

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

диссертационного совета Д 212.141.17 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» Министерства образования и науки Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 20 мая 2015 г. № 15

О присуждении Попову Павлу Аркадьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Теплопроводность твердотельных оптических материалов на основе неорганических оксидов и фторидов» по специальности 01.04.07 - Физика конденсированного состояния принята к защите 11 февраля 2015 г., протокол № 4, диссертационным советом Д 212.141.17 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» Министерства образования и науки Российской Федерации, 105005, Москва, 2-ая Бауманская, 5, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Попов Павел Аркадьевич 1961 года рождения.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Теплопроводность лазерных кристаллов со структурой граната в интервале температур 6 – 300 К» защитил в 1993 году, в диссертационном совете, созданном на базе Московского педагогического государственного университета имени В.И. Ленина. В настоящее время работает в должности ведущего научного сотрудника в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре экспериментальной и теоретической физики физико-математического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

Рябочкина Полина Анатольевна, доктор физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева», кафедра общей физики института физики и химии, профессор;

Балбашов Анатолий Михайлович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО "Национальный исследовательский университет "МЭИ", кафедра физики электротехнических материалов и компонентов института электротехники, главный научный сотрудник;

Боритко Сергей Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБУН Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН, лаборатория лазерной техники отдела акустооптических информационных систем, заведующий лабораторией

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова Российской академии наук, Москва, в своем положительном заключении, подписанном Волошиным Алексеем Эдуардовичем, доктором физико-математических наук, заместителем директора по научной работе, Волк Татьяной Рафаиловной, доктором физико-математических наук, профессором, зав. лабораторией кристаллооптики, и утвержденном Носиком Валерием Леонидовичем, кандидатом физико-математических наук, заместителем директора по научной работе, указала, что диссертационная работа Попова П.А. удовлетворяет требованиям постановления Правительства Российской Федерации о порядке присуждения ученых степеней от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям, тема диссертации соответствует научным направлениям, рассматриваемым в диссертационном совете Д 212.141.17 на базе ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана». Выявленные Поповым П.А. факторы, определяющие поведение теплопроводности, как и полученные экспериментальные результаты исследования характеристик материалов, целесообразно использовать в организациях, занимающихся разработкой твердотельных материалов оптоэлектроники и оптических устройств.

Соискатель имеет более 100 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 97 работ общим объемом 45,55 печатных листа, опубликованных в рецензируемых научных изданиях 55. По материалам диссертации изданы 2 монографии и получен 1 патент. В них изложен полученный в результате экспериментальных исследований большой объем справочных данных, необходимых при конструировании оптических систем, разработаны способы управления теплопроводностью путем изоморфных замещений, определены принципы подбора лазерных материалов с высокой теплопроводностью для конструирования лазерных систем большой мощности, осуществлена переоценка многих материалов, выявлены кристаллические матрицы с близкими к рекордным значениями теплопроводности, подтверждена перспективность оптической фторидной керамики в качестве лазерного материала, обнаружены материалы с исключительной характеристикой – теплопроводностью, постоянной в широких интервалах температур.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Сирота Н.Н., Попов П.А., Иванов И.А. Теплопроводность и длина свободного пробега фононов в некоторых галлиевых гранатах // Докл. АН СССР. 1991. Т. 317, № 5. С. 1119-1123.

2. Попов П.А., Лугинина А.А., Федоров П.П. Теплопроводность монокристаллов изовалентных твердых растворов $M_{1-x}M'_xF_2$ ($M = Ca, Sr; M'=Mn, Co$) // Неорганические материалы. 2013. Т. 49, № 4. С. 445-448.

3. Попов П.А. Теплопроводность твердотельных оптических материалов на основе неорганических оксидов и фторидов // Материалы нано-, микро-, оптоэлектроники и волоконной оптики: физические свойства и применение: Сборник тру-

дов 13-й Международной научной конференции-школы. Саранск, 2014. С. 105-109.

4. Попов П.А. Теплопроводность оптических оксидных кристаллов. Брянск: Ладомир, 2010. 152 с.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: **Гринчука П.С.** – доктора физико-математических наук, заведующего отделением теплофизики Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси; **Осико В.В.** – академика РАН, руководителя Научного центра лазерных материалов и технологий ФГБУН «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН»; **Чурбанова М.Ф.** – академика РАН, директора ФГБУН «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых РАН»; **Космыны М.Б.** – доктора технических наук, заместителя директора по научной работе Института монокристаллов НАН Украины; **Щеулина А.С.** – доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»; **Втюрина А.Н.** – доктора физико-математических наук, заместителя директора по научной работе ФГБУН «Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН»; **Исаенко Л.И.** – доктора технических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории роста кристаллов ФГБУН «Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН»; **Окишева К.Ю.** – доктора физико-математических наук, профессора кафедры физического металловедения и физики твердого тела ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет); **Жарикова Е.В.** – доктора технических наук, профессора, главного научного сотрудника ФГБУН «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН».

Все отзывы положительные. В качестве замечаний отмечено, что анализ полученных экспериментальных данных в ряде случаев заменяется общими качественными обсуждениями эксперимента, теплопроводность твердых растворов $\text{Ca}_{1-x}\text{Pr}_x\text{F}_{2+x}$ характерна для стеклоподобных материалов, а не кристаллических (Чурбанов М.Ф.). Гринчук П.С. отметил, что в автореферате не приведены методики расчета длины пробега фононов, скорости звука в кристаллах, не приведены феноменологические выражения, полученные для концентрационных зависимостей теплопроводности твердых растворов, не приведена аргументация выводов о несостоятельности некоторых результатов других авторов, не описана метрологическая аттестация приборов. В реферате присутствуют неудачные и слишком общие формулировки (Космына М.Б.). Щеулин А.С. отметил, что в автореферате написано о проявлении существенных причин определенного экспериментально характера анизотропии теплопроводности ванадата гадолия, но эти причины не указаны. Он заметал также, что в тексте автореферата нет информации о влиянии примесей редкоземельных ионов на теплопроводность иттрий-алюминиевого и тербий-галлиевого гранатов и считает необоснованным применение термина «допант» для легирующих примесей. Не лучше ли кристалл DyV_{62} называть не полиборидом диспрозия, а бором, легированным диспрозием, считает Щеулин А.С.

В отзывах сделан вывод о том, что диссертационная работа Попова П.А. удовлетворяет требованиям постановления Правительства Российской Федерации о порядке присуждения учёных степеней от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям.

Выбор официальных оппонентов обоснован тем, что официальные оппоненты являются компетентными учеными в области экспериментальных и теоретических исследований физических характеристик кристаллов, разрабатываемых в качестве лазерных материалов (Рябочкина П.А.), в области технологии синтеза, физической характеристики и применения твердотельных материалов оптоэлектроники (Балбашов А.М., имя которого входит в список «Корпуса экспертов» РФ по естественно-научным дисциплинам, отобранных на основе рекомендаций ученых с высокими индексами цитирования в международных научных журналах) и в области исследования динамических характеристик кристаллических материалов и разработки новых уникальных функциональных устройств оптической, спектральной и лазерной техники (Боритко С.В.). Выбор ведущей организации обоснован тем, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова Российской академии наук широко известен как научный центр, одним из основных направлений деятельности которого является исследование физических свойств кристаллов, поиск кристаллов с ценными свойствами. Институт имеет собственный журнал «Кристаллография» («Crystallography Reports»). Сотрудниками института издается большое количество научных публикаций по тематике, соответствующей рассматриваемой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны способы управления теплопроводностью оптических материалов путем изоморфных замещений;

предложены феноменологические выражения для концентрационных зависимостей теплопроводности изо- и гетеровалентных твердых растворов и кристаллических матриц со структурой граната;

доказана прозрачность тонких межзеренных границ наноструктурированной оптической фторидной керамики для тепловых фононов;

введена новая интерпретация принципа эквивалентности источников беспорядка Ю.Д. Третьякова в соотношении с теплопроводностью твердых тел.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана гипотеза о влиянии изо- и гетеровалентного изоморфизма на теплопроводность фторидных кристаллов со структурой флюорита;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** методика экспериментального определения температурной зависимости коэффициента теплопроводности с аппаратурой собственной разработки, рентгеновские спектрометрия и дифрактометрия; калориметрия и др.;

изложены основополагающие закономерности влияния гетеровалентного изоморфизма на теплопроводность, в т. ч. переход от кристаллического к стеклообразному поведению теплопроводности при увеличении концентрации гетеровалентных твердых растворов;

раскрыты несоответствие ряда теоретических представлений о концентрационной зависимости теплопроводности изовалентных твердых растворов экспери-

ментально определенным зависимостям и несостоятельность существующих представлений о проявлении двухуровневых атомных систем в температурной зависимости теплопроводности суперионных проводников в суперионной фазе; **изучены** связи коэффициента теплопроводности твердотельных оптических материалов с их матричным и легирующим химическим составом, с ионным радиусом и массой допантов;

проведена модернизация алгоритма обработки экспериментальных результатов исследования температурных и концентрационных зависимостей теплопроводности, а также модернизация конструкции измерительной аппаратуры, позволяющая расширить рабочий диапазон температуры с использованием в качестве хладагента жидкого азота.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены (указать степень внедрения) рекомендации по выбору концентрации гетеровалентных твердых растворов фторидов с целью получения оптимального набора физических, технологических и генерационных характеристик материала. Эти рекомендации учитываются при разработках лазерных материалов в различных научно-технологических центрах, в частности – в Институте общей физики РАН, АО «Государственный оптический институт», ФГАОУ ВПО «Казанский (приволжский) федеральный университет», Национальном центре научных исследований Франции (см. в: French National Centre for Scientific Research, Druon F., et al. // Optical Materials Express, 2011, 1(3), P. 489-502);

определены перспективы ряда кристаллических матриц, в частности - боратов, силикатов, ванадатов, фторидов со структурой флюорита и флюоритоподобных фаз, а также твердых растворов - в качестве лазерных материалов в плане возможности обеспечения приемлемого теплового режима активных лазерных элементов;

создана база экспериментальных данных по теплопроводности различных по химическому составу, структуре и симметрии решетки кристаллов, позволяющая, с учетом выявленных факторов, существенно повысить надежность априорных оценок теплопроводности новых разрабатываемых кристаллических материалов;

представлен проект заявки на патент на поликристаллический лазерный материал.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ: результаты получены на сертифицированном оборудовании. Воспроизводимость результатов на образцах лазерных кристаллов гадолиний-галлиевого граната одинакового состава, но синтезированных в различных научных организациях, не хуже $\pm 4\%$. В случае образцов, вырезанных из различных частей одного монокристалла, – не хуже 3% .

теория дифференцированного проявления в теплопроводности доминирующих типов кластеров построена с учетом полученных из литературы сведений о происходящих при образовании гетеровалентных твердых растворов процессах кластерообразования и экспериментальных данных по теплопроводности в широких интервалах температур;

идея об особенностях теплопередачи в средах, обладающих дальним порядком и

существенно нарушенным ближним, **базируется** на известных литературных данных, полученных при исследовании этих явлений;

использовано сравнение авторских данных и известных данных и представлений о механизмах фононного рассеяния на кластерах дефектов, включающих в себя десятки атомов;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках, в частности, по теплопроводности кристаллов галлиевых и алюминиевых гранатов, витлокитоподобных ванадатов и ортованадатов иттрия и гадолиния, дифторидов щелочных элементов, форстерита;

использованы современные компьютеризированные методы обработки полученной при измерениях информации, численные методы обработки информации с использованием известных физических соотношений. Методика выбора объектов исследований обеспечила представительную выборку по параметрам химического и фазового состава образцов, их структуры.

Личный вклад соискателя состоит в том, что представленные в работе экспериментальные данные получены и обработаны автором или под его непосредственным руководством. Им лично исследована теплопроводность более 600 образцов, сформулированы основные идеи и принципы создания оптических материалов с высокими и низкими значениями коэффициента теплопроводности, в результате чего решена научная проблема создания базы экспериментальных данных по теплопроводности твердотельных оптических материалов различного состава и структуры, позволяющей, с учетом выявленных закономерностей и факторов, существенно повысить надежность определения одного из основных физических свойств (теплопроводности) новых разрабатываемых материалов.

На заседании 20 мая 2015 года диссертационный совет принял решение присудить Попову П.А. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 16 докторов наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета



Коржавый Алексей Пантелеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета



Лоскутов Сергей Александрович

Дата оформления Заключения 20 мая 2015 года.