

## ОТЗЫВ

официального оппонента **Харитонов** **Дмитрия Викторовича**  
о диссертационной работе Коломийца Тимофея Юрьевича  
«Прозрачная керамика на основе иттрий-алюминиевого граната состава  
(Y,Nd)<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> и (Y,Nd)<sub>3</sub>ScAl<sub>4</sub>O<sub>12</sub>, полученная карбонатным методом»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.6.14 – «Технология силикатных и тугоплавких  
неметаллических материалов»

### *Актуальность работы*

В настоящее время твердотельные лазеры, в которых в качестве рабочего тела используются монокристаллы и стекла на основе иттрий-алюминиевого граната (ИАГ), широко используются в оптической обработке информации, волоконной оптике, космических и военных технологиях, лазерной химии, спектроскопии, электронных и физических приборах, медицине, металлургии, сверхскоростной фотографии и многих других областях науки, техники и производства.

Существенными недостатками технологии получения монокристаллов являются трудность выращивания бездефектных однородных заготовок больших размеров с упорядоченной кристаллической ориентацией и сложность равномерного введения в матрицу легирующих элементов. Люминесцентные стекла характеризуются относительно невысоким уровнем термомеханических свойств, что также препятствует разработке мощных лазеров на их основе.

Вместе с тем, все более востребованными становятся лазеры с повышенной конечной мощностью, создание которых возможно с применением рабочего тела без недостатков, присущих монокристаллам и стеклам.

В связи с этим, диссертационная работа, направленная на разработку прозрачного поликристаллического материала на основе иттрий-алюминиевого граната с высокими оптическими и термомеханическими свойствами для применения в качестве активной среды твердотельных лазеров является весьма актуальной.

### *Структура и содержание диссертации*

На отзыв представлены диссертация объемом 160 страниц машинописного текста и автореферат на 29 страницах. Диссертация имеет традиционную структуру и содержит введение, литературный обзор, три главы методической и экспериментальной части, выводы, список цитируемой литературы (173 источника) и одно приложение.

**Во введении** диссертант логично и убедительно обосновывает **актуальность работы** и определяет ее главную **цель**, заключающуюся в разработке прозрачной керамики с высокими эксплуатационными характеристиками на основе ИАГ состава (Y,Nd)<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> из карбонатных соединений без использования помола и спекающих добавок.

Автор грамотно и рационально планирует эксперимент и ставит **задачи исследований**, решение которых позволило успешно достичь поставленной цели.

В диссертации изложены основные результаты работы, отличающиеся *научной новизной*, состоящей в разработке физико-химических основ и практических приемов синтеза прозрачного поликристаллического материала из ИАГ карбонатным методом. Полученный материал имеет перспективу использования в качестве рабочего тела твердотельных высокоэнергетических лазеров, высокотемпературных оптических окон и других изделий, что обуславливает *практическую значимость* результатов исследований.

Во введении также представлены положения, выносимые на защиту, сведения об апробации работы на многих Российских и международных научных мероприятиях, информация о 24-х публикациях по теме диссертации, из которых 4 статьи опубликованы в журналах из перечня ВАК, и отражен определяющий личный вклад автора в выполненную работу.

*Литературный обзор* большого числа научных работ по теме диссертации позволяет оценить состояние вопроса в области лазерных технологий и проблем, сдерживающих разработку высокоэффективных лазеров. Особое внимание уделено рассмотрению принципов работы твердотельных лазеров и истории создания рабочего тела из прозрачных материалов. Подробно описаны физико-химические свойства иттрий-алюминиевого граната, широко применяемого в конструкции лазеров, его недостатки, и на основании анализа известных данных предложены технологические способы их преодоления. Всесторонне проанализированы требования к исходным порошкам для получения лазерного материала стехиометрического состава с высоким светопропусканием, и с их учетом сформулирована цель исследования.

Во *второй главе* основной части диссертации, посвященной описанию исходных материалов, методике эксперимента и методам исследования, следует особо отметить предложенную схему синтеза лазерной керамики, которая и обеспечивает получение качественного прозрачного материала из ИАГ.

За основу технологии автором выбран карбонатный метод, основанный на химическом осаждении карбонатных соединений иттрия, алюминия, скандия и неодима из растворов солей азотной и соляной кислот смесью растворов гидрокарбоната и гидроксида аммония. Важно, что этот метод позволяет получать монодисперсные слабоагломерированные нанопорошки, спекающиеся до прозрачности без использования активирующих добавок. Кроме того, для синтезированных таким образом порошков не требуется дополнительного измельчения, что исключает внесение в них примесей, негативно влияющих на оптические свойства керамического материала.

Для изучения комплекса свойств исходных компонентов, порошков и получаемой керамики в работе были использованы современные методы исследования, подтверждающие достоверность результатов.

В *третьей экспериментальной части работы* описаны результаты глубоких исследований влияния основных параметров синтеза на формирование карбонатных прекурсоров ИАГ: $\text{Nd}^{3+}$  и фазовых превращений в процессе их термического разложения с образованием монодисперсных нанопорошков.

Подробно изучены свойства получаемых порошков и с доказательным научным обоснованием представлен механизм их структурирования.

Автором проведена большая работа по исследованию влияния режимов формования и спекания синтезированных порошков на микроструктуру, механические и оптические свойства керамики на их основе, что позволило в конечном результате получить прозрачный поликристаллический материал с высоким светопропусканием – до 79 % и повышенными механическими характеристиками без использования спекающих добавок.

Также стоит отметить значимый результат модификации лазерной керамики ИАГ скандием, обеспечивающий повышение ее прочностных свойств на 40 % по сравнению с образцами без добавления Sc.

На основании анализа проведенных исследований автором сделаны основные **выводы**, которые являются заключительной частью диссертационной работы.

Диссертация Коломийца Т.Ю. выполнена в соответствии с требованиями к структуре и оформлению и отвечает основным положениям ВАК.

### ***Вопросы и замечания по диссертационной работе***

1. Чем обусловлен выбор поливинилпирролидона (ПВП) в качестве поверхностно-активного вещества?

2. Чем объясняется разница в 100 °С между оптимальными температурами спекания порошков, полученных с использованием нитратов и хлоридов алюминия?

3. Было ли проведено определение термостойкости у керамики, модифицированной скандием?

4. Почему введение скандия в материал привело к снижению светопропускания в диапазоне длин волн 300-650 нм, а при больших длинах волн – к его увеличению относительно керамики без добавки скандия?

5. Показатели светопропускания прозрачного материала приводятся с учетом потерь на отражение?

6. Актуальность работы автор обосновывает необходимостью повышения качества рабочего тела лазера, однако в диссертации не дается оценка возможности применения разработанной прозрачной керамики в этом объекте.

7. Каких размеров и форм можно получать образцы и изделия по разработанной технологии?

Вместе с тем, указанные вопросы и замечания не снижают значимости достигнутых результатов и общей положительной оценки диссертационной работы Т.Ю.Коломийца.

### ***Заключение***

Диссертационная работа Т.Ю. Коломийца является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне. Материал грамотно и доказательно изложен с большим количеством иллюстраций в виде таблиц, графиков и фотографий. По каждой главе и работе в целом имеются выводы, которые тщательно выверены и отражают важнейшие результаты исследований. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа полностью соответствует паспорту специальности 2.6.14 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Коломиец Тимофей Юрьевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов».

Заместитель директора научно-производственного комплекса по производственной деятельности – начальник цеха,  
доктор технических наук 2.6.14 (05.17.11)



Д.В.Харитонов

Государственный научный центр Российской Федерации  
АО «ОНПП «Технология» им. А.Г.Ромашина»  
249031, г. Обнинск Калужской области, Киевское шоссе, 15  
E-mail: info@technologiya.ru, факс (484) 396-45-75

*Подпись Д.В. Харитонова заверено*  
*Максимов ОА* *С.Н. Ракова*

