

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 2.6.02.07
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

от «15» ноября 2022 г. № 14

о присуждении Львову Александру Евгеньевичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Технология получения кристаллических материалов системы $AgBr - AgI - TI - TlBr$, высокопрозрачных в терагерцовом, инфракрасном и видимом диапазонах» по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов принята к защите диссертационным советом УрФУ 2.6.02.07 «27» сентября 2022 г. протокол № 9.

Соискатель, Львов Александр Евгеньевич, 1992 года рождения,

в 2014 г. окончил ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности 240306 Химическая технология монокристаллов, материалов и изделий электронной техники;

в 2018 г. окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 18.06.01 Химическая технология (Технология неорганических веществ); был прикреплен к ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» в качестве экстерна по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов для сдачи кандидатского экзамена с 01.06.2022 г. по 30.11.2022 г.;

работает в должности заведующего лабораторией вычислительной техники Химико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Диссертация выполнена на кафедре физической и коллоидной химии Химико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, старший научный сотрудник, Жукова Лия Васильевна, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Химико-технологический институт, кафедра физической и коллоидной химии, профессор.

Официальные оппоненты:

Петрова Ольга Борисовна – доктор химических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», г. Москва, кафедра химии и технологии кристаллов, профессор;

Шеманин Валерий Геннадьевич – доктор физико-математических наук, доцент, Филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» в г. Новороссийске, кафедра технических дисциплин, профессор;

Зацепин Анатолий Федорович – кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Физико-технологический институт, кафедра физических методов и приборов контроля качества, профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 110 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 35 работ, из них 14 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, включая 13 статей в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных Scopus и Web of Science; 5 патентов РФ на изобретения. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 9,234 п.л., авторский вклад – 1,87 п.л.

Основные публикации по теме диссертации:

статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ:

1. Salimgareev D. Optical properties of the AgBr – AgI system crystals / D. Salimgareev, **A. Lvov**, L. Zhukova, D. Belousov, A. Yuzhakova, D. Shatunova, A. Korsakov, A. Ishchenko // Optics and Laser Technology. — 2022. — Vol. 149. — 107825. (1,004 п.л. / 0,25 п.л.) (Scopus).

2. Zhukova L. Highly transparent ceramics for the spectral range from 1.0 to 60.0 μm based on solid solutions of the system AgBr-AgI-TlI-TlBr. / L. Zhukova, D. D. Salimgareev, **A. E. Lvov**, A. A. Yuzhakova, A. S. Korsakov, D. A. Belousov, K. Lipustin, V. M. Kondrashin // Chinese Optics Letters. — 2021. — Vol. 19 (2). — 021602. (0,58 п.л. / 0,12 п.л.) (Scopus, WoS).

3. Salimgareev D. Synthesis of the AgBr – AgI system optical crystals / D. Salimgareev, L. Zhukova, A. Yuzhakova, **A. Lvov**, A. Korsakov // Optical Materials. — 2021. — Vol. 114. — 110903. (1,1 п.л. / 0,22 п.л.) (Scopus, WoS).

4. Zhukova L. The optical transparency investigation of crystals based on the AgHal – TlHal solid solutions systems in the terahertz range / L. Zhukova, D. Salimgareev, A. Korsakov, N. Yudin, G. Komandin, I. Spektor, **A. Lvov**, A. Yuzhakova // Optical Materials. — 2021. — Vol. 113. — 110870. (0,58 п.л. / 0,07 п.л.) (Scopus, WoS).

5. Korsakova E. A. Creating nanoscale luminescence centres in silver halides suitable for infrared application / E. A. Korsakova, V. V. Lisenkov, L. V. Zhukova, A. N. Orlov, A. S. Korsakov, V. V. Osipov, **A. E. Lvov**, V. V. Platonov, D. D. Salimgareev // Journal of Physics: Conference Series. — 2021. — Vol. 2064. — Article number 012100. (0,47 п.л. / 0,05 п.л.) (Scopus).

6. Salimgareev D. D. Crystals of AgBr – TlBr_{0.46}I_{0.54} system: Synthesis, structure, properties, and application / D. D. Salimgareev, **A. E. Lvov**, E. A. Korsakova, A. S. Korsakov, L. Zhukova // Materials Today Communications. — 2019. — Vol. 20. — 100551. (0,66 п.л. / 0,13 п.л.) (Scopus, WoS).

7. Zhukova L. V. Domestic Developments of IR Optical Materials Based on Solid Solutions of Silver Halogenides and Monovalent Thallium / L. V. Zhukova, **A. E.**

Lvov, A. S. Korsakov, D. D. Salimgareev, V. S. Korsakov // Optics and Spectroscopy. — 2018. — Vol. 125(6). — P. 933-943. (0,71 п.л. / 0,14 п.л.) (Scopus, WoS).

8. Korsakov E. Stability of MIR transmittance of silver and thallium halide optical fibres in ionizing β - and γ -radiation from nuclear reactors. / E. Korsakova, **A. Lvov**, D. Salimgareev, A. Korsakov, S. Markham, A. Mani, C. Silien, A.M. Tofail, L. Zhukova // Infrared Physics and Technology. — 2018. — Vol. 93. — P. 171-177. (0,82 п.л. / 0,1 п.л.) (Scopus, WoS).

9. Korsakov A. IR spectroscopic determination of the refractive index of $\text{Ag}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Br}_{1-0.54x}\text{I}_{0.54x}$ ($0 < x < 0.05$) crystals / A. Korsakov, D. Salimgareev, **A. Lvov**, L. Zhukova // Optics and Laser Technology. — 2017. — Vol. 93. — P. 18-23. (0,56 п. л. / 0,14 п. л.) (Scopus, WoS).

10. Korsakov A. S. Refractive index dispersion of $\text{AgCl}_{1-x}\text{Br}_x$ ($0 \leq x \leq 1$) and $\text{Ag}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Br}_{1-x}$ ($0 \leq x \leq 0.05$). / A. S. Korsakov, D. S. Vrublevsky, **A. E. Lvov**, L. V. Zhukova // Optical Materials. — 2017. — Vol. 64. — P. 40-46. (0,78 п. л. / 0,19 п. л.) (Scopus, WoS).

11. Korsakov A. S. Crystals and light guides for the MID-infrared spectral range / A.S. Korsakov, L.V. Zhukova, **A.E. L'vov**, D.D. Salimgareev, M.S. Korsakov // Journal of Optical Technology — 2017. — Т. 84, № 12. — С. 80-86. (0,63 п. л. / 0,13 п. л.) (Scopus, WoS).

12. Korsakov A. Antireflective coating for $\text{AgBr} - \text{TlI}$ and $\text{AgBr} - \text{TlBr}_{0.46}\text{I}_{0.54}$ solid solution crystals / A. Korsakov, D. Salimgareev, **A. Lvov**, L. Zhukova // Optical Materials. — 2016. — Vol. 62. — P. 534-537. (0,34 п. л. / 0,08 п. л.) (Scopus, WoS).

13. Korsakov A. S. Investigating the light stability of solid-solution-based $\text{AgCl} - \text{AgBr}$ and $\text{AgBr} - \text{TlI}$ crystals. / A.S. Korsakov, **A.E. Lvov**, D.S. Vrublevsky, L.V. Zhukova // Chinese Optics Letters. — 2016. — Vol. 14 (2). — 020603. (0,26 п. л. / 0,07 п. л.) (Scopus, WoS).

14. Корсаков А. С. Изучение процесса кристаллизации галогенидов одновалентного таллия и твёрдых растворов КРС-6, КРС-5 в воде и неводных растворителях / А.С. Корсаков, Л.В. Жукова, В.С. Корсаков, **А.Е. ЛЬВОВ** // Бутлеровские сообщения. — 2014. — Том 38 (5). — С. 48-55. (0,74 п. л. / 0,18 п. л.).

Патенты:

15. Способ получения кристаллов твердых растворов галогенидов серебра и таллия (I) : пат. 2668247 Рос. Федерации, МПК C30B 11/02 / Корсаков В. С., **Львов А. Е.**, Корсаков А. С., Салимгареев Д. Д., Корсаков М. С., Жукова Л. В. : заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»; заявл. 26.12.2017 ; опубл. 27.09.2018, Бюл. № 27. 7 с.

16. Способ получения высокопрозрачной кристаллической керамики на основе двух твердых растворов системы $\text{AgBr-TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ (варианты) : пат. 2758552 Рос. Федерации, МПК G02B 6/02 / Жукова Л. В., Салимгареев Д. Д., **Львов А. Е.**, Лашова А. А. : заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»; заявл. 05.03.2021 ; опубл. 29.10.2021, Бюл. № 31. 6 с.

17. Способ получения высокопрозрачной кристаллической керамики на основе двух твердых растворов системы AgBr-TlI (варианты) : пат. 2762966 Рос. Федерации, МПК C04B 35/515 / Жукова Л. В., Лашова А. А., Салимгареев Д. Д., **Львов А. Е.**, Краснов Д. А. : заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»; заявл. 02.09.2019 ; опубл. 24.12.2021, Бюл. № 36. 6 с.

18. Терагерцовый кристалл : пат. 2756582 Рос. Федерации, МПК G02B 5/00 / Жукова Л. В., Салимгареев Д. Д., Южакова А. А., **Львов А. Е.**, Корсаков А. С. : заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»; заявл. 20.03.2020 ; опубл. 01.10.2021, Бюл. № 28. 4 с.

19. Терагерцовый кристалл : пат. 2756068 Рос. Федерации, МПК G02B 5/00 / Жукова Л. В., Салимгареев Д. Д., Южакова А. А., **Львов А. Е.**, Корсаков А. С. : заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный

университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»; заявл. 20.03.2020 ; опубл. 27.09.2021, Бюл. № 26. 4 с.

На автореферат поступили отзывы:

1. **Осипова Владимира Васильевича**, доктора физико-математических наук, члена-корреспондента РАН, профессора, главного научного сотрудника лаборатории квантовой электроники ФГБУН Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Вопросов и замечаний не содержит.

2. **Юдина Николая Александровича**, доктора технических наук, старшего научного сотрудника, профессора кафедры управления инновациями ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск. Вопросов и замечаний не содержит.

3. **Садовского Андрея Павловича**, кандидата химических наук, директора по новым материалам ООО Научно-техническое объединение «ИРЭ–Полюс», г. Фрязино, Московская обл. Вопросов и замечаний не содержит.

4. **Евтихиева Николая Николаевича**, генерального директора ООО Научно-техническое объединение «ИРЭ–Полюс», г. Фрязино, Московская обл. Вопросов и замечаний не содержит.

5. **Туркина Владимира Антоновича**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Эксплуатация судовых механических установок» ФГБОУ ВО «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова», г. Новороссийск. Содержит замечания, связанные с влиянием различных концентрационных режимов на чистоту разработанных образцов, и влиянием различных технологических параметров на структуру и свойства керамики.

6. **Чурбанова Михаила Федоровича**, академика РАН, доктора химических наук, научного руководителя института, и **Кутьина Александра Михайловича**, доктора химических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории аналитической химии высокочистых веществ Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых Российской академии наук», г. Нижний Новгород. Содержит замечания,

связанные с возможным указанием на «оптимизацию» технологии синтеза, представленной в работе; терминологией, а также с требованием к смысловому пояснению фразы перед рисунком 12 – «Спектральные колебания в области низких ТГц частот ангармоничны».

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в области технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов, технологии синтеза оптических и люминесцентных материалов, что подтверждается соответствующими публикациями в российских и зарубежных рецензируемых научных изданиях. Шеманин В.Г. является специалистом в области исследования люминесцентных и оптических свойств материалов; область научных интересов Петровой О.Б. связана с химическим синтезом высокочистых веществ, разработкой и исследованием свойств люминесцентных материалов, включая оптическую стеклокерамику; Зацепин А.Ф. специализируется на синтезе оптических и люминесцентных материалов, исследовании их физико-химических свойств.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение научной задачи по разработке технологии синтеза новых оптических материалов на основе системы $\text{AgBr} - \text{AgI} - \text{TlI} - \text{TlBr}$, включая их легирование редкоземельными элементами; определению оптимальных условий синтеза высокочистой шихты роста монокристаллов, синтеза керамики, изготовления оптических изделий, а также исследования оптических и радиационных свойств полученных в работе материалов, что имеет значение для развития такой отрасли науки, как оптика.

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:

- в результате проведенных термических исследований в температурном интервале от 298 до 723 К и при давлении 1 атм уточнены фазовые диаграммы состояний систем AgBr – AgI, AgBr – TlI и AgBr – TlBr_{0,46}I_{0,54}. Установлены границы существования гомогенных и гетерогенных областей твердых растворов;

- установлено, что снижение концентрации кислот в маточном растворе с 4–6 М до 1,0–1,5 М не вносит изменений в скорость процесса термозонной кристаллизации-синтеза (ТЗКС) и свойства синтезированных материалов;

- впервые установлено, что монокристаллы и оптическая керамика на основе систем AgBr – AgI, AgBr – TlI и AgBr – TlBr_{0,46}I_{0,54} прозрачны не только в диапазоне от 0,46 до 65,0 мкм, но и в диапазоне от 350 до 6000 мкм (0,05–0,9 ТГц);

- впервые установлено, что люминесцентные свойства наночастиц оксидов редкоземельных элементов (РЗЭ) не изменяются при введении их в матрицу твердых растворов галогенидов серебра;

- установлена высокая фото- и радиационная стойкость оптических материалов системы AgBr – AgI к ультрафиолетовому (УФ) и видимому излучению в диапазоне 260–380 нм, а также к ионизирующему излучению дозой до 400 кГр.

Практическая значимость результатов исследования заключается в следующем:

- проведено усовершенствование технологии синтеза высокочистой шихты для выращивания монокристаллов и оптической керамики. Результаты усовершенствования данной технологии приводят к сокращению расхода используемых химических реактивов, что повышает общую экологичность метода;

- для широкого диапазона составов кристаллических материалов на основе галогенидов серебра и одновалентного таллия разработана технология получения методом ТЗКС высокочистой по катионным примесям (не более 0,0001 мас. %) мелкодисперсной шихты для выращивания монокристаллов и для

синтеза оптической керамики, в том числе люминесцентной, с выходом конечного продукта до 98 %;

- разработан способ получения многофункциональной оптической керамики, в том числе люминесцентной, состоящий из двух этапов:

- получение гидрохимическим методом ТЗКС высокочистого сырья;
- синтез направленной кристаллизацией из расплава гетерофазных структур на основе кубической, ромбической и/или гексагональной фаз твердых растворов систем $\text{AgBr} - \text{AgI}$, $\text{AgBr} - \text{TlI}$ и $\text{AgBr} - \text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$;

- предложено легирование твердых растворов галогенидов серебра и одновалентного таллия оксидами редкоземельных элементов с помощью метода ТЗКС для создания когерентных источников в инфракрасной области.

На заседании 15 ноября 2022 г. диссертационный совет УрФУ 2.6.02.07 принял решение присудить Львову А.Е. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 2.6.02.07 в количестве 21 человека, в том числе 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – 1, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

УрФУ 2.6.02.07


Рычков Владимир Николаевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

УрФУ 2.6.02.07


Семенищев Владимир Сергеевич

15.11.2022 г.