

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента о диссертации Слюсаренко Нины Викторовны  
«Оптические свойства субмикронных композитов, полученных  
самосборкой коллоидных квантовых точек и разноточечных  
биополимеров», представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.05 – Оптика.**

Рецензируемая диссертация посвящена изучению закономерностей формирования люминесцирующих композитов на основе коллоидных квантовых точек CdTe и CdSe/ZnS и органических полимеров. Несмотря на то, что изучение механизмов формирования и оптических свойств коллоидных квантовых точек  $A_2B_6$  вот уже более 30-ти лет является предметом интенсивных исследований теоретиков и экспериментаторов во всем мире, интерес к ним продолжает поддерживаться на чрезвычайно высоком уровне. Растет число публикаций по этой тематике, организуются конференции и издаются новые журналы. Причины этого совершенно очевидны: с одной стороны, изучение халькогенидных нанокристаллов позволило открыть множество качественно новых явлений, представляющих общенаучный интерес, а с другой стороны, оно генерирует идеи для совершенствования уже имеющихся и создания новых типов приборов для медицинской диагностики и экологического мониторинга, а так же стимулирует развитие новых технологий.

Из сказанного ясно, что тема диссертации, избранная соискателем, безусловно, является **актуальной**, а поскольку, несмотря на прогресс в области формирования гибридных фотолюминесцирующих материалов

механизмы, определяющие эффективность излучения этих объектов в окружающей среде изучены еще отнюдь не исчерпывающе, то **новизна** полученных в работе результатов также не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Во **введении** сформулирована и обоснована цель исследований.

**В первой главе** автор приводит обзор литературы, посвященной формированию композитов на основе квантовых точек и полимеров, а также изучению их энергического спектра и оптических свойств. В целом, обзор литературных данных производит впечатление строгого и последовательного изложения и свидетельствует о достаточно высоком уровне теоретической подготовки диссертанта.

Во **второй главе**, посвященной методическим вопросам проводимых исследований, описаны методы формирования и исследования изучаемых нанокомпозитов. Обсуждаются условия экспериментов, методики обработки полученных результатов измерения. Описываются использованные в работе методы моделирования спектров оптического поглощения. Установлено влияние диэлектрической проницаемости органической матрицы на квантовый выход излучения нанокомпозитов.

В оригинальной части диссертации, **главы 3 и 4**, рассматриваются две основные задачи. Первая из них — определение факторов, влияющих на спектральные характеристики излучения люминесцирующих нанокомпозитов, построенных на основе квантовых точек и органических полимеров. Изучение динамики спектров фотолюминесценции квантовых точек в воде и составе нанокомпозита позволили определить временной диапазон, в течение которого относительный квантовый выход излучательной рекомбинации квантовых точек уменьшается не более чем на

35%. Установлено влияние кислотности растворов на спектроскопические параметры излучения КТ и нанокомпозитов. Определена температурная зависимость энергетического положения полос фотолюминесценции нанокомпозитов. Вторая задача диссертации заключалась в изучении безызлучательного переноса энергии электронного возбуждения в созданных композитах. В рамках решения этой задачи экспериментально установлено, что изменение интенсивности и времени жизни фотолюминесценции нанокомпозитов в присутствии ксантового красителя эритрозин В, хорошо описывается теорией Фёрстера. Изучено влияние концентрации красителя на форму спектра и динамику фотолюминесценции нанокомпозитов. Проведены оценки констант тушения Штерна-Фольмера. Установлены скорости безызлучательного переноса энергии.

Переходя к оценке диссертации в целом, необходимо отметить, что соискателю в своей диссертационной работе удалось получить совокупность новых результатов, которые, с одной стороны, дают ясную физическую картину исследовавшихся явлений, а с другой стороны, инициируют проведение последующих экспериментальных и теоретических работ, направленных на обнаружение новых эффектов. Таким образом, можно утверждать, что совокупность полученных в работе результатов и сделанные на их основе выводы значительно расширяют существующие представления о получении и оптических свойствах флуоресцирующих композитов, на основе коллоидных квантовых точек и разнозаряженных полимеров.

По результатам проводимых исследований созданы предпосылки для разработки на основе полученных композитов оптических биомаркеров что, безусловно, имеет важное **прикладное значение**.

Говоря о недостатках работы, необходимо отметить следующее:

1. При описании неэкспоненциальной динамики фотолюминесценции квантовых точек автор использует трехэкспоненциальную модель затухания. Между тем, хорошо известно, что неэкспоненциальность динамики фотолюминесценции коллоидных квантовых точек обусловлена распределением времен жизни экситонов, возникающим из-за переноса энергии в ансамбле квантовых точек различного размера. Причем этот перенос приводит к непрерывному распределению времен жизни экситонов. Хотелось бы услышать обоснование для выбора именно трех характерных времен из этого непрерывного распределения для описания экспериментальных зависимостей.
2. Во второй главе на рисунке 27 приведена экспериментальная зависимость квантового выхода излучения квантовых точек, помещенных в раствор этанола в воде, от диэлектрической проницаемости раствора. Однако физический механизм, приводящий к зависимости квантового выхода от диэлектрической проницаемости среды фактически не обсуждается. Мне представляется сомнительным вывод о том, что именно изменение диэлектрической проницаемости является причиной изменения квантового выхода. Причину надо скорее искать во взаимодействии экситонов в квантовых точках с молекулами раствора, концентрация которых изменяется одновременно с изменением диэлектрической проницаемости.
3. В 3 главе на основе измерений температурных зависимостей спектров фотолюминесценции нанокompозитов с коллоидными квантовыми точками построена модель, объясняющая температурные изменения положения максимума, интенсивности и ширины контура полосы фотолюминесценции нанокompозитов. Однако измерения проводились в

узком диапазоне температур от 283 до 353 К. Для проверки справедливости модели было бы уместно провести измерения спектров фотолюминесценции композитов в диапазоне температур, расширенном хотя бы до температуры жидкого азота.

В целом, текст диссертации и автореферата написан ясным языком, рисунки хорошо оформлены, однако по неизвестной причине на рисунках 40 и 42 панели (а) и (б) сдублированы, что вызывает недоумение у читателя.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Из проведенного анализа работы следует, что диссертация Н.В. Слюсаренко представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для получения композитов на основе коллоидных квантовых точек CdTe и CdSe/ZnS и органических полимеров и изучения их оптических свойств. Достоверность и обоснованность результатов определяется тщательно проработанной методикой изучения исследуемых процессов, согласием расчетов с результатами экспериментальных измерений, корреляцией результатов исследований различными экспериментальными методами. Основные результаты диссертации опубликованы в российских и международных научных журналах, доложены на ведущих российских и международных научных конференциях. Автореферат правильно передает содержание диссертации. По содержанию, объему, новизне, научной и практической значимости результатов, полученных в работе, диссертация отвечает требованиям пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 01.10.2018), предъявляемым к кандидатским диссертациям, название и

содержание соответствуют паспорту специальности, а её автор Н.В. Слюсаренко, безусловно, **заслуживает присуждения** искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 — оптика.

Ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-лучевой эпитаксии соединений  $A_3B_5$  Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения РАН

д.ф.-м.н., Доцент по специальности физика полупроводников



Тимур Сезгирович Шамирзаев

01.04.10 – физика полупроводников

Тел. (383) 330-44-75,



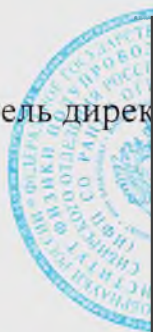
630090, Россия, Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, 13.

Подпись и фамилию сотрудника ИФП СО РАН  
Т.С. Шамирзаева удостоверяю

Заместитель дирек

АН

к.ф.-м.н.



А.В. Каламейцев

**Список избранных публикаций д.ф.м.н. Т.С. Шамирзаева, по теме диссертации Слюсаренко Нины Викторовны «Оптические свойства субмикронных композитов, полученных самосборкой коллоидных квантовых точек и разнозаряженных биополимеров»**

1. V.Yu.Ivanov, T.S. Shamirzaev, D.R. Yakovlev, A.K. Gutakovskii, L. Owczarczyk, M. Bayer. «Optically detected magnetic resonance of photoexcited electrons in (In,Al)As/AlAs quantum dots with indirect band gap and type-I band alignment», **Physical Review B** **97**, 245306-6 (2018).
2. Т.С. Шамирзаев, «Рекомбинация и спиновая динамика экситонов в непрямозонных квантовых ямах и квантовых точках», **Физика твердого тела**, **60**, 1542-1555 (2018).
3. T.S. Shamirzaev, J. Rautert, D. R. Yakovlev, J. Debus, A. Yu. Gornov, M. M. Glazov, E. L. Ivchenko, M. Bayer. «Spin dynamics and magnetic field induced polarization of excitons in ultrathin GaAs/AlAs quantum wells with indirect band gap and type-II band alignment» **Physical Review B** **96**, 035302-15 (2017).
4. A.V. Shevlyagin, D.L. Goroshko, E.A. Chusovitin, S.A. Balagan, S.A. Dotcenko, K.N. Galkin, N.G. Galkin, T.S. Shamirzaev, A.K. Gutakovskiy, A.V. Latyshev, M. Iinuma, Y. Terai. «A room-temperature-operated Si led with  $\nu$ -FeSi<sub>2</sub> nanocrystals in the active layer:  $\mu$ W emission power at 1.5  $\mu$ m» **Journal of Applied Physics**, **121**, 113101-9 (2017).
5. T.S. Shamirzaev, J. Debus, D. R. Yakovlev, M. M. Glazov, E. L. Ivchenko, M. Bayer «Dynamics of exciton recombination in strong magnetic fields in ultrathin GaAs/AlAs quantum wells with indirect band gap and type-II band alignment» **Physical Review B** **94**, 045411 (2016).
6. Д. С. Абрамкин, К. М. Румынин, А. К. Бакаров, Д. А. Колотовкина, А. К. Гутаковский, Т. С. Шамирзаев «Квантовые точки, сформированные в гетеросистемах InSb/AlAs и AlSb/AlAs» **Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики** **103** стр. 785 – 791 (2016).

7. J. Debus, T. S. Shamirzaev, D. Dunker, V. F. Sapega, E. L. Ivchenko, D. R. Yakovlev, A. I. Toropov, M. Bayer «Spin-flip Raman scattering of the  $\Gamma$ -X mixed exciton in indirect band gap (In,Al)As/AlAs quantum dots» **Physical Review B** **90**, 125431 (2014).
8. D. S. Abramkin, V. T. Shamirzaev, M. A. Putyato, A. K. Gutakovskii, T. S. Shamirzaev «Coexistence of type-I and type-II band alignment in Ga(Sb,P)/GaP heterostructures with pseudomorphic self-assembled quantum dots» **Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики** т. **99**, стр. 81-86 (2014).
9. А.А. Лямкина, С.П. Мощенко, Д.В. Дмитриев, А.И. Торопов, Т.С. Шамирзаев, «Экситон-плазмонное взаимодействие в гибридных структурах квантовые точки металлические кластеры, полученные методом МЛЭ» **Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики** т. **99**, стр.245 - 249 (2014).

Ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-лучевой эпитаксии соединений  $A_3B_5$  Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения РАН

д.ф.-м.н., Доцент по специальности физика полупроводников



Тимур Сезгирович Шамирзаев

01.04.10 – физика полупроводников

Тел. (383) 330-44-75,



630090, Россия, Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, 13.

Подпись и фамилию сотрудника ИФП СО РАН

Т.С. Шамирзаева у



Заместитель директ СО РАН

к.ф.-м.н.



А.В. Каламейцев

