่ผลการวัดที่อุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิห้อง (300 °K) จะเป็นการยืนยันถึงคุณภาพของโครงสร้างควอนตัมดอตทั้งสองแบบว่าสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิห้องปกติ ดังแสดงในรูปที่ 23

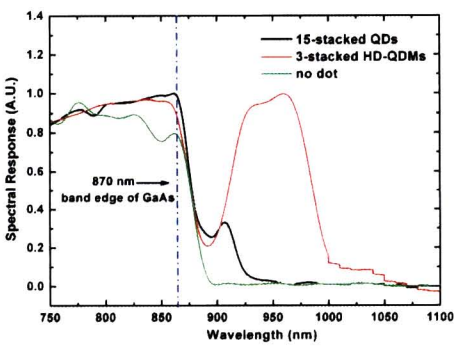


(a) (b)

รูปที่ 23 ผลการวัด PL ของโครงสร้าง QDs 15 ชั้น และโครงสร้าง QDMs 3 ชั้นที่อุณหภูมิ 20° -300 °K

ในกรณีของ QDs ที่อุณหภูมิต่ำจะสามารถสังเกตเห็น PL peaks ที่เกิดจากระดับพลังงานควันไตน์ที่เป็น Ground State และ Excited States PL peaks ของ QDs จะแคบมีค่า FWHM (Full Width at Half Maximum) ในระดับ 40 meV ส่วน PL peaks ของ HD-QDMs จะกว้างกว่าและมี FWHM 80 meV และไม่สามารถสังเกตเห็นรายละเอียดของพลังงานควันไตน์ได้ เพราะขนาดของควอนตัมดอตใน QDMs มีค่าไม่เท่ากัน

เมื่อนำเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Schottky ที่มีโครงสร้าง QDs 15 ชั้น และ HD-QDMs 3 ชั้น มาวัดหา Spectral Responses กับแสงอาทิตย์เทียม พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองมีสมรรถนะเชิงสเปคตรัมที่สูงขึ้น โดยสามารถดูดกลืนแสงในช่องความยาวคลื่นยาวที่สูงกับ 870 nm ได้ดี เมื่อเทียบกับโครงสร้าง Schottky ที่ไม่มี QDs ดังแสดงในรูปที่ 24



รูปที่ 24 Spectral Responses ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Schottky ที่มี QDs และ HD-QDMs เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่รู้ QDs