

## บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: MRG4880160

ชื่อโครงการ: สมบัติเชิงแสงของจุดควอนตัมที่เรียงเป็นแนวเส้นตรง

ชื่อนักวิจัย: อาจารย์ ดร.ชนินทร์ วิศวินธานนท์ (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) และคณะ

ที่อยู่อีเมล: Chanin.W@chula.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 1 มิถุนายน 2548 – 31 พฤษภาคม 2550

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาสมบัติเชิงแสงของโครงสร้างจุดควอนตัมที่เรียงกันเป็นเส้นตรงในแนวข้าง 3 แบบ ได้แก่ จุดควอนตัมคู่ จุดควอนตัมที่เรียงกันเป็นเส้นตรง และจุดควอนตัมที่เรียงกันเป็นเส้นตารางไขว้ โดยเน้นศึกษาสมบัติด้านโพลาไรเซชันเชิงแสงของโครงสร้างดังกล่าวเป็นสำคัญ โดยวิเคราะห์สมบัติดังกล่าวทั้งจากการคำนวณทางทฤษฎี และจากการวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงของชิ้นงานตัวอย่าง ผลการคำนวณพบว่าหากจุดควอนตัมอยู่ใกล้กันมากขึ้น จุดควอนตัมมีขนาดเล็กลง และ/หรือจุดควอนตัมเรียงกันเป็นจำนวนมากขึ้น จะส่งผลให้ระดับชั้นโพลาไรเซชันเชิงเส้น (degree of linear polarization) ยิ่งมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ในกรณีที่จุดควอนตัมโดด ระดับชั้นโพลาไรเซชันจะขึ้นอยู่กับสถานะของจุดควอนตัม เช่น ถ้าจุดควอนตัมมีสถานะเป็นทรังสีในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง แสงที่เปล่งออกมาจากจุดควอนตัมนั้นๆ ก็อาจมีค่าระดับชั้นโพลาไรเซชันที่ไม่เป็นศูนย์ได้ ผลการทดลองพบว่า ระดับชั้นโพลาไรเซชันของจุดควอนตัมคู่และจุดควอนตัมที่เรียงกันเป็นเส้นตรงมีค่าเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ พฤติกรรมเช่นนี้อธิบายได้ว่าเป็นผลเนื่องจากการคู่ควบกัน (coupling) ของจุดควอนตัม แต่ค่าระดับชั้นโพลาไรเซชันที่วัดได้จากจุดควอนตัมที่เรียงกันเป็นเส้นตารางไขว้ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ ซึ่งเมื่อศึกษาภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดแรงอะตอม (atomic-force microscope) พบว่าจุดควอนตัมในชิ้นงานตัวอย่างชนิดนี้เรียงกันเป็นแถวยาว แต่จุดควอนตัมไม่อยู่ใกล้กันเพียงพอที่จะก่อให้เกิดการคู่ควบกัน แสดงว่าค่าระดับชั้นโพลาไรเซชันที่เกิดขึ้นนั้นมีสาเหตุมาจากสถานะที่ไม่เป็นเอกรูป (non-uniform) ของจุดควอนตัมแต่ละจุด การศึกษาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลที่รวบรวมได้เหล่านี้ทำให้เราเข้าใจฟิสิกส์ของสมบัติโพลาไรเซชันเชิงแสงของโครงสร้างระดับนาโนเมตรเหล่านี้ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นองค์ความรู้พื้นฐานส่วนหนึ่งที่จะนำไปสู่การประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ทางแสงที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับโลกในยุคนาโนเทคโนโลยีต่อไป.

**คำสำคัญ:** จุดควอนตัม การปลูกผลึกด้วยลำโมเลกุล การเปล่งแสง ระดับชั้นโพลาไรเซชันเชิงเส้น การคู่ควบ

## Abstract

**Project Code:** MRG4880160

**Project Title:** Optical Properties of Linearly Aligned Quantum Dots

**Principal Investigator:** Chanin Wissawinthanon (Chulalongkorn University) *et al.*

**E-mail Address:** Chanin.W@chula.ac.th

**Project Period:** 1 June 2005 – 31 May 2007

This project was aimed to investigate the optical properties—emphasizing on the linear optical polarization property—of three kinds of quantum dot (QD) structures, namely, binary quantum dots (bi-QDs), linearly aligned quantum dots (LAQDs), and QDs aligned on a cross-hatch pattern. Such property was investigated by means of photoluminescence spectroscopy as well as theoretical calculation. It was found out from calculation that linear polarization degree (PD) of the LAQDs strongly depends on spacing, size, and number of QDs in the alignment. In particular, closer spacing, smaller dot size, or more number of QDs in the alignment gives rise to a higher PD value. For isolated QDs, the extent of shape isotropy strongly affects the PD. In the experimental point of view, optical properties of the three kinds of structures were investigated by means of temperature-dependent-, excitation-power-dependent-, and polarization-resolved photoluminescence spectroscopy. Measurements on a bi-QD sample and two LAQD samples reveal that the temperature-dependent PD for these nanostructures originates from coupling among the QDs. On the other hand, QDs on a cross-hatch pattern did not show the temperature-dependent behavior; the amount of PD that was observed for this type of sample merely comes from the shape anisotropy of individual QDs. By comparing these results, the physics behind the observed behaviors of these nanostructures is better understood and this will help produce higher-efficiency devices for the era of nanotechnology.

**Keywords:** quantum dot, molecular-beam epitaxy, photoluminescence, linear optical polarization degree, coupling