แบบจำลองการดูดกลืนแสงของซิลิคอนรูพรุน

นายเจษฎา สุขพิทักษ์

A MODEL FOR OPTICAL ABSORPTION OF POROUS SILICON

Mr. Jessada Sukpitak

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Doctor of Philosophy in Physics

Department of Physics

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic year 2002

Thesis Title   A MODEL FOR OPTICAL ABSORPTION OF POROUS SILICON

By   JESSADA SUKPITAK

Field of Study   PHYSICS

Thesis Advisor   ASSOCIATE PROFESSOR WICHIT SRITRAKOOL, PH.D.

Thesis Co-advisor

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

.... Dean of Faculty of Science

(Associate Professor Wanchai Phothiphichitr, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

.... Chairman

(Assistant Professor Kajornyod Yoodee, Ph.D.)

.... Thesis Advisor

(Associate Professor Wichit Sritrakool, Ph.D.)

.... Member

(Professor Virulh Sa-yakanit, F.D.)

.... Member

(Patcha Chatraphorn, Ph.D.)

.... Member

(Professor Suthat Yoksan, Ph.D.)

เจษฎา สุขพิทักษ์ : แบบจำลองการดูดกลืนแสงของซิลิคอนรูพรุน. (A MODEL FOR OPTICAL ABSORPTION OF POROUS SILICON) อ. ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร. วิชิต ศรีตระกูล,   จำนวนหน้า 139 หน้า. ISBN 974-17-3311-9.

เราได้จำลองซิลิคอนรูพรุน   ให้เป็นระบบไร้ระเบียบซึ่งประกอบขึ้นด้วยหลุมศักย์สามมิติซึ่งมีการกระจายอย่างสุ่ม หลุมศักย์เหล่านี้เกิดขึ้นจากการนำอะตอมของซิลิคอนบางส่วนออกไปอย่างสุ่มจากผลึกสมบูรณ์ของซิลิคอน   เราสามารถหาสมการเชิงวิเคราะห์ของความหนาแน่นสถานะเชิงอิเล็กตรอนได้โดยการใช้เทคนิคการอินทิกรัลตามวิถีของฟายน์แมนสำหรับระบบไร้ระเบียบ   การกระเพื่อมของศักย์อย่างสุ่มนี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดสถานะเฉพาะถิ่นในส่วนหางของแถบพลังงานและทำให้ช่องว่างแถบพลังงานกว้างขึ้นด้วย การกว้างขึ้นของช่องว่างแถบพลังงานนี้สามารถสังเกตได้จากช่องว่างสภาพเคลื่อนที่ได้ของซิลิคอนรูพรุนและสามารถประเมินได้ว่าเป็นฟังก์ชันของค่าความพรุน เราได้คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงแสงสำหรับค่าความพรุนโดยใช้แบบจำลองการดูดกลืนอย่างง่ายร่วมกับความหนาแน่นสถานะที่ได้จากการคำนวณเพื่อที่จะพิจารณาช่วงของพลังงานที่การดูดกลืนเชิงแสงมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างมีนัยสำคัญกับการเปลี่ยนสถานะโดยไม่มีโฟนอนมาเกี่ยวข้อง ผลจากการคำนวณชี้ให้เห็นว่าในการดูดกลืนเชิงแสงนั้นเราสามารถละทิ้งผลจากการเปลี่ยนสถานะโดยไม่มีโฟนอนมาเกี่ยวข้องได้อย่างมีเหตุผล   นอกจากนี้เรายังวิเคราะห์ค่าความแรงของตัวกระเจิงประกอบกับผลการคำนวณการดูดกลืนเชิงแสงซึ่งแสดงให้เห็นถึงบทบาทที่สำคัญของการแจกแจงขนาดของผลึกขนาดนาโนเมตรในซิลิคอนรูพรุน

ภาควิชา....................ฟิสิกส์.................... ลายมือชื่อนิสิต.............................
สาขาวิชา..................ฟิสิกส์.................... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.............................
ปีการศึกษา 2545   ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.............................

We model porous silicon as a disordered system assembled of random distributing three-dimensional quantum wells produced from random removals of some silicon atoms from a perfect crystalline silicon. An analytic expression for its electronic density of states is determined using Feynman's path integral technique for disordered systems. Random fluctuations generated from disorder of the system create localized states in band tails as well as band-gap widening. The latter effect could be observed from the mobility gap of porous silicon, and can roughly be estimated as a function of its porosity. Optical absorption coefficients with various values of porosity are determined using the obtained density of states and a simple absorption model in order to investigate the energy range which significantly involves with non-phonon assisted transitions. The calculation indicates that non-phonon assisted processes can reasonably be neglected in optical absorption calculation for all values of porosity of studies. The important role of nanocrystal size distribution of porous silicon is also emphasized in the calculation as well as examination of scatterer strength.

Department	Physics	Student's signature....
Field of study	Physics	Advisor's signature.. *Wichit Sritrakool*
Academic year	2002	Co-advisor's signature..

Acknowledgements

First and foremost, the author would like to express his sincere gratitude to his supervisor, Associate Professor Wichit Sritrakool and Professor Virulh Sayakanit, for their invaluable guidance and inspiration during the course of his study in this department.

Special thank must also go to Assistant Professor Kajornyod Yoodee, Professor Suthat Yoksan and Dr. Patcha Chatraphorn for their valuable suggestions and comments.

He would like to acknowledge the helpful discussions received from Dr. Rujukorn Dhanawittayapol, Mr. Porncharoen Palotaidamkerng, Dr. Chatchai Srinitiworawong and Mr. Kobchai Tayanayanti and many helps with computers from Ms. Suphatra Adulratananuwat and Mr. Suchart Kaskamalas during this work.

He wishes to thank all friends, and all colleagues at Chulalongkorn University for their encouragement.

The RGJ-Ph.D. Program of the Thailand Research Fund is gratefully acknowledged for providing him financial support. Chulalongkorn University is acknowledged for allowing him a leave of absence for his study.

Lastly, special thanks go to his wife, Ms. Supanee Keesuwan, who always encourages him and provides him a lot of helps. He is greatly indebted to her.

Contents

Contents (continued)

Contents (continued)

List of Tables

List of Figures

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)