

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических, профессора

Витухновского Алексея Григорьевича

на диссертационную работу Ерёмина Тимофея Владимировича

“Лазерная оптическая спектроскопия допированных одностенных углеродных нанотрубок”

выдвинутую на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.21 – “Лазерная физика”

В представленной диссертационной работе методами оптической лазерной спектроскопии исследуются оптические свойства допированных одностенных углеродных нанотрубок. С одной стороны, ОУНТ обладают высоким потенциалом для многих практических применений в фотонике и лазерной физике благодаря стабильной экситонной люминесценции, длина волны которой определяется диаметром ОУНТ в силу квантово-размерного эффекта. С другой стороны, низкий квантовый выход фотолюминесценции ОУНТ представляет собой серьезное препятствие для таких практических применений и побуждает научное сообщество к поиску путей модификации исходных свойств ОУНТ. Опубликованные в последние несколько лет сообщения об увеличении яркости фотолюминесценции ОУНТ вследствие допирования, мотивируют к изучению фундаментальных оптических свойств ОУНТ, допированных различными методами, их энергетическую структуру, механизмы формирования и релаксации фотовозбуждений в таких наноструктурах. Таким образом, можно говорить о высокой актуальности выбранной темы диссертационного исследования.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав и заключения.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы исследования, кратко описывается ее современное состояние, формулируются цели и задачи работы, определяются предмет и объект исследования, научная

новизна, теоретическая и практическая значимость, а также формулируются защищаемые положения.

В первой главе Ерёмин Т.В. приводит обзор научных исследований, посвященных изучению влияния допирования на процессы фотолюминесценции, резонансного комбинационного рассеяния света и релаксации фотовозбуждений в ОУНТ. Сопоставляются интерпретации наблюдаемых эффектов, приведенные в различных работах по теме. Глава завершается формулировкой открытых вопросов.

Оригинальные эксперименты, обсуждаемые в Главе 2, ставят своей целью ответить на вопрос, происходит ли допирование ОУНТ, находящихся в парах хлорида меди. Выводом главы служит положительный ответ на этот вопрос. Нужно отметить, что такой вывод, являющийся новым научным результатом, достаточно убедительно обоснован экспериментально: с помощью спектроскопии резонансного комбинационного рассеяния света было обнаружено характерное для допирования изменение спектров комбинационного рассеяния света в ОУНТ по мере увеличения времени выдержки ОУНТ в парах хлорида меди. Кроме того, резонансный характер комбинационного рассеяния света позволил сфокусировать внимание на полупроводниковых ОУНТ трех различных диаметров и исследовать влияние диаметра ОУНТ на эффективность допирования.

Третья глава диссертации ставит своей целью исследование энергетических уровней ОУНТ, допированных в слабом растворе соляной кислоты. Наиболее важным и значимым результатом, определяющим научную новизну этой части диссертационной работы, является обнаружение в энергетической структуре допированных ОУНТ двух новых уровней, отсутствующих в исходных, недопированных ОУНТ. Сделанное наблюдение было проверено и подтверждено с использованием нескольких комплиментарных спектроскопических методов. Важно отметить, что нижний из уровней, который в работе интерпретируется как трионный, был обнаружен

по сигналу индуцированной прозрачности в эксперименте накачка-зондирование, что подтверждает важность использования фемтосекундных лазерных методов при изучении фундаментальных оптических свойств допированных ОУНТ.

В заключении к диссертации кратко формулируются выводы из проведенных исследований. Основные результаты работы опубликованы в 5-ти статьях в рецензируемых научных журналах и неоднократно докладывались на международных конференциях, что позволяет говорить об обоснованности и достоверности результатов.

К работе необходимо сделать следующие замечания:

1) В работе никак не обосновывается выбор хлорида меди в качестве заполняющего вещества. Также не обсуждается, какая доля ОУНТ заполняется хлоридом меди в проведенных экспериментах.

2) В обзоре литературы было бы уместно сравнить ОУНТ с квантовыми точками, также демонстрирующими квантово-размерный эффект, влияющий на длину волны люминесценции в инфракрасном диапазоне.

3) В работе не исследуется влияние допирования на квантовый выход фотолюминесценции – параметр, имеющий ключевое значение для разработки источников излучения в инфракрасной области.

Необходимо отметить, что указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Представленная к защите диссертация Ерёмкина Т.В. является законченной научной работой. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом им. М. В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.21 – «Лазерная физика», а также критериям, определенным пп. 2.1 – 2.5 Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова, соответствует критериям «Положения о порядке присуждения учёных

степеней ВАК (утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842)». Диссертационная работа оформлена согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации. Автор работы, Ерёмин Тимофей Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «Лазерная физика».

Официальный оппонент:

Высококвалифицированный
главный научный сотрудник
Физического института им. П.Н. Лебедева
Российской академии наук
доктор физико-математических наук,
профессор

Витухновский А.Г.
01 ноября 2021 г.

Контактные данные:

Тел. +7(499) 132-63-64

vitukhnovskyag@lebedev.ru

Специальность, по которой защищена диссертация 01.04.05 “Оптика”

Адрес места работы:

119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д.53

Тел. +7 (499) 132-65-54

Электронный адрес: office@lebedev.ru

<https://www.lebedev.ru/>

Подпись высококвалифицированного главного научного сотрудника Витухновского А.Г заверяю: