

УТВЕРЖДАЮ

проректор по научной работе
федерального государственного автономное
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»
доктор технических наук, профессор

В. О. Никифоров

«__» _____ 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Казанова Дмитрия Робертовича
**«Оптические резонансные эффекты в полупроводниковых монокристаллических
и трубчатых наноструктурах»,**
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.10 - Физика полупроводников

Диссертационная работа Д.Р. Казанова посвящена исследованию оптических свойств некоторых полупроводниковых микрорезонаторов. К ним относятся монокристаллические микрорезонаторы на основе АЗ-нитридных соединений, резонансных фотонных кристаллов со сложной элементарной ячейкой на основе A_2B_6 и 2D бислоев, а также нанотрубчатых микрорезонаторов на основе ван-дер-ваальсовых дихалькогенидов переходных металлов. В последнее время в мире активно ведутся фундаментальные исследования в области физики фотонных наноструктур для реализации новых перспективных оптических микрорезонаторов различного назначения: от селективного усиления или фильтрации сигнала до замедления света в фотонных квантовых симуляторах. Таким образом, полученные в диссертации Д.Р. Казанова результаты являются актуальными и своевременными.

Диссертация состоит из Введения, 4-х глав, заключения и списка литературы (со 188 источниками). Во Введении формулируется основная цель диссертационной работы: анализ экспериментальных данных и теоретическое моделирование

оптических свойств полупроводниковых резонансных структур. Обосновывается научная новизна и практическая ценность работы, сформулированы основные защищаемые положения, кратко описана структура диссертации.

Первая глава является обзорной и посвящена описанию основных принципов функционирования микрорезонаторов, показаны и кратко описаны особенности классических резонаторов с модами Фабри-Перо, модами шепчущей галереи, а также описаны резонансные фотонные кристаллы. Рассказаны основные экспериментальные методики исследования оптических свойств резонаторных структур.

Во второй главе диссертации Д.Р. Казанов демонстрирует совершенные чашеобразные микрорезонаторы на основе InN, а также наноклончатые и кольцевые резонаторы на основе GaN/InGaN выращенные с помощью молекулярно-пучковой эпитаксии на профилированных подложках. Показывается, что чашеобразные микрорезонаторы способны селективно усиливать сигнал оптическими модами типа мод шепчущей галереи низких порядков. Также показано, как рост температуры влияет на модовый состав этих резонаторов. Более того, предложен способ сопоставления энергии оптических мод, полученных из численного моделирования собственных частот со спектрами микро-фотолюминесценции и микро-катодолюминесценции для восстановления дисперсии показателя преломления материала микрорезонатора. Продемонстрировано, что излучение из квантовой ямы InGaN/GaN, вставленной в наноклончатый резонатор, усиливается за счет эффекта Парселла, что доказывается численным моделированием и совместным анализом экспериментальных данных.

Третья глава посвящена теоретическому описанию прохождения сверхкоротких импульсов света пико- и фемто-секундной длительности через резонансные фотонные кристаллы со сложной элементарной ячейкой, а также через структуры, где вместо квантовых ям находились бислои из дихалькогенидов переходных металлов. Расчеты производились для разных дизайнов элементарной ячейки и было показано, что для поиска оптимального замедления и затухания прошедшего импульса света требуется варьировать как параметры отстройки частоты падающего света, так и частоту брэгговского резонанса. Было получено замедление пикосекундного импульса света на 2-3 пикосекунды с затуханием всего в два раза. В другом варианте резонансного фотонного кристалла, где использовались бислои из дихалькогенидов переходных металлов была достигнута почти линейная дисперсия, позволяющая очень слабо искажать прошедший импульс света. Из расчетов было получено, что замедление

пикосекундного импульса света может происходить на несколько пикосекунд с потерей интенсивности всего до 20% от исходной величины.

В четвертой главе изучаются оптические свойства ван-дер-ваальсовых нанотрубчатых резонаторов на основе MoS_2 . Впервые в мире показана фотолюминесценция таких трубок. Продемонстрировано, что в ней распространяются моды шепчущей галереи, поляризованные вдоль оси нанотрубки. Отмечены особенности этих мод в зависимости от внешнего радиуса и толщины стенки трубки. Также в работе предсказана возможность реализации режима сильной связи между оптическими модами и экситонным резонансом и показано, как такое взаимодействие влияет на спектр фотолюминесценции.

По диссертации имеются следующие замечания:

1) В главе 3 диссертации рассматривается резонансный фотонный кристалл на основе 2D бислоев вместо привычных всем квантовых ям. Из текста диссертации не ясно почему рассматриваются именно два монослоя, а не один или больше монослоев. Также, насколько сложно создавать рассматриваемые структуры?

2) В главе 4 рассматриваются нанотрубки на основе MoS_2 . Какого типа являются эти структуры? Кроме того, не обсуждаются причины того, почему в трубках с большим числом монослоев в стенке наблюдаются прямозонные переходы.

Указанные замечания не снижают хорошего общего впечатления о работе.

В целом, диссертационная работа Д. Р. Казанова выполнена на высоком и современном научном уровне и является весомым вкладом в фундаментальные основы области физики фотонных наноструктур. Основные результаты этой работы опубликованы в ведущих реферируемых научных журналах (Scientific Reports, Письма в ЖЭТФ, Superlattices and Microstructures, Physica Status Solidi B, ФТП, Applied Physics Letters, Nanomaterials), доложены на многих международных и Российских конференциях, семинарах.

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации. Представленная диссертация соответствует всем требованиям ФТИ им. А.Ф. Иоффе, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Ее автор Казанов Дмитрий Робертович несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 - Физика полупроводников.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден 20.03.2020 на оптическом семинаре факультета Физико-Технического Факультета Университета ИТМО.

Отзыв подготовил:

Руководитель международной научной
лаборатории фотопроцессов в

мезоскопических системах, д.ф.-м.н.

профессор ФТФ Университета ИТМО _____ Иорш И.В.

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»,

Кронверкский пр., 49, Санкт-Петербург, 197101

тел.: +7 905 219 54 32

e-mail: i.iorsh@phoi.ifmo.ru