การจำลองผลของสนามไฟฟ้าต่อสมบัติโพลาไรเซชันของแสงที่เปล่งจากควอนตัมด็อต ชนิดอินเดียมอาร์เซไนด์ที่เรียงกันแบบประกอบขึ้นเอง

นาย ชลกร เชี่ยวพานิช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553

SIMULATION OF ELECTRIC-FIELD EFFECT ON THE OPTICAL POLARIZATION PROPERTY OF SELF-ASSEMBLED INDIUM-ARSENIDE ALIGNED QUANTUM DOTS

Mr. Chonlakorn Chiewpanich

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Thesis Title	SIMULATION OF ELECTRIC-FIELD EFFECT ON THE OPTICAL POLARIZATION PROPERTY OF SELF-ASSEMBLED INDIUM-ARSENIDE ALIGNED QUANTUM DOTS
By	Mr. Chonlakorn Chiewpanich
Field of Study	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Chanin Wissawinthanon, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Professor Somchai Ratanathammaphan, D.Eng.

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

..... Dean of the Faculty of Engineering
(Associate Professor Boonsom Lerdhirunwong, Dr.Ing.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman
(Professor Somsak Panyakeow, D.Eng.)

..... Thesis Advisor
(Chanin Wissawinthanon, Ph.D.)

..... Thesis Co-Advisor
(Associate Professor Somchai Ratanathammaphan, D.Eng.)

..... Examiner
(Associate Professor Banyong Toprasertpong, Dr.Ing.)

..... External Examiner
(Noppadon Nuntawong, Ph.D.)

ชลกร เชี่ยวพานิช : การจำลองผลของสนามไฟฟ้าต่อสมบัติโพลาไรเซชันของแสงที่เปล่งจากควอนตัมด็อตชนิดอินเดียมอาร์เซไนด์ที่เรียงกันแบบประกอบขึ้นเอง. (SIMULATION OF ELECTRIC-FIELD EFFECT ON THE OPTICAL POLARIZATION PROPERTY OF SELF-ASSEMBLED INDIUM-ARSENIDE ALIGNED QUANTUM DOTS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.ชนินทร์ วิศวินธานนท์, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร.สมชัย รัตนธรรมพันธ์, 311 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้จำลองระบบสนามไฟฟ้าในสองมิติเพื่อนำไปใช้กับแบบจำลองจุดควอนตัมชนิดอินเดียมอาร์เซไนด์ที่เรียงกันแบบประกอบขึ้นเอง เพื่อวิเคราะห์สมบัติโพลาไรเซชันเชิงแสง โดยใช้ระเบียบวิธีทางไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ในการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนจุดตารางในฐานะที่เป็นตัวกำหนดความแม่นยำสำหรับการคำนวณ จากการศึกษาพบว่าระดับขั้นโพลาไรเซชันเชิงเส้น (degree of linear polarization) ภายใต้แรงกระทำจากสนามไฟฟ้าที่ใส่เข้ามาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก ดังนี้ จำนวนของจุดควอนตัม ความแรงของสนามไฟฟ้า ระยะห่างระหว่างจุดควอนตัมที่ติดกัน และขนาดของจุดควอนตัม ทิศของสนามไฟฟ้าในแนวขนานกับการเรียงตัวของจุดควอนตัมมีผลกระทบต่อระดับขั้นโพลาไรเซชันมากกว่าในทิศของสนามไฟฟ้าที่ตั้งฉากกับการเรียงตัวของจุดควอนตัม โครงสร้างจุดควอนตัมที่เรียงตัวกันจะมีระดับขั้นโพลาไรเซชันสูงขึ้นขณะที่ความแรงของสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แต่จะมีค่าลดลงได้เมื่อสนามไฟฟ้าที่มีค่าแรงมากเกินไป จำนวนของจุดควอนตัมที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ระดับขั้นโพลาไรเซชันมีค่าสูงขึ้น แต่ในที่สุดอาจนำไปสู่การลดลงของแรงดันไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดระดับขั้นโพลาไรเซชันค่าสูงสุด นอกจากนี้จุดควอนตัมที่อยู่ใกล้กันมากขึ้นก็สามารถส่งผลให้ระดับขั้นโพลาไรเซชันสูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ขนาดของจุดควอนตัมที่ใหญ่ขึ้นกลับทำให้ระดับขั้นโพลาไรเซชันมีค่าลดลง จากการวิเคราะห์ผลการทดลองเหล่านี้พบว่า หากจุดควอนตัมอยู่ใกล้กันมากขึ้น จุดควอนตัมมีขนาดเล็กลง จุดควอนตัมเรียงกันเป็นจำนวนมากขึ้น และ/หรือ ภายใต้สนามไฟฟ้าที่มีขนาดเหมาะสม จะส่งผลให้ระดับขั้นโพลาไรเซชันเชิงเส้นยิ่งมีค่าเพิ่มขึ้น การสังเคราะห์ผลการทดลองที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดนี้ทำให้เรามีความรู้ความเข้าใจในแง่ของฟิสิกส์จากสมบัติดังกล่าวมากขึ้น ทั้งเป็นการเปิดโลกทัศน์ทางด้านความคิดในเชิงมุมมองที่กว้างขึ้นอีกด้วย องค์ความรู้ดังกล่าวสามารถที่จะนำไปสู่การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำทางแสงที่มีประสิทธิภาพสูงในระยะเวลาอันใกล้นี้

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5070548521 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEYWORDS: ALIGNED QUANTUM DOTS/ POLARIZATION DEGREE / ELECTRIC FIELD

CHONLAKORN CHIEWPANICH: SIMULATION OF ELECTRIC-FIELD EFFECT ON THE OPTICAL POLARIZATION PROPERTY OF SELF-ASSEMBLED INDIUM-ARSENIDE ALIGNED QUANTUM DOTS. THESIS ADVISOR: CHANIN WISSAWINTHANON, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. SOMCHAI RATANATHAMMAPHAN, D.Eng., 311 pp.

The simulation of two-dimensional externally applied electric field system was introduced to implement with self-assembled InAs aligned quantum dots (QDs) in order to investigate the optical polarization property of those QDs. The methodology was based on the numerical finite-difference (FDM) method related to number of grid points, which determines the accuracy of the calculation. From the study, it was found that the linear polarization degree (PD) of the aligned QDs under applied electric filed significantly depends on number of QDs in the system, the field strength, the interdot spacing, and the size of the QDs. The electric filed applied parallel to the alignment of QDs has stronger effect on the degree of optical polarization than that applied in the direction perpendicular to alignment. The aligned QDs manifest good response with an increase of applied field by a larger polarization anisotropy, but turns to decrease in circumstance of strong field. A higher PD value from higher number of QDs was observed and eventually lead to a shift of applied voltage to lower potential, corresponding to maximum PD value. Moreover, very close separation between adjacent QDs also produces a strong polarization. By contrast, the calculation shows a reduction of PD value as enlargement of QDs. From these results, it may be concluded that closer spacing, smaller dot size, more number of QDs in the alignment, and/or suitable magnitude of applied electric field gives rise to a higher polarization degree of aligned QDs structure. The synthesis of results connected to the physics behind them render better understanding and broaden the horizon in the intellectual aspect of thought process, as well. This interesting knowledge would lead to a development in high-efficiency semiconductor optoelectronic devices in the short run.

Department: Electrical Engineering Student's Signature .....

Field of Study: Electrical Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year: 2010 Co-Advisor's Signature .....

Acknowledgements

First, I would like to be greatly thankful to my advisor, Dr. Chanin Wissawinthanon, my thesis co-advisor Dr. Somchai Ratanathammaphan, and head of the SDRL Laboratory Professor Dr. Somsak Panyakeow, for the topic of this thesis work, straightforward advice, taking care of my life in the laboratory, fine correction my work, especially answering my questions, not only describing thoroughly with attaching the other gainful knowledge, but also posing a question back to me, which sets an example of creativity and broadening horizon in the intellectual aspect of thought process. They activated me to work hard to produce a high standard of the thesis work, which is probably the most important thing I could have ever learned.

I am very grateful to acknowledge other committee members of my thesis defense Dr. Banyong Toprasertpong and Dr. Noppadon Nuntawong (the external committee member from National Electronics and Computer Technology Center of Thailand) for evaluating my work with quality, and my others teachers from SDRL for transferring useful knowledge to me.

Many thanks go to my special friends: Wichit Tantiweerasophon, Matinon Maitreeborirak, and Samatcha Vorathamrong, for their invaluable assistance of everything and our friendship forever. My colleagues behave like my brotherhoods and give me the notable memorials throughout a period of my Master's Degree education. Particularly, I am remarkably indebted for three persons: Nattajak Siribanluoewut, Nirat Patanasemakul, and Wasinee Kheansaard (the last person helped me to support the additional papers that cannot be downloaded from Chulalongkorn University). Without their guidance and mentorship, this thesis would not certainly have been successful. My special thanks distribute to my family for their love and encouragement, all of my life.

I would like to acknowledge the Asian Office of Aerospace Research and Development (AOARD), Office of the High Education Commission, Thailand Research Fund (TRF), Nanotechnology Center of Thailand (Nanotech), and Chulalongkorn University, for their financial support and cooperation.

Finally, I would like to say "thank you" myself for my deep spirit that leads to manifest my absolute potential to face all the obstacles during working on this thesis. My gladness is also devoted to John McLaughlin: my idol, all the time.

CONTENTS

Page

Page

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

Page

Page

Page

Page

Page

Page

Page

Page

Page

Page

Page

Page