

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Селокова Александра Сергеевича
«Оптические свойства коллоидных полупроводниковых нанокристаллов
CdSe планарной геометрии»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности
01.04.05 – оптика

Актуальность темы

Задача поиска новых материалов, позволяющих создавать высокоэффективные источники света, является крайне актуальной, поскольку напрямую связана с проблемами энергосбережения (к.п.д. люминесцентных излучателей выше, чем традиционных ламп накаливания) и снижения негативной экологической нагрузки на окружающую среду (ртуть, пары которой используются в современных лампах дневного света, относится к отходам пятого, самого высокого класса опасности). В этой связи особый интерес представляют работы по созданию инжекционных электролюминесцентных излучателей, цветовые параметры которых можно направленно корректировать в процессе изготовления. Рассматриваемая диссертационная работа посвящена изучению свойств, исследованию и построению физических моделей излучательных процессов в нанокристаллах CdSe планарной геометрии, на основе которых удаётся создавать светоизлучающие структуры, удовлетворяющие перечисленным требованиям: это и определяет актуальность темы.

Общая оценка содержания диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка цитированной литературы и списка рисунков. Во *введении* дано обоснование актуальности темы, изложены цель и задачи исследования, научная новизна, практическая значимость и защищаемые положения.

Первая глава является обзорной и представляет собой анализ литературных данных по исследуемому вопросу: рассмотрены методы создания и свойства полупроводниковых квантовых ям, а также электролюминесцентные устройств на их основе.

Вторая глава посвящена технике проведения экспериментов, обсуждению особенностей технологии изготовления 2D нанокристаллов и наносветиков CdSe. Рассмотрены методики измерения их параметров (прежде всего – спектральных) и последующей обработки полученных результатов.

В третьей и четвёртой главах приведены результаты измерений. Показано, что варьируя толщину образцов, можно менять спектр их межзонной фотолюминесценции и на основе полученных данных сделан вывод, что для создания органических светодиодов наиболее подходят нанопластины CdSe толщиной 4 монослоя с латеральными размерами 20 – 70 нм (увеличение

размеров нанопластин приводит к их сворачиванию в структуры винтовой формы и сопровождается сдвигом максимума спектра фотолюминесценции в область больших длин волн). Проверка справедливости этого вывода проведена путём создания гибридных органо-неорганических излучателей типа ITO/PEDOT:PSS/TDP/CdSe/Alq₃/Al и ITO/PEDOT:PSS/TDP/CdSe/TAZ/Al с последующим сравнительным анализом их спектральных характеристик. Как итог, продемонстрирована перспективность использования 2D-эмиттеров для расширения цветовой гаммы инжекционных электролюминесцентных источников излучения.

Предложены модели, объясняющие комплекс наблюдаемых явлений.

По результатам, представленным в каждой главе, сделаны промежуточные выводы. Основные, наиболее важные результаты и выводы диссертационной работы представлены в заключении.

Таким образом, диссертационная работа включает описание всех этапов исследований, обработки и объяснения полученных данных: в этом смысле её содержание является полным.

Новизна полученных результатов

1. Впервые обнаружен длинноволновый сдвиг максимума фотолюминесценции, вызванный сворачиванием планарных нанокристаллов CdSe в спиралевидные структуры (показано, что время жизни возбуждённых состояний при таком переходе не меняется).

2. Для коллоидного раствора планарных нанокристаллов CdSe описан не отмечавшийся ранее эффект фотоиндуцированной оптической нелинейности; проведено сравнение характеристик этого эффекта с аналогичными для коллоидного раствора со сферическими нанокристаллами CdSe.

3. В рамках проведённых исследований впервые синтезирован гибридный органо-неорганический светодиод с внутренней структурой вида ITO/PEDOT:PSS/TDP/CdSe/TAZ/Al, светоизлучающей областью которого является слой 2D-нанокристаллов CdSe; изучены свойства такой структуры.

4. Обнаружено и описано значительное уширение спектра электролюминесценции планарных нанокристаллов CdSe по сравнению со спектром их фотолюминесценции.

5. Впервые проведена оценка возможности использования трёх-, четырёх- и пятислойных нанопластин CdSe с целью их использования в качестве 2D-эмиттеров для расширения цветовой гаммы инжекционных электролюминесцентных источников излучения.

Сформулированные в диссертационной работе научные положения и выводы основаны на результатах экспериментальных исследований и теоретического анализа. Результаты получены с использованием современной серийно выпускаемой измерительной аппаратуры, общепринятых расчетных методик, стандартных пакетов прикладных программ для обработки экспериментальных материалов. Данные экспериментов согласуются с описанными в диссертации моделями; результаты работы неоднократно обсуждались

на международных и российских конференциях, достаточно полно и широко представлены в виде 5 публикаций в рецензируемых журналах, индексируемых в базах Web of Science и Scopus. В связи с этим достоверность и обоснованность полученных автором результатов не вызывают сомнений.

Значимость для науки и производства результатов, полученных автором диссертации

Научная значимость работы состоит в получении новой информации об оптических свойствах (фото- и электролюминесценция, поглощение, нелинейно-оптический отклик) перспективного класса полупроводниковых низкоразмерных люминофоров (на примере планарных и спиралевидных нанокристаллов CdSe).

С практической точки зрения ценными являются разработанные автором рекомендации по выбору толщины нанопластин CdSe для создания 2D-эмиттеров инжекционных электролюминесцентных источников излучения с увеличенной областью цветового охвата.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты исследований А.С. Селюкова и сделанные по ним выводы, могут быть использованы в организациях, занимающихся изучением свойств, разработкой и производством фотолюминофоров: в ООО НПК «Люминофор» (Фрязино), в ЗАО НПФ «Люминофор» (Ставрополь), в Московском государственном университете (Москва), в Физическом институте имени П.Н. Лебедева российской академии наук (Москва), в Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (Черноголовка, Московская область), в Российском университете транспорта РУТ(МИИТ) (Москва), в Ульяновском государственном университете (Ульяновск).

К недостаткам работы можно отнести следующее:

1. В работе не осуществлено сравнение параметров люминесцирующих нанокристаллов CdSe и структур на их основе с параметрами известных люминофоров других типов (как неорганических, так и органических): яркости, энергетического выхода, срока службы, стойкости к внешним воздействиям (в частности – к повышенной влажности). Этого нельзя сделать, даже ознакомившись с приведёнными в диссертации результатами: практически все они даны в относительных, а не в абсолютных единицах.

Сравнение позволило бы более убедительно обосновать перспективность исследованного автором типа люминофоров.

2. В работе не проведено чёткого разделения ролей, которые играют в наблюдаемых явлениях дефекты, образующиеся в процессе синтеза в объёме нанопластин, и центры, возникшие на поверхности образцов. Некоторые выводы по этому поводу можно было бы сделать, анализируя спектры планарных кристаллов с разным числом монослоёв (параграф 3.2 работы).

3. Интерпретируя результаты экспериментов, автор не всегда раскрывает смысл используемых моделей. Остаётся неясным, например, как он представляет себе процессы, связанные с влиянием дефектов кристаллической структуры на спектральные характеристики исследованных образцов. В работе нет примеров численных расчётов, оценок, которые могли бы говорить о том, какие конкретно типы дефектов являются ответственными за те или иные наблюдаемые явления. Именно поэтому во многих случаях объяснения, приводимые автором, воспринимаются лишь как предположения, хотя и достаточно разумные, не противоречащие гипотезам других исследователей. Тем не менее, считать их исчерпывающими на основе интерпретации только спектров поглощения и фотолюминесценции (причём, в последнем случае, – только для одной длины возбуждающей волны) вряд ли возможно. Следовало бы снять серию спектров возбуждения фотолюминесценции образцов от достаточно мощного источника света с непрерывным спектром (лампы накаливания с кварцевой колбой мощностью, например, 100 Вт не являются уникальными), а затем на основе проведённых измерений выявить те длины волн, возбуждение на которых было бы особенно эффективным.

Кроме того, анализируя спектры возбуждения, (полученные при разных температурах) можно получить добавочную информацию о физическом механизме процессов преобразования энергии в люминофоре, приводящих к излучательным и безызлучательным переходам того или иного типа.

4. В тексте диссертации встречаются опечатки (в частности, на стр. 33, 39, 53, 70), неточности. Так, например, в работе говорится о перспективности использования нанопластин для создания светодиодов с широким охватом цветового пространства, однако, судя по приведённым спектрам электролюминесценции, об излучении в голубой и синей областях речь пока не идёт; подпись к рис. 3.1 плохо соответствует тому, что изображено на самом рисунке; формула синтезированных структур в тексте записывается по-разному: то в виде ITO/PEDOT:PSS/TDP/CdSe/TAZ/Al, то в виде ITO/PEDOT:PSS/TDP/2D CdSe/TAZ/Al, то в виде ITO/PEDOT:PSS/TDP/2D нанокристаллы CdSe/TAZ/Al; надписи на ряде графиков (а в тексте работы в некоторых случаях и единицы измерения физических величин) даны почему-то на английском языке.

Тем не менее, понятно, что основной результат представленной работы – выявление свойств нового перспективного типа люминесцирующих материалов, и поскольку эта задача в целом решена, указанные замечания не снижают существенным образом качества диссертации и не могут изменить моей общей положительной оценки работы А.С. Селюкова.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему, в рамках которой на базе выполненных автором исследований предложено и экспериментально обосновано объяснение оптических свойств коллоидных полупроводниковых

нанокристаллов CdSe планарной геометрии, дана оценка возможности применения подобных объектов для создания электролюминесцентных источников излучения оптического диапазона.

Диссертационная работа соответствует требованиям к кандидатским диссертациям, предъявляемым «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Кокин Сергей Михайлович,
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры «Физика» «РУТ (МИИТ)»

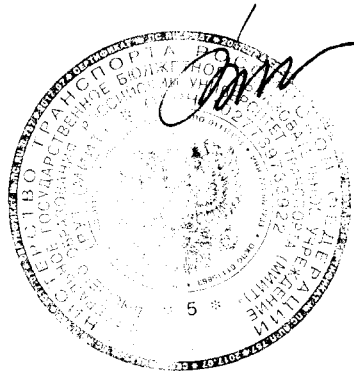


С.М. Кокин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта (МИИТ)»,
127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 8, ГУК-14
тел.: +7 495 799-95-73
e-mail: kokin2@mail.ru

“ 30 ” ноября 2017 года

Подпись Кокина С.М. удостоверяю:
учёный секретарь ФГБОУ ВО «РУТ (МИИТ)»,
кандидат технических наук, доцент



В.П. Соловьёв

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

официального оппонента Кокина Сергея Михайловича по тематике защищаемой диссертации Селокова Александра Сергеевича «Оптические свойства коллоидных полупроводниковых нанокристаллов CdSe планарной геометрии», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика, в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Budilova E. N., Nikitenko V. A., and Kokin S. M. Sensitizing ZnO ultraviolet luminescence //Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2015. – Т. 79. – №. 2. – С. 160-164.
2. Андреев, А. И., Кривошеев, Я. В., Некрасов, В. В., Никитенко, В. А., Рыбалко, М. А., и Кокин, С. М. Лазерная диагностика синтетических и природных разновидностей бериллов //Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56. – №. 2-2. – С. 25-27.