

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института
автоматики и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской

академии наук,

академик РАН

 Ю.Н. Кульчин

25 апреля 2015 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Харенкова Владимира Александровича «Пороговые и спектральные характеристики генерации в красителе РБЖ с агломератами наночастиц Ag, Al, Al₂O₃, TiO₂», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

01.04.21 – лазерная физика

Актуальность темы диссертационной работы

Тема диссертационной работы Харенкова В.А. связана с одним из интенсивно развивающихся направлений современной физики, а именно с фотоникой и нанооптикой. Актуальность этой темы связана как с решением новых задач фундаментальной физики, так и с решением сугубо практических задач оптоэлектроники, лазерной физики, созданием высокоэффективных активных лазерных элементов. В своей работе Харенков В.А. решает задачу повышения эффективности безрезонаторной лазерной генерации в дисперсных активных средах на базе лазерных красителей путем использования агломерированных наночастиц различных материалов. Закономерности

развития безрезонаторной генерации в таких средах тесно связаны с процессами спонтанного и вынужденного излучения, упругого рассеяния, поглощения вторичного излучения наночастицами и молекулами красителя, трансформацией излучающих свойств молекул вблизи наночастиц, нелинейными процессами, вызванными нагревом наночастиц излучением накачки и т.д. Поэтому весьма важным является установление количественных связей между параметрами нанодисперсной активной среды и характеристиками вынужденного излучения, проведение экспериментального сравнения характеристик генерации в активных средах с агрегированными наночастицами различных материалов.

Исходя из сказанного, цель исследований, заявленная в работе, а именно: установление закономерностей развития генерации в лазерном красителе, допированном агрегатами плазмонно-резонансных наночастиц Ag и неплазмонно-резонансных наночастиц Al, TiO₂, Al₂O₃, является несомненно актуальной.

Содержание диссертации.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитируемой литературы, содержащего 124 библиографических ссылок. Общий объем диссертации составляет 123 страницы. Работа содержит 73 рисунка и 3 таблицы.

Первая глава полностью посвящена обзору работ по безрезонаторной генерации в активных средах на основе растворов и пленок с красителем, допированных наночастицами. Дана качественная модель формирования положительной обратной связи за счет многократного рассеяния вторичного излучения в этих средах. Во второй части главы 1 рассматриваются механизмы усиления локального поля вблизи поверхности с большой кривизной, механизм локализованных поверхностных плазмонов, формирования резонансных и нерезонансных полей в зависимости от формы и размера наночастиц. В выводах к главе 1 сформулированы нерешенные или не достаточно

проработанные вопросы, касающиеся безрезонаторной генерации. Из выводов, сделанных на основании анализа представленных в обзоре работ, сформулированы цель и задачи диссертации.

Во второй главе представлена теоретическая модель развития генерации в растворах красителя с наночастицами с учетом эффекта Парселла. Показано, что чем больше пространственная дисперсия фактора Парселла, тем меньше величина пороговой энергии генерации. Также показано, что положение спектра генерации относительно спектра спонтанной люминесценции будет определяться соотношением усиления и потерь в активной среде.

Во второй части главы 2 дается анализ используемых в работе одиночных наночастиц Ag и агломерированных наночастиц металлов Ag, Al, Zn, Ni и диэлектрических наночастиц TiO₂, Al₂O₃, описываются спектры экстинкции и пропускания спиртовых взвесей этих агломератов, морфология и распределения по размерам. На основании проведенных исследований обосновывается выбор агломератов наночастиц металлов и диэлектриков для использования в качестве наполнителей для дисперсных активных сред. Выбранные агломераты наночастиц Ag, Al, Al₂O₃ обладали схожими морфологией, пропусканием их взвесей на длинах волн накачки (532 нм), поглощения и люминесценции красителя родамина 6Ж (530 нм и 560 нм). Существенным отличием было то, что спектр поглощения агломератов Ag частично перекрывался со спектром излучения накачки, следовательно, агломераты Ag могли рассматриваться как плазмонно-резонансные частицы.

Третья глава посвящена описанию основных экспериментальных исследований пороговых и спектральных характеристик генерации в лазерном красителе с наночастицами, по результатам которых были сформулированы защищаемые положения и основные результаты работы.

Научная новизна и достоверность полученных результатов.

Можно отметить следующие научные результаты диссертации, которые представляются новыми:

1. Установлено, что существует такая концентрация агломерированных и одиночных наночастиц Ag, при которой пороги генерации в растворах РБЖ одинаковы при длине волны излучения накачки 532 нм.

2. Установлено, что агломерированные наночастицы Al понижают пороги лазерной генерации в растворах РБЖ на такую же величину, как и агломераты наночастиц Ag при одинаковых концентрациях и длине волны излучения накачки 532 нм, несмотря на отсутствие у агломератов наночастиц Al поглощения в видимой области спектра.

3. Показано, что эффективность генерации в растворах РБЖ с агломератами наночастиц металлов Ag, Al выше, чем при использовании агломератов наночастиц диэлектриков TiO₂, Al₂O₃ при одинаковой морфологии и одинаковом пропускании их взвесей.

4. Установлено, что максимум спектра генерации в слое раствора РБЖ толщиной 20 мкм смещается в коротковолновую область с ростом концентрации агломератов наночастиц Ag, Al, TiO₂, Al₂O₃ от 0,002 % до 10 % объемной доли с одинаковой динамикой.

5. Установлено, что внедрение агломерированных наночастиц Ag в раствор РБЖ приводит к расширению диапазона интенсивности накачки, в котором тепловые процессы не оказывают существенного влияния на генерацию в растворе РБЖ.

Обоснованность и достоверность результатов обеспечиваются детально проработанной методикой экспериментов, использованием современных экспериментальных методов исследования проведением ряда контрольных измерений, повторяемостью результатов, сравнением результатов работ автора с известными теоретическими и экспериментальными работами.

Практическая значимость работы.

Показано, что агломераты наночастиц серебра и алюминия в широком диапазоне концентраций приводят к одинаковому понижению порогов генерации более чем на два порядка относительно активной среды без

наночастиц. Этот результат получен впервые и является важным шагом на пути создания высокоэффективных активных сред для создания низкопороговых лазерных микроизлучателей, конверторов частоты и высокочувствительных датчиков широкого диапазона оптического излучения. Кроме того, это дает возможность заменять наночастицы серебра на более дешевые наночастицы алюминия, например, при изготовлении покрытий, повышающих эффективность работы солнечных батарей.

Результаты проведенных исследований достаточно полно отражены в 20 публикаций, из них 3 статьи в российских рецензируемых журналах, включенных в Перечень ВАК, 1 монография (в соавторстве), 1 статья в зарубежном научном журнале, 6 статей в российских научных журналах, 9 публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций и симпозиумов.

Рекомендации по использованию результатов диссертации.

Результаты, полученные в диссертации, могут быть рекомендованы для использования в организациях выполняющих исследования в области нанофотоники, лазерной физики, оптики наноразмерных структур: Институт электрофизики УрО РАН (г. Екатеринбург), Институт вычислительного моделирования СО РАН (г. Красноярск), Институт физики СО РАН (г. Красноярск), Физический Институт РАН (г. Москва), Институт лазерной физики СО РАН (г. Новосибирск), Институт автоматики и электрометрии СО РАН (г. Новосибирск), Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН (г. Владивосток) и др.

Рекомендуется использование результатов диссертации в учебном процессе вузов, осуществляющих подготовку специалистов в области оптики и лазерной физики: Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток), Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Московский государственный университет,

Санкт-Петербургский национальный исследовательский государственный университет и др.

Замечания по работе.

По содержанию замечаний мало, работа написана грамотно. В то же время ряд замечаний необходимо отметить.

1. Концентрация наночастиц дана в объемных долях. Это не дает возможность произвести сравнение с результатами других авторов, у которых концентрация приводится в количестве частиц на см³.

2. Не все экспериментальные графики диссертации содержат информацию о величине погрешности полученных экспериментальных данных.

3. На стр. 66 рисунок 2.10 имеет название «Спектры поглощения...», но по оси ординат указано – «ослабление».

4. В работе желательно было бы привести полученные плотности мощности генерированного излучения или хотя бы их оценки.

Заключение.

Отмеченные недостатки не являются принципиальными и не подвергают сомнению основные результаты и положения, выносимые на защиту. Автореферат правильно отражает основные результаты диссертации, тема которой соответствует научной специальности.

Диссертационная работа Харенкова Владимира Александровича «Пороговые и спектральные характеристики генерации в красителе Р6Ж с агломератами наночастиц Ag, Al, Al₂O₃, TiO₂», является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной задачи имеющей существенное значение для развития лазерной физики, оптики наноструктур и удовлетворяет требованиям п. 9, п. 10, изложенным в Постановлении о порядке присуждения ученых степеней № 842, утвержденным Правительством РФ от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Харенков Владимир

Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Отзыв заслушан и утвержден на семинаре отдела оптоэлектронных методов исследования газообразных и конденсированных сред Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук (протокол №8 от 7 апреля 2016).

в.н.с. лаборатории лазерных методов
исследования вещества ИАПУ ДВО РАН,

д.т.н.

8(423)2310911

mayor@iacp.dvo.ru



А.Ю. Майор

Секретарь семинара отдела
оптоэлектронных методов исследования
газообразных и конденсированных сред
ИАПУ ДВО РАН, к.ф.-м.н.



С.О. Гурбатов

690041, г. Владивосток, улица Радио, дом 5
Телефон / факс: +7 (423) 231-04-39 / +7 (423) 231-04-52
Адрес электронной почты: director@iacp.dvo.ru
Официальный сайт: <http://www.iacp.dvo.ru/>