



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого»  
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

В диссертационный совет АУ 02.01,  
созданный на базе федерального  
государственного бюджетного учреждения  
высшего образования и науки  
«Санкт-Петербургский национальный  
исследовательский Академический  
университет имени Ж.И. Алферова  
Российской академии наук»

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Кандидата физико-математических наук, доцента высшей  
инженерно-физической школы института электроники и  
телекоммуникаций ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого»

Винниченко Максима Яковлевича

На диссертационную работу Харченко Антона Александровича  
на тему «Оптическое поглощение и излучение в волноводных  
гетероструктурах GaAs/AlGaAs с активной областью на основе квантовых  
яма-точек InGaAs» по специальности 1.3.11 – Физика полупроводников.

В представленной работе приведено детальное исследование  
оптических и оптоэлектронных свойств нового типа активной области –  
квантовых яма-точек InGaAs (КЯТ), которые представляют собой структуру  
гибридного типа, сочетающую особенности квантовых ям InGaAs (КЯ) и  
квантовых точек InAs Странского-Крастанова (КТ). Растущее в последнее  
время число публикаций о создании и исследовании таких гибридных по  
отношению к КЯ и КТ структур (квантовые нити, модулированные  
квантовые ямы) подчеркивает **актуальность** выбранной темы  
диссертационного исследования.

В работе экспериментально и теоретически установлено сходство  
типов межзонных оптических переходов в КЯТ и КЯ, что обладает

фундаментальной **научной значимостью**, проясняя физические процессы, происходящие в КЯТ. Полученная оценка верхнего предела коэффициента усиления (поглощения) для слоя КЯТ несёт **практическую значимость** и может оказаться полезной при проектировании мощных лазеров и фотоприёмников на основе КЯТ. Практической значимостью обладает также обнаружение механизма управления чувствительностью к поляризации излучения в волноводных фотодиодах с КЯТ, что может являться фундаментом для создания поляриметров на основе КЯТ для фотонных интегральных схем на основе GaAs.

Работа обладает высокой **научной новизной**, поскольку все приведённые результаты были получены впервые. В частности, впервые осуществлено прямое сопоставление квантовых яма-точек и самоорганизованных квантовых точек по насыщенному модальному усилению в сопоставимых волноводных структурах. Впервые исследована поляризационная анизотропия фоточувствительности гетероструктур с квантовыми яма-точками на всём спектральном диапазоне их оптического поглощения. Впервые было проведено сравнительное исследование лазеров на КЯТ и квантовых ямах на предмет переключения длины волны генерации на более высокоэнергетический межзонный оптический переход.

Результаты диссертации **можно рекомендовать для использования** научными группами, которые проводят разработку и исследования таких оптоэлектронных приборов как лазерные диоды, микролазеры, полупроводниковые оптические усилители, волноводные фотодетекторы, компоненты для фотонных интегральных схем. В частности, эффект управления поляризационной чувствительностью за счет варьирования геометрических параметров волновода может найти прямое применение в разработке специализированных оптических сенсоров и модуляторов.

Отмечая достоинства диссертационной работы, ее научную новизну и практическую значимость, следует указать на некоторые спорные **вопросы и высказать замечания:**

1. В тексте диссертации отсутствует теоретическое (квантово-механическое) объяснение поляризационной анизотропии межзонных оптических переходов в квантовых яма-точках. Природа переходов устанавливается экспериментально-феноменологически — путём прямого сопоставления спектров фоточувствительности КЯТ и эталонной КЯ без вывода соответствующих правил отбора из симметрии волновых функций

или расчёта матричных элементов. Сами правила отбора лишь декларируются со ссылкой на известную литературу [73], но не выводятся и не обосновываются для конкретного случая КЯТ.

2. В диссертации в качестве активной области используются квантовые яма-точки на основе 8 монослоёв  $\text{In}_{0,4}\text{Ga}_{0,6}\text{As}$ . Из текста следует, что состав 40% индия является оптимальным. Однако прямое теоретическое обоснование того, почему именно 40% является экспериментальным порогом для формирования качественных КЯТ, в работе отсутствует. Остаётся открытым вопрос, на каких физических механизмах и экспериментальных данных основан выбор именно этого значения, и что происходит с ростом и свойствами структур при отклонении состава в меньшую (30% In) и большую (50% In) сторону?

3. Все основные результаты в диссертации получены для структур с активной областью на основе 8 монослоёв  $\text{InGaAs}$ . В разделе 3.1.3 (стр. 62) для сравнения используется структура с 4 монослоями того же состава. Однако в работе отсутствует явное обсуждение того, как изменение количества монослоёв (т.е. эффективной толщины КЯТ) влияет на положение энергетических уровней и, соответственно, на длины волн оптических переходов (основного и возбуждённого). Такое сравнение позволило бы количественно оценить вклад размерного квантования в формирование энергетического спектра КЯТ.

**Заключение.** Диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Обоснованность представленных научных выводов и сформулированных положений не вызывает сомнений и обеспечивается применением апробированных экспериментальных подходов, современных методов спектроскопии и большим объёмом выполненных измерений. Экспериментальные данные демонстрируют хорошее взаимное согласование и соответствуют предложенным теоретическим моделям. Основные положения работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, в т.ч. первого квартала.

Диссертационная работа отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж.И. Алфёрова Российской академии наук» с точки зрения актуальности, новизны и практической значимости полученных результатов, а ее автор,

Харченко Антон Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – Физика полупроводников.

Даю согласие на обработку моих персональных данных.

Официальный оппонент

к.ф-м.н., доцент высшей инженерно-физической школы института электроники и телекоммуникаций ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

«25» мая 2026 г.

Винниченко Максим Яковлевич

П  
В  
п



Контактные данные оппонента:

**Место работы:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Институт электроники и телекоммуникаций, Высшая инженерно-физическая школа.

**Фактический адрес:** г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, ул. Политехническая, д.29 литера Б.

**Почтовый адрес:** 195251, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, ул. Политехническая, д.29 литера Б.

**Телефон:** +7(812) 552-96-71

**e-mail** [mvin@spbstu.ru](mailto:mvin@spbstu.ru)