

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC HUẾ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM

BÁO CÁO TỔNG KẾT ĐỀ TÀI
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CẤP TRƯỜNG

Tên đề tài

SỰ HẤP THỤ SÓNG ĐIỆN TỬ TRONG GIẾNG LƯỢNG TỬ VỚI CÁC
DẠNG THỂ GIAM GIỮ KHÁC NHAU

Mã số: T.17-TN-17

Demo Version - Select.Pdf SDK

Cố vấn khoa học

PGS.TS Lê Đình

Chủ nhiệm đề tài

Phan Văn Giáp

Những người tham gia thực hiện

Trần Hà Nhật Linh

Nguyễn Hồng Hạnh

Huế, Năm 2017

MỤC LỤC

Mục lục	
Danh sách các hình vẽ	vi
Thông tin kết quả nghiên cứu của đề tài	vi
Thông tin về sinh viên chịu trách nhiệm chính thực hiện đề tài	x
Mở đầu	1
1 TỔNG QUAN VỀ BÁN DẪN THẤP CHIỀU	4
1.1 Lịch sử nghiên cứu và các ứng dụng của bán dẫn thấp chiều	4
1.1.1 Lịch sử nghiên cứu bán dẫn thấp chiều	4
1.1.2 Các ứng dụng của bán dẫn thấp chiều	5
1.2 Cấu tạo của bán dẫn thấp chiều	7
1.2.1 Giếng lượng tử và siêu mạng	7
1.2.2 Dây lượng tử	9
1.2.3 Chấm lượng tử	10
1.3 Hàm sóng và phổ năng lượng trong giếng lượng tử với dạng thế bất kì	11
1.4 Tổng quan về phương pháp nghiên cứu	12
1.4.1 Phương trình Liouville lượng tử cho các quá trình không cân bằng	12
1.4.2 Lý thuyết phản ứng tuyến tính	14
1.4.3 Lý thuyết phản ứng phi tuyến	16
1.4.4 Công thức Kubo cho tenxơ độ dẫn	17
1.4.5 Công thức Kubo-Mori cho tenxơ độ dẫn	19

1.4.6	Biểu thức của tenxơ độ dẫn cao tần trong giếng lượng tử dưới tác dụng của sóng điện từ	27
1.4.7	Biểu thức của hệ số hấp thụ sóng điện từ do tương tác electron - phonon	41
2	HỆ SỐ HẤP THỤ SÓNG ĐIỆN TỪ TRONG GIẾNG LƯỢNG TỬ THỂ BÁN PARABOL	42
2.1	Hàm sóng và phổ năng lượng trong giếng lượng tử thể bán parabol . . .	42
2.2	Trường hợp tán xạ phonon âm trong giếng lượng tử thể bán parabol . .	43
2.3	Trường hợp tán xạ phonon quang trong giếng lượng tử thể bán parabol .	45
2.4	Tính số và vẽ đồ thị	46
2.4.1	Trường hợp tán xạ electron-phonon âm	47
2.4.2	Trường hợp tán xạ electron-phonon quang	50
	Demo Version - Select.Pdf SDK	
3	HỆ SỐ HẤP THỤ SÓNG ĐIỆN TỪ TRONG GIẾNG LƯỢNG TỬ THỂ BÁN TAM GIÁC	53
3.1	Hàm sóng và phổ năng lượng trong giếng lượng tử thể bán tam giác . . .	53
3.2	Trường hợp tán xạ phonon âm trong giếng lượng tử thể bán tam giác . .	54
3.3	Trường hợp tán xạ phonon quang trong giếng lượng tử thể bán tam giác	56
3.4	Tính số và vẽ đồ thị	57
3.4.1	Trường hợp tán xạ electron-phonon âm	57
3.4.2	Trường hợp tán xạ electron-phonon quang	60
4	HỆ SỐ HẤP THỤ SÓNG ĐIỆN TỪ TRONG GIẾNG LƯỢNG TỬ THỂ BÁN HYPERBOL	63
4.1	Hàm sóng và phổ năng lượng trong giếng lượng tử thể bán hyperbol . . .	63

4.2	Trường hợp tán xạ phonon âm trong giếng lượng tử thể bán hyperbol . .	64
4.3	Trường hợp tán xạ phonon quang trong giếng lượng tử thể bán hyperbol	66
4.4	Tính số và vẽ đồ thị	67
4.4.1	Trường hợp tán xạ electron-phonon âm	67
4.4.2	Trường hợp tán xạ electron-phonon quang	69
	Kết luận chung	73
	Tài liệu tham khảo	74

Demo Version - Select.Pdf SDK

DANH SÁCH CÁC HÌNH VẼ

1.1	Cấu trúc đa giếng lượng tử.	9
1.2	Dây lượng tử hình chữ nhật và dây lượng tử hình trụ.	9
1.3	Cấu trúc chấm lượng và chấm lượng tử kim tự tháp.	10
2.1	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số laser trong giếng lượng tử thế bán parabol.	47
2.2	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số của trường laser ứng với các giá trị khác nhau của nhiệt độ trong giếng thế bán parabol.	48
2.3	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào bề rộng của giếng thế bán parabol.	48
2.4	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số thế giam giữ theo phương z của giếng thế bán parabol.	49
2.5	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào nhiệt độ trong giếng lượng tử thế bán parabol.	49
2.6	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số laser trong giếng lượng tử thế bán parabol.	50
2.7	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số của trường laser ứng với các giá trị khác nhau của nhiệt độ trong giếng thế bán parabol.	50
2.8	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào bề rộng của giếng thế bán parabol.	51
2.9	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số thế giam giữ theo phương z của giếng thế bán parabol.	52

2.10	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào nhiệt độ trong giếng lượng tử thể bán parabol.	52
3.1	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số laser trong giếng lượng tử thể bán tam giác.	57
3.2	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số của trường laser ứng với các giá trị khác nhau của độ rộng giếng thể bán tam giác	58
3.3	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào bề rộng của giếng thể bán tam giác ứng với các giá trị khác nhau của nhiệt độ	59
3.4	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào nhiệt độ ứng với các giá trị khác nhau của tần số trường laser.	59
3.5	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số của trường laser.	60
3.6	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số trường laser ứng với các giá trị khác nhau của bề rộng giếng thể năng.	60
3.7	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào nhiệt độ ứng với các giá trị khác nhau của bề rộng giếng thể năng.	61
3.8	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào bề rộng giếng thể năng ứng với các giá trị khác nhau của nhiệt độ.	62
4.1	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số trường laser. . .	67
4.2	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số trường laser ứng với các giá trị khác nhau của bề rộng giếng thể năng.	68
4.3	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào bề rộng giếng thể năng ứng với các giá trị khác nhau của nhiệt độ.	68
4.4	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào nhiệt độ ứng với các giá trị khác nhau của tần số trường laser.	69

Demo Version - Select.Pdf SDK

4.5	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số của trường laser.	70
4.6	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số trường laser ứng với các giá trị khác nhau của bề rộng giếng thế năng.	70
4.7	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào nhiệt độ ứng với các giá trị khác nhau của bề rộng giếng thế năng.	71
4.8	Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào bề rộng giếng thế năng ứng với các giá trị khác nhau của nhiệt độ.	71

Demo Version - Select.Pdf SDK

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CỦA ĐỀ TÀI

1. Thông tin chung

- Tên đề tài: SỰ HẤP THỤ SÓNG ĐIỆN TỪ TRONG GIẾNG LƯỢNG TỬ VỚI CÁC DẠNG THỂ GIAM GIỮ KHÁC NHAU.

- Sinh viên thực hiện: Phan Văn Giáp

Trần Hà Nhật Linh

Nguyễn Hồng Hạnh

- Lớp: Vật lý tiên tiến 4 Khoa: Vật lý

- Năm thứ: 4 Số năm đào tạo: 04

- Người hướng dẫn: PGS.TS Lê Đình.

2. Tính cấp thiết của đề tài

Độ dẫn điện và sự hấp thụ sóng điện từ trong bán dẫn khối và bán dẫn thấp chiều dưới tác dụng của trường laser cao tần đang được quan tâm nghiên cứu. Các hiệu ứng này xảy ra do tương tác của hệ electron và phonon. Vì tương tác electron-phonon trong bán dẫn thấp chiều khác biệt so với trong bán dẫn khối nên hiệu ứng này mang các đặc tính mới. Vấn đề này đã được nghiên cứu trong bán dẫn khối và bán dẫn giếng lượng tử, siêu mạng bán dẫn và dây lượng tử với một số dạng thể quen thuộc, nhưng đối với giếng lượng tử với dạng thể mà đề tài dự định nghiên cứu thì còn rất ít. Đó là lý do chúng tôi chọn đề tài nghiên cứu “Sự hấp thụ sóng điện từ trong giếng lượng tử với các dạng thể giam giữ khác nhau”.

3. Mục tiêu của đề tài

Mục tiêu của đề tài là thiết lập biểu thức của tenxơ độ dẫn và hệ số hấp thụ sóng điện từ trong giếng lượng tử thể bán parabol, thể bán tam giác và thể bán hyperbol.

Thực hiện tính số với các bán dẫn thực để ước lượng các giá trị trên, đối chiếu với các thông số có thể đạt được trong kỹ thuật hiện nay để kết luận khả năng ứng dụng vào thực tiễn.

4. Nội dung nghiên cứu

Đề tài chủ yếu tập trung vào các vấn đề sau:

- Tổng quan về bán dẫn thấp chiều và dây lượng tử .
- Thành lập biểu thức của hệ số hấp thụ sóng điện từ trong giếng lượng tử thế bán parabol, thế bán tam giác, thế bán hyperbol.

5. Phạm vi nghiên cứu

Đề tài tập trung nghiên cứu hệ số hấp thụ sóng điện từ trong giếng lượng tử với các dạng thế giam giữ khác nhau, trong đó không xét tương tác của các hạt cùng loại.

6. Đóng góp về mặt kinh tế - xã hội, giáo dục và đào tạo, an ninh quốc phòng và khả năng áp dụng của đề tài

Báo cáo tổng kết đề tài này có thể dùng làm tài liệu cho giảng viên, học viên cao học và sinh viên trong nghiên cứu và học tập lý thuyết chất rắn và lý thuyết lượng tử hệ nhiều hạt.

7. Công bố khoa học của sinh viên từ kết quả nghiên cứu của đề tài

Phan Văn Giáp, Trần Hà Nhật Linh, Nguyễn Hồng Hạnh(2017), “Sự hấp thụ sóng điện từ trong giếng lượng tử với các dạng thế giam giữ khác nhau.”, Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Sinh viên Trường Đại học Sư phạm - Đại học Huế, năm 2017.

Ngày tháng năm 2017

Sinh viên chịu trách nhiệm chính thực hiện đề tài

Phan Văn Giáp

Nhận xét của người hướng dẫn về những đóng góp khoa học của sinh viên thực hiện đề tài:

Ngày tháng năm 2017

Demo Version - Select.Pdf SDK
Xác nhận của đơn vị

Người hướng dẫn

PGS.TS Lê Đình

ĐẠI HỌC HUẾ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM

THÔNG TIN VỀ SINH VIÊN CHỊU TRÁCH NHIỆM CHÍNH THỰC HIỆN
ĐỀ TÀI

I. SƠ LƯỢC VỀ SINH VIÊN:

Họ và tên: PHAN VĂN GIÁP

Ngày sinh: 19 tháng 09 năm 1990

Nơi sinh: Đạo Đầu, Triệu Trung, Triệu Phong, Quảng Trị

Lớp: Vật lý tiên tiến 4

Khóa: 2014 - 2018

Khoa: Vật lý

Địa chỉ liên hệ: Đạo Đầu, Triệu Trung, Triệu Phong, Quảng Trị.

Demo Version - Select.Pdf SDK

Điện thoại: 01655221377

Email: pvgiap90@gmail.com

Ngày tháng năm 2017

Xác nhận của đơn vị SV chịu trách nhiệm chính thực hiện đề tài

Phan Văn Giáp

MỞ ĐẦU

1. Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực của đề tài trong và ngoài nước.

a) Ở trong nước: Hiện tượng chuyển tải nói chung và hệ số hấp thụ sóng điện từ nói riêng trong bán dẫn thấp chiều dưới tác dụng của trường điện từ cao tần đã được các nhà vật lý Việt Nam nghiên cứu kể từ năm 1995, với các nhóm nghiên cứu lớn ở Viện Vật lý, Đại học quốc gia Hà Nội, Đại học quốc gia TP. Hồ Chí Minh và Đại học Sư phạm – Đại học Huế. Nghiên cứu về hiện tượng chuyển tải trong hệ bán dẫn thấp chiều thuộc về nhóm của GS. TS. Nguyễn Quang Bá [1], GS. TS. Trần Công Phong [2] và PGS. TS. Lê Đình [3] trong đó chủ yếu tập trung giếng lượng tử, siêu mạng và dây lượng tử với các loại thế giam giữ khác nhau. Gần đây, tại Trường ĐHSP Huế có một số đề tài NCKH, khoá luận tốt nghiệp nghiên cứu vấn đề này trong giếng lượng tử, siêu mạng và dây lượng tử, chẳng hạn như [4, 5, 6, 7, 8, 9]. Các kết quả chính mà các tác giả của **Demo Version - Select Pdf SDK** có thể tóm tắt như sau: Thu được các biểu thức giải tích và các ước lượng số của hệ số hấp thụ sóng điện từ yếu bởi electron tự do trong trường hợp khi không có và khi có từ trường ngoài. Nghiên cứu sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ vào tần số của sóng điện từ, các đặc trưng của môi trường và các tham số của hệ vật liệu. Kết quả ước lượng số cho các bán dẫn thực cho thấy trong trường hợp tán xạ electron-phonon quang hệ số hấp thụ luôn dương (tức là bị hấp thụ), nhưng trong trường hợp tán xạ electron-phonon âm hệ số hấp thụ có thể nhận cả giá trị dương và giá trị âm tùy thuộc miền tần số. Hệ số hấp thụ nhận giá trị âm có nghĩa là có sự gia tăng sóng điện từ yếu. Đây là một cơ chế chuyển giao năng lượng mới trong đó electron nhận năng lượng từ trường điện từ mạnh để gia tăng sóng âm thông qua tương tác electron-phonon âm.

b) Ở nước ngoài: Về hiện tượng chuyển tải trong các hệ thấp chiều, đã có một số nghiên cứu được thực hiện và đã thu được độ dẫn điện và hệ số hấp thụ sóng điện từ gây ra khi có mặt trường ngoài do tương tác với phonon [10, 11, 12]. Độ dẫn và hệ số

hấp thụ sóng điện từ tồn tại theo cả các phương có thể phụ giam giữ là một kết quả được chờ đợi và phù hợp tốt hơn với thực nghiệm. Sự phụ thuộc của độ dẫn và hệ số hấp thụ sóng điện từ vào các tham số đặc trưng cho trường và các tham số của vật liệu đều được nghiên cứu. Đã có nhiều đặc tính mới được phát hiện nhằm đưa đến ứng dụng trong khoa học và công nghệ.

2. Mục tiêu của đề tài

Mục tiêu của đề tài là thiết lập biểu thức của tenxơ độ dẫn và hệ số hấp thụ sóng điện từ trong giếng lượng tử thế bán parabol, thế bán tam giác và thế bán hyperbol. Thực hiện tính số với các bán dẫn thực để ước lượng các giá trị trên, đối chiếu với các thông số có thể đạt được trong kỹ thuật hiện nay để kết luận khả năng ứng dụng vào thực tiễn.

Đề tài cần phải thu được các biểu thức giải tích tường minh cho hệ số hấp thụ sóng điện từ trong giếng lượng tử với các dạng thế giam giữ khác nhau. Thực hiện tính số với các bán dẫn giếng lượng tử thực để ước lượng các giá trị trên, đối chiếu với các thông số có thể đạt được trong kỹ thuật hiện nay để kết luận khả năng ứng dụng vào thực tiễn.

3. Nhiệm vụ nghiên cứu

- Tổng quan về hệ bán dẫn thấp chiều và giếng lượng tử cùng phương pháp phương trình động lượng tử.

- Thiết lập các biểu thức tính hệ số hấp thụ sóng điện từ trong giếng lượng tử với thế giam giữ dạng bán parabol, bán tam giác và bán hyperbol.

- Khảo sát sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng điện từ vào tần số của trường laser, các thông số của giếng và nhiệt độ.

4. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu

4.1. Đối tượng nghiên cứu

- Hệ số hấp thụ sóng điện từ.

- Giếng lượng tử với các loại thế giam giữ: thế bán parabol, thế bán tam giác và thế bán hyperbol.

4.2. Phạm vi nghiên cứu

- Đề tài tập trung nghiên cứu hệ số hấp thụ sóng điện từ trong giếng lượng tử với các dạng thế bán parabol, thế bán tam giác và thế bán hyperbol.

- Bỏ qua tương tác của các hạt cùng loại.

5. Cách tiếp cận, phương pháp nghiên cứu

- Sử dụng phương pháp phương trình động lượng tử cho phonon.

- Phương pháp tính số và vẽ đồ thị bằng phần mềm Mathematica.

Demo Version - Select.Pdf SDK