

УТВЕРЖДАЮ

Проректор Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
"Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова"



профессор, Федянин А.А.

2014 года

### О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу

Поволоцкой Анастасии Валерьевны

«Лазерно-индуцированное формирование гибридных С-Au-Ag наночастиц и исследование  
эффекта гигантского комбинационного рассеяния света на полученных структурах»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности

01.04.21 – «Лазерная физика».

Диссертационная работа А.В. Поволоцкой посвящена двум основным задачам: развитию лазерных методов получения гибридных С-Au-Ag наноструктур, позволяющих на несколько порядков увеличивать сигнал комбинационного рассеяния света, а также исследованию явления гигантского комбинационного рассеяния света (ГКР) на таких структурах.

Выбор тематики диссертации связан с возросшим в последнее время интересом к оптическим методам по обнаружению и анализу свойств следовых количеств веществ, что востребовано в различных областях науки и экономики. Явление ГКР было открыто более 30 лет назад и состоит в увеличении на 5–7 порядков сечения комбинационного рассеяния света, а также в значительном усилении фонового комбинационного рассеяния при адсорбции ряда молекул и ионов на шероховатых поверхностях некоторых металлических электродов, в особенности на серебре, золоте и меди. Исходно генерация интенсивного гигантского комбинационного рассеяния света наблюдалась на специально приготовленных металлических поверхностях с сильной шероховатостью. Однако, например, тонкая структурная организация и большие размеры биомолекул существенно ограничивают число систем, в которых можно исследовать эти объекты с помощью спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния света. Поэтому задачей



исследования являлось создание новых методик и способов усиления сигнала комбинационного рассеяния света в таких системах.

Таким образом, **актуальность** данного исследования обусловлена как важностью решения задач лазерных методов формирования новых материалов, так и необходимостью изучения линейных и нелинейных оптических свойств этих материалов, в том числе явления гигантского комбинационного рассеяния света.

**Научная новизна** работы заключается в представлении нового лазерного метода формирования гибридных гетерометаллических наноструктурированных частиц, которые демонстрируют эффект гигантского усиления комбинационного рассеяния света, в том числе и для сложных органических и биоорганических соединений.

Все выносимые на защиту результаты являются новыми, представлены публикациями автора в научных изданиях, прошли апробацию на Всероссийских, Международных конференциях и семинарах. Широкая апробация работы подтверждает *достоверность* полученных в диссертации результатов.

**Практическая значимость** результатов работы обуславливается возможностью использования разработанной в диссертации методики и полученных закономерностях формирования наноструктурированных ГКР-активных материалов для создания микрочипов позволяющих осуществлять обнаружение и идентификацию сверхмалых количеств веществ методом комбинационного рассеяния света.

Об актуальности и практической значимости, рассмотренных в диссертации вопросов свидетельствует также значительное число посвященных им и их приложениям статей и монографий, опубликованных в отечественной и зарубежной литературе.

В **первой главе** диссертации автор рассматривает и систематизирует современные результаты работы научных коллективов в области изучения гигантского комбинационного рассеяния света, в том числе на гибридных наноструктурированных материалах, содержащих частицы благородных металлов. Подробно рассмотрены методы формирования таких гибридных материалов, описаны преимущества лазерных методов. Пожалуй, даже в излишней степени представлены возможные области применения ГКР-активных гибридных материалов. Вместе с тем, автор четко формулирует основные направления развития физики гигантского рассеяния света на гибридных наноструктурированных материалах.

**Вторая глава** посвящена описанию разработанной автором диссертации методики лазерного формирования ГКР-активных наноструктур и экспериментальной установки, позволяющей осуществлять практическую реализацию этой методики. Приведен список и



краткие технические характеристики оборудования, используемого для исследования физико-химических свойств полученных гибридных наноструктур.

**Третья глава** посвящена подробному описанию экспериментальной работы по лазерному формированию гибридных наноструктурированных материалов и исследованию их свойств, в том числе оптических, от параметров лазерного излучения, используемого при формировании наноструктур. Детально анализируются экспериментальные результаты, на основе которых строится правдоподобная модель формируемых наноструктур.

**Четвертая глава** содержит углубленный экспериментальный анализ явления гигантского комбинационного рассеяния света при взаимодействии лазерного излучения с полученными в работе гибридными наноструктурированными материалами. Автор обоснованно применяет модель Максвелла-Гарнетта для моделирования спектров оптического поглощения наноструктур.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

В целом диссертационная работа Поволоцкой А.В. представляет собой глубокое научное исследование, в котором установлены закономерности лазерного получения гибридных гетерометаллических наночастиц и влияния их состава и структуры на эффект гигантского усиления комбинационного рассеяния света. Диссертация способствует развитию современных методик гигантского комбинационного рассеяния света в системах со сложными молекулярными структурами сверхмалой концентрации. Помимо уже отмеченных научных достижений, автором также решен ряд практически важных задач, которые могут в дальнейшем найти свое широкое использование. В частности, предложен одностадийный метод формирования гибридных углеродно-металлических наноструктур. Элегантные методики, развиваемые в диссертации, безусловно, могут найти свое место в задачах обнаружения и анализа следовых количеств веществ.

Необходимо отметить, что все представленные в диссертационной работе данные были широко опубликованы в рецензируемых отечественных и зарубежных научных журналах (6 статей по материалам диссертаций в рецензируемых журналах), и неоднократно докладывались на ведущих международных конференциях, пройдя тем самым серьезную научную экспертизу. Автор имеет один патент по теме исследования.

Несмотря на высокий уровень представленного в диссертации материала, хотелось бы отметить несколько замечаний.

1. Представляется логичным, хотя бы на качественном уровне, более четко исследовать роль лазерного излучения (когерентность и малая расходимость) в процессе формирования наночастиц. Такие знания могли бы лечь в основу



описания фундаментального механизма лазерного формирования гибридных наноструктурированных материалов на основе благородных металлов.

- Исходя из представленных в работе результатов, нельзя определить, выбор каких параметров является критичным для методики лазерного формирования гибридных наноструктур: параметры лазерного излучения, физическая система, на которую осуществляется воздействие лазером или характеристики подложки. Если важны все перечисленные параметры, следовало бы более систематизированно указать это в работе с подробным описанием каждого из них.

Отмеченные недостатки носят непринципиальный характер и не снижают общей положительной оценки представленной работы.

В результате проведенных А.В.Поволоцкой исследований разработаны значимые и частично уже востребованные экспериментальные и теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать, как новое научное достижение.

Основные положения и выводы рекомендуется использовать в исследованиях, проводимых в Санкт-Петербургском государственном университете, в МИФИ, МГУ им. Ломоносова, ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, Нижегородском государственном университете.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Работа представлена и обсуждена на научном семинаре Международного учебно-научного лазерного центра Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова" 30 мая 2014 года.

Директор Международного учебно-научного  
лазерного центра МГУ имени М.В. Ломоносова  
профессор, доктор физ.-мат. наук



В.А. Макаров

Старший научный сотрудник  
МЛЦ МГУ имени М.В. Ломоносова  
кандидат физ.-мат. наук

Д.А. Сидоров-Бирюков