

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Чевычеловой Тамары Андреевны** «Нелинейно-оптические свойства плазмонных наночастиц и их смесей с молекулами красителей», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика

Актуальность темы диссертационного исследования

В работе были исследованы особенности нелинейно-оптического отклика коллоидных растворов наночастиц золота и серебра в зависимости от их формы и при создании их комплексов с выбранными молекулами органических красителей. Важно отметить, что результаты, представленные в диссертации, необходимы для установления механизмов нелинейного поглощения и преломления лазерного излучения в ансамблях плазмонных наночастиц (НЧ), в том числе для установления механизма влияния плазмон-экситонного взаимодействия в растворах органических молекул красителей с плазмонными НЧ. Данные исследования важны для создания высокочувствительных сенсоров и датчиков. Наряду с этим, комплексы коллоидных плазмонных НЧ характеризуются высоким нелинейно-оптический откликом, что может быть применено для создания устройств, физический принцип работы которых связан с управлением интенсивностью и фазой электромагнитной волны, таких как оптических модуляторов и ограничителей мощности, динамических корректоров волновых фронтов. С учетом вышеперечисленных особенностей исследуемых нелинейно-оптических материалов, тема диссертации Т.А. Чевычеловой, несомненно, **актуальна** и представляет интерес как для фундаментальных исследований, так и для широкого круга прикладных задач.

Общая характеристика диссертации

Во **Введении** автор подробно аргументирует актуальность, новизну, научную и практическую значимость диссертационного исследования, а также формулирует защищаемые положения и свой личный вклад.

Глава 1 представляет подробный литературный обзор современного состояния исследований по тематике диссертационной работы. Проведен анализ основных спектральных характеристик наночастиц благородных металлов и нелинейно-оптических свойств коллоидных растворов на их основе, а также комплексов органических молекул красителей и плазмонных наночастиц. Разбор современной научной литературы позволил оценить актуальность исследования и выделить область, в которой накопились вопросы, требующие дополнительных исследований для раскрытия новых черт фундаментальных физических процессов, таких как влияние эффектов лазерно-стимулированной деструкции плазмонных НЧ на нелинейно-оптический отклик и установление особенностей нелинейно-оптического отклика в смесях молекул красителей и плазмонных НЧ.

В **Главе 2** рассмотрены экспериментальные методики исследования, а именно метод Z-сканирования, фемтосекундная спектроскопия накачки и зондирования наведенного поглощения, спектрометрия, люминесцентная спектроскопия. Подробно описаны методики синтеза экспериментальных образцов – сферических наночастиц Au, наночастиц типа ядро-оболочка Au/SiO₂ и Ag/SiO₂, треугольных нанопризм Ag и плазмонных наностержней Au, Au/SiO₂.

В **Главе 3** представлены результаты изучения нелинейно-оптических свойств плазмонных наночастиц разной формы методом Z-сканирования. Из результатов стоит выделить определение интенсивности порога необратимого изменения формы и размера НЧ Ag разной формы под действием импульсного (10 нс) лазерного излучения на длине волны второй гармоники (532 нм) YAG:Nd³⁺ лазера. Предотвращения теплового разрушения плазмонных НЧ удалось достичь созданием оболочки, получив структуру ядро-оболочка Ag/SiO₂.

Глава 4 посвящена изучению динамики нелинейно-оптического отклика плазмонных наночастиц методом накачки и зондирования с субпикосекундным разрешением. Время-разрешенная спектроскопия

наведенного поглощения коллоидных наночастиц золота разной формы позволила определить во временном интервале от 0.5 до 350 пс процессы, определяющиеся нагревом электронной подсистемы с дальнейшим обменом тепловой энергией с атомными остовами (электрон-фононная релаксация) и окружающей средой (фонон-фононная релаксация). С помощью кинетики восстановления наведенного поглощения НЧ Au/SiO₂ на длине волны пика плазмонного резонанса 530 нм установлено увеличение времени быстрой и медленной составляющей релаксации, которые могут быть связаны с изменением электрон-фононного и фонон-фононного взаимодействия, соответственно, по сравнению с НЧ Au на длине волны 525 нм. Данная особенность может указывать на заметное влияние окружения НЧ на процессы электрон-фононного и фонон-фононного рассеяния.

В **Главе 5** диссертации рассмотрены процессы нелинейного поглощения лазерного излучения растворами выбранных по спектральным характеристикам органических красителей и наночастиц золота Au/SiO₂. В ходе исследований обнаружено усиление нелинейного поглощения излучения на длине волны 532 нм при добавлении к красителям метиленового голубого (MB) и индоцианина зеленого (ICG) золотых наночастиц. Наиболее интересным нелинейно-оптическим эффектом можно выделить изменение знака нелинейного преломления красителя розы бенгальской (RB) в присутствии плазмонных серебряных треугольных нанопризм под действием 10 нс лазерных импульсов на длине волны 532 нм, что объяснено перераспределением населенности уровней красителя, участвующих в процессах поглощения света и дезактивацией электронного возбуждения.

В **заключении** приведены основные результаты диссертации.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается проведением экспериментов с помощью всесторонних и дополняющих друг друга методов исследования, направленных на выявление особенностей нелинейно-оптического отклика плазмонных НЧ серебра и

золота, и их комплексов с молекулами органических красителей. В работе применён метод Z-сканирования с использованием наносекундных лазерных импульсов, метод накачки и зондирования с использованием фемтосекундных лазерных импульсов, при дополнительной характеристике образцов спектральными методами (измерение спектров фотолюминесценции и поглощения, кинетики нестационарного поглощения и фотолюминесценции) а также методами определения структурных особенностей (ПЭМ, рентгенодифракционный анализ). Корректность представленных результатов подтверждается их воспроизводимостью.

Новизна научных положений и результатов

В качестве новизны стоит отметить преодоление пороговой интенсивности 10 нс излучения на длине волны 532 нм, при которой происходит лазерно-стимулированная деструкция наночастиц Au, за счёт создания диэлектрической оболочки SiO₂, которая препятствует кулоновскому взрыву и стабилизирует горячее или расплавленное внутри нее металлическое ядро. Установлено усиление нелинейного поглощения красителями MB и ICG в присутствии наночастиц Au/SiO₂ и наностержней Au/SiO₂ при их возбуждении наносекундными импульсами на длине волны 532 нм, что объяснено возрастающим вкладом триплет-триплетного перехода в молекулах MB и изменением синглет-синглетного и триплет-триплетного переходов в молекулах ICG.

Вопросы и замечания к диссертационной работе

1. Чем обосновано динамическое рассеяние интенсивного света в среде с неоднородностями (Рисунок 3.5)? Можно ли оценить роль рассеяния Тиндаля? Ввиду высокого влияние нагрева наночастиц, по-видимому, ослабление может быть связано с рассеянием на преломляющих ореолах, которые возникают вокруг наночастиц или даже на образовавшихся пузырьках газа ввиду локального вскипания раствора в световом луче?

2. Учитывая, что просветление в ансамбле плазмонных НЧ Au и Ag разной формы обусловлено лазерно-стимулированной перестройкой НЧ,

являющейся необратимым процессом, так как необратимо изменяется их форма и размер, этот процесс некорректно относить ни к классическим, ни к резонансным нелинейно-оптическим явлениям.

3. Для измеренных физических величин необходимо указывать погрешности и ограничиваться разумно минимальным количеством значащих цифр.

4. Следует использовать более принятые в российской научной литературе термины, например, метод pump-probe – метод накачки и зондирования; фитирование – приближение, аппроксимация, подгонка; рефракция – преломление.

Перечисленные замечания носят рекомендательный характер и **не снижают** общую высокую оценку диссертационной работы, в которой проведено добротное научное исследование по актуальной теме.

Результаты диссертации прошли **необходимую апробацию** на всероссийских и международных конференциях. По результатам, представленным в диссертации, опубликовано 26 научных работ (9 научных статей в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК и индексирующихся базами данных Web of Science и Scopus, в том числе 2 в журналах первого квартиля; 1 Патент РФ на изобретение; 16 тезисов конференций). Основные результаты диссертационной работы и сформулированные на их основе научные положения и выводы согласованы и подтверждены экспериментальными исследованиями в сочетании с обоснованно выбранными теоретическими моделями.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Результаты диссертационной работы Чевычеловой Т.А. **можно квалифицировать как решение важной научной задачи** в области оптики наночастиц и молекул красителей.


Заключение по диссертационной работе. Диссертационная работа Т.А. Чевычеловой выполнена на высоком научном уровне и содержит новые результаты, интересные для широкого круга исследователей в области

нелинейно-оптических явлений в растворах плазмонных наночастиц в сочетании с органическими красителями. Диссертация Чевычеловой Тамары Андреевны «Нелинейно-оптические свойства плазмонных наночастиц и их смесей с молекулами красителей» является законченной научно-квалификационной работой. По актуальности решаемых задач, новизне и масштабу проведенных исследований, совокупности полученных результатов, их научной и практической значимости представленная диссертационная работа соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук («Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. От 25.01.2024 г.), а ее автор – Т.А. Чевычелова, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. – Оптика.

Согласен на обработку персональных данных

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук
(1.3.11. Физика полупроводников),
доцент кафедры физики полупроводников
и криоэлектроники Физического факультета
ФГБОУ ВО «Московского государственного
университета имени М.В.Ломоносова»


/Смирнов А.М./
21.04.2025

Адрес организации:

119991, ГСП-1, Москва, ул. Ленинские Горы д.1, строение 2

Тел. +7-495-939-50-72, +7-919-724-00-46

Электронный адрес: alsmir1988@mail.ru

Подпись Смирнова А.М. заверяю

И.о. декана

Физического факультета МГУ

 профессор В.В. Белокуров

