

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.223.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ЦЕНТРА «ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ИМ. А.М. ПРОХОРОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23 июня 2021 г., протокол № 228

О присуждении Пирпоинт Ксении Александровне, гражданке РФ,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование спектральных и генерационных свойств
оптических центров ионов Tm и Ho во фторидных кристаллах и керамиках
для лазеров ИК-диапазона» по специальности 01.04.21 – Лазерная физика
принята к защите «05» апреля 2021 г. № протокола 226 диссертационным
советом Д 002.063.03 на базе Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской
академии наук (119991 Москва, ул. Вавилова, 38, приказ № 105/нк от
11.04.2012 г.).

Соискатель Пирпоинт Ксения Александровна 1993 года рождения. В
2014 году соискатель окончила бакалавриат Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет «Московский
энергетический институт» по направлению «Электроника и
микроэлектроника». В 2016 году окончила магистратуру Федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский университет «Московский
энергетический институт» по направлению «Электроника и
наноэлектроника». В 2020 году соискатель окончила очную аспирантуру

Федерального государственного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН) по специальности «Лазерная физика». В настоящее время работает в должности научного сотрудника в ИОФ РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории лазерной спектроскопии твёрдого тела Отдела лазерных материалов и фотоники Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук».

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук Дорошенко Максим Евгеньевич, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук», заведующий Отделом лазерных материалов и фотоники.

Официальные оппоненты:

Рябочкина Полина Анатольевна, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры общей физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»;

Климин Сергей Анатольевич, канд. физ.-мат. наук, заведующий лабораторией спектроскопии конденсированных сред, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Акционерное общество «Научно-исследовательский институт «Полюс» имени М.Ф. Стельмаха» в своем

положительном заключении, подписанном Зверевым Георгием Митрофановичем, д-ром физ.-мат. наук, профессором, Шестаковым Александром Валентиновичем, канд. физ.-мат. наук, гл. науч. сотрудником, Кротовым Юрием Александровичем, канд. физ.-мат. наук, доцентом, ученым секретарём, указала, что выполненная на высоком научном уровне диссертационная работа К.А. Пирпоинт «Исследование спектральных и генерационных свойств оптических центров ионов Тm и Ho во фторидных кристаллах и керамиках для лазеров ИК-диапазона» представляет собой законченное научное исследование. Автореферат работы К.А. Пирпоинт в полной мере отражает содержание диссертации. Диссертация полностью удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Пирпоинт Ксения Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Существенных недостатков в работе не выявлено, однако указаны следующие замечания:

1. В работе исследованы спектральные свойства ряда различных оптических центров ионов тулия и гольмия в кристаллах и керамиках на основе CaF_2 , однако лазерная генерация продемонстрирована только для долгоживущего центра в кристаллах $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$ и для новых оптических центров в керамике $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$.

2. В тексте диссертации не указано, каким способом решалась проблема перепоглощения в объемных кристаллах, которое может исказить экспериментальные результаты и затруднять их интерпретацию. Например, для иона гольмия Ho^{3+} , имеющего высокое сечение поглощения, данный фактор может существенно повлиять на вид спектров и измеряемое время жизни, в особенности при низких температурах.

3. В результатах лазерных экспериментов фигурируют только спектры генерации и кривые перестройки, однако отсутствуют другие важные

лазерные характеристики, такие как энергетические параметры выходного излучения, КПД, профиль пучка и т.д.

4. Отсутствует как теоретическое, так и экспериментальное сравнение лазерных характеристик исследованных фторидных материалов с оксидными кристаллами и стеклами, которые уже используются на практике.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 8 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Список наиболее значительных работ:

1. M.E. Doroshenko, O.K. Alimov, A.G. Papashvili, **K.A. Martynova (Pierpoint)**, V.A. Konyushkin, A.N. Nakladov, V.V. Osiko. Spectroscopic and laser properties of Tm^{3+} optical centers in CaF_2 crystal under 795 nm diode laser excitation // Laser Physics Letters. – 2015. – V.12. – 125701.
2. O.K. Alimov, M.E. Doroshenko, V.A. Konyushkin, **K.A. Martynova (Pierpoint)**, A.N. Nakladov, A.G. Papashvili, V.V. Osiko. Influence of Tm^{3+} optical centers on spectroscopic properties at the 3F_4 - 3H_6 2- μm laser transition// Journal of Luminescence. – 2015. – V. 167. – Pp. 16-20.
3. M.E. Doroshenko, A.G. Papashvili, O.K. Alimov, **K.A. Martynova (Pierpoint)**, V.A. Konyushkin, A.N. Nakladov, V.V. Osiko H. Jelinkova, J. Sulc, M. Nemes. Specific Spectroscopic and Laser Properties of Tm^{3+} Ions in Hot-Formed CaF_2 Laser Ceramics // Laser Physics Letters. – 2016. – V. 13. – 015701.
4. M.E. Doroshenko, A.G. Papashvili, **K.A. Martynova (Pierpoint)**, V.A. Konyushkin, A.N. Nakladov, V.V. Osiko. Spectroscopic properties of long-lifetime Tm^{3+} optical centers in Ca-Sr-Ba fluorides in the form of single crystals and ceramics at the 1G_4 - 3H_5 magnetic dipole allowed transition // Laser Physics Letters. – 2017. – V. 14. – 025701.
5. M.E. Doroshenko, O.K. Alimov, A.G. Papashvili, **K.A. Martynova (Pierpoint)**, V.A. Konyushkin, A.N. Nakladov, V.V. Osiko. Formation of new Tm^{3+}

tetragonal symmetry optical centers in CaF₂ hot-formed laser ceramics // Optics and Spectroscopy. – 2017. – V. 122. – Pp. 128-132.

6. M.E. Doroshenko, A.G. Papashvili, V.A. Konyushkin, A.N. Nakladov, **K.A. Martynova (Pierpoint)**, V.V. Osiko Spectroscopic properties of Tm³⁺ ions cubic (*O_h*) centers in low concentrated Ca-Sr-Ba fluorides under ground state selective excitation // Journal of Luminescence. – 2018. – V. 199. – Pp. 331-333.

7. M.E. Doroshenko, **K.A. Pierpoint**, O.K. Alimov, A.G. Papashvili, V.A. Konyushkin, A.N. Nakladov. Formation of Tm-Y centers in CaF₂-YF₃:Tm³⁺ solid-solution crystals // Journal of luminescence. – 2019. – V. 208. – Pp. 475-478.

8. **K.A. Pierpoint**, M.E. Doroshenko, O.K. Alimov, A.G. Papashvili, V.A. Konyushkin, A.N. Nakladov, A.V. Nekhoroshikh. Spectroscopic properties of Ho³⁺ optical centers in CaF₂ crystals at the two-micron laser transition // Journal of Luminescence. – 2020. – V. 228. – 117584.

На автореферат поступил отзыв от Кулешова Николая Васильевича, д-ра физ.-мат. наук, профессора, заведующего кафедрой «Лазерная техника и технология» Белорусского национального технического университета. Отзыв положительный. Замечаний нет.

На автореферат поступил отзыв от Фомичёва Алексея Алексеевича, д-ра физ.-мат. наук, профессора, заместителя заведующего кафедрой квантовой электроники Московского физико-технического института, и Брославца Юрия Юрьевича, канд. физ.-мат. наук, доцента кафедры квантовой электроники МФТИ. Отзыв положительный. Замечаний нет.

На автореферат поступил отзыв от Витухновского Алексея Григорьевича, д-ра физ.-мат. наук, профессора, высококвалифицированного главного научного сотрудника Отдела люминесценции им. С.И. Вавилова Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук. Отзыв положительный. В качестве замечаний было указано, что:

В автореферате нет информации о размерах исследованных кристаллов и их оптическом качестве.

На автореферат поступил отзыв от Раджабова Евгения Александровича, д-ра физ.-мат. наук, главного научного сотрудника, зав. лабораторией физики монокристаллов Института геохимии СО РАН, и Шендрика Романа Юрьевича, канд. физ.-мат. наук, старшего научного сотрудника лаборатории физики монокристаллов Института геохимии СО РАН. Отзыв положительный. В качестве замечаний указано:

1) В рецензируемой работе приводится множество времязрешённых спектров люминесценции (например на рис. 2 и 3 в автореферате), однако не указаны временные окна, в которых проводилось измерение, нет сравнения спектров, измеренных в различных временных окнах. В этой связи остаётся неясным, почему автор приводит именно спектры фотолюминесценции с временным разрешением.

2) Иногда в работе встречаются сленговые выражения, например «двухмикронный лазерный переход», «2-мкм переходе», хотя длина волны переходов отличается от 2 мкм, вероятно имело смысл указывать точную длину волны или соответствующие уровни, между которыми происходит переход.

3) На некоторых рисунках автореферата встречаются непонятные обозначения. На рис. 2 в тексте не объясняется, что означают синие треугольники, а на рис. 7 непонятно, что означают t_{del} и Δt , а также непонятно в каких единицах был измерен спектр поглощения (оптическая плотность или коэффициент поглощения).

На автореферат поступил отзыв от Скорняковой Надежды Михайловны, зав. кафедрой физики им. В.А. Фабриканта Национального исследовательского университета «МЭИ». Отзыв положительный. В качестве замечаний было указано, что не приведена схема оптической установки для измерения люминесцентных свойств кристаллов, что не позволяет точно оценить полученные в работе спектры.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой степенью их компетентности в вопросах лазерной физики, физики кристаллов и оптических свойств редкоземельных ионов, что позволяет им критически оценить научную ценность и достоверность результатов, полученных в работе Пирпоинт К.А.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие научные результаты.

В концентрационной серии кристаллов $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$ на двухмикронном лазерном переходе ${}^3F_4 \rightarrow {}^3H_6$ для ряда оптических центров иона тулия выделены индивидуальные спектры люминесценции, измерены времена жизни, которые составили 5 мс для кластеризованного, 18 мс для тетрагонального и более 100 мс для нового долгоживущего центра. Проведено сравнение спектроскопических свойств ионов тулия в керамике горячего формования $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$ и кристаллах аналогичного состава, позволившее выявить в керамике новый тип оптических центров иона Tm^{3+} с предположительно модифицированной тетрагональной симметрией. Продемонстрировано влияние впервые выявленных долгоживущих оптических центров иона тулия в кристаллах и новых тулиевых центров в керамике на генерационные свойства материала. Установлены закономерности влияния оптически неактивной примеси иттрия (Y^{3+}) в кристаллах $\text{CaF}_2:\text{Y},\text{Tm}$ на формирование оптических центров иона Tm^{3+} . Обнаружено, что при добавлении иттрия образуется три спектрально отличающихся кластеризованных оптических центра, один из которых имеет аналог в кристаллах $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$, а два других являются новыми сложными $\text{Tm}-\text{Y}$ кластерами. В кристалле $\text{CaF}_2:\text{Y},\text{Tm}$ впервые выделен долгоживущий оптический центр иона тулия, аналогичный обнаруженному в кристаллах $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$, но имеющий примерно в 1,4 раза большее время жизни уровня 3F_4 . В кристалле $\text{CaF}_2:\text{Ho}^{3+}$ на двухмикронном лазерном переходе ${}^5I_7 \rightarrow {}^5I_8$ выделены спектры возбуждения и люминесценции и измерены времена жизни трёх различных по симметрии оптических центров: кластеризованного (≈ 11 мс), тетрагонального (≈ 18 мс) и кубического (≈ 26 мс).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что установлены закономерности формирования оптических центров различной симметрии при изменении состава кристалла (концентрации активного иона, добавлении неактивной примеси), а также в процессе горячего формования керамики. Выявлено формирование новых оптических центров, изучены их оптические характеристики и предложены структурные модели.

Научная новизна диссертации заключается в следующем.

Впервые обнаружены новые долгоживущие оптические центры в кристаллах $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$ и аналогичные им центры в кристаллах $\text{CaF}_2:\text{Y},\text{Tm}$. В керамике горячего формования $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$ впервые обнаружены новые оптические центры иона Tm^{3+} . В кристаллах $\text{CaF}_2:\text{Y},\text{Tm}$ впервые обнаружен ряд новых кластеризованных Tm-Y центров, имеющих близкие времена жизни, но различные спектры возбуждения и люминесценции. На двухмикронном лазерном переходе ${}^3F_4 \rightarrow {}^3H_6$ впервые изучены спектроскопические свойства ряда выделенных оптических центров ионов Tm^{3+} в различных фторидных материалах, измерены их времена жизни на верхнем лазерном уровне 3F_4 . В кристалле $\text{CaF}_2:\text{Ho}^{3+}$ на двухмикронном переходе ${}^5I_7 \rightarrow {}^5I_8$ впервые выделены спектры возбуждения и люминесценции трёх различных оптических центров.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается следующим.

Показано влияние центрального состава и спектроскопических свойств различных оптических центров на параметры лазерной генерации в спектральной области около 2 мкм. Получена лазерная генерация на новых долгоживущих оптических центрах в кристаллах $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$ и новых оптических центрах иона Tm^{3+} в лазерной керамике горячего формования на основе кристалла CaF_2 .

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что экспериментальные данные получены с помощью современного научного

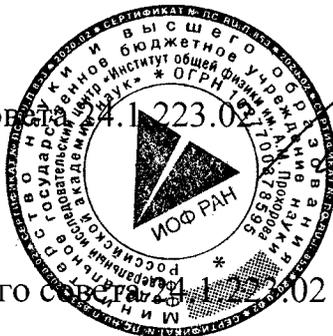
оборудования с использованием известных отработанных методов; показана воспроизводимость результатов; экспериментальные результаты хорошо согласуются с численными расчетами и литературными данными, а их интерпретация базируется на современных теоретических представлениях.

Личный вклад соискателя состоит в активном участии в постановке целей и задач исследований в рамках данной диссертации, в проведении экспериментов, обработке и анализе полученных данных, интерпретации результатов, участии в написании статей, выступлении на конференциях и семинарах с полученными научными результатами.

На заседании 23 июня 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Пирпойнт К.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту «0» человек, проголосовали:
за «16», против «0», недействительных бюллетеней «0».

Председатель диссертационного совета
академик РАН




И.А. Щербаков

Ученый секретарь диссертационного совета
канд. физ.-мат. наук


Т.Б. Воляк

24.06.2021 г.