

## ОТЗЫВ

### Официального оппонента на диссертационную работу Мкртчяна Мгера Артуровича “Исследование термодинамических и оптических свойств несколькочастичных систем в квантовых точках”

Рецензируемая диссертационная работа посвящена теоретическому изучению термодинамических и оптических характеристик одночастичных и несколькочастичных квантовых нульмерных наноструктур со сложной геометрией (сильно-вытянутая эллипсоидальная квантовая точка (КТ) и сильно-сплюснутая линзообразная КТ), при наличии и отсутствии внешнего магнитного поля.

Квантовые технологии стали неотъемлемой частью современной жизни. Без этих технологий ныне трудно представить какую-либо область и, тем самым, они стали практически незаменимы в современной электронике, оптике, медицине и т.д. В настоящее время эти технологии синтеза полупроводниковых наноструктур, а также установившийся потенциал фундаментальных исследований обусловили появление и развитие квантово-механической полупроводниковой инженерии: уникального научного-технического направления.

Этим обусловлено появление своеобразных классов гетерогенных систем с наперед заданными физическими характеристиками и свойствами, а в перспективе – пути к разработке приборов наноэлектроники, основанных на качественно новых нанометрических явлениях.

Среди таковых вызывает всевозрастающий интерес наносистемы на базе полупроводниковых нульмерных структур, а именно КТ различной геометрии. Здесь подбором вида и состава материалов КТ и окружающей среды, а также мезоскопических размеров и формы активной области, становится возможным в широких пределах менять положение как одночастичных, так и многочастичных уровней энергии квазичастиц – осуществлять наряду с уже ставшей привычной "зонной инженерией" также "инженерию многочастичного взаимодействия".

Для выявления физических особенностей КТ различных геометрических форм в настоящее время широко используются оптические и термодинамические методы, которые в большинстве случаев можно осуществить за счет исследования оптического поглощения и фотолюминесценции на базе межзонных переходов. В последние годы наряду с другими геометрическими формами, эллипсоидальные КТ стали реальностью и, вполне естественно, возникает необходимость исследования вышеуказанных физических свойств в этих структурах, где из-за присутствия строгого размерного квантования, стабильность многочастичных комплексов резко возрастает.

Из сказанного следует, что проблемы рассмотренные в диссертационной работе Мкртчяна Мгера Артуровича “Исследование термодинамических и оптических свойств несколькочастичных систем в квантовых точках” актуальны, продиктованы требованиями фундаментальных исследований и практических применений.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка используемой литературы. Текст изложен на 102 странице и содержит 45 рисунков, 2 таблицы и 93 наименований литературы.

**Во введении** представлен обзор научной литературы по теме диссертационной работы. Представлены последние работы по исследованию оптических и термодинамических характеристик КТ. Сформулированы цели диссертации и приведены ее основные положения.

**Первая глава** диссертационной работы посвящена изучению межзонных и внутризонных оптических переходов в сильно-сплюснутой двояковыпуклой асимметричной линзообразной КТ, как в присутствии, так и в отсутствии внешнего аксиального магнитного поля. **В параграфе 1.1** приведен обзор литературы, посвященной изучению одночастичных состояний и оптическим эффектам в линзообразных КТ. **В параграфе 1.2** рассматриваются межзонные оптические переходы в сильно-сплюснутой двояковыпуклой асимметричной линзообразной КТ *InAs*. **В параграфе 1.3** исследованы межзонные и внутризонные оптические переходы в линзообразной КТ *InAs* во внешнем аксиальном

магнитном поле. **В параграфе 1.4** изучены внутризонные переходы тяжелых дырок в линзообразной КТ  $Ge_xSi_{1-x}$ .

**Вторая глава** диссертации посвящена исследованию электронных и дырочных газов в сильно-вытянутой эллипсоидальной КТ и сильно-сплюснутой линзообразной КТ. **В параграфе 2.1** приведен обзор литературы, посвященной изучению оптических свойств несколькочастичных электронных (дырочных) газов в КТ. **В параграфе 2.2** рассматривается несколькочастичный парно-взаимодействующий электронный газ в сильно-вытянутой эллипсоидальной КТ. **В параграфе 2.3**, по аналогии с предыдущим параграфом, рассмотрен газ тяжелых дырок в сильно-вытянутой эллипсоидальной КТ. **В параграфе 2.4** изучен электронный газ в сильно-сплюснутой линзообразной КТ. **В параграфе 2.5** изучен газ тяжелых дырок в сильно-сплюснутой линзообразной КТ.

**Третья глава** диссертационной работы посвящена изучению термодинамических свойств дырочных газов, рассмотренных во второй главе. Так были рассмотрены: средняя энергия, свободная энергия, энтропия и теплоемкость газа тяжелых дырок. **В параграфе 3.1** представлено введение в третью главу и дан обзор литературы, посвященной исследованиям несколькочастичных газов и термодинамическим свойствам газов в полупроводниковых КТ. **В параграфе 3.2** рассмотрен несколькочастичный газ тяжелых дырок, локализованный в сильно-вытянутой эллипсоидальной КТ. **В параграфе 3.2** рассмотрен несколькочастичный газ тяжелых дырок, локализованный в сильно-сплюснутой линзообразной КТ  $Ge/Si$ .

**Из полученных в диссертации результатов хотелось бы выделить следующие:**

1. Решение задач энергетического спектра и волновых функций для электронного (дырочного) газа в сильно-вытянутой эллипсоидальной КТ, а также парно-взаимодействующего электронного (дырочного) газа в сильно-сплюснутой линзообразной КТ. Выявление возможности реализации обобщенной теоремы Кона в таких структурах.
2. Изучение важных термодинамических характеристик парно-взаимодействующего дырочного газа как в сильно-вытянутой эллипсоидальной, так и сильно-сплюснутой линзообразной КТ. Выявление возможности фазового перехода первого рода при изменении геометрии КТ.

**Диссертационная работа не лишена ряда недостатков и упущений.**

1. В работе рассматриваются модели КТ при потенциале ограничения с непроницаемыми стенками. Исходя из практической ситуации следовало бы рассматривать также случай ограничивающего потенциала конечной высоты.
2. С точки зрения влияния именно геометрии КТ на оптические характеристики, следовало в более широком интервале величин  $h$  и  $R$  предоставить пространственные зависимости коэффициентов поглощения и фотолюминесценции, при этом исходя также из имеющихся экспериментальных данных.
3. В работе параметр взаимодействия  $\gamma$  был рассчитан путем приравнивания потенциала взаимодействия модели Мошинского к Кулоновскому. Следовало более информативно обратиться к такому действию как с точки зрения теории, так и практики.
4. В работе имеются определенные технические недостатки при оформлении текста, таблиц, графиков, например, с. 5, 13, 16, 63, 64 и др. При изложении текста желательно было указать соответствующую работу из списка опубликованных автором по теме диссертации.

Однако указанные недостатки не влияют на достоверность и практическую ценность полученных результатов, а также на общее заключение о должном научном уровне выполненной работы и ее важности для нанофизики нульмерных структур различных геометрических форм.

Безусловно работа **Мкртчяна Мгера Артуровича** представляет законченное научное исследование, содержащее решения конкретно важных теоретических задач физики полупроводниковых наноструктур.

Материалы диссертации опубликованы в международных и национальных журналах, апробированы на конференциях и семинарах.

**Автореферат и публикации полно отражают содержание диссертации.**

Исходя из выше сказанного считаю, что диссертационная работа Мкртчяна Мгера Артуровича “Исследование термодинамических и оптических свойств несколькочастичных систем в квантовых точках” удовлетворяет требованиям ВАК Армении предъявляемым к кандидатским диссертациям по шифру Ц.04.10 “Физика полупроводников”, а ее автор **Мкртчяна Мгер Артурович** вполне заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специализации.

Официальный оппонент,  
доктор физико-математических наук,  
профессор



К.Г.Агаронян

Подпись К.Г. Агароняна подтверждаю,  
ученый-секретарь Российско-Армянского  
университета



Р.С. Касабабова

11.12.2023