ОТЗЫВ

на диссертационную работу Жолдас Ерасыла Айдосұлы на тему: «Синтез люминесцентных материалов в системе R2O3 – MeO – M2O – B2O3 (R = Sc, Y, Ce, Eu, Tb, Yb; Me = Sr, Ba; M = Na, K)», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D07104 Химическая технология неорганических веществ »

1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами (запросами практики и развития науки и техники)

Нельзя представить себе современный мир, науку и технику без люминофоров, играющих важную роль в различных технологиях и применениях. Границы использования кристаллов в современной науке и технологии охватывают разнообразные области, начиная от разработки материалов для высокотехнологичной медицинской аппаратуры до создания передовых оптических систем, военной техники и лазерных технологий.

Особенно широко используемыми и перспективными в этом контексте являются боратные соединения, которые представляют собой многообразие структур, способствующих выбору соединений с оптимальными свойствами.

Особое внимание уделяется сложным боратам, включающим катионы различных металлов, что позволяет модифицировать их свойства и структуру. Эти соединения демонстрируют потенциал для создания новых материалов с уникальными характеристиками, включая магнитные, оптические и электрические свойства. Эксперименты по замещению катионов в структурах боратов открывают новые возможности для настройки и оптимизации свойств материалов, что является ключевым аспектом в разработке новых материалов с перспективными применениями.

Таким образом, исследования в области боратных соединений продолжают вносить значительный вклад в современные технологии и науку, предлагая новые материалы с выдающимися функциональными возможностями, такими как высокоэффективные светоизлучающие материалы для нового поколения светоизлучающих диодов и плазменных панелей дисплеев.

Таким образом, тема исследований диссертационной работы Жолдас Ерасыла Айдосұлы представляется актуальной как с точки зрения теоретических проблем, так и для решения важнейших прикладных задач в науке и технике. Исследования диссертационной работы выполнялись в рамках проекта ГФ на 2020-2022 годы «Кристаллохимический дизайн новых люминофоров на основе боратов щелочно-редкоземельных элементов», ИРН AP08855427, а также в рамках сотрудничества между КазНУ им. аль-Фараби и лабораторией роста кристаллов ИГМ им. В.С.Соболева СО РАН.

2. Научные результаты в рамках требований к диссертациям (п.п. 2, 5, 6 «Правил присуждения ученых степеней»).

В работе получены следующие наиболее значимые научные результаты:

1 Твердофазным и раствор-расплавным методами синтеза были получены легированные соединения боратов NaBaSc1-n-m(BO3)2: nTb3+, mEu3+ (n = 0,05, m

= 0,03; 0,05; 0,07); KSrY1-a-b(BO3)2: aTb3+, bYb3+ (a = 0,05; b = 0,02; 0,05; 0,07); KSrY1-x-y(BO3)2: xCe3+, yEu3+ (x = 0,03; y = 0,03; 0,05; 0,07) в виде порошков и кристаллов. Определены их оптимальные условия (температурный и временной режимы);

2 По результатам РФА на порошке и уточнения кристаллической структуры было показано, что NaBaSc(BO3)2 и его моно-легированные и со-легированные соединения (NaBaSc1-n-m(BO3)2: nTb3+, mEu3+) изоструктурны KBaY(BO3)2, изотипны с минералом бючлиитом K2Ca(CO3)2, и кристаллизуются в тригональной сингонии с пространственной группой $R3\bar{m}$; KSrY(BO3)2 и его моно-легированные и со-легированные соединения (KSrY1-a-b(BO3)2: aTb3+, bYb3+ (a = 0,05; b = 0,02; 0,05; 0,07) и KSrY1-x-y(BO3)2: xCe3+, yEu3+ (x = 0,03; y = 0,03; 0,05; 0,07)) кристаллизуется в моноклинной пространственной группе P21/m. Расшифрованы структуры соединений, а также уточнены их параметры ЭЯ;

3 Люминесцентное поведение соединения KSrY0,95(BO3)2: 0,05Ce3+ после восстановления регистрировали в течение 360 мин для оценки стабильности степени окисления церия (+3): интенсивность люминесценции снижается с течением времени.

4 Синтез твердых растворов KSrY1-xTbx(BO3)2 был осуществлен с помощью двух различных методов: твердофазного синтеза и метода выращивания в растворе с использованием растворителя KF.

5 Быстрое охлаждение образцов KSrY1-xTbx(BO3)2 приводит к неполному фазовому переходу в низкотемпературную модификацию. Медленно охлажденные образцы претерпели только низкотемпературную модификацию с пространственной группой P21/m.

6 Диаграмма цветности CIE для KSrY0,1Tb0,9(BO3)2 и KSrY0,9Tb0,1(BO3)2, синтезированных методами I, II и III и возбужденных при 375 нм, показала, что образцы, полученные методами I и II, излучают в зеленом диапазоне, в то время как метод III смещает излучение в синий диапазон. Путем изменения метода синтеза можно управлять цветом излучения, охватывая спектр от зеленого до синего.

7 Для оценки и получения люминофоров в светодиодах был выбран люминофор KBaY(BO3)2: 0,2Eu3+, который был объединен с светодиодной УФ-лампой 365 нм (LED) для изготовления светодиода (x = 0,2570, y = 0,1691, индекс цветопередачи (Ra) = 52,9, чистота = 49,6 %). Было определено, что после подачи электричества при токе 421 мА и при напряжении 3,86 В он излучает ярко-красный.

3. Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (научного положения), выводов и заключений соискателя, сформулированных в диссертации.

Степень обоснованности и достоверности защищаемых положений, каждого научного результата, выводов и заключений, сформулированных в диссертации, характеризуется, во-первых, правильной постановкой цели диссертационного исследования и поставленных перед диссертантом задач, решение которых обеспечивает достижение поставленной цели.

4. Степень новизны каждого научного результата (положения), выводов и заключений соискателя, сформулированных в диссертации.

Автором работы изучен целый набор семейств новых боратных соединений, содержащих в себе I, II и III – валентные катионы. Помимо вклада в кристаллохимию редкоземельных боратов, анализ рассматриваемых кристаллических матриц позволяет определить принципы кристаллохимического конструирования устойчивых структур этого типа с желаемым набором и концентрациями люминесцентных центров. Систематически изучены люминесцентные характеристики предложенных соединений, а также их зависимость от состава и условий получения.

5. Оценка внутреннего единства полученных результатов.

В целом, представляемая работа направлена на получение новых люминесцентных материалов на основе редкоземельных боратов. Исследованы различные подходы к синтезу соединений в системе R2O3 – MeO – M2O – B2O3 в виде кристаллов и люминесцентных соединений. Определены оптимальные условия синтеза, легирования, а также влияние особенностей кристаллических решеток соединений боратов KSrY(BO3)2 и NaBaSc(BO3)2 на параметры люминесценции. Внутреннее единство полученных результатов обусловлено поставленной целью диссертационной работы, выбранными методиками, последовательным изложением и научно обоснованной интерпретацией материала. Все разделы диссертационной работы логично взаимосвязаны, выводы с исчерпывающей полнотой отражают основные результаты проведенного исследования. Все экспериментальные результаты подкреплены физико-химическими исследованиями.

6. Направленность полученных соискателем результатов на решение соответствующей актуальной проблемы, теоретической или прикладной задачи.

Научная и практическая значимость исследования: заключается в том, что изучение кристаллохимических особенностей структуры новых соединений и их люминесцентных свойств позволит целенаправленно получать новые люминесцентные материалы для их дальнейшего применения в качестве люминофоров в различных оптических элементах. Практическим направлением проекта считается создание прототипа люминофора для использования его в светодиодах. Введение в структуру данных соединений, путем замещения I, II и III валентных катионов, редкоземельных элементов позволит получить новые люминофоры, отличием которых является то, что структура боратов, состоящая из слоев многогранников щелочных, щелочноземельных и редкоземельных металлов позволяет внедрять в их структуру другие ионы, которые повышают эффективность люминесценции, и получить новые люминофоры с оптимизированным составом.

7. Подтверждение достаточной полноты публикации основных положений, результатов, выводов и заключения диссертации.

Результаты диссертационной работы отражены в 3 научных трудах и 1 патенте, в том числе:

- Artem B. Kuznetsov, Yerassyl Zholdas, Liudmila A. Gorelova, Anastasiya Dmitrievna Fedorenko, Alexey A. Ryadun, Yurii V. Seryotkin, Vyacheslav S. Shevchenko, Aleksander E. Kokh, Alexandr O. Klimov, Konstantin Kokh, Synthesis, growth and luminescence properties of rare earth borates KSrY(BO3)2: Tb3+, Tb4+ //

Crystal Growth & Design, DOI: 10.1021/acs.cgd.4c00140 (IF = 6.3, Q1, первый квартиль в БД Web of Science).

- A.Y. Jamous, V.A. Svetlichnyi, A.B. Kuznetsov, K.A. Kokh, N.G. Kononova, I.N. Lapin, A. Bolatov, Y.A. Zholdas, A.E. Kokh, Linear and nonlinear optical properties of trigonal borate crystals K7MIn2-xYbx(B5O10)3 (M = Ca, Sr, Ba; x=0…2) with isolated B5O10 units // Journal of Alloys and Compounds 935 (Issue 21):167912. DOI: 10.1016/j.jallcom.2022.167912 (IF= 6.371, Q1, первый квартиль в БД Web of Science).

- Жолдас Е.А., Болатов А.К., Кузнецов А.Б., Кох К.А., Уралбеков Б.М., Кох А.Е., Синтез и люминесценция легированного ионами церия KSrY(BO3)2 // Химический журнал Казахстана (рекомендован КОКСНВО)

- Патент на полезную модель по теме диссертации: Болатов А.К., Жолдас Е.А., Оразов Ж.Қ., Уралбеков Б.М., Шевченко В.С., Кононова Н.Г., Кох А.Е., Кузнецов А.Б., Кох К.А., «Способ получения люминесцентных материалов на основе сложного бората, легированного ионами тербия и европия» // 2021/0208.2.

Результаты диссертационной работы докладывались на международных конференциях и симпозиумах:

- Тезис на тему «Synthesis and luminescence of cerium doped KSrY(BO3)2» на «7-й Европейской конференции по выращиванию кристаллов» (Париж, Франция), A. Bolatov, Y. Zholdas, Z. Orazov, D. Kadenova.

- Тезис на тему «Synthesis, Growth and Luminescence Properties of Rare Earth Borates KSrY(BO3)2:R3+ (R=Ce, Tb, Er)» на «8-й Азиатском симпозиуме по передовым материалам», A.B. Kuznetsov, Y.A. Zholdas, K.A. Kokh, L.A. Gorelova, D.O. Sofich, A.E. Kokh.

- Тезис на тему «Tb3+ және Yb3+ иондарымен легирленген KSrY(BO3)2 құрылымындағы энергетикалық ауысуларды зерттеу» на международной конференции «Фараби әлемі», Кенжебай М., Жолдас Е.А., Болатов А.К., Уралбеков Б.М.

- Тезис на тему «Жаңа NaSrR(BO3)2 (R = Y, Ho-Lu) ортобораттарының синтезі» на международной конференции «Фараби әлемі», Кайрова А.Б., Нурметов О.Ш., Жолдас Е.А., Уралбеков Б.М.

8. Соответствие диссертации предъявляемым требованиям «Правил присуждения ученых степеней».

На основании вышеизложенного, считаю, что диссертационная работа Жолдас Ерасыла Айдосұлы на тему: «Синтез люминесцентных материалов в системе R_2O_3 – MeO – M_2O – B_2O_3 (R = Sc, Y, Ce, Eu, Tb, Yb; Me = Sr, Ba; M = Na, K)», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D07104 Химическая технология неорганических веществ» по актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям «Правил присуждения ученых степеней» КОКСНВО МНВО Республики Казахстан, а ее автор заслуживает присуждения степени доктора философии PhD по образовательной программе «8D07104 Химическая технология неорганических веществ».

Отечественный научный консультант, PhD **Болатов А.К.**

ЗАВЕРЯЮ
Начальник отдела
научных кадров КазНУ им. аль-Фараби

«21» 01 2025 ж.