

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Чиркова Кирилла Сергеевича** «**ЭКСИТОННАЯ И РЕКОМБИНАЦИОННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГИДРОФИЛЬНЫХ КОЛЛОИДНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК PbS**» представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика

Диссертационная работа **К.С. Чиркова** посвящена изучению механизмов размерно-зависимой люминесценции коллоидных квантовых точек PbS, пассивированных короткоцепочечными тиоловыми пассиваторами и приёмов управления её характеристиками.

Актуальность диссертационной работы не вызывает сомнения, ибо в ней рассматриваются возможности тонкой спектральной настройки в области ближнего и среднего ИК диапазона материалов на основе коллоидных квантовых точек (КТ) в виде конденсатов на твёрдофазных диэлектрических и проводящих подложках. Выбор КТ PbS в качестве исследуемого материала привлекателен в связи с важными применениями при разработке биомаркеров (при условии их биосовместимой пассивации), а также для систем люминесцентной визуализации, разработки ИК-фотодиодов, etc.

В ходе выполнения диссертационной работы проведен значительный объем исследований: от синтеза растворов гидрофильных коллоидных КТ PbS, с использованием в качестве пассивирующих органических лигандов тиогликолевой (TGA), 2-меркаптопропионовой (2-MPA) или 3-меркаптопропионовой (3-MPA) кислот до демонстрации возможности создания эффективных фоточувствительных приёмников на основе гидрофильных КТ PbS, покрытых молекулами короткоцепочечных тиоловых пассиваторов.

Оппонент усмотрел важность эмпирического обоснования схемы фотопроцессов, определяющих размерно-зависимую экситонную и рекомбинационную люминесценцию гидрофильных КТ PbS, покрытых

молекулами тиоловых пассиваторов, которая включает процесс термализации носителей заряда по квантово-размерным состояниям, процесс захвата на центр рекомбинационной люминесценции горячих носителей, каналы переноса электронных возбуждений к молекулам растворителя и фотореакции продуцирования активных форм кислорода.

Представляется важным результатом объяснение изменения спектров растворов КТ PbS/TGA при термообработке: длинноволновая полоса люминесценции связывается с рекомбинацией через локализованное состояние, а коротковолновая – с экситонным свечением.

Для продуцирования активных форм кислорода – супероксида, пероксида водорода, синглетного кислорода, как показано в диссертационной работе, гидрофильные КТ PbS являются фотосенсибилизаторами процесса.

Детально исследована пассивация интерфейсов гидрофильных КТ PbS галогенами и формирование оболочек SiO₂ (core-shell КТ) и здесь интересны выводы о тушении рекомбинационной люминесценции и разгорания экситонной люминесценции (с ростом квантового выхода последней от 1 до 10%).

В рамках данной работы определена роль оболочки SiO₂ (а также процесса йодирования интерфейсов КТ PbS), подавляющей процессы генерации супероксида и пероксида водорода, но не препятствующей процессу генерации синглетного кислорода. Показано, что обменно-резонансный триплет-триплетный безызлучательный перенос энергии есть основной механизм генерации синглетного кислорода.

Работа имеет достаточно выраженную научную новизну полученных результатов. Например, методом просвечивающей микроскопии установлено, что обработка КТ PbS/TGA йодидом калия способствует формированию из них упорядоченных структур со средним размером 20-25 нм.

Степень обоснованности научных положений

Достоверность полученных при выполнении работы результатов определяется использованием целого комплекса стандартных и современных

методов исследования: просвечивающая электронная микроскопии (ПЭМ) рентгеновская дифрактометрии, а также ряд абсорбционных, люминесцентных методик, методик исследования эффективности генерации активных форм кислорода (АФК), а также методики исследования вольт-амперных и фоточувствительных свойств конденсатов КТ PbS. В работе дано подробное описание методик синтеза образцов, экспериментальных установок, а также методик проведения экспериментов. Интерпретация экспериментальных данных проведена в рамках общепринятых физических моделей. Научные положения и выводы обоснованы и не противоречат современным научным представлениям.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты и выводы, полученные в работе Чиркова К.С., несомненно, имеют высокую практическую и научную значимость и полностью обоснованы результатами экспериментов. Данные работы могут быть использованы в биомедицине для создания систем визуализации, излучающих во втором окне прозрачности биологических тканей, создания систем фотоиндуцированной генерации АФК, разработки ИК фотодиодов на основе квантовых точек.

По работе имеются следующие замечания:

1. Диссертант методом термостимулированной люминесценции установил энергии активации для коллоидных КТ PbS/TGA, PbS/2-MPA и PbS/3-MPA. Требуется более детальное пояснение положений локализованных состояний на зонной схеме
2. Желательны качественные пояснения изменения фототока сэндвич-структур на основе КТ PbS/TGA, PbS/TGA(KI), (KBr) и (KCl) от длины волны падающего света.
3. Для подкрепления практической значимости диссертационной работы желательно привести примеры применения.

Вместе с тем, указанные замечания имеют рекомендательный характер и не умаляют значимости диссертационного исследования.

Заключение

Диссертационная работа Чиркова Кирилла Сергеевича «Экситонная и рекомбинационная люминесценция гидрофильных коллоидных квантовых точек PbS» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, удовлетворяющую всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 года, № 842 (ред. от 11.09.2021) в части, касающейся диссертаций на соискание степени кандидата наук.

Таким образом, соискатель Чирков Кирилл Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. оптика.

Согласен на обработку моих персональных данных.

Официальный оппонент:
доктор физико-математических наук (01.04.05 – Оптика),
профессор, высококвалифицированный главный научный сотрудник
Отдела люминесценции им. С.И. Вавилова,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

Витухновский Алексей Григорьевич



Адрес места работы:
119991, Российская Федерация, г. Москва, Ленинский проспект, д.53,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический
институт им. П.Н. Лебедева РАН
тел.: +7(499) 132-63-64, e-mail: vitukhnovskiyag@lebedev.ru

подпись сотрудника А.Г. Витухновского удостоверяю:

Помощник
директора



Савинов С.Ю.

02.12.25