

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 01.03.15  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

от «27» марта 2020 г. № 9

о присуждении Козлову Артему Владимировичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Люминесцентно-оптическая спектроскопия и радиационно-индуцированные дефекты в монокристаллах комплексных оксифторидов» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите диссертационным советом УрФУ 17 февраля 2020 г. протокол № 4.

Соискатель, Козлов Артем Владимирович, 1992 года рождения.

В 2015 году окончил ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности 140306 Электроника и автоматика физических установок.

В 2019 году окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (Физика конденсированного состояния).

Работает в должности инженера в ООО Научно-производственная фирма «АТИ», г. Екатеринбург, и по совместительству в должности учебного мастера лаборатории прикладной ядерной физики кафедры экспериментальной физики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре экспериментальной физики Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор, **Пустоваров Владимир Алексеевич**, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Физико-технологический институт, кафедра экспериментальной физики, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

**Елисеев Александр Павлович**, доктор физико-математических наук, ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, лаборатория литосферной мантии и алмазных месторождений, ведущий научный сотрудник;

**Соколов Виктор Иванович**, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, лаборатория оптики металлов, главный научный сотрудник;

**Спирина Альфия Виликовна**, кандидат физико-математических наук, ФГБУН Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, лаборатория квантовой электроники, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 14 работ, из них 8 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК и Аттестационным советом УрФУ, в том числе 8 статей, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 8,04 п.л., авторский вклад – 3,22 п.л.

Основные публикации по теме диссертации:

1. **Kozlov, A.V.** Photoluminescence of monoclinic  $\text{Li}_3\text{AlF}_6$  crystals under vacuum ultraviolet and soft X-ray excitations /V. A. Pustovarov, I. M. Ogorodnikov, S. I. Omelkov, M. S. Molokeev, A. V. Kozlov, L. I. Isaenko // Optical Materials. – 2015. – V. 49. – P. 201–207, 0.84 / 0.14 п.л. (Web of Science, Scopus).

2. **Kozlov, A.V.** Luminescence spectroscopy of  $K_3WO_3F_3$  oxyfluoride crystals / A. V. Kozlov, V. A. Pustovarov // AIP Conference Proceedings. – 2016. – V. 1767. – No. 020037, 0.72 / 0.36 п.л. (Web of Science, Scopus).

3. **Kozlov, A.V.** Time-resolved luminescence spectroscopy of structurally disordered  $K_3WO_3F_3$  crystals / S. I. Omelkov, D. A. Spassky, V. A. Pustovarov, A. V. Kozlov, L. I. Isaenko // Optical Materials. – 2016. – V. 58. – P. 285–289, 0.60 / 0.12 п.л. (Web of Science, Scopus).

4. **Kozlov, A.V.** Host and defect-related photoluminescence of structurally disordered  $K_3WO_3F_3$  oxyfluoride crystals / A. V. Kozlov, V. A. Pustovarov // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – V. 830. – No. 012127, 0.72 / 0.36 п.л. (Web of Science, Scopus).

5. **Kozlov, A.V.** Luminescence spectroscopy of  $Rb_2KTiOF_5$  oxyfluoride single crystals / A.V. Kozlov, V. A. Pustovarov, M. N. Sarychev, L. I. Isaenko // AIP Conference Proceedings. – 2017. – V. 1886. – No. 020012, 0.72 / 0.36 п.л. (Web of Science, Scopus).

6. **Kozlov, A.V.** A luminescence-optical spectroscopy study of  $Rb_2KTiOF_5$  single crystals / V. A. Pustovarov, I. N. Ogorodnikov, L. I. Isaenko, A. V. Kozlov // Optical Materials. – 2018. – V. 80. – P. 47–56, 1.2 / 0.30 п.л. (Web of Science, Scopus).

7. **Kozlov, A.V.** Luminescent and optical properties of complex oxyfluoride crystals / A. V. Kozlov, V. A. Pustovarov // AIP Conference Proceedings. – 2018. – V. 1. – No. 020048, 0.72 / 0.36 п.л. (Web of Science, Scopus).

8. **Kozlov, A.V.** Host and Defect-Related Luminescence in  $Rb_2KTiOF_5$  Oxyfluoride Crystals Irradiated by Fast Electrons / A.V. Kozlov, V. A. Pustovarov // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. – 2018. – V. 1115. – No. 052006, 0.72 / 0.36 п.л. (Web of Science, Scopus).

На автореферат поступили отзывы от:

1. Гриценко Владимира Алексеевича, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника лаборатории физических основ материаловедения кремния ФГБУН Институт физики полупроводников им. А.В.

Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск. Содержит замечание, касающееся отсутствия экспериментов по выявлению природы (атомной и электронной структуры) дефектов, ответственных за люминесценцию в исследованных оксифторидах.

2. Зуева Михаила Георгиевича, доктора химических наук, профессора, главного научного сотрудника, и Васина Андрея Андреевича, инженера-исследователя ФГБУН Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург. Содержит вопрос по доказательству связи полосы излучения 1.95 эВ со структурной разупорядоченностью кристаллов  $Rb_2KTiOF_5$ .

3. Гапоненко Николая Васильевича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего лабораторией нанофотоники научно-исследовательской части учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Беларусь. Без замечаний.

4. Махова Владимира Николаевича, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника лаборатории взаимодействия излучения с веществом Отделения ядерной физики и астрофизики ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, г. Москва. Без замечаний.

5. Станкевича Владимира Георгиевича, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника Курчатовского комплекса синхротронно-нейтронных исследований, и Свечникова Николая Юрьевича, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника Курчатовского комплекса синхротронно-нейтронных исследований ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва. Содержит замечание, касающиеся опечаток на страницах 5, 9, 11 (рис. 4); и замечание, касающееся отсутствия данных, где проводилось облучение электронами 10 МэВ, отсутствия оценки доз облучения и концентрации дефектов.

6. Ханефта Александра Вилливича, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры теоретической физики ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово. Без замечаний.

Выбор официальных оппонентов обосновывается известностью их научных достижений, большим научным вкладом и авторитетом в области люминесцентно-оптических измерений и экспериментальной физики.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение научной задачи физической интерпретации люминесцентно-оптических свойств монокристаллов комплексных оксифторидов, определения природы центров люминесценции и основных закономерностей релаксации электронных возбуждений в том, числе оценки влияния конкурирующих каналов безызлучательной релаксации, имеющей значение для развития экспериментальной физики.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

– проведен комплекс экспериментальных исследований с применением различных экспериментальных методик (стационарная фото-, рентгено-люминесценция, импульсная катодолюминесценция, время разрешенная вакуумная спектроскопия, спектроскопия зеркального отражения в УФ-ВУФ областях, абсорбционная спектроскопия) в широком диапазоне температур для трех представителей семейства кристаллов оксифторидов  $K_3WO_3F_3$ ,  $Rb_2KTiOF_5$ ,  $CsZnMoO_3F_3$ . На основании полученных результатов интерпретированы люминесцентно-оптические свойства оксифторидов: широкополосное собственное свечение, с большим Стоксовым сдвигом и микросекундной кинетикой затухания формируется внутри анионных групп с раз-

личным локальными искажениями и связано с излучательной релаксацией автолокализованных экситонов;

– установлено, что облучение кристаллов оксифторидов  $K_3WO_3F_3$ ,  $Rb_2KTiOF_5$  быстрыми электронами 10 МэВ создает новые радиационно-индуцированные дефекты - центры люминесценции с характерными индивидуальными спектральными характеристиками. Создаются F-подобные центры в анионной подрешетке, индуцированные по механизму упругого смещения. Такие дефекты формируют конкурирующий канал излучательной релаксации собственных электронных возбуждений;

– определено, что в исследованных кристаллах оксифторидов самые низкоэнергетические электронные переходы происходят из валентной зоны, потолок которой формируется 2p-электронными состояниями кислорода, в зону проводимости, дно которой формируется вакантными электронными состояниями металла анионного комплекса (W, Ti, Mo). Это определяет для оксифторидов минимальную энергию межзонных переходов 4.2 – 4.3 эВ. Для комплексных фторидов, не содержащих кристаллообразующие атомы кислорода, как показано на примере кристаллов  $Li_3AlF_6$ , особенности электронной структуры приводят к значительному увеличению области прозрачности кристалла, в частности, в  $Li_3AlF_6$  ширина запрещенной зоны 12.5 эВ;

– определено, что в  $K_3WO_3F_3$  свечение 2.5 эВ со стоксовым сдвигом ~ 1.5 эВ с кинетикой затухания микросекундного диапазона связано с собственным свечением – люминесценцией автолокализованного экситона. Излучение формируется электронными переходами из возбужденного триплетного состояния внутри  $[WO_3F_3]^{3-}$ , полоса 3.2 эВ с  $\tau = 1.8$  нс из синглетного возбужденного состояния автолокализованного экситона;

– определено по спектрам поглощения, отражения и расчету оптических констант, что в  $Rb_2KTiOF_5$  ширина запрещенной зоны составляет 4.2 эВ. Люминесценция характеризуется широкой полосой 2.2 - 2.6 эВ со стоксовым сдвигом ~1.7-2.0 эВ. Полоса 2.25 эВ с  $\tau = 19$  мкс обусловлена излучательной аннигиляцией автолокализованного экситона молекулярного типа. Полоса

1.95 эВ связана с люминесценцией комплексов Ti-O/F. Полоса 2.1 эВ связывается с рекомбинационной люминесценцией.

Результаты диссертационной работы решают проблему недостаточной изученности люминесценто-оптических свойств кристаллов семейства оксифторидов. Полученные экспериментальные данные и их физическое обоснование могут найти свое применение при разработке новых перспективных сегнетоэлектрических, сцинтилляционных и нелинейно-оптических материалов.

На заседании 27 марта 2020 г. диссертационный совет УрФУ 01.03.15 принял решение присудить Козлову А.В. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 01.03.15 в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

УрФУ 01.03.15

Огородников Игорь Николаевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

УрФУ 01.03.15

Ищенко Алексей Владимирович

27 марта 2020 г.