

## ОТЗЫВ

научного руководителя д.ф.-м.н., доцента Голованя Леонида Анатольевича на диссертационную работу Соколовской Ольги Игоревны «Влияние упругого рассеяния света на эффективность поглощения и комбинационного рассеяния света в средах с неоднородностями субмикронного размера», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика

Создание новых оптических сред с заданными свойствами представляет собой магистральное направление современной фотоники. Один из способов формировать такие объекты состоит во внедрении в оптически однородную среду частиц, рассеивающих излучение. Многократное рассеяние света в такой случайно-неоднородной среде может приводить к росту плотности мощности излучения в объеме среды по сравнению с мощностью излучения в среде в отсутствие рассеивателей. Поэтому при внедрении в исследуемые среды светорассеивающих неоднородностей можно ожидать усиления эффективности спонтанных оптических процессов, таких как поглощение, люминесценция и комбинационное рассеяние света. Благодаря вышеуказанному эффекту возможно ожидать роста информативности ряда оптических методов исследования неоднородных сред, в частности комбинационного рассеяния света, и развития оптических методов биомедицины, включающих как неинвазивную диагностику, так и терапевтическое воздействие на биоткань.

Диссертационная работа О.И. Соколовской посвящена исследованию влияния упругого рассеяния света в средах со случайными неоднородностями на эффективность поглощения и комбинационного рассеяния света в таких средах. Задачами данной работы являются оценки условий, при которых рассеяние света на внедренных в среду микрочастицах приведет к заметному увеличению эффективностей процессов поглощения и комбинационного рассеяния света. Необходимо определить конфигурации излучения и рассеивающих сред, позволяющих осуществить избирательную фотогипертермию подкожных опухолей с использованием биодegradируемых наночастиц кремния и сформировать максимальное количество кремниевых наночастиц в процессе лазерной фрагментации суспензии кремниевого микропорошка; позволяющие увеличить сигнала комбинационного рассеяния света за счет внедрения в исследуемую среду прозрачных микрочастиц. Исследования в области оптики сильнорассеивающих сред активно проводятся в настоящее время по всему миру, и тем не менее, задачи настоящей работы являются новыми и оригинальными. Данное исследование имеет как фундаментальное, так и прикладное значение, что обуславливает его актуальность.

Диссертационная работа О.И. Соколовской выполнена на кафедре общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ. В ходе выполнения работы О.И. Соколовская продемонстрировала свою высокую квалификацию как в части проведения эксперимента, так и при проведении численного моделирования различных оптических процессов, обусловленных рассеянием света в неоднородных средах. Следует отметить ее трудолюбие, добросовестность, ответственность, самостоятельность в работе и критическое отношение к полученным результатам. Она является квалифицированным специалистом, имеющим хорошую теоретическую подготовку и активно использующим в своей работе современные методы численного моделирования физических процессов, и вместе с тем уверенно владеющим современными экспериментальными методиками и компьютерными методами обработки их результатов.

В диссертации О.И. Соколовской рассмотрены такие практически значимые сильнорассеивающие среды с контролируемой объемной долей рассеивателей, как биоткани с внедренными наночастицами и суспензии субмикронных частиц в жидкостях. Численное моделирование процесса фотогипертермии подкожной опухоли показало, что упругое рассеяние света на внедренных в опухоль наночастицах кремния приводит к избирательности поглощения света в области опухоли; определены концентрации кремниевых наночастиц, для которых возможен прогрев опухоли до температур выше 42°C без существенного перегрева здоровой ткани. Моделирование процесса фрагментации суспензии кремниевого микропорошка пикосекундными импульсами свидетельствует о достижении частицами кремния температур плавления и кипения,

т.е. о термическом процессе формирования кремниевых наночастиц, и о немонотонной зависимости массы частиц, испытывающих фазовые переходы, от концентрации микрочастиц в суспензии. Исследовано влияние упругого рассеяния света на динамику отраженного излучения и величину сигнала комбинационного рассеяния света. Эта часть работы требовала проведения как экспериментов, так и численного моделирования, результаты которых демонстрировали хорошее согласие между собой. Показано, что время жизни излучения в суспензии заметно возрастает вследствие упругого рассеяния света. Продемонстрирована немонотонная зависимость сигнала комбинационного рассеяния от концентрации субмикронных рассеивателей и обнаружены пределы увеличения эффективности комбинационного рассеяния света в условиях упругого рассеяния света. Величина максимального усиления сигнала комбинационного рассеяния света от среды при внедрении в нее оптических неоднородностей зависит от геометрии оптической системы, используемой для сбора сигнала.

Полученные в диссертационной работе результаты обладают безусловной новизной, были представлены на российских и международных конференциях, опубликованы в журналах «Квантовая электроника» и «Photonics». Полученные результаты следует рассматривать как важный вклад автора в понимание того влияния, которое упругое рассеяние света оказывает на процессы его поглощения и комбинационного рассеяния. Следует подчеркнуть определяющий личный вклад автора как в получении экспериментальных результатов, так и в численном моделировании процессов фотогипертермии опухоли с внедренными кремниевыми наночастицами, фрагментации суспензии микропорошка кремния, распространения излучения в суспензиях субмикронных частиц и комбинационного рассеяния света в них. Диссертация оформлена надлежащим образом, автореферат полностью отражает её содержание.

Считаю, что диссертационная работа О.И. Соколовской «Влияние упругого рассеяния света на эффективность поглощения и комбинационного рассеяния света в средах с неоднородностями субмикронного размера» выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченное научное исследование, полностью соответствует специальности 1.3.6. «Оптика» и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Рекомендую диссертационную работу «Влияние упругого рассеяния света на эффективность поглощения и комбинационного рассеяния света в средах с неоднородностями субмикронного размера» Соколовской Ольги Игоревны к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. «Оптика».

Научный руководитель:  
профессор кафедры общей физики и  
молекулярной электроники физического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова  
доктор физико-математических наук, доцент

Л.А. Головань

Дата составления отзыва: 1 марта 2024 года

Адрес и контактные данные:  
119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2  
Телефон: +7 (495) 939-46-57  
E-mail: golovan@physics.msu.ru

Подпись Голованя Леонида Анатольевича УДОСТОВЕРЯЮ:

Учёный секретарь учёного совета  
физического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова  
доктор физико-математических наук, доцент

С.Ю. Стремоухов