

## ПИСЬМЕННЫЙ ОТЗЫВ

**официального рецензента на диссертационную работу Кисабековой Асемгуль Агибаевны на тему «Спектроскопия активированных  $\text{Bi}^{3+}$  ионами ниобатов лантаноидов – перспективных материалов для белых светодиодов», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D072300 – Техническая физика»**

№п /п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы) 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) <u>Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</u>	Диссертационное исследование выполнялось в соответствии с приоритетным направлением «Научные исследования в области естественных наук», утвержденным Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан от 29 апреля 2020 года. Диссертация также выполнена в рамках совместного эстонско-польского проекта “Promising Bi-doped phosphors for white LEDs” (2019-2021).
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит/не</u> вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо <u>раскрыта/не</u> раскрыта	Диссертационное исследование вносит существенный вклад в науку, в связи с полученными новыми результатами в области спектроскопии твердого тела. Важность представленной работы заключается в выделении экситоноподобных свечений и изучении процессов передачи

			энергии от ионов $\text{Bi}^{3+}$ к ионам $\text{Eu}^{3+}$ , что важно для оценки возможных практических применений $\text{LuNbO}_4:\text{Bi},\text{Eu}$ в белых светодиодах.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий</u> ; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	В работе приведено большое количество экспериментальных результатов, которые были получены в коллективе научной лаборатории, при непосредственном и активном участии соискателя. Об уровне самостоятельности докторанта-экспериментатора нельзя судить только по количеству работ (1), в которых диссертант является единственным автором. Диссертант самостоятельно решал существенные и конкретные задачи, важные для успешной работы крупного коллектива по реализации прикладных задач, а также лично представлял свои результаты на ряде международных конференций. Наличие крупных международных авторских коллективов является объективной и характерной особенностью таких экспериментальных исследований.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована</u> ; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Диссертационная работа посвящена комплексному экспериментальному исследованию природы, микроструктуры и характерных параметров центров люминесценции в ниобатах лантаноидов, активированных трехвалентными ионами висмута. Актуальность такого исследования обусловлена активно проводящимся в настоящее время поиском перспективных широкощелевых материалов для использования в качестве люминофоров в белых светодиодах. К числу таких перспективных материалов, несомненно, относятся и детально исследованные в диссертационной работе ниобаты $\text{YNbO}_4$ , $\text{GdNbO}_4$ и $\text{LuNbO}_4$ , активированные ионами $\text{Bi}^{3+}$ с разными концентрациями. В этой связи актуальность выполненных автором диссертационной работы, не вызывает сомнений.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает</u> ; 2) Частично отражает; 3) Не отражает	В рецензируемой диссертации содержание отражает ее тему. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения и списка литературы. Во введении обосновано излагается актуальность работы; приведены цель, задачи, объект, методы и техника исследования; сформулированы научная новизна, практическая значимость; основные положения, выносимые на защиту; указана связь с научно-

		<p>исследовательскими программами; достоверность и апробация работы. Первый раздел посвящен обзору известной в литературе информации о спектроскопии материалов, активированных ионами <math>\text{Bi}^{3+}</math>. Приведены основные характеристики люминесценции ниобатов <math>\text{YNbO}_4</math>, <math>\text{LuNbO}_4</math> и <math>\text{GdNbO}_4</math>, активированных ионами <math>\text{Bi}^{3+}</math>. Во втором разделе подробно описаны объекты исследования и методика эксперимента. В третьем разделе исследовались характеристики фотолюминесценции нелегированных и легированных <math>\text{Bi}^{3+}</math> ниобатов лантаноидов, как при стационарном так и импульсном возбуждении в широком диапазоне температур 4.2–500 К. В четвертом разделе изучены процессы передачи энергии в <math>\text{LuNbO}_4:\text{Bi}^{3+}</math>, <math>\text{Eu}^{3+}</math>. В пятой главе методами спектроскопии с временным разрешением произведен сравнительный анализ интенсивных широких полос катодо- и фотолюминесценции ниобатов <math>\text{YNbO}_4:\text{Bi}</math>, <math>\text{LuNbO}_4:\text{Bi}</math> и <math>\text{GdNbO}_4:\text{Bi}</math>.</p>
	<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:  <u>1) соответствуют;</u>  2) частично соответствуют;  3) не соответствуют</p>	<p>Целью диссертационной работы является детальное экспериментальное исследование люминесцентных характеристик активированных ионами <math>\text{Bi}^{3+}</math> ниобатов лантаноидов: <math>\text{YNbO}_4:\text{Bi}</math>, <math>\text{GdNbO}_4:\text{Bi}</math>, <math>\text{LuNbO}_4:\text{Bi}</math> и <math>\text{LuNbO}_4:\text{Bi},\text{Eu}</math>, а также неактивированного ниобата <math>\text{LuNbO}_4</math>; выяснение природы их полос излучения; определение структуры и параметров соответствующих возбужденных состояний центров люминесценции; выяснение механизмов процессов, происходящих в возбужденных состояниях центров люминесценции. В диссертации сформулированы шесть задач. Полученные результаты отвечают поставленным задачам исследований и раскрывают название диссертации.</p>
	<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:  <u>1) полностью взаимосвязаны;</u>  2) взаимосвязь частичная;  3) взаимосвязь отсутствует</p>	<p>Диссертация представляет собой полностью заверченный труд. Полученные результаты и изложенные в работе научные результаты взаимосвязаны и удачно дополняют друг друга и направлены на решение проблемы: изучить физические основы спектроскопии активированных <math>\text{Bi}^{3+}</math> ионами ниобатов лантаноидов а также выработать практические рекомендации, позволяющие улучшать их характеристики при разработке белых светодиодов и полевых эмиссионных дисплеев.</p>
	<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы)</p>	<p>В первой главе «Спектроскопия материалов, активированных ионами <math>\text{Bi}^{3+}</math>» критически рассмотрены литературные данные по энергетическим</p>

		<p>аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>критический анализ есть</u>;</li> <li>2) анализ частичный;</li> <li>3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов</li> </ol>	<p>уровням иона <math>\text{Bi}^{3+}</math> и влиянию на них кристаллического поля, а также природа возбужденных состояний активированных ионами <math>\text{Bi}^{3+}</math> материалов. На основании критического анализа, были сделаны «Выводы по разделу 1, постановка цели и задач работы».</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>полностью новые</u>;</li> <li>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</li> <li>3) не новые (новыми являются менее 25%)</li> </ol>	<p>К основным научным результатам и положениям диссертационной работы следует отнести следующие положения:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Широкие полосы излучения неактивированных и активированных <math>\text{Bi}^{3+}</math> ниобатов лантаноидов <math>\text{YNbO}_4</math>, <math>\text{GdNbO}_4</math>, <math>\text{LuNbO}_4</math> с большими стоксовыми сдвигами обусловлены переходами из триплетного возбужденного состояния центра люминесценции. Сравнительно малая (<math>\sim 1</math> мэВ) энергия спин-орбитального расщепления этого состояния, а также отсутствие узких полос излучения в УФ-области, обусловленных излучательным распадом триплетного релаксированного возбужденного состояния иона <math>\text{Bi}^{3+}</math> (т.е. электронными переходами <math>{}^3P_1 \rightarrow {}^1S_0</math>) указывает на экситоноподобную природу всех наблюдаемых полос излучения, а также на тот факт, что триплетное релаксированное возбужденное состояние иона <math>\text{Bi}^{3+}</math> находится внутри зоны проводимости.</li> <li>2. Зависимости интенсивности излучения ниобатов, активированных ионами <math>\text{Bi}^{3+}</math>, от концентрации висмута в исследуемых образцах показывают, что сложная видимая полоса излучения этих материалов состоит из двух компонентов, возникающих в результате излучательного распада экситонов, локализованных около одиночных ионов <math>\text{Bi}^{3+}</math> и около димеров <math>\{\text{Bi}^{3+}\text{-Bi}^{3+}\}</math>.</li> <li>3. Обнаружена передача энергии от связанных с ионами <math>\text{Bi}^{3+}</math> центров люминесценции к ионам <math>\text{Eu}^{3+}</math> в ниобате <math>\text{LuNbO}_4:\text{Bi},\text{Eu}</math> и оценена возможность применения этого материала в белых светодиодах.</li> <li>4. Интенсивные широкие полосы катодолюминесценции ниобатов <math>\text{YNbO}_4:\text{Bi}</math>, <math>\text{GdNbO}_4:\text{Bi}</math>, <math>\text{LuNbO}_4:\text{Bi}</math> имеют комплексную структуру и являются суперпозицией нескольких полос экситонной природы.</li> </ol>

			Слабое сверхбыстрое излучение в ультрафиолетовой области спектра относится к так называемой внутризонной люминесценции.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) <u>полностью новые</u> ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Выводы и результаты диссертации базируются на большом объеме экспериментального материала. Выводы и полученные оригинальные научные результаты, сделанные по каждому разделу диссертации, доказательно подтверждены результатами детального анализа экспериментальных данных, полученных с применением люминесцентной спектроскопии.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые; 2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%)</u> ; 3) не новые (новыми являются менее 25%)	В представленной работе изучены изготовленные методом твердофазного синтеза микрокристаллические порошки ниобатов ( $\text{YNbO}_4$ , $\text{GdNbO}_4$ , $\text{LuNbO}_4$ ) активированных ионами трехвалентного висмута с разными концентрациями; а также применен уникальный способ одновременной активации ниобата $\text{LuNbO}_4$ ионами трехвалентных висмута и европия, что позволило обнаружить безызлучательную передачу энергии от возбужденных ионов $\text{Bi}^{3+}$ к ионам $\text{Eu}^{3+}$ .
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы <u>основаны</u> /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Выводы, приведенные в заключении, сделаны на основе экспериментальных результатов люминесцентной спектроскопии активированных $\text{Bi}^{3+}$ ионами ниобатов лантаноидов. Они не противоречат основным положениям физики/спектроскопии твердого тела. Выводы полностью подтверждают положения диссертационной работы.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u> ; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано	Все четыре основных положения, вынесенных на защиту, доказаны экспериментально, с применением методов люминесцентной спектроскопии.
		7.2 Является ли тривиальным? 1) да;	Элементы тривиальности в диссертационной работе отсутствуют. Все найденные закономерности и особенности изученных процессов

		2) <u>нет</u>	рассматривались не упрощенно, а с позиции современных знаний в области спектроскопии твердого тела.
		7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>	Основные положения, выносимые на защиту, являются результатом детального анализа новых/оригинальных экспериментальных данных, полученных с применением люминесцентной спектроскопии (стационарной и с временным разрешением). Ранее подобные положения и результаты исследований по теме диссертации не были кем-либо описаны в литературе.
		7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) <u>средний</u> ; 3) широкий	Уровень для применения оценивается как средний, так как областью внедрения является применение активированных материалов, обладающих широкими полосами излучения экситонной природы в видимой области спектра, для получения недорогих люминофоров для белых светодиодов.
		7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>	Все положения, выносимые на защиту, доказаны публикациями в периодических изданиях. На основании полученных экспериментальных данных за 2018-2021 годы диссертантом опубликовано 8 работ, в том числе: 2 статьи в базе Web of Science (Q1, Q2); 6 работ на международных конференциях
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>	При проведении исследований было обосновано использовано лабораторное оборудование, позволяющие получать достоверные результаты, описанное во втором разделе диссертации. Эксперименты проводились на люминесцентных установках Лаборатории физики ионных кристаллов Института физики Тартуского университета (Тарту, Эстония) и в Институте физики Польской Академии наук (Варшава, Польша).
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>	Все экспериментальные результаты, описанные в диссертационном исследовании, получены на люминесцентных установках, оснащенных современными компьютерными технологиями. Спектры обрабатывались в таких программах как Origin 8.0 (Origin Lab), CoCalc (Collaborative Calculation and Data Science), Color Calculator 6.0 (Osram Sylvania Inc.). Методы научного исследования подробно описаны во втором разделе диссертации.

		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): <u>1) да;</u> 2) нет	Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены результатами экспериментальных исследований.
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены/частично</u> подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Основные важные утверждения диссертационной работы подтверждены соответствующими ссылками на научную литературу.
		8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны/не</u> достаточны для литературного обзора	Список литературных источников диссертации насчитывает 139 научных работ, в том числе для литературного обзора 90, которых достаточно для проведения аналитического литературного обзора по теме диссертации.
9.	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; <u>2) нет</u>	Диссертационное исследование преимущественно выполнено экспериментально, следовательно носит больше прикладной характер, чем теоретический.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: <u>1) да;</u> 2) нет	Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике, а именно, для внедрение перспективных материалов, активированных ионами $Bi^{3+}$ , в процесс создания белых светодиодов.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые;	Степень новизны практических рекомендаций и предложений достаточно высокая. Полученные экспериментальные результаты показывают возможность практического применения активированных ионами $Bi^{3+}$ материалов, для создания недорогих эффективных

		2) <u>частично новые</u> (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	материалов, для создания недорогих эффективных люминофоров для белых светодиодов, а также полевых эмиссионных дисплеев.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) <u>высокое</u> ; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертация написана грамотным научно-техническим языком, доступным и профессиональным техническим стилем. Формулировки основных положений и выводов носят законченный характер и являются достоверными. Незначительное количество опечаток не снижает качество диссертационной работы.

### Заключение о возможности присуждения степени доктора философии (PhD)

Диссертационная работа, выполненная на тему: «Спектроскопия активированных  $Bi^{3+}$  ионами ниобатов лантаноидов – перспективных материалов для белых светодиодов» представляет собой законченную исследовательскую работу, имеющую экспериментальный характер. Считаю, что по содержанию и оформлению она соответствует всем требованиям, предъявляемым Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК к диссертациям, а ее автор Кисабекова Асемгуль Агибаевна заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по направлению подготовки кадров специальности «6D072300 – Техническая физика».

### Официальный рецензент:

Кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор,

Директор департамента науки Актюбинского регионального университета им. К. Жубанова



Л.Н. Мясникова

Подпись

К.ф.-м.н., асс.профессора Л.Н. Мясниковой  
«Заверяю»



Руководитель службы управления персоналом  
и документооборота АРУ им. К. Жубанова  
Есеналина Л.С.

