# TRANG THÔNG TIN LUẬN ÁN

Tên đề tài luận án: Tính chất vận chuyển trong hệ hai chiều và graphene

Ngành: Vật lý lý thuyết và Vật lý toán

Mã số ngành: 62440103

Họ tên nghiên cứu sinh: Trương Văn Tuấn

Khóa đào tạo: 2017

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

Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Khoa học tự nhiên, ĐHQG-HCM

**1. TÓM TẮT NỘI DUNG LUẬN ÁN**:

Luận án khảo sát tính chất vận chuyển trong hệ 2D và graphene (điện tử hoặc lỗ trống trong giếng lượng tử vuông hữu hạn, vô hạn và điện tử trong BLG, các lớp đôi BLG-BLG, BLG-Q2DEG):

- Với hệ khí điện tử chuẩn hai chiều - Q2DEG (trong giếng lượng tử vuông hữu hạn GaAs/In0.2Ga0.8As/GaAs và vô hạn AlGaN/GaN/AlGaN): chúng tôi khảo sát tất cả các thế tương tác quan trong từ thế tĩnh khả dĩ như: tán xạ tạp chất ion hóa xa RI, tạp chất nền BI, bề mặt nhám SR, thế biến dạng DP, thế áp điện nhám PE, hợp kim AD, đến thế dao động phonon âm và phonon quang phân cực LO qua các đại lượng vật lý như thời gian hồi phục, điện trở suất, độ linh động. Từ đó, chúng ta có thể biết cơ chế tán xạ nào chiếm ưu thế trong các hiện tượng vật lý để làm cơ sở cho các nhà thực nghiệm cải tiến thiết bị.

- Với hệ chuẩn hai chiều là khí lỗ trống - Q2DHG (trong giếng lượng tử vuông hữu hạn Si/Si1-*x*Ge*x*/Si): chúng tôi đã xem xét hầu hết các cơ chế tán xạ trong thực tế như tán xạ tạp chất ion hóa xa RI, bề mặt nhám SR, lệch mạng thế Coulomb DC, lệch mạng thế biến dạng DS, hợp kim AD và tán xạ phonon âm qua hai đại lượng vật lý là độ linh động và suất nhiệt điện. Kết quả của chúng tôi có thể được sử dụng để so sánh với dữ liệu thực nghiệm trong tương lai nhằm chỉ ra sự phụ thuộc của các đặc tính vận chuyển vào hiệu ứng chắn và sự xâm nhập của hàm sóng vào rào thế.

- Với cấu trúc lớp dựa trên graphene, chúng tôi nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu ứng chắn lên hệ số nhiệt điện phonon drag của BLG và của các lớp đôi BLG-BLG, BLG-Q2DEG. Kết quả của luận án cho chúng ta hiểu rõ hơn về cấu trúc ghép đôi và ảnh hưởng của tương tác nhiều hạt lên các tính chất vận chuyển.

**2. NHỮNG KẾT QUẢ MỚI CỦA LUẬN ÁN**:

Các kết quả về giếng lượng tử vuông hữu hạn GaAs/In0.2Ga0.8As/GaAs với bốn cơ chế tán xạ thế tĩnh RI, BI, SR, và PE trong ba mô hình của *G*(*q*) ở nhiệt độ bằng không và hữu hạn qua tỉ số $τ\_{t}(E\_{k})/τ\_{s}(E\_{k})$ (được công bố trong bài báo *Science & Technology Development Journal – Natural Sciences* (2020)*,* 3(3): 180-187, https://doi.org /10.32508/stdjns.v3i3.638) và $ρ(B\_{s})/ρ(B=0)$ (được công bố trong bài báo *Communications in Physics* (2020), 30(2):123, [https://doi.org/10.15625/0868-3166 /30/2/14446](https://doi.org/10.15625/0868-3166%20/30/2/14446)) cho thấy hiệu ứng tương quan trao đổi ảnh hưởng đáng kể ở mật độ thấp. Ở mật độ cao, tỉ số $τ\_{t}(E\_{k})/τ\_{s}(E\_{k})$ không phụ thuộc vào LFC và tăng theo sự tăng mật độ. Sự phụ thuộc của điện trở suất vào từ trường, mật độ *Ns*, bề rộng giếng *L*, nhiệt độ *T*, và LFC được trình bày trong luận án có thể được sử dụng kết hợp với thực nghiệm để nhận được những thông tin về các cơ chế tán xạ, và hiệu ứng nhiều hạt trong các QW.

Các kết quả về giếng lượng tử vuông vô hạn AlGaN/GaN/AlGaN (được công bố trong bài báo *Eur. Phys. J. B* (2021)94, 103, <https://doi.org/10.1140/epjb/s10051-021-00111-0>) với các cơ chế tán xạ thế tĩnh RI, BI, IR, DC, DS, tán xạ phonon âm và tán xạ phonon quang phân cực LO cho thấy những đóng góp từ các tán xạ DC, IR và RI là quan trọng ở nhiệt độ thấp. Khi nhiệt độ tăng, tán xạ phonon âm bắt đầu chiếm ưu thế, và ở nhiệt độ phòng (*T* = 300 K), tán xạ phonon quang phân cực LO là cơ chế tán xạ chính đối với tất cả các giá trị của bề rộng giếng và nồng độ điện tử được xem xét.

 Các kết quả về khí lỗ trống - Q2DHG - trong giếng lượng tử vuông Si/Si1-*x*Ge*x*/Si (được công bố trong bài báo *Indian J. Phys.* (2023), <https://doi.org/10.1007/s12648-023-02662-7>) cho thấy hiệu ứng thâm nhập của hàm sóng vào rào thế ảnh hưởng đáng kể lên độ linh động toàn phần và suất nhiệt điện phonon drag *S*g đối với các QW hẹp, đặc biệt là ở nhiệt độ và mật độ cao. Trong trường hợp QW hẹp ở nhiệt độ cao, hiệu ứng chắn ảnh hưởng lên cả suất nhiệt điện khuếch tán và phonon drag.

Các kết quả về ảnh hưởng của hiệu ứng chắn lên hệ số Seebeck phonon drag của BLG và các cấu trúc ghép đôi BLG-BLG (được công bố trong bài báo *Science & Technology Development Journal – Natural Sciences* (2023), 7(4), 2763-2769, [https://doi.org/https:// doi.org](https://doi.org/https%3A//%20doi.org) /10.32508/stdjns.v7i4.1306), Q2DEG-BLG cho thấy hiệu ứng chắn làm giảm *Sg* của BLG và các lớp đôi đến vài bậc độ lớn**,** và hiệu ứng chắn của lớp thứ hai lên tương tác điện tử - phonon ở lớp còn lại là đáng kể đối với khoảng cách nhỏ giữa hai lớp.

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

Các kết quả thu được của luận án sẽ giúp ích trong việc tìm hiểu sâu hơn về các cơ chế tán xạ và tìm kiếm các linh kiện, vật liệu mới.

|  |  |
| --- | --- |
| **CÁN BỘ HƯỚNG DẪN****GS. TS Nguyễn Quốc Khánh** |  **NGHIÊN CỨU SINH****Trương Văn Tuấn** |

**XÁC NHẬN CỦA CƠ SỞ ĐÀO TẠO**

**HIỆU TRƯỞNG**

 **PGS. TS Trần Lê Quan**

# THESIS INFORMATION

Thesis title: Transport properties in two-dimensional systems and graphene

Specialty: Theoretical and Mathematical Physics

Code: 62440103

PhD student: Truong Van Tuan

Academic year: 2017

Supervisor: Professor Nguyen Quoc Khanh

At: VNUHCM - University of Science

**1. SUMMARY:**

 The thesis investigates the transport properties in two-dimensional systems and graphene (electrons or holes in finite and infinite square quantum wells, and electrons in BLG, BLG-BLG, BLG-Q2DEG double layers) :

 - For Q2DEG (finite GaAs/In0.2Ga0.8As/GaAs and infinite AlGaN/GaN/AlGaN square quantum well): we investigate all important scattering mechanisms, from the static scatterings RI, BI, SR, PE, DC, DS, to the acoustic phonon (ac) and longitudinal polar optical phonon LO via the physical quantities such as the relaxation time, resistivity and mobility. Hence, we can find the key scattering mechanisms, in transport phenomena, and help experimentalists in improving the devices.

 - For 2D hole gas - Q2DHG (in finite square quantum wells Si/Si1-*x*Ge*x*/Si): we have considered almost all practical relevant scattering mechanisms, such as RI, SR, PE, DP, AD and ac phonon scattering via two physical quantities: the mobility and thermopower. Our results can be used to compare with future experimental data to bring out how the transport properties are sensitive to the screening and to the penetration of the wave function into the barriers.

- For BLG-based double-layer structures, we investigate the screening effects on the phonon drag Seebeck coefficients of BLG and BLG-BLG, BLG-Q2DEG double layers. The results of the thesis give us a better understanding of the paired structures and the many-body effects on the transport properties.

**2. NOVELTY OF THESIS:**

 The results for the finite square quantum well GaAs/In0.2Ga0.8As/GaAs with four static scattering mechanisms RI, BI, SR, and PE in three models of *G*(*q*) at zero and finite temperature via the ratios $τ\_{t}(E\_{k})/τ\_{s}(E\_{k})$ (published in *Science & Technology Development Journal – Natural Sciences* (2020)*,* 3(3): 180-187, [https://doi.org/10.32508 /stdjns.v3i3.638](https://doi.org/10.32508%20/stdjns.v3i3.638)) and $ρ(B\_{s})/ρ(B=0)$ (published in *Communications in Physics* (2020), 30(2):123, <https://doi.org/10.15625/0868-3166/30/2/14446>) indicate that the exchange-correlation effects are very important at low densities. At high densities, the ratio $τ\_{t}(E\_{k})/τ\_{s}(E\_{k})$ is independent of the LFC and increases with increasing density. The dependence of resistivity on magnetic field, density *Ns*, well width *L*, temperature *T*, and LFC presented in the thesis can be used together with possible future measurements to obtain information about the scattering mechanisms, and the many-particle effects in QW structures.

 The results for the AlGaN/GaN/AlGaN infinite square quantum well (published in the journal *Eur. Phys. J. B* (2021)94, 103, <https://doi.org/10.1140/epjb/s10051-021-00111-0>.) with static scattering mechanisms: RI, BI, IR, DC, DS, and acoustic and LO phonon scatterings show that the contributions from DC, IR and RI scattering are important at low temperatures. As the temperature increases, the acoustic phonon scattering begins to dominate, and at room temperature (*T* = 300 K), longitudinal polar optical phonon scattering LO is the main scattering mechanism for all values of the well width and electron concentrations considered.

 The results for the hole gas - Q2DHG in Si/Si1-*x*Ge*x*/Si square quantum wells (published in the *Indian J. Phys.* (2023), [https://doi.org/10.1007/s12648-023-02662-7](https://doi.org/10.1140/epjb/s10051-021-00111-0)) indicate that the barrier penetration effect on total mobility and phonon drag thermopower is significant for narrow QWs, especially at high temperatures and densities. In the case of narrow QWs at high temperature, the screening effect on both the diffusion and phonon drag thermopower is noticeable.

 The results for the screening effects on the phonon drag coefficient of BLG and of the BLG-BLG (published in *Science & Technology Development Journal - Natural Sciences* (2023)*,* 7(4), 2763-2769, https://doi.org/https://doi.org /10.32508/stdjns.v7i4.1306) and Q2DEG-BLG double layers demonstrate that the screening effect reduces the magnitude of *S*g of the BLG and double layers by about two orders, and the effect of the electrons in one layer on the electron-phonon interaction in the other one is considerable for small inter-layer distances.

**3. APPLICATIONS/ APPLICABILITY/ PERSPECTIVE**

 The results obtained in the thesis maybe of help for scientists in deeper understanding of scattering mechanisms and in searching for new devices and materials.

|  |  |
| --- | --- |
|  **SUPERVISOR****Professor Nguyen Quoc Khanh** | **PhD STUDENT****Truong Van Tuan** |

**CERTIFICATION**

**UNIVERSITY OF SCIENCE**

**PRESIDENT**

**Assoc. Professor Tran Le Quan**