

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе федерального государственного автономного образовательного учреждения «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», к.ф.-м.н.



Баган Виталий Анатольевич

2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

- федерального государственного автономного образовательного учреждения «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» - на диссертацию Смирнова Михаила Сергеевича «Люминесценция гибридных ассоциатов коллоидных квантовых точек сульфидов металлов с участием локальных уровней дефектов», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика

Актуальность темы диссертационного исследования. Диссертационная работа М.С. Смирнова посвящена решению крупной научной проблемы, посвященной установлению закономерностей фотопроцессов, определяющих размерно-зависимую люминесценцию квантовых точек нестехиометрических соединений, обладающих развитой системой локализованных состояний, гибридных ассоциатов на основе квантовых точек (КТ) с молекулами органических красителей различных классов, в том числе склонных к образованию Н и J- агрегатов, а также определяющих новые “гибридные” нелинейно-оптические свойства. К началу выполнения диссертационного исследования отсутствовали данные о фотопроцессах в гибридных ассоциатах

на основе квантовых точек, обладающих развитой системой локализованных состояний, а также рекомбинационной люминесценцией. Таким образом, установление закономерностей фотопроцессов, определяющих люминесценцию и нелинейно-оптические свойства в гибридных ассоциатах на основе коллоидных квантовых точек, обладающих рекомбинационной люминесценцией, является актуальной задачей.

Общая характеристика диссертации. Материал диссертационной работы М.С. Смирнова изложен в шести главах, в которых представлен обзор литературы, методики исследований, описание и обсуждение результатов, представлено введение, заключение и список используемой литературы, включающий 456 наименований.

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи исследования, представлены основные защищаемые положения.

В первой главе выполнен обзор литературы, по проблеме управления размерно-зависимой рекомбинационной люминесценцией, представлены методики синтеза и исследования структуры образцов. Рассмотрены закономерности размерной зависимости в спектрах поглощения и люминесценции КТ Ag_2S , CdS , $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$, включая анализ механизма свечения.

Во второй главе осуществлён анализ проблемы распада возбуждений в коллоидных КТ. Показано, что для КТ, обладающих совершенством структуры и экситонной люминесценцией, процессы распада возбуждений рассмотрены достаточно полно. Отмечается, что исследования локализованных состояний и динамики возбуждений с их участием единичны. Далее представлены результаты исследований энергетики локализованных состояний собственных дефектов в КТ Ag_2S , CdS , рассмотрены закономерности пико- и наносекундной динамики распада экситонов с учётом захвата на локализованные состояния и рекомбинацию на центре свечения. Показано наличие мелких состояний с глубиной 0.1-0.2 эВ и глубоких 0.6-2.0 эВ. Показано, что рекомбинационная люминесценция КТ определяется быстрым захватом дырок на центр свечения.

В третьей главе представлены результаты исследований закономерностей процессов обмена электронными возбуждениями в гибридных ассоциатах на основе КТ CdS с рекомбинационной люминесценцией и молекул органических

красителей, в том числе образующих J- и H- агрегаты, определяющие люминесценцию гибридных ассоциатов. Показано, что КТ CdS являются донорами энергии электронного возбуждения в гибридных ассоциатах.

В четвёртой главе представлены результаты исследований фотопроцессов, определяющих люминесценцию гибридных ассоциатов на основе КТ Ag₂S с рекомбинационной люминесценцией и молекул красителей различных классов. Показано, что центры рекомбинационной люминесценции могут выступать как донорами энергии электронного возбуждения, так и акцепторами.

В пятой главе представлены результаты исследований закономерностей процессов распада возбуждений в КТ, легированных ионами Eu³⁺ и Mn²⁺, а также в гибридных ассоциатах на их основе с молекулами метиленового голубого, определяющих люминесценцию этих наносистем. Сформулирована эмпирическая схема фотопроцессов.

В шестой главе представлены результаты исследований закономерностей формирования нелинейно-оптического отклика в гибридных ассоциатах на основе КТ и молекул органических красителей для наносекундных импульсов второй гармоники неодимового лазера красителей. Установлена ключевая роль локализованных состояний и процессов обмена возбуждениями между компонентами гибридных ассоциатов с их участием в формировании нелинейно-оптического отклика.

Новизна научных положений и результатов, отраженная в 13 пунктах, формирует фундаментальные основы понимания фотопроцессов в гибридных ассоциатах полупроводниковых КТ и молекул органических красителей, с участием локализованных состояний, определяющих их люминесценцию и “накопительный” нелинейно-оптический отклик. Новым является комплексный подход исследования фотопроцессов с участием локализованных состояний, определяющих люминесцентные свойства гибридных ассоциатов, основанный на использовании методик стационарной и время-разрешенной спектроскопии, включая фото- и темостимулированную люминесценцию, спектроскопию наведённого поглощения с фемтосекундным разрешением. Наиболее важными пунктами новизны следует признать впервые доказанный перенос возбуждений в гибридных ассоциатах на основе КТ с рекомбинационной люминесценцией, в

которых центры люминесценции выступают как в роли доноров, так и непосредственно акцепторов электронного возбуждения.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты фундаментальных исследований фотофизических процессов с участием локализованных состояний в коллоидных КТ сульфидов серебра, кадмия и цинка и их ассоциатах с органическими красителями разных классов открывают возможности: разработки приемов управления квантовым выходом люминесценции коллоидных КТ, которые обеспечат создание новых люминесцентных сенсоров для химических, биомедицинских и других применений; разработки эффективных низкотоксичных фотосенсибилизаторов синглетного кислорода и систем визуализации тканей в ИК окне прозрачности; разработки систем управления параметрами оптического излучения и пассивных ограничителей мощности оптического излучения на основе коллоидных КТ для защиты глаз человека, приборов и систем регистрации оптического излучения, выравнивания интенсивности световых потоков в волоконно-оптических системах передачи и обработки информации и т.п.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается корректной постановкой задач исследования, обширным сопоставлением полученных результатов с данными работ других авторов. Основные результаты диссертации изложены в 37 работах, опубликованных в журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых в базах Web of Science и Scopus. Материалы диссертационной работы апробированы на международных и всероссийских научных конференциях.

Замечания к диссертационной работе:

1. В некоторых публикациях диссертанта наблюдается большое количество соавторов, например, в статье «Effect of thioglycolic acid molecules on luminescence properties of Ag₂S quantum dots», Optical and Quantum Electronics, (2020) V 52, 4. Необходимо пояснение диссертанта о его персональном вкладе в таких работах.
2. Представление обнаруженных нелинейных оптических свойств исследуемых объектов желательно дополнить подробной методикой измерений.

3. Из текста диссертации неясно распределение по размерам синтезированных полупроводниковых квантовых точек, а также влияние дисперсии данного распределения на полученные результаты.

Заключение по работе. Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Диссертация Смирнова Михаила Сергеевича «Люминесценция гибридных ассоциатов коллоидных квантовых точек сульфидов металлов с участием локальных уровней дефектов» является законченной научно-квалификационной работой. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Общее впечатление о диссертационной работе М.С. Смирнова положительное, соискатель продемонстрировал глубокое понимание изучаемых процессов и высокий уровень экспериментального мастерства.

Публикации автора, в том числе статьи в журналах, включенных в Перечень изданий ВАК, достаточно полно отражают содержание диссертации. Автореферат соответствует тексту диссертационной работы.

Диссертационная работа «Люминесценция гибридных ассоциатов коллоидных квантовых точек сульфидов металлов с участием локальных уровней дефектов» соответствует всем требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук (п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о порядке присвоения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. (ред. от 11.09.2021)) и специальности 1.3.6 – «Оптика», а ее автор – Смирнов Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.6 – «Оптика»

Диссертация Смирнова Михаила Сергеевича обсуждена и рассмотрена на заседании научного семинара Физтех-школы электроники, фотоники и молекулярной физики федерального государственного автономного образовательного учреждения «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» 27 сентября 2021 г. (протокол № 3).

Отзыв подготовлен Ивановым Виктором Владимировичем, доктором физико-математических наук по специальности 01.04.14 - теплофизика, член-

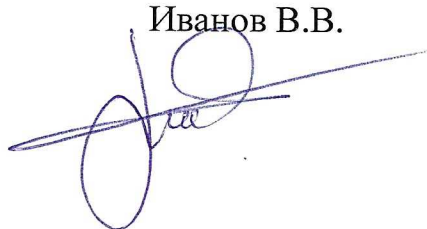
корреспондентом РАН по специальности «Нанотехнологии», директором Физтех-школы электроники, фотоники и молекулярной физики (ФЭФМ) Федерального государственного автономного образовательного учреждения «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

согласен на обработку моих персональных данных

Директор Физтех-школы электроники, фотоники и молекулярной физики (ФЭФМ) Федерального государственного автономного образовательного учреждения «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН

Иванов В.В.



Контактные данные:

Директор Физтех-школы электроники, фотоники и молекулярной физики (ФЭФМ) Федерального государственного автономного образовательного учреждения «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» Иванов Виктор Владимирович.

Физтех-школа электроники, фотоники и молекулярной физики (ФЭФМ) Федерального государственного автономного образовательного учреждения «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

141700 Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский переулок дом 9.

Телефон: +7 (498) 744-65-47

Внутренний телефон: 69-83

E-mail: ivanov.vv@mipt.ru; info@mipt.ru

Сайт: <https://mipt.ru>

С основными трудами Физтех-школы электроники, фотоники и молекулярной физики (ФЭФМ) Федерального государственного автономного образовательного учреждения «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» можно ознакомиться на сайте.

Подпись Иванова В.В. заверю

СПЕЦИАЛИСТ ПО
КАДРАМ
ЖУКОВА Т.В.

