

## О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу ТАДЕВОСЯНА ЛЕВОНА АРМЕНОВИЧА по теме «ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КВАЗИДВУМЕРНЫХ КОЛЛОИДАЛЬНЫХ НАНОПЛАСТИНОК И НАНОСЛОЕВ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности Ц.04.10 – «Физика полупроводников»

Известно, что полупроводниковые квантовые точки (КТ) – это уникальные системы, в которых энергетический спектр носителей заряда полностью квантован. В этом отношении КТ похожи на атомные системы, но в отличие от реальных атомов, энергетический спектр носителей заряда в КТ можно управляемым образом контролировать, изменяя геометрическую форму и размеры КТ. Особый интерес представляют также коллоидальные КТ, нанопластины и нанослои. Благодаря современным методам выращивания уже выращены и получены вышеуказанные наноструктуры, которые рассматриваются как перспективные кандидаты для элементной базы приборов нового поколения. Нанопластинки (НПЛ) являются квазидвумерными гибридными структурами по своим физическим характеристикам, занимающими промежуточное место между КТ и квантовыми ямами (КЯ). Геометрически такие структуры можно представить в качестве прямоугольного параллелепипеда одна из сторон которого значительно меньше двух других. Благодаря сильному аксиальному квантованию энергетические уровни носителей заряда в НПЛ имеют ярко выраженный подзонный характер, когда с каждым уровнем аксиального квантования связано семейство уровней планарного квантования. Подобный спектр приводит к довольно богатой картине оптических переходов в НПЛ, характеризующейся как внутриподзонами, так и межподзонами, а также межзонными переходами. Ясно, что результаты этих исследований могут найти непосредственное применение в оптоэлектронных приборах. При этом оптические свойства у НПЛ могут управляться не только путем изменения геометрических размеров, но и за счет наложения внешних полей.

Наряду с оптическими характеристиками в слоистых наноструктурах можно управлять термодинамическими и магнитными параметрами электронного и дырочного газов, локализованных в таких системах. Примечательно что в случае несколько-частичного газа, при сравнительно высоких температурах, вычисление термодинамических и магнитных параметров системы можно реализовать в рамках больцмановского приближения. При этом статистическая сумма будет зависеть как от геометрии рассматриваемой структуры, так и от ее размеров. Наличие полностью квантованного спектра специфическим образом отразится на поведении энтропии, теплоемкости и намагниченности указанных систем, в зависимости от их размеров, а также величин налагаемых полей. В случае тонких нанослоев поведение частиц становится двумерным. В результате образуется двумерный ограниченный газ, обладающий специфическими свойствами гибридного характера присущими как КТ, так и КЯ. В отличие от НПЛ, энергетическим спектром цилиндрических и сферических КТ типа ядро-оболочка можно управлять с помощью большего набора геометрических параметров (внешний и внутренний радиусы, высота цилиндрической КТ), а также путем изменения кривизны как сферической, так и цилиндрической поверхностей. Это позволяет проводить гибкую

манипуляцию энергетического спектра носителей заряда и, следовательно, создает широкие возможности управления физическими характеристиками подобных систем. Именно этим вопросам посвящена данная диссертационная работа.

С учетом приведенных выше факторов, актуальность и новизна данной работы определяется тем, что в рамках модели Такагахары исследованы межзонное и экситонное электропоглощение в CdSe НПЛ с учетом поляризационных эффектов в аксиальном направлении. В рамках статистик Больцмана и Ферми-Дирака исследованы термодинамические характеристики слабо взаимодействующего электронного газа в CdSe НПЛ. Для тонкой цилиндрической CdSe КТ типа ядро–оболочка изучены магнитные и термодинамические характеристики слабо взаимодействующего электронного газа. На основе модели сферического ротатора исследованы термодинамические свойства электронного газа, локализованного в сферической CdSe КТ типа ядро–оболочка. В тонкой сферической CdSe КТ типа ядро–оболочка рассмотрены межзонные оптические переходы.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка используемой литературы. Текст изложен на 101 странице и содержит 23 рисунка, 7 таблицы и 107 наименований литературы.

Во Введении сформулирована цель работы, показаны научная новизна и практическая значимость результатов, перечисляются основные положения выносимые на защиту. В первой главе диссертационной работы рассматривается межзонное и экситонное поглощения в нанопластинках CdSe при наличии внешнего электрического поля. Вторая глава диссертации посвящена исследованию термодинамических и магнитных характеристик слабо взаимодействующего электронного газа в НПЛ CdSe и КТ CdSe типа ядро–оболочка. А третья глава диссертационной работы посвящена изучению термодинамических и оптических характеристик слабо взаимодействующего электронного газа в тонких сферических КТ типа ядро–оболочка. Работа обобщается выводами и заключениями.

Отмечу важные с моей точки зрения полученные результаты:

- Показано, что с ростом латерального электрического поля, в плоскости НПЛ, имеет место красное смещение пиков экситонного поглощения.
- Показано, что слабо взаимодействующий электронный газ, локализованный в тонкой CdSe КТ типа ядро–оболочка, обладает ярко выраженным диамагнетизмом с постоянной диамагнитной восприимчивостью.
- Показано, что энтропия слабо взаимодействующего электронного газа, локализованного в тонкой сферической CdSe КТ типа ядро–оболочка, с ростом эффективного радиуса КТ увеличивается, при этом теплоемкость системы падает
- Показано, что с ростом эффективного радиуса сферической КТ типа ядро–оболочка, при постоянной толщине КТ, резонансные частоты межзонных переходов претерпевают красное смещение.

Из сказанного выше следует, что тема диссертационной работы Левона Тадевосяна весьма актуальна, находится на переднем плане научных исследований и имеет как большое научное, так и прикладное значение.

Однако, с моей точки зрения диссертационная работа не лишена также некоторых недостатков. В частности:

1. Обсуждая задачу о межзонном поглощении в CdSe нанопластинке при наличии аксиального электрического поля, автор дает численные оценки пороговых частот поглощения в зависимости от геометрических параметров НПЛ. Вместе с тем было бы желательно дать некоторые оценки пороговых частот поглощения при различных значениях электрического поля.
2. Во второй главе диссертационной работы, обсуждая поведения слабо взаимодействующего электронного газа в тонкой цилиндрической ядро-оболочка квантовой точке, при наличии аксиального магнитного поля автор представляет определенную информацию относительно эффекта Ааронова-Бома в такой системе. Однако, было бы желательно обратиться к этой проблеме подробнее, в частности обсудить эффект осцилляции основного уровня одноэлектронных состояний.
3. Диссертация выиграла бы если в качестве отдельного параграфа автором были представлены некоторые сведения об экспериментальной реализации изучаемых структур.
4. Было бы желательно кроме рассмотренного материала CdSe рассмотреть также другие полупроводниковые материалы.
5. В работе есть технические ошибки и орфографические неточности.

Однако, сделанные выше замечания не усугубляют общую значимость проведенных исследований и полученных научных результатов. Полученные результаты достоверны, содержание автореферата полностью соответствует научной информации, представленной в диссертации. По теме диссертации опубликовано 5 научных работ.

Считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям Высшего аттестационного комитета при комитете по Высшему образованию и науке Республики Армения, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Левон Арменович Тадевосян заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности Ц.04.10 – «Физика полупроводников».

Официальный оппонент



Карен М. Гамбарян

Зав. кафедрой физики полупроводников  
и микроэлектроники ЕГУ,  
доктор физ.-мат. наук, профессор  
Эл. почта: [kgambaryan@ysu.am](mailto:kgambaryan@ysu.am)  
Tel.: 091-588597

14 июня, 2025 г.

Подпись Карена Гамбаряна подтверждаю.

Ученый секретарь Ереванского госуниверситета



М.В. Оганнисян