

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Проценко Дмитрия Юрьевича «Нелинейно-оптические свойства новых нанокompозитных материалов на основе биосиликатов и полимеров», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «лазерная физика».

Актуальность темы

Прорывные достижения в прикладной науке обуславливаются постоянным совершенствованием методов и приборов, что автоматически приводит к необходимости поиска путей повышения их эффективности. В области нелинейной оптики одним из вариантов возможного решения является создание новых сред на основе органико-неорганического матрикса с возможностью их допирования различными наночастицами, квантовыми точками и другими добавками, что в итоге существенно влияет на нелинейно-оптические характеристики синтезированной среды. Данные материалы могут представлять интерес для различных задач фотоники, в частности, в качестве благоприятной среды для генерации суперконтинуума. В диссертационной работе представлены исследования нелинейно-оптических свойств новых материалов на основе биосиликатов и полимеров с перспективой их использования в качестве генераторов белого света и изучение влияния различных допирующих компонент на результирующие свойства прошедшего излучения фемтосекундной длительности. Таким образом, тема диссертационной работы соискателя **является актуальной**.

Анализ содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы, содержащего 194 библиографических ссылок. Общий объем диссертации составляет 128 страниц. В работе содержится 59 рисунков.

Во введении дано обоснование актуальности темы диссертации и формулируется научная новизна.

В первой главе на основе анализа литературных источников представлены основные области практического применения явлений филаментации и генерации суперконтинуума. Рассматриваются преимущества использования оптически прозрачных конденсированных сред для генерации суперконтинуума по сравнению с оптическими

волоконными. Продемонстрированы пути увеличения нелинейных характеристик на примере допирования материалов наночастицами и квантовыми точками. Представлена концепция новых сред с возможностью допирования различными компонентами, в последствии выступающими объектом исследования данной диссертационной работы.

Во второй главе дается рассмотрение основных этапов синтеза по методу золь-гель химии. Приведены структурные особенности материалов на основе прекурсора тетраактосиликата THEOS с добавлением природных полисахаридов, макромолекул гиперразветвленных полиглицидолов НВР, наночастиц золота, квантовых точек (КТ) CdS, а так же материалов на основе полиметилметакрилата, допированного соединениями β -дикетонатов дифторида бора

Третья глава посвящена изучению особенностей взаимодействия ультракоротких лазерных импульсов с исследуемыми материалами. Дано описание фемтосекундного комплекса, используемого в качестве источника лазерного излучения. Рассмотрены критерии селекции образцов для дальнейших исследований. Исследованы пороговые интенсивности филаментации, используя которые была дана предварительная оценка значений нелинейного показателя преломления материалов с помощью полуэмпирической формулы Марбургера. Исследованы спектральные характеристики излучения суперконтинуума, согласно которым при добавлении наночастиц золота наблюдается различный характер генерации суперконтинуума в зависимости от присутствия в структуре THEOS типа полисахарида или макромолекул полиглицидолов НВР. Представлены результаты исследований конической эмиссии суперконтинуума в исследуемых образцах, а так же эффективность преобразования исходного излучения лазера ультракоротких импульсов (УКИ) на длине волны 800 нм с длительностью импульса 45 фс в спектр суперконтинуума в области 420-700 нм. В случае с образцами с наночастицами золота и CdS показано наличие пороговых уровней энергии падающего излучения, превышение которых приводило к изменению характера результирующего взаимодействия УКИ с данными материалами, что выражалось в повышении порога филаментации и снижении эффективности преобразования исходного излучения в суперконтинуум. Для образца с наночастицами золота порог модификации составил 450 ГВт/см^2 , для образца с КТ CdS - 530 ГВт/см^2 . Было установлено, что образец полиметилметакрилата, допированный соединениями β -дикетонатов дифторида бора, не является благоприятной средой для генерации широкополосного излучения суперконтинуума под воздействием лазерными импульсами длительностью 45 фс на длине волны 800 нм. В данном материале наблюдалась безыонизационная филаментация

при интенсивности падающего излучения в диапазоне от 0.2 до 70 ГВт/см². В случае превышения значения выше 50 ГВт/см² происходила модификация коэффициента пропускания материала.

В четвертой главе рассмотрен разработанный автоматизированный экспериментальный комплекс для определения нелинейно-оптических коэффициентов, дано теоретическое описание метода z-scan и представлены результаты полученных нелинейно-оптических коэффициентов. Согласно полученным результатам нелинейный показатель преломления образца чистого THEOS почти на 30% выше, чем у плавленого кварца. Добавление в структуру чистого ортосиликата природного полисахарида гиалуроната Na приводит к увеличению значения нелинейного показателя преломления более чем в 2 раза при концентрации гиалуроната Na 0,125% и более чем в 2.5 раза при концентрации 1%. Наличие в составе THEOS макромолекул НВР вызывает увеличение n_2 на 17%. Наличие наночастиц золота концентрацией $46 \times 10^{-5}\%$ в композиции THEOS+НВР приводит к более чем четырёхкратному увеличению нелинейного показателя преломления. Дальнейшее повышение концентрации наночастиц сопровождается снижением значения n_2 .

В заключение диссертации перечислены основные результаты, полученные автором.

Научная новизна

Проведено экспериментальное исследование новых материалов на основе биосиликатов и полимеров с использованием различных лазерных методик. Установлено влияние различных добавок и вариантов композиций на энергетические параметры филаментации, нелинейно-оптические характеристики, генерацию спектров суперконтинуума и коническую эмиссию. В образце допированного полиметилметакрилата в диапазоне от 0.2 до 70 ГВт/см² зафиксирована безыонизационная филаментация, сопровождаемая эффективной двухфотонной люминесценцией.

Практическая значимость

Исследованные материалы на основе водорастворимого прекурсора тетрааксид ортосиликата (THEOS) с добавлением различных органо-неорганических компонент под воздействием лазерных УКИ продемонстрировали возможность стабильной низкопороговой филаментации, сопровождаемой эффективным свечением широкополосного излучения суперконтинуума в диапазоне 420-700 нм. Данное

обстоятельство позволяет говорить о возможности использования данных материалов для производства высокоэффективных монолитных генераторов белого света. Наличие яркого свечения двухфотонной люминесценции и возможность модификации линейного показателя преломления в образцах на основе полиметилметакрилата, содержащего в своем составе соединения β -дикетонатов дифторида бора, дает возможность для их применения в качестве нелинейных преобразователей лазерного излучения и в фоторегистрирующих устройствах.

Замечания по диссертации

Среди недостатков данной работы можно отметить следующие замечания:

1. Тема диссертации заявлена очень широко, в то время как содержание охватывает лишь достаточно узкий класс материалов.
2. Имеются некоторые неточности и небрежность в оформлении, например на стр. 57 описаны «...области поглощения в диапазоне 800 нм...», однако из рис. 27,а следует, что поглощение лежит в районе 520 нм.
3. В параграфе 3.7 описан процесс кратковременной генерации суперконтинуума, а затем его исчезновение, однако не объяснено, почему со временем филаменты остаются, а излучение суперконтинуума прекращается.
4. На рис. 39 и 40 приведены зависимости коэффициентов преобразования исходного излучения в излучение суперконтинуума (стр. 72), однако в диапазоне длин волн 100-400 нм его не должно быть, так как излучение данного диапазона поглощается светофильтрами (рис. 15, стр. 45).
5. В работе имеется большой ряд стилистических неточностей и ошибок. Например: «Существенным преимуществом применения **в качестве объекта воздействия** на исследуемые материалы **лазерных импульсов...**» (стр. 37). Импульсы не являются объектом воздействия. Другие примеры: «**уникальные свойства** данного **явления находят широкое применение** (с. 11)», «**...бурные исследования в изучении** данного феномена.» (стр. 12), «**...вышеизложенный фемтосекундный лазерный комплекс**» (стр. 40), «было реализовано ряд работ» (стр. 75).

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы. Работа прошла достаточную апробацию на конференциях различного уровня. Достоверность результатов определяется современными способами обработки экспериментов, использованием современных общепринятых физических

подходов и согласованностью результатов автора с работами других исследователей. Диссертация является самостоятельным законченным исследованием, полученные результаты обладают научной и практической значимостью. Автореферат полностью отражает результаты диссертации.

Диссертация «Нелинейно-оптические свойства новых нанокompозитных материалов на основе биосиликатов и полимеров» соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям по специальности 01.04.21 – «лазерная физика». Поэтому соискатель Проценко Дмитрий Юрьевич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Доктор физико-математических наук,
проректор по учебной работе,
профессор кафедры «Физика и теоретическая механика»
Дальневосточного государственного
университета путей сообщения



В.В. Криштоп



Подпись Криштопа В.В. заверяю.
Начальник Отдела кадров Рудников
Рудников С.В.