

## 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.**

Диссертационная работа Т.А. Чевычеловой посвящена исследованию механизмов нелинейного поглощения и рефракции импульсного излучения YAG:Nd<sup>3+</sup> лазера (с длительностью импульса 10 нс) в ансамбле плазмонных наночастиц различной формы и их смесях с молекулами красителей с учетом фемтосекундной динамики электронной подсистемы.

Актуальность темы диссертационной работы определяется перспективами разработки и создания фотонных устройств, использующих управление интенсивностью и фазой электромагнитного излучения: модуляторов, ограничителей мощности и т.д. Интерес к плазмонным наночастицам обусловлен также огромным усилением напряженности электрического поля излучения вблизи их поверхности, вызванным генерацией локализованных плазмонов. Это усиление приводит к возникновению нелинейных эффектов и позволяет наблюдать нелинейно-оптические процессы, вероятность которых исчезающе мала в случае полей умеренной интенсивности. Кроме того, анализ фемтосекундной динамики электронных возбуждений золотых и с оболочкой наночастиц сферической и цилиндрической формы, проведенный в диссертации методами время-разрешенной спектроскопии наведенного поглощения, имеет существенное фундаментальное значение, поскольку вносит вклад в понимание физики сверхбыстрого электромагнитного взаимодействия. Последнее обстоятельство актуально в связи с интенсивным развитием в последнее время методов генерации коротких и ультракоротких лазерных импульсов с

заданными параметрами (амплитудой, длительностью, формой огибающей и абсолютной фазой).

### **Общая характеристика диссертации**

Материал диссертационной работы Т.А. Чевычеловой изложен на 174 страницах машинописного текста в 5 главах, список литературы содержит 238 наименований.

Первая глава посвящена литературному обзору по теме диссертации, обоснована актуальность, определены цели и задачи исследования.

Во второй главе дано описание методов экспериментального исследования, в частности, Z-сканированию нормализованного пропускания образца при изменяющейся интенсивности лазерного излучения.

В третьей главе исследуются физические причины эффекта просветления коллоидных растворов золотых и серебряных наночастиц под действием 10 нс импульса второй гармоники неодимового лазера (длина волны 532 нм), который наблюдался в диапазоне интенсивностей излучения от  $10 \text{ МВт/см}^2$  до  $10 \text{ ГВт/см}^2$ . В качестве наночастиц использовались треугольные нанопризмы серебра, нанострежни золота и сферические наночастицы с оболочкой из оксида кремния. Анализ полученных экспериментальных данных привел к выводу о том, что рост пропускания излучения обусловлен лазерно-стимулированной перестройкой наночастиц, что приводит к уменьшению оптической плотности исследуемого коллоидного раствора.

В четвертой главе проведен анализ динамики электронных возбуждений в плазмонных наночастицах золота и серебра методом фемтосекундной спектроскопии наведенного поглощения. Было проведено сравнение экспериментальных профилей кинетики нестационарного поглощения с теоретическими данными, полученными с помощью решения системы дифференциальных уравнений.

В пятой главе экспериментально исследовалось влияние металлических наночастиц на нелинейное поглощение и рефракцию 10 наносекундных

импульсов второй гармоники неодимового лазера органическими молекулами красителей. Впервые было обнаружено усиление нелинейного поглощения молекул красителя метиленового голубого и индоцианина зеленого в присутствии золотых наночастиц. Механизм увеличения нелинейного поглощения молекул индоцианина зеленого в присутствии золотых наночастиц с оболочкой из оксида кремния был установлен с помощью время-разрешенной люминесцентной спектроскопии.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации,** обеспечивается использованием хорошо апробированных современных экспериментальных методик, воспроизводимостью полученных данных, многократной экспериментальной проверкой результатов. Кроме того, достоверность научных положений, выносимых на защиту, обосновывается экспертными оценками рецензентов научных журналов, в которых опубликованы результаты диссертации. Всего по теме исследований опубликовано 26 статей, из них 9 входят в перечень ВАК и индексируются базами данных Scopus и Web of Science, включая 2 статьи из 1-й квартили, одну статью из 2-й квартили и 6 статей из 3-й квартили.

### **Новизна научных положений и результатов**

Научная новизна работы, сформулированная в пяти пунктах, отражает вклад результатов проведенного исследования в количественное и качественное описание нелинейных эффектов, возникающих под действием лазерных импульсов. Впервые установлены следующие эффекты: фотодеструкция золотых и серебряных наночастиц несферической формы, влияние диэлектрической оболочки наночастиц на их нагрев, усиление нелинейного поглощения импульсов второй гармоники неодимового лазера молекулами красителей метиленового голубого и индоцианина зеленого в присутствии золотых наночастиц, изменение знака и величины коэффициента нелинейной рефракции в присутствии золотых наночастиц.

## **Вопросы и замечания к диссертационной работе**

1. Как на качественном физическом уровне объяснить замедление процессов электрон-фононной и фонон-фононной релаксации в золотых наночастицах при наличии оболочки из диоксида кремния? В диссертации указывается в качестве такой причины тот факт, что диэлектрическая оболочка препятствует дефрагментации золотого ядра (стр.121). Было бы полезно уточнить, почему эта дефрагментация приводит к замедлению релаксационных процессов.
2. На стр.128 приведена система балансных уравнений (5.1), описывающих кинетику фото процессов в молекулах красителя. Содержит ли эффективное сечение поглощения для соответствующих электронных переходов спектральную форму линии? Полезно было бы привести в диссертации схему рассматриваемых электронных переходов. Это замечание относится и к системе уравнений (5.4) на стр. 143.
3. Какой физический процесс понимается под плазмон-экситонным взаимодействием, которое упоминается в 3-м результате на стр.145? Какая квазичастица в данном контексте подразумевается под экситоном?

**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**, они опубликованы в высокорейтинговых научно-технических изданиях, рекомендованных ВАК, и доложены на профильных Всероссийских и Международных конференциях.

**Автореферат** правильно и полно отражает содержание диссертации.

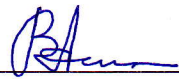
Результаты диссертационной работы Чевычеловой Т.А. **можно квалифицировать как решение важной научной задачи** в области оптики наночастиц и молекул красителей.

**Заключение по диссертационной работе.** Диссертация Чевычеловой Тамары Андреевны «Нелинейно-оптические свойства плазмонных наночастиц и их смесей с молекулами красителей» является законченной научно-квалификационной работой. Представленная диссертация соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук («Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 11.09.2021)) и паспорту специальности 1.3.6. Оптика, а ее автор – Чевычелова Тамара Андреевна 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  
(1.3.19 – Лазерная физика), профессор,  
профессор ФГАОУ Московского  
физико-технического института

(научно-исследовательского университета)  /Астапенко В.А./

16.04.2025

Адрес организации:

141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9.

Тел. +7 925 522-62-74

Электронный адрес: [astval@mail.ru](mailto:astval@mail.ru)

**Подпись Астапенко В.А. заверяю**

Ученый секретарь

Ученого Совета МФТИ



 /Евсеев Е.Г.