

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу

**Аль-Майяхи Хайдера Али Насера**

на тему: «**Разработка полимерных нанокомпозитов, содержащих полупроводниковые квантовые точки**»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Квантовые точки благодаря уникальным фотолюминесцентным свойствам, их узкому спектру излучения, высокому квантовому выходу и возможности настройки длины волны излучения во всём видимом диапазоне находят широкое применение в изготовлении светодиодов, солнечных батарей, фотодетекторов, а также могут открыть новые подходы к созданию лазерно-активных сред.

Рассматриваемая диссертационная работа Аль-Майяхи Хайдера Али Насера «Разработка полимерных нанокомпозитов, содержащих полупроводниковые квантовые точки» посвящена получению полупроводниковых квантовых точек состава CdSe, CdSe/CdS, CdSe/ZnS, CdSe/CdS/ZnS, а также тонкопленочных нанокомпозитов на основе ПММА и КТ.

**Актуальность темы** диссертационной работы обусловлена необходимостью создания фотостабильных лазерно-активных сред на основе полимеров и квантовых точек. Одним из актуальных направлений в электронике является создание лазеров с перестраиваемой частотой излучения, имеющих широкое применение для решения научных и прикладных задач. Наиболее доступными источниками перестраиваемого по частоте света являются лазеры на красителях. Однако данный тип лазеров имеет ряд недостатков, таких как наличие термооптических искажений, низкая фотохимическая устойчивость, препятствующая их длительному использованию в составе полимерных активных сред. В качестве альтернативы лазерным активным средам на основе красителей могут выступать твердотельные полимерные среды, активированные квантовыми точками, которые будут обладать высокой фотостабильностью, что может решить проблему деградации красителя и увеличить время эксплуатации

лазерно-активной среды. Таким образом, получение полимерных нанокомпозитов, содержащих квантовые точки, является актуальной задачей, так как открывает новые возможности для создания лазерно-активных сред.

**Научная новизна.** Был предложен одностадийный метод получения КТ в глицерине со структурой ядро/оболочка/оболочка. Структуры состава CdSe/CdS/ZnS отличались улучшенными фотолюминесцентными свойствами по сравнению с КТ CdSe. Использование глицерина в качестве реакционной среды позволило минимизировать поверхностные дефекты.

Разработана технология получения тонкопленочных нанокомпозитов на основе ПММА, содержащих КТ CdSe, CdSe/CdS, CdSe/ZnS, CdSe/CdS/ZnS. Исследовано влияние концентрации вводимых КТ на фотолюминесцентные свойства тонкопленочных нанокомпозитов. Подобраны оптимальные концентрации для каждого типа структур, позволяющие добиться максимальной интенсивности фотолюминесценции без ее тушения.

**Практическая значимость.** Разработанный метод получения полупроводниковых КТ в различных реакционных средах имеет практические рекомендации для создания высокоэффективных лазерно-активных сред.

Показана возможность получения тонкопленочных нанокомпозитов нанокомпозитов на основе ПММА, содержащих КТ CdSe, CdSe/CdS, CdSe/ZnS, CdSe/CdS/ZnS. Полученный тонкопленочный нанокомпозит на основе ПММА, содержащий КТ CdSe/CdS/ZnS в концентрации 0,01 М, характеризуется максимальной интенсивностью фотолюминесценции (более чем в 4 раза по сравнению с КТ CdSe) и может быть использован для создания оптических приборов.

Диссертация изложена на 125 страницах, содержит 49 рисунков и 11 таблиц, введение, литературный обзор, методическую и экспериментальную части, заключение и список используемых источников (152 наименования).

**Во введении** обоснована актуальность и показана степень разработанности темы диссертации, сформулирована ее цель и основные задачи, описана научная новизна и практическая и теоретическая значимость работы.

**В первой главе** представлен литературный обзор, в котором рассмотрены оптические свойства полупроводниковых квантовых точек (КТ), методы их получения. Рассмотрены перспективы применения квантовых точек в качестве материала для создания лазерно-активных сред, а также методы получения и области применения полимерных нанокомпозитов, содержащих полупроводниковые квантовые точки. Особенное внимание уделено квантовым точкам CdSe, возможностям модифицирования данных структур для улучшения фотолюминесцентных свойств. Изложены проблемы получения полимерных композитов на основе квантовых точек и пути их решения.

**Во второй главе** описаны методики синтеза коллоидных КТ CdSe, CdSe/CdS, CdSe/ZnS, CdSe/CdS/ZnS. Перечислены методы исследования и испытания полученных материалов.

**В третьей главе** представлены результаты исследования физико-химических характеристик полученных КТ CdSe, CdSe/CdS, CdSe/ZnS, CdSe/CdS/ZnS. Исследовано влияние реакционной среды, температуры, толщины, типа и количества оболочек на свойства полученных КТ. Разработаны методики получения полимерных нанокомпозитов, содержащих КТ CdSe, CdSe/CdS, CdSe/ZnS, CdSe/CdS/ZnS, и исследованы их спектрально-люминесцентные свойства. Установлено влияние типа и концентрации введенных КТ на свойства полученных нанокомпозитов.

**В заключении** представлены выводы по диссертационной работе.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертации представлены на 9 научных конференциях всероссийского и международного уровня. По результатам работы опубликовано 3 статьи, индексируемые в международных базах данных Scopus и представленные в научных журналах из списка ВАК РФ.

По диссертационной работе можно сделать следующие **замечания**:

1. обзор литературы явно избыточен и охватывает общеизвестные аспекты физикохимии полупроводниковых квантовых точек; в главе 2 «Методики экспериментов и анализов» излишне подробно описаны принципы проведения физико-химических измерений;

2. в качестве материала полимерной матрицы использован полиметилметакрилат, однако фирма и страна производитель не указаны на стр. 41, где приводится его описание в главе 2 «Методики экспериментов и анализов». Также, на стр. 95 главы 3 «Результаты и обсуждение» отмечено «В качестве матрицы использовали ПММА с молекулярной массой  $\sim 1000000$ , оптической прозрачностью  $\sim 98\%$ .», что не проясняет природы используемого полиметилметакрилата. Во-первых, понятие «молекулярная масса» может характеризовать лишь монодисперсные полимеры, что для ПММА невозможно. Во-вторых, не ясно  $10^6$  это среднечисловая, средневесовая или z-средняя молекулярная масса? Не приведены характеристики, позволяющие хотя бы качественно судить о ширине молекулярно-массового распределения использованного в работе полиметилметакрилата, которая может оказывать значительное влияние на свойства получаемых композитов;
3. в обзоре литературы на стр. 31 автор утверждает «Полимерные нанокомпозиты представляют большой интерес в различных областях науки и техники, благодаря сочетанию таких свойств как лёгкость, прочность и гибкость за счет использования полимера и улучшенных оптических, магнитных и механических свойств за счет введения нанодобавок.», тем самым признавая необходимость и важность комплексных исследований свойств нанокомпозитов для достижения практически значимых результатов. Вместе с тем, в разделе 3.5 главы 3 «Результаты и обсуждение» обсуждаются лишь фотолюминесцентные свойства нанокомпозитов с полиметилметакрилатной матрицей, а физико-механические характеристики, определяющие во многом возможность эксплуатации полученных материалов, не рассматриваются;
4. в диссертации прослеживается дисбаланс количества экспериментально выявленных закономерностей и приведенных теоретических трактовок. Установлено значительное количество примечательных экспериментальных фактов, часто представляющих значительный

прикладной интерес, но объяснение им не приведено. Данное замечание обращено к стилю изложения материала и носит субъективный характер.

Перечисленные замечания относятся к деталям и частным аспектам диссертационной работы и не могут повлиять на общую высокую оценку ее научной новизны, теоретической и практической значимости.

**Автореферат полностью отражает содержание диссертации.**

**Достоверность** результатов работы и обоснованность основных выводов автора подтверждается использованием комплекса взаимодополняющих современных апробированных методов исследования (ПЭМ, ИК спектроскопия, рентгеновская дифрактометрия, спектрофотометрия, спектрофлуометрия), воспроизводимостью результатов экспериментов. Полученные закономерности согласуются с результатами других авторов, изучающих методы получения квантовых точек. Диссертация выполнена на хорошем научном уровне.

**Содержание диссертации в полной мере соответствует паспорту специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы по следующим пунктам:**

3.1. Экспериментальные исследования процессов получения и технологии наноматериалов, формирования наноструктур на подложках, синтеза порошков наноразмерных простых и сложных оксидов, солей и других соединений, металлов и сплавов, в том числе редких и платиновых металлов.

3.2. Выявление влияния размерного фактора на функциональные свойства и качества наноматериалов.

3.7. Исследование структуры, свойств и наноструктурированных материалов.

Диссертационная работа Аль-Майяхи Хайдера Али Насера на тему: «Разработка полимерных нанокомпозитов, содержащих полупроводниковые квантовые точки», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой в области синтеза полупроводниковых квантовых точек и композитов на их основе.

Диссертация соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом ректора № 1523ст от 17.09.2021 г., предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Аль-Майяхи Хайдер Али Насер заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Официальный оппонент

доктор химических наук (02.00.06 Высокомолекулярные соединения), доцент, заведующий кафедрой биоматериалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (РТХУ им. Д.И. Менделеева)

Межуев Ярослав Олегович

«15» 08

2023 г.

125047, Российская Федерация, г. Москва, Миусская площадь, д. 9.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (РТХУ им. Д.И. Менделеева)

Тел.: +7 (926)549-69-85

E-mail: valsorja@mail.ru

Подпись Я.О. Межуева заверяю.

учетный секретарь



(И. К. Кошкин)