

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Звягина Андрея Ильича** «Нелинейно-оптические свойства ассоциатов коллоидных квантовых точек сульфидов металлов и молекул красителей», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 - оптика

Актуальность темы диссертационного исследования.

Диссертационная работа А.И. Звягина посвящена рассмотрению мало исследованной проблемы прогнозирования и управления нелинейно-оптическими свойствами гибридных наноструктур на основе полупроводниковых квантовых точек и молекул красителей. Поскольку к моменту написания данной работы нелинейно-оптический отклик гибридных наноструктур был исследован в основном случай смесей плазмонных наночастиц и молекул красителей, то решаемые в диссертации задачи представляются актуальными. В имеющихся в научной литературе данных наблюдается пробел в понимании механизмов реализации рефракционных и абсорбционных нелинейно-оптических процессов в квантовых точках под действием лазерных импульсов различной длительности. Наибольшее внимание исследователями уделено анализу фотофизических процессов в гибридных наноструктурах на основе квантовых точек и молекул красителей в спектрах поглощения и люминесценции. Автор диссертационной работы рассматривает условия для возникновения нелинейно-оптического отклика в гибридных наноструктурах, несвойственного отдельным компонентам и являющегося характерным проявлением обмена электронными возбуждениями между органо-неорганическими компонентами. Таким образом, тема обсуждаемого диссертационного исследования представляется актуальной.

Общая характеристика диссертации

Материал диссертационной работы А.И. Звягина представлен в пяти главах, логически связанных друг с другом и представляющих собой последовательное изложение имеющихся в литературе данных, методик исследований и синтеза образцов, а также анализ полученных

экспериментальных материалов.

В первой главе выполнен анализ современной научной литературы, посвященной рассмотрению нелинейно-оптических свойств и основных механизмов их возникновения в молекулах органических красителей, полупроводниковых наночастицах, а также гибридных наносистемах на их основе. Установлено отсутствие в литературе данных, касающиеся понимания механизмов реализации “гибридного” нелинейно-оптического отклика в органо-неорганических структурах, в частности, в ассоциатах квантовых точек и молекул красителей.

Вторая глава содержит детальные описания используемой в работе методики Z-сканирования, позволяющей разделять различные механизмы нелинейно-оптического отклика в исследуемых образцах. Кроме того, подробно изложены методики синтеза коллоидных квантовых точек (КТ) сульфидов металлов в различном окружении, описаны способы получения гибридных наноструктур из КТ и молекул красителя.

В третьей главе диссертантом представлены новые закономерности нелинейно-оптического отклика в молекулах органических красителей тионина, азура А, метиленового голубого и эритрозина, полученные при использовании методики Z-сканирования. Следует обратить внимание, что при использовании такого подхода обнаружены совершенно новые закономерности. Особенно обращает на себя внимание методически выверенный подход к выбору молекул красителей, как модельных объектов. Автору удалось путем разной степени отстройки резонанса в оптическом поглощении растворов красителей и длины волны зондирующего лазерного импульса излучения (532 нм) достигать различного нелинейно-оптического отклика в условиях изменения соотношения сечений триплет-триплетного и синглет-синглетного поглощения.

В четвертой главе подробно изучены нелинейно-оптические свойства КТ сульфида серебра. Детально рассмотрены проявления нелинейного абсорбционного и рефракционного отклика в КТ Ag_2S , находящихся в различном окружении и имеющих различающиеся свойства поверхности нанокристаллов. Автор демонстрирует, что изменение степени заполнения

неравновесными носителями заряда локализованных состояний в КТ Ag_2S играет ключевую роль в формировании нелинейной рефракции действующих лазерных импульсов. Найдено также, что уровни центров люминесценции в КТ могут участвовать в процессах нелинейного поглощения лазерного излучения. Автором подробно рассмотрено влияние тепловой рефракции в общую наблюдаемую картину. Основным механизмом реализации возникающей динамической линзы обоснован эффект заполнения состояний в КТ Ag_2S .

В пятой главе приведены принципиально новые результаты, демонстрирующие трансформацию нелинейно-оптического отклика в гибридных наноструктурах типа “КТ – молекулы красителя” в поле наносекундных лазерных импульсов. Приведенные экспериментальные результаты демонстрируют возможность управления рефракционным нелинейно-оптическим откликом КТ Ag_2S путем ассоциации с молекулами тиазиновых и ксантеновых красителей. Установлено увеличение нелинейной рефракции при ассоциации с тионином и эритрозином, а также изменения дефокусировки на фокусировку излучения при ассоциации с молекулами метиленового голубого. Обнаружено просветление метиленового голубого и азура А при ассоциации с КТ $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$. Наблюдаемые модификации нелинейно-оптических свойств в результате ассоциации органической и неорганической компоненты автор связывает с обменом электронными возбуждениями между компонентами в рассмотренных наносистемах. Приведенные эмпирические модели обмена электронными возбуждениями коррелируют с литературными данными, демонстрирующие проявления гибридных свойств в спектрах и кинетике затухания люминесценции.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается корректной постановкой исследовательских задач, сопоставлением полученных результатов с данными других авторов. Основные результаты диссертации изложены в шести работах, опубликованных в журналах по оптике, входящих в перечень ВАК и

индексируемых в базах Web of Science и Scopus. Материалы диссертационной работы апробированы на семи международных и всероссийских научных конференциях.

Новизна научных положений и результатов

Шесть пунктов научной новизны, приведенных диссертантом, закрывают некоторые пробелы в понимании механизмов реализации нелинейно-оптических свойств в поле наносекундных импульсов лазерного излучения (532 нм), как гибридных органо-неорганических наноструктур на основе КТ и молекул красителей, так и их компонентов в отдельности. Показана возможность модификации нелинейно-оптических свойств как квантовых точек, так и молекул красителей при их гибридной ассоциации.

Замечания к диссертационной работе

1. Из текста диссертации не вполне понятно, в чем заключается деструктивная роль процессов димеризации тиазиновых красителей в формировании уровня нелинейного поглощения наносекундных лазерных импульсов.

2. При описании экспериментальной установки автором диссертации не приведен профиль лазерного пучка, не обсуждается, насколько пространственное распределение интенсивности близко к гауссовому.

3. Автором не выполнены оценки скоростей переноса электронных возбуждений между компонентами в гибридных ассоциатах, которые необходимы для установления вероятности наступления нелинейностей при гибридной ассоциации.


4. В тексте диссертации встречаются грамматические и пунктуационные ошибки.

Общая характеристика диссертационной работы

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Диссертация Звягина Андрея Ильича «Нелинейно-оптические свойства ассоциатов коллоидных квантовых точек сульфидов металлов и молекул красителей» является завершенной научно-квалификационной работой, оставляет общее положительное впечатление. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Диссертант

продемонстрировал глубокое понимание изучаемых процессов и изрядное экспериментальное мастерство. Публикации автора, в том числе статьи в журналах, включенных в Перечень изданий ВАК, достаточно полно отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа «Нелинейно-оптические свойства ассоциатов коллоидных квантовых точек сульфидов металлов и молекул красителей» соответствует всем требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук (п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о порядке присвоения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.) и паспорту специальности 01.04.05 – «Оптика», а ее автор – Звягин Андрей Ильич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – «Оптика».

Официальный оппонент, к. ф.-м. н.,
доцент кафедры физики и химии
военного учебно-научного центра военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия им.
профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  Д.А. Минаков

Подпись и сведения Минаков Д.А. заверяю
Ученый секретарь ученого совета ВУНЦ ВВС «ВВА»,
к.в.н.  А.А. Томилов

27 ноября 2020 г.

Адрес организации: 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 а
тел. 8 (473) 244-78-30

Электронный адрес: minakov_d_a@mail.ru