**TRANG THÔNG TIN VỀ LUẬN ÁN**

Tên đề tài luận án: KÍCH THÍCH TẬP THỂ TRONG MỘT SỐ CẤU TRÚC LỚP ĐÔI

Ngành: Vật lý lý thuyết và Vật lý toán

Mã số: 62440103

Họ tên nghiên cứu sinh: Nguyễn Văn Mện

Khóa đào tạo: 25 (2015 – 2018)

Người hướng dẫn khoa học: PGS. TS Nguyễn Quốc Khánh

Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Khoa học tự nhiên – Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh.

**1. TÓM TẮT NỘI DUNG LUẬN ÁN**

Luận án tập trung tính toán phổ plasmon và tốc độ phân rã plasmon của một số cấu trúc lớp đôi được tạo thành từ lớp khí điện tử hai chiều (2DEG) truyền thống, graphene đơn lớp (MLG) và graphene lớp kép (BLG) ở nhiệt độ không tuyệt đối. Đó là các lớp đôi 2DEG-MLG, 2DEG-BLG và MLG-BLG trong đó các lớp được ngăn cách bởi các lớp điện môi khác nhau. Bằng cách sử dụng hình thức luận điện môi trong gần đúng pha ngẫu nhiên, tác giả tính toán phổ plasmon và tốc độ phân rã plasmon dựa trên việc xác định điểm không của hàm điện môi động của hệ. Việc khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố đặc trưng của hệ bao gồm khoảng cách giữa hai lớp, sự không đồng nhất của điện môi nền và mật độ hạt tải trong hai lớp lên phổ plasmon và tốc độ phân rã plasmon được thực hiện bằng phương pháp số. Bên cạnh đó, một đóng góp quan trọng của luận án là biểu thức giải tích cho tần số plasmon trong hai cấu trúc lớp đôi 2DEG-BLG và MLG-BLG cũng được dẫn ra bằng cách khai triển các hàm phân cực và thế tương tác Coulomb trong gần đúng bước sóng dài.

**2. NHỮNG KẾT QUẢ MỚI CỦA LUẬN ÁN**

Với lớp đôi 2DEG-MLG, luận án bổ sung hiệu ứng tương quan – trao đổi vào tính toán hàm điện môi động, có tính đến bề dày của lớp 2DEG và sự không đồng nhất của điện môi nền gồm ba lớp điện môi khác nhau. Kết quả cho thấy, phổ plasmon gồm hai nhánh: nhánh quang (OP) và nhánh âm (AC). Bề dày và hằng số điện môi của lớp trung gian tăng làm giảm tần số plasmon ở cả hai nhánh trong khi bề rộng của giếng lượng tử tăng lại làm tăng tần số nhánh AC trong vùng bước sóng dài và chỉ làm giảm tần số nhánh này khi vectơ sóng nhận giá trị đủ lớn. Tỷ số mật độ hạt tải của hai lớp và sự không đồng nhất của điện môi nền làm tăng tần số nhánh OP nhưng làm giảm tần số nhánh AC. Hiệu ứng tương quan – trao đổi trong lớp 2DEG ảnh hưởng lên phổ plasmon chỉ đáng kể khi mật độ hạt tải trong lớp 2DEG đủ thấp. Các kết này đã được chúng tôi đăng trong bài *Canadian Journal of Physics 96 (2018) 615–621.*

Khi khảo sát lớp đôi 2DEG-BLG, chúng tôi đã sử dụng khai triển gần đúng bước sóng dài để rút ra biểu thức giải tích của tần số plasmon. Các biểu thức giải tích cho thấy, tần số plasmon nhánh OP tỷ lệ với căn bậc hai của vectơ sóng trong khi đại lượng này đối với nhánh AC tỷ lệ bậc nhất với vectơ sóng. Bề dày của lớp trung gian tăng làm tăng tần số plasmon ở cả hai nhánh trong khi tỷ số mật độ hạt tải trong hai lớp và hằng số điện môi lớp trung gian tăng lại làm giảm các tần số này. Sự không đồng nhất của điện môi nền làm giảm tần số nhánh OP nhưng lại làm tăng tần số nhánh AC. Chúng tôi chỉ ra rằng chỉ có điện môi nền ảnh hưởng mạnh lên nhánh OP. Các kết quả này đã được chúng tôi đăng trong bài báo *Physics Letters A 381 (2017) 3779–3784*.

Đối với lớp đôi MLG-BLG, chúng tôi cũng rút ra biểu thức tần số plasmon trong vùng bước sóng dài. Kết quả cho thấy, cũng như trường hợp 2DEG-BLG, nhánh OP có tần số tỷ lệ với căn bậc hai của vectơ sóng trong khi nhánh AC có tần số tỷ lệ bậc nhất với vectơ sóng. Ảnh hưởng của khoảng cách giữa hai lớp lên phổ plasmon của lớp đôi BLG-MLG cũng giống như đối với lớp đôi MLG-MLG và chủ yếu trong vùng bước sóng dài, khi mà hai nhánh phổ nằm ngoài vùng liên tục của hệ. Sự thay đổi mật độ hạt tải trong MLG chỉ ảnh hưởng mạnh lên tần số nhánh OP trong khi đó hằng số điện môi lớp trung gian cũng như sự không đồng nhất của điện môi nền ảnh hưởng đáng kể lên cả hai nhánh phổ. Các kết quả này đã được chúng tôi đăng tải trong bài báo *Physica Status Solidi (b) (2018),* [*https://doi.org/10.1002/pssb.201700656*](https://doi.org/10.1002/pssb.201700656)*.*

**3. CÁC ỨNG DỤNG/ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG TRONG THỰC TIỄN HAY NHỮNG VẤN ĐỀ CÒN BỎ NGỎ CẦN TIẾP TỤC NGHIÊN CỨU**

Graphene là loại vật liệu mới với nhiều tính chất đặc biệt và khả năng ứng dụng trong công nghệ. Do đó, nghiên cứu các tính chất của graphene và những hệ vật lý có chứa vật liệu này là có ý nghĩa khoa học và thực tiễn. Kết quả thu được của luận án có thể cung cấp thêm những thông tin hữu ích cho việc nghiên cứu và ứng dụng vật liệu loại này trong công nghệ và góp phần phát triển lý thuyết về vật liệu graphene.

|  |  |
| --- | --- |
| **CÁN BỘ HƯỚNG DẪN**  **PGS. TS. Nguyễn Quốc Khánh** | **NGHIÊN CỨU SINH**  **Nguyễn Văn Mện** |

**XÁC NHẬN CỦA CƠ SỞ ĐÀO TẠO**

**PHÓ HIỆU TRƯỞNG**

**Trần Lê Quan**

**THESIS INFORMATION**

Thesis title: PLASMON EXCITATIONS IN SEVERAL DOUBLE-LAYER STRUCTURES

Specialty: Theoretical and Mathematical Physics

Code: 62440103

PhD student: Nguyen Van Men

Academic year: 25 (2015 – 2018)

Supervisor: Assoc. Prof. Nguyen Quoc Khanh

At: University of Science – VNU. HCMC.

**1. ABSTRACT**

The aim of the thesis is to calculate plasmon frequency and decay rate in several double-layer heterostructures made of ordinary two-dimensional electron gas (2DEG), mono-layer graphene (MLG) and bilayer graphene (BLG) at zero temperature. These include 2DEG-MLG, 2DEG-BLG and MLG-BLG double layers separated by a dielectric spacer. By using the linear response formalism within the random-phase-approximation, the author calculates the plasmon frequency and decay rate based on the zeroes of dynamical dielectric function. The effects of the spacer thickness, the inhomogeneity of the dielectric background and the carrier densities on the plasmon frequency and decay rate are numerically carried out. The other important contribution of the thesis is the obtained analytical expression of plasmon frequency for 2DEG-BLG and MLG-BLG double layers using long wavelength expansion of response functions and bare Coulomb interaction.

**2. NEW RESULTS**

For the 2DEG-MLG double-layer, the thesis takes into account the exchange-correlation effects, 2DEG layer thickness and the inhomogeneity of the dielectric background consisting of four different layers. The results show that plasmon excitations include two branches: optical (OP) and acoustic (AC) ones. When the width and dielectric constant of the spacer increase the plasmon frequencies of both branches decrease while the increase in quantum well width raises the AC plasmon frequency in long wavelength region and only reduces it as wave-vector is sufficiently large. The OP (AC) plasmon frequency increases (decreases) when the ratio of carrier densities in two layers and the inhomogeneity of the dielectric background increase. The exchange-correlation effects in 2DEG layer affect significantly on plasmon modes only at low 2DEG density. These results have been published in the ISI paper *Canadian Journal of Physics 96 (2018) 615–621.*

For 2DEG-BLG double-layer, we use the long wavelength expansion to find out the analytical expression for plasmon frequency. The analytical results show that the OP plasmon frequency is proportional to square root of wave-vector while AC one is proportional to wave-vector. Spacer thickness raises plasmon frequencies of both branches while the ratio of carrier densities in two layers and the spacer dielectric constant reduce them. The inhomogeneity of the dielectric background reduces the OP frequency but raises the AC one. The OP plasmon mode is affected considerably only by the inhomogeneity of the dielectric background. These results have been published in the ISI paper *Physics Letters A 381 (2017) 3779–3784.*

In case of MLG-BLG double-layer, we have also obtained the analytical form of plasmon frequencies in long wavelength limit. The result shows that, as in case of 2DEG-BLG system, the OP frequency is proportional to square root of wave-vector *q* while the AC one is proportional to *q*. The effect of the spacer width on plasmon dispersion, in long wavelength region when two branches are outside the electron-hole continuum, is similar to that in MLG-MLG systems. The change in carrier density in MLG affects considerably only on the OP branch while the spacer dielectric constant and the inhomogeneity of the dielectric background affect significantly on both plasmon branches. These results have been published in the ISI paper *Physica Status Solidi (b) (2018), https://doi.org/10.1002/pssb.201700656.*

**3. POSSIBLE APPLICATIONS**

Graphene is a new kind of material with specific properties and possible technological application. Hence, the investigations on properties of graphene and systems consisting of graphene are very important. The results presented in this thesis provide useful information for finding graphene applications and contribute to the theoretical understanding of graphene.

|  |  |
| --- | --- |
| **SUPERVISOR**  **Assoc. Prof. Nguyen Quoc Khanh** | **PhD STUDENT**  **Nguyen Van Men** |

**CONFIRMATION OF THE UNIVERSITY OF SCIENCE**

**VICE PRESIDENT**

**Tran Le Quan**