

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу ХАЧАТРЯНА ХАЧИКА СУРЕНОВИЧА по теме «ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНИЧЕСКИХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК», 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. Благодаря современным методам выращивания уже выращены сферические, эллипсоидальные, пирамидальные и другие геометрические формы КТ, свойства которых всесторонне изучены как теоретически, так и экспериментально. Совсем недавно были реализованы конические КТ (ККТ), которые рассматриваются как перспективные кандидаты для элементной базы приборов нового поколения. Учитывая тот факт, что геометрия ККТ нетривиальна, для теоретического описания физических процессов, протекающих в таких системах, необходимо использование специальных математических подходов и приближений. С другой стороны, как известно, применение адиабатического приближения является эффективным способом описания ККТ, благодаря которому можно успешно описывать сильно сплюснутые и сильно вытянутые ККТ. Адиабатическое приближение дает возможность получить аналитические формы волновых функций и энергетического спектра электронов, что позволяет всесторонне изучать различные физические характеристики таких систем, в частности оптические. Резюмируя, можно сказать, что исследование электронных и оптических свойств нульмерных наноструктур различных геометрических форм продолжает оставаться актуальной задачей современной теоретической нанопластики. Именно этим вопросам посвящена данная диссертационная работа.

С учетом приведенных выше факторов, актуальность данной работы определяется тем, что теоретически исследовано межзонное оптическое поглощение в ансамбле сильно вытянутых ККТ при наличии аксиального электрического поля. Исследовано внутризонное нелинейное поглощение в сильно вытянутой ККТ при наличии аксиального электрического поля, а также в ансамбле сильно сплюснутых ККТ при наличии радиального электрического поля. Рассмотрены двухэлектронные состояния в рамках

теории возмущений в квазиконической КТ. Представлены результаты исследований дивалентных примесных состояний в квазиконической КТ.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка используемой литературы насчитывающей 111 наименований. Текст изложен на 101 странице, содержит 48 рисунков и 4 таблицы.

Во **Введении** сформулирована цель работы, показаны научная новизна и практическая значимость результатов, перечисляются основные положения выносимые на защиту. **Первая глава** посвящена изучению особенностей линейных и нелинейных оптических поглощений в сильно вытянутых ККТ во внешнем аксиальном электрическом поле. **Вторая глава** посвящена изучению межзонного электропоглощения в сильно сплюснутых ККТ. А в **третьей главе** диссертационной работы представлены результаты исследований двухэлектронных состояний в квазиконической КТ в рамках теории возмущений, а также изучение дивалентных примесных состояний в квазиконической КТ. Работа обобщается выводами и заключениями.

Отмечу важные с моей точки зрения полученные результаты:

- С точки зрения физика-экспериментатора, а также с технологической точки зрения важным является то, что в работе рассматривается ансамбль ККТ с Гаусовским распределением числа ККТ от их геометрических размеров.
- При межзонном электропоглощении в сильно вытянутой ККТ порог поглощения испытывает красное смещение с ростом электрического поля, а при наложении радиального электрического поля на сильно сплюснутую ККТ порог поглощения также испытывает красное смещение с ростом электрического поля и появляются новые правила отбора по магнитному и аксиальному квантовому числу.
- С увеличением геометрических размеров квазиконической КТ время обмена состояниями между электронами увеличивается, при этом время обмена состояниями более чувствительно к изменению растрового угла квазиконической КТ.

Из сказанного выше следует, что тема диссертационной работы Хачика Хачатряна 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. Было бы желательно привести сравнения полученных теоретических результатов с экспериментальными данными.

2. В ансамбле ККТ рассматривается только распределение Гаусса. Можно было бы рассмотреть также распределения Лифшица-Слезова и Грам-Шарлиера и показать к чему это приводит.
3. При численных расчетах в качестве материала ККТ выбран InAs. Было бы желательно рассмотреть также некоторые другие полупроводниковые материалы – просто для сравнения, а также учитывая то, что даже самый высокочистый (нелегированный) InAs растет уже имея n-тип проводимости с концентрацией электронов $\sim 2 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$.
4. Обзор литературы дан по главам. Традиционно, он дается в виде первой главы.
5. При геометрическом описании конической КТ используется выражение «угол раствора». Скорее всего нужно было бы использовать выражение «растровый угол».

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 опубликованы 3 научные статьи.

Считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям Высшего аттестационного комитета Республики Армения, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Хачатрян Хачик Суменович 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
Tel.: 091-588597

10 января, 2022 г.

Подпись Карена Гамбаряна подтверждаю.

Ученый секретарь Ереванского государственного университета



Л.С. Овсепян