

Отзыв

**научного руководителя о работе аспирантки Разовой А. А.,
представившей диссертацию на соискание учёной степени кандидата
физико-математических наук на тему «Лазерная генерация в
волноводных гетероструктурах с квантовыми ямами на основе HgCdTe в
среднем инфракрасном диапазоне» по специальностям 2.2.2
«Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники,
квантовых устройств» и 1.3.19 «Лазерная физика»**

Разова Анна Александровна обучалась в аспирантуре ИФМ РАН (очно) по специальности 2.2.2 «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств» с 2022 года и по специальности 1.3.19 «Лазерная физика» с 2023 года. За время обучения А. А. Разова выполнила план аспирантской подготовки в полном объёме.

Изучением механизмов рекомбинации, фотолюминесценции, фотопроводимости и стимулированного излучения в гетероструктурах с квантовыми ямами на основе твёрдого раствора HgCdTe А. А. Разова занималась на протяжении нескольких лет со времён обучения в бакалавриате ННГУ им. Н. И. Лобачевского на Радиофизическом факультете. Осуществление характеристики структур с HgCdTe квантовыми ямами и эпитаксиальных плёнок на основе HgCdTe, исследования процессов рекомбинации в данных структурах с помощью изучения спектров фотопроводимости, фотолюминесценции и стимулированного излучения легли в основу бакалаврской и магистерской выпускных квалификационных работ А. А. Разовой и были продолжены ей после поступления в очную аспирантуру ИФМ РАН. Новыми тематиками работы в аспирантуре стали 1) исследования стимулированного излучения в длинноволновой области инфракрасного диапазона при импульсной и непрерывной оптической накачке, 2) исследования оптических свойств мезоструктур, сформированных с помощью ионного травления и фотолитографии на основе гетероструктур с квантовыми ямами HgCdTe/CdHgTe.

Работа А. А. Разовой посвящена изучению оптических свойств гетероструктур с квантовыми ямами $\text{HgCdTe}/\text{CdHgTe}$ и механизмов рекомбинации в данных структурах, а также исследованию микродисковых и торцевых гребенчатых резонаторов, полученных методами ионного травления и фотолитографии. Работа мотивирована возможностью создания межзонных лазеров среднего и дальнего инфракрасного диапазонов на основе узкозонных гетероструктур с квантовыми ямами $\text{HgCdTe}/\text{CdHgTe}$. Данные лазеры могут выступать альтернативными источниками квантовым каскадным лазерам в диапазоне 3 – 25 мкм и перекрыть диапазон 25 – 50 мкм, который не доступен для квантовых каскадных лазеров из-за фононного поглощения в материалах, на основе которых они созданы. Целью исследований автора является выявление механизмов, ограничивающих возможность генерации стимулированного излучения при непрерывной оптической накачке для длин волн более 20 мкм, а также изучение оптических свойств микродисковых и торцевых гребенчатых лазеров на основе HgCdTe квантовых ям в зависимости от различных параметров фотолитографии и ионного травления (длительности ионного травления, масок, глубины травления) и от размеров мезоструктур. Проведённое исследование свойств излучения в подобных мезоструктурах является ключевым для разработки технологии изготовления лазеров среднего инфракрасного диапазона на основе HgCdTe . Несомненным достоинством работы является высокая практическая значимость полученных результатов.

За время работы над диссертацией А. А. Разова зарекомендовала себя как вдумчивый и ответственный исследователь, умеющий чётко определять цели и задачи в своей работе, анализировать результаты исследования. В ходе обучения А.А. Разова освоила методы работы на оптическом и электронном сканирующем микроскопах, интерферометре белого света, что позволило в дальнейшем А.А. Разовой самостоятельно проводить характеризацию поверхности мезоструктур. Соискатель в ходе работы продемонстрировала высокую квалификацию и готовность участвовать в работе исследовательских коллек-

тивов по решению научных задач. Помимо проведения экспериментальных исследований и анализа полученных результатов, аспирантка активно участвовала в представлении результатов в виде устных и стендовых докладов на конференция различного уровня: международных, всероссийских и региональных. За время обучения в аспирантуре существенно прогрессировало качество подготовленных А. А. Разовой публикаций. Результаты, полученные при непосредственном участии аспиранта, были опубликованы в статьях в изданиях «Applied Physics Letters», «Applied Optics» и «Semiconductor Science and Technology».

Диссертант оперативно реагировала на пожелания и замечания как научного руководителя, так и научного консультанта, и рецензентов, что свидетельствует о высокой ответственности и требовательности диссертанта к себе и своим научным работам. Автор исследования, несомненно, проявляет способности к критическому анализу, самостоятельной постановке, планированию и решению научных задач, что, безусловно, является атрибутами профессионального научного сотрудника.

Уровень научной подготовки, о котором свидетельствует представленная к защите диссертационная работа, позволяет считать, что А. А. Разова заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальностям 2.2.2 «Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств» и 1.3.19 «Лазерная физика».

Научный руководитель:

зав. лабораторией 112 ИФМ РАН,

д.ф.-м.н.



С. В. Морозов

«7» июля 2026 г.

Подпись Морозова Сергея Вячеславовича заверяю.

Учёный секретарь ФИЦ ИФ РАН,

к.ф.-м.н.



И. В. Корюкин