

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Солодовой Татьяны Александровны «Создание твердотельных активных сред лазеров на основе органических и гибридных полимеров», представленную на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 01.04.05 – Оптика.

Диссертационная работа Т.А. Солодовой посвящена исследованию возможностей создания твердотельных активных сред перестраиваемых лазеров на основе органических и гибридных полимеров. Несмотря на большой интерес к активным средам на основе органических материалов, в этой области до сих пор существует целый ряд проблем. Действительно, перестраиваемые жидкостные лазеры на основе органических соединений были созданы практически полвека назад. В пределах полос генерации стало возможным перестраивать длину волны их излучения в пределах до 100 нм и получать узкополосное излучение с шириной линии в тысячные доли нанометра. Однако в подобных лазерах активной средой являются растворы органических молекул, как правило, в органических растворителях, которые токсичны и пожароопасны. В итоге, такие лазеры громоздки и сложны в обслуживании, они требуют особых помещений. Все это обосновывает усилия по созданию твердотельных активных сред на основе органических соединений.

Таким образом, тема диссертационной работы Т.А. Солодовой представляется, безусловно, актуальной.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы, перечислены методы исследования, выделены научная новизна и практическая ценность, определены основные положения, выносимые на защиту. Приводятся сведения об оценке достоверности полученных данных, апробации работы, личном вкладе автора и результатах внедрения.

Первая глава представляет собой обзор литературы и посвящена анализу результатов, полученных к моменту начала исследований в области создания гибридных полимерных материалов для активных сред лазеров на основе органических соединений. На основе проведенного анализа делается вывод об актуальности исследования и определяется круг композитов, подлежащих исследованию.

Вторая глава диссертации посвящена обсуждению возможных методов создания гибридных органических полимеров, перспективных с точки зрения использования в качестве активных сред перестраиваемых твердотельных лазеров.

В подразделе 2.1 автором обосновывается выбор трех типов объектов исследования. Это родамин 6Ж, пиррометен РМ 567, хромен-3 и хромен-13 (последние являются производными кумарина). Выбор основывается на

возможных длинах волн излучения, величине квантового выхода флюоресценции, возможном ресурсе работы материалов при лазерной генерации, возможностью использования получаемого лазерного излучения в медицинских приложениях.

В подразделе 2.2 обсуждаются вопросы синтеза полимерных материалов, являющихся объектами исследования. Детально и последовательно описаны технологические операции, используемые для подготовки реактивов и органических полимерных материалов разного состава.

В подразделе 2.3 изложены особенности технологии механической обработки твердотельных активных элементов на основе синтезированных полимерных композитов.

В третьей главе диссертации изложены результаты исследования закономерностей изменения синтезированных твердотельных активных сред в зависимости от их состава и методов получения.

В подразделе 3.1 представлена информация об исследовании лучевой стойкости базовых матриц получаемых полимерных композитных образцов. Описана схема экспериментальной установки. Исследования выполнены для излучения с длиной волны 532 нм, в диапазоне энергий импульса 0,9 – 24 мДж, при длительности импульсов 15 нс. Приведены данные по плотности мощности излучения, соответствующей пробой матрицы в режиме одиночных импульсов, а также по плотности мощности излучения, при которой оптические характеристики среды не деградировали при воздействии 100 импульсов. Показано, что порог разрушения матриц составляет 13 – 20 Дж/см² при одноимпульсном воздействии. Отмечено, что эта величина достаточна, поскольку в рабочем режиме интенсивность возбуждающего излучения не превышает 1 Дж/см².

В подразделе 3.2 описан экспериментальный стенд для исследования спектральных и генерационных характеристик созданных материалов и активных полимерных элементов. Перечислены условия экспериментов, такие как энергия, длительность и частота следования импульсов излучения YAG:Nd³⁺ лазера, плотности мощности излучения. По результатам измерений определены коэффициенты полезного действия и спектральные характеристики полученных материалов.

В подразделе 3.3 обсуждаются генерационные характеристики твердотельных активных сред на базе гибридных полимеров, полученных методом *In situ*. Показано, что диапазон излучения активных сред с люминофором родамином 6Ж составляет от 578 до 595 нм. Сделан вывод о необходимости обеспечения оптимальной композиции лазерного красителя и состава полимерной матрицы для достижения высоких эффективности преобразования и ресурса работы твердотельных активных сред. Выявлено влияние времени синтеза и концентрации инициатора реакции полимеризации на характеристики лазерных сред на основе того же самого красителя. Указано,

что оптимизация условий синтеза лазерных материалов требуют изучения их структуры.

В подразделе 3.4 обсуждаются результаты исследования твердотельных активных лазерных сред на основе гибридных полимеров. Отмечается, что модификация известного метода получения таких полимеров позволила получить более высокие характеристики лазерного излучения, например РМ 567 в чистом ПММА. Выявлено также, что при повышенном значении POSS в полимере могут появляться неоднородности. Установлено, что при оптимальных условиях ресурс работы и эффективность излучения твердотельных активных сред не уступают раствору.

В подразделе 3.5 описаны генерационные характеристики полимерных активных сред, легированных Хроменом 3 и Хроменом 13. Отмечается высокая фотостабильность твердотельных активных сред, легированных хроменами.

В подразделе 3.6 исследуется возможность создания фотовозбуждаемого тонкопленочного лазера на основе органических соединений. Генерационные и спектральные люминесцентные характеристики изучались как в растворах, так и в пленках, при возбуждении материалов излучением второй и третьей гармоник YAG:Nd^{3+} твердотельного лазера. Показана перспективность тонкопленочных полимерных элементов для создания на их основе лазеров с фотовозбуждением.

В заключении диссертации перечислены основные полученные результаты.

Список литературы содержит 135 пунктов, что вполне достаточно для имеющегося объема работы в 109 страниц.

Научная новизна диссертации заключается в том, что в ней:

- в твердотельной активной среде, содержащей 13% POSS и допированной пиррометеном РМ 567, впервые получена генерация с эффективностью преобразования 85%;
- впервые получена генерация в твердотельной матрице допированной Хроменом-3 или Хроменом-13 (производных кумарина); показано, что созданные твердотельные активные среды излучают в диапазоне 600–610 нм, востребованном в фотодинамической терапии;
- получена генерация в растворах и в пленках низко- и высокомолекулярных органических полупроводниковых соединений при фотовозбуждении.

Практическая значимость результатов диссертации заключается в том, что в ней предложен и отработан метод создания объемных активных образцов для лазеров на основе гибридных полимеров, допированных лазерными красителями с высокой эффективностью преобразования (родамин 6Ж - 42%, пиррометен 567 - 85%, Хромен-3 - 40%) и ресурсом работы ($\geq 10^5$ импульсов в одну область).

Выдвигаемые автором положения и выводы научно обоснованы.

Достоверность полученных результатов подтверждается воспроизводимостью результатов синтеза и физико-химических исследований полученных полимерных матриц (с использованием рентгеноструктурного анализа, ИК-Фурье спектроскопии, термогравиметрического анализа), а также согласованностью полученных в работе данных с данными, полученными ранее другими авторами. В ее пользу говорит также факт генерации лазерного излучения (при многократных экспериментах) в созданных в рамках исследования твердотельных активных средах на основе полимерных материалов.

Материал диссертации, в целом, изложен вполне грамотно, с применением устоявшихся терминов и словосочетаний. Тем не менее, считаю необходимым сформулировать следующие замечания и вопросы:

1. В главе 2 (подраздел 2.2) при описании процесса синтеза гибридных полимеров (часть «Подготовка реактивов») перечисляются параметры отдельных стадий процессов без обоснования или хотя бы пояснения их значений (например, «... сита необходимо прокалить ... в течение 5 часов...» - с. 37). Почему в течение 5 часов, а не 7, например?
2. В подразделе 3.2 при описании экспериментального стенда не поясняется назначение некоторых элементов. Так, не очень понятна роль цилиндрических линз (5) в этом стенде (с. 44).
3. В главе 3 диссертационной работы (подраздел 3.6) обсуждаются результаты исследования возможности создания фотовозбуждаемого тонкопленочного лазера на основе органических полимеров. Однако в тексте диссертации не приводится схема экспериментов, отсутствуют какая-либо информация о методике ввода излучения накачки в пленки, о методиках измерения характеристик люминесценции или лазерного излучения. Все это не дает возможности достоверно оценить потенциал тонкопленочной конфигурации полимерных твердотельных активных сред.
4. В разделе «Внедрение результатов диссертации» в автореферате и диссертации указаны проекты РФФИ, выполненные в период, предшествующий времени публикации результатов диссертации (проекты 01-02-16901-а, 05-02-98005-р_обь_а).
5. Текст диссертации содержит ряд опечаток и терминологических неточностей (например, что означает термин «...плотности мощности энергии...»? - с. 44). Не везде дается расшифровка аббревиатур при их первом использовании (например, с. 36 – АИБН, НИОПИК). Не всегда удачно сформатированы рисунки (на рис. 3.26 интенсивность импульсов генерации и накачки имеет отрицательные значения; на рис. 3.5 ось ординат соответствует «плотности», но что это такое – пояснения нет). Имеются мелкие опечатки и неудачно сформулированные предложения.

Несмотря на отмеченные замечания, в целом работа производит благоприятное впечатление. Материалы, представленные в диссертации, опубликованы в изданиях, отвечающих требованиям ВАК, и обсуждались на Международных и Всероссийских научных конференциях. Автореферат правильно отражает содержание текста работы. Тема диссертации и ее содержание соответствуют специальности 01.04.05 – Оптика.

Считаю, что диссертационная работа Т.А. Солодовой является законченным исследованием, подтверждает личный вклад соискателя в развитие лазерной физики, удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико – математических наук.

Доктор физ.-мат. наук, профессор,
Профессор кафедры Сверхвысокочастотной
и квантовой радиотехники
Томского государственного университета
систем управления и радиоэлектроники

Шандаров Владимир Михайлович

Подпись сотрудника ТУСУР В.М. Шандарова УДОСТОВЕРЯЮ

Ученый секретарь ТУСУР Л.С. Петрова



19 мая 2015 г.

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Сайт: www.tusur.ru;

E-mail: office@tusur.ru

Тел.: (3822) 51-05-30

Факс: (3822) 51-32-62, 52-63-65