

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу Саргсяна Тиграна Арамовича
**“ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВЕРТИКАЛЬНО СВЯЗАННЫХ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК ДЛЯ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ”**

В рецензируемой диссертационной работе исследованы свойства вертикально связанных цилиндрических квантовых точек с точки зрения их применения в квантовых вычислениях.

Квантовые технологии стали неотъемлемой частью современной жизни. Без этих технологий ныне трудно представить какую-либо область: они стали практически незаменимы в современной электронике, оптике, медицине и т.д. Эти технологии, подчиняющиеся законам квантовой механики, опираются на такие уникальные свойства, как квантовое туннелирование, квантовая запутанность, квантовая суперпозиция. Появление новых технологий, основанных на чисто квантовых свойствах, привело к основополагающим превращениям в науке, известные как квантовые революции.

В настоящее время перед нашими глазами происходит вторая квантовая революция, которая, несомненно, окажет огромное влияние на технологический прогресс человечества. Отличительной особенностью этого процесса является то, что он переводит нас с позиции пассивного наблюдателя в точку, где мы способны сами создавать искусственные квантовые объекты с уникальными и заранее заданными свойствами. В дальнейшем эти объекты и обусловленные ими физические состояния могут находить свое практическое применение в самых разных областях, таких как квантовые вычисления, телепортация и связь, инфодатчики и т.д.

Огромное количество как теоретических, так и практических знаний, накопленных в области производства полупроводников и, в частности, изготовления квантовых наноструктур, делает, в частности, полупроводниковые квантовые точки (КТ) одними из возможных кандидатов для применения в квантовых вычислениях. Несмотря на то, что данная область всё ещё находится на стадии развития, по всему миру в неё уже вложены огромные материальные ресурсы, так как считается, что она, несомненно, будет играть значительную роль в будущих вычислительных системах. Хотя существует множество вычислительных задач, которые современные классические суперкомпьютеры не могут решить за приемлемое время, ожидается, что квантовые компьютеры обеспечат значительное ускорение за счет применения соответствующих квантовых алгоритмов.

На протяжении последних десятилетий ведутся интенсивные работы по получению кубитов и квантовых вентилях высокого качества. Для этих целей можно использовать множество различных физических систем, каждая из которых имеет как свои преимущества, так и недостатки. В данной работе, в частности, обсужден вариант реализации кубитов в твердотельной среде, основанный на локализации носителей заряда в связанных полупроводниковых КТ. Инициализация и дальнейшее управление состояниями кубитов в таких структурах может осуществляться с помощью различных внешних воздействий, таких как внешние электрические и магнитные поля, лазерные лучи и т.д. Автор работы, в частности, предлагает в данных целях использование лазерного пучка с бесселевым профилем излучения.

Из вышесказанного следует, что проблемы, рассмотренные в диссертационной работе Саргсяна Тиграна Арамовича “Исследование свойств вертикально связанных цилиндрических квантовых точек для квантовых вычислений” **актуальны**, продиктованы требованиями фундаментальных исследований и практических применений.

Диссертационная работа состоит из списка обозначений и аббревиатур, введения, трех глав, заключения, списка литературы. Текст изложен на 132 страницах, содержит 57 рисунков, 3 таблицы, 159 наименований литературы.

Во введении дан обзор научной литературы по тематике диссертационной работы. Представлена информация о современных исследованиях в области квантовых наноструктур, в частности, вертикально связанных КТ и их применения в квантовых вычислениях. Обоснована актуальность темы, приведены основные научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе изучаются оптические свойства квантовых наноструктур, описываемых различными моделями ограничивающего потенциала и при наличии различных внешних воздействий. В частности, в рамках вариационного метода изучено примесное поглощение в квантовой яме (КЯ) с ограничивающим модифицированным потенциалом Пешля-Теллера и производится сравнение со случаем параболического потенциала. Также изучается линейное и нелинейное оптическое поглощение в цилиндрической квантовой точке с ограничивающими потенциалами Морса и модифицированного Пешля-Теллера в аксиальном направлении, при воздействии параллельных электрических и магнитных полей.

Вторая глава посвящена описанию процесса моделирования наночастиц различных геометрических форм и размеров. Показано, что смоделированные результаты с большой точностью совпадают с экспериментальными данными. Моделирование производилось в различных программных средах, а полученные результаты из различных сред в свою очередь также сравнивались между собой.

В третьей главе было представлено влияние интенсивного лазерного поля на электронные и оптические свойства отдельных и вертикально связанных цилиндрических квантовых точек. В частности, было рассмотрено как воздействие наиболее популярного в литературе – гауссова излучения, но также было предложено рассмотрение бесселева лазерного пучка. Далее, на основе системы из вертикально связанных цилиндрических КТ была продемонстрирована реализация состояний кубитов и элементов квантовой логики путем управления локализацией электронов под действием лазерного луча, описываемого бесселевым профилем.

Из полученных в диссертации результатов хотелось бы выделить следующие:

1. Выявление неординарного поведения (куполообразного) энергии связи примесного электрона в КЯ с ограничивающим модифицированным потенциалом Пешля-Теллера.
2. Возникновение эффекта генерации второй гармоники вследствие снятия ограничения на правила отбора соответствующих оптических переходов в цилиндрической КТ с ограничивающим модифицированным потенциалом Пешля-Теллера в присутствии приложенного внешнего электрического поля.
3. Моделирование практически реализованных полупроводниковых и металлических наночастиц и сравнение полученных результатов с экспериментальными данными.
4. Реализация прецизионного управления локализацией электронов в системе вертикально связанных КТ с помощью нерезонансного лазерного излучения с профилем Бесселя и полной манипуляции сферой Блоха.

Диссертационная работа не лишена недостатков:

1. При изучении энергии связи примеси в §1.1 рассматривается только диэлектрически однородный фон поляризации в системе КЯ/матрица и не учтена роль

неоднородной диэлектрической поляризации. Желательно было иметь определенные оценки за счет присутствия последнего.

2. В соответствии с более модельным выбором реалистичной КТ в гамильтониане одночастичных состояний в §1.2 введен безразмерный подгоночный параметр γ_0 , который следует определить в соответствии с экспериментальными оценками. При выполнении численных оценок следовало реалистично конкретизировать роль указанного параметра.

3. При учете конечных разностей энергетических разрывов зон в главе 3 не оценен вклад в исследуемые энергетические характеристики разности значений (почти в три раза) эффективных масс в КТ и матрице.

4. В тексте имеются в наличии технические упрощения, например, список аббревиатур не полный, с. 27 формула (1.29). В таблицах и рисунках следовало более информативно представить единицы соответствующих величин.

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.

Безусловно, работа Саргсяна Тиграна Арамовича представляет законченное научное исследование, содержащее решения конкретно важных теоретических задач физики полупроводниковых наноструктур.

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

Автореферат и публикации полно отражают содержание диссертации.

Исходя из вышесказанного считаю, что диссертационная работа Саргсяна Тиграна Арамовича "Исследование свойств вертикально связанных цилиндрических квантовых точек для квантовых вычислений" удовлетворяет требованиям ВАК Армении, предъявляемым к кандидатским диссертациям по шифру Ц.04.10 "Физика полупроводников", а ее автор Саргсян Тигран Арамович 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 подтверждает
ученый-секретарь Российско-Армянского
университета

Р.С. Касабабова

03.04.2023

