

## ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу Алпысовой Гульнур Кенжебековны на тему «Влияние условий радиационного синтеза на люминесценцию YAG:Ce керамики», 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 соответствует приоритетному направлению «Научные исследования в области естественных наук», утвержденного Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан от 29 апреля 2020 года. Диссертационная работа выполнялась в соответствии с научно-исследовательской программой: Программа грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан по теме AP08052050 «Разработка и совершенствование синтеза люминесцирующей YAG:Ce нанокерамики в поле мощных потоков радиации» 2020-2022 гг.
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта/не раскрыта</u>	Работа вносит существенный вклад в науку, поскольку в диссертации рассматриваются новые материалы (керамика YAG:Ce, синтезированная радиационным методом) как претендентов на использование в качестве люминофоров для белых светодиодов, в качестве сцинтилляторов. Поиск новых материалов для люминофоров является актуальной проблемой в настоящее время. Таким образом, работа вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта.

3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: <u>1) Высокий;</u> 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	Докторант активно участвовал на всех этапах совместного проекта, самостоятельно выполнил все необходимые эксперименты в течении длительных командировок в Россию (г. Томск Томский политехнический университет) и Латвию (г. Рига Латвийский университет). Уровень самостоятельности выполненной работы оценивается как высокий, что подтверждено выпиской из отчета НЦНТИ.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: <u>1) Обоснована;</u> 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность работы заключается в следующем. Люминофоры на основе YAG:Ce являются основными при использовании в светодиодных источниках белого света. С их помощью УФ излучение чипов на основе InGaN преобразуется в видимое. Эффективностью преобразования излучения определяются качественные и количественные характеристики СД. Синтез сложных по составу YAG:Ce люминофоров сложен, потому что температуры плавления исходных материалов составляют от 1800 до 2400°C, время синтеза – не менее 200 часов. Сложность синтеза самым распространенным термическим методом сказывается на воспроизводимости люминесцентных свойств, характеристики чрезвычайно важной для производства СД. СД должны иметь постоянные характеристики. При использовании термического метода воспроизводимость обеспечивается строжайшим соблюдением технологических регламентов, чрезвычайно трудным является процесс совершенствования метода. В связи со сложностью термического метода разрабатываются новые методы синтеза. Перспективным представляется радиационный метод. Метод позволяет проводить синтез без использования любых других вспомогательных материалов, за времена, равные 1 с.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: <u>1) Отражает;</u> 2) Частично отражает;	Тема диссертации отражена в ее содержании, т.е. полностью соответствует всем пунктам, заявленным в структуре работы.

		3) Не отражает	
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют</u> ; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Цель и задачи соответствуют теме диссертации и в полной мере раскрывают все основные аспекты исследования.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u> ; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны. Исследование грамотно выстроено с точки зрения логики научного исследования: в теоретической части описаны методы синтеза керамик на основе YAG, в практической части представлены экспериментальные результаты измерений, их анализ и выводы.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть</u> ; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	Решения, принципы и методы, предложенные автором в данной работе аргументированы и подтверждены в соответствии с основными научными методами исследования.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) <u>полностью новые</u> ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Научные результаты и положения являются полностью новыми, т.к. радиационный метод синтеза YAG:Ce люминофоров используется впервые. Синтезированная YAG:Ce керамика имеет характерные свойства для люминофоров, керамики на основе YAG:Ce, YAGG:Ce, полученных другими методами. Дифрактограммы полностью соответствуют известным для YAG:Ce кристаллов по положению и соотношению пиков.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) <u>полностью новые</u> ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%);	Выводы диссертации являются полностью новыми, т.к. 1. Синтезирована люминесцирующая керамика на основе YAG:Ce посредством воздействия мощных потоков высокоэнергетических электронов непосредственно на шихту из

		3) не новые (новыми являются менее 25%)	<p>оксидов металлов без их предварительной обработки и использования дополнительных и вспомогательных материалов.</p> <p>2. Синтезированная YAG:Ce керамика имеет характерные свойства для люминофоров, керамики на основе YAG:Ce, YAGG:Ce, полученных другими методами. Керамика представляет собою слипшиеся частицы с размерами 1-30 мкм с явно выраженными плоскостями, характерными для кристаллов. Это свидетельствует о существовании тенденции формирования кристаллической структуры при синтезе. Дифрактограммы полностью соответствуют известным для YAG:Ce кристаллов по положению и соотношению пиков.</p> <p>3. Выполненные исследования позволили обнаружить различия в спектрально-кинетических характеристиках люминесценции полученных радиационным синтезом образцов YAG:Ce керамики: положении и полуширине полос люминесценции, кинетике затухания люминесценции, в зависимости от условий синтеза. Разброс значений характеристик наблюдается как в образцах разных серий, так и в образцах одной серии. Эти отличия достигают <math>\pm 5</math> нм, 0.02 эВ и <math>\pm 4</math> нс, соответственно, и превышают доверительный интервал измерений, который нами определен таким: <math>\pm 1</math> нм, 0.01 эВ и <math>\pm 2</math> нс. Таким образом, разброс значений спектральных характеристик люминесценции, то есть воспроизводимости результатов синтеза, не зависит от разницы температур тигля при синтезе, положения образцов серии в тигле, степени компактирования, скорости сканирования пучка при синтезе.</p> <p>4. Синтезированные керамические образцы показывают 50-60% эффективности преобразования фотолюминесценции по сравнению с промышленными YAG:Ce люминофорами. В сериях образцов, модифицированных гадолинием эффективность преобразования больше, чем в не содержащих гадолиний.</p>
--	--	---	--

			<p>5. Кинетические характеристики люминесценции синтезированной керамики подобны материалам на основе YAG:Ce. При фотовозбуждении кинетика имеет характеристическое время затухания ~ 60 нс, который является доминирующим компонентом затухания. При возбуждении катодолюминесценции прослеживается такая же тенденция по спектральным и кинетическим характеристикам, но имеются три компонента затухания. Относительная сцинтилляционная эффективность достигает 40% эффективности эталонного YAG:Ce сцинтиллятора. Квантовый выход фотолюминесценции керамик сопоставим с промышленными (коммерческими) образцами.</p>
		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:  <u>1) полностью новые;</u>  2) частично новые (новыми являются 25-75%);  3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Технические решения являются полностью обоснованными и новыми. Предложен новый экспресс-метод измерения и эффективности люминесценции люминофоров.</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>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)</p>	<p>Все основные выводы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы.</p>
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:  7.1 Доказано ли положение?  <u>1) доказано;</u>  2) скорее доказано;  3) скорее не доказано;</p>	<p><u>1 положение:</u> Структура получаемой радиационным методом YAG:Ce керамики зависит от технологических режимов синтеза.  Синтезированная YAG:Ce керамика имеет характерные свойства для люминофоров, керамики на основе YAG:Ce, YAGG:Ce, полученных другими методами. Керамика представляет собою слипшиеся частицы с размерами 1 – 30 мкм</p>

		<p>4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?  1) да;  <u>2) нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым?  1) <u>да</u>;  2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения:  1) узкий;  2) средний;  <u>3) широкий</u></p> <p>7.5 Доказано ли в статье?  1) <u>да</u>;  2) нет</p>	<p>с явно выраженными плоскостями, характерными для кристаллов. Существует тенденция формирования кристаллической структуры при синтезе. Дифрактограммы полностью соответствуют известным для YAG:Ce кристаллов по положению и соотношению пиков.</p> <p>7.1 доказано;  7.2 не является тривиальным  7.3 является новым  7.4 Уровень для применения широкий  7.5 Доказано в статье</p> <p><u>2 положение:</u> Наблюдается разброс значений спектральных характеристик люминесценции керамик, полученных в одном тигле. Разброс значений спектральных характеристик люминесценции слабо зависит от разницы температур тигля при синтезе, положения образцов серии в тигле, степени компактирования, скорости сканирования пучка при синтезе. Выполненные исследования позволили обнаружить различия в спектрально-кинетических характеристиках люминесценции полученных радиационным синтезом образцов YAG:Ce керамики: положении и полуширине полос люминесценции, кинетике затухания люминесценции, в зависимости от условий синтеза. Разброс значений характеристик наблюдается как в образцах разных серий, так и в образцах одной серии. Эти отличия достигают <math>\pm 5</math> нм, 0.02 эВ и <math>\pm 4</math> нс, соответственно, и превышают доверительный интервал измерений, который нами определен таким: <math>\pm 1</math> нм, 0.01 эВ и <math>\pm 2</math> нс. Таким образом, разброс значений спектральных характеристик люминесценции, то есть воспроизводимости результатов синтеза, мало зависит от разницы температур тигля при синтезе, положения образцов серии в тигле, степени компактирования, скорости сканирования пучка при синтезе.</p> <p>7.1 доказано;  7.2 не является тривиальным</p>
--	--	---	---

			<p>7.3 является новым</p> <p>7.4 Уровень для применения широкий</p> <p>7.5 Доказано в статье</p> <p><u>3 положение:</u> Синтезированные керамические образцы показывают 50-60% эффективности преобразования энергии возбуждения в люминесценцию по сравнению с промышленными</p> <p>7.1 доказано;</p> <p>7.2 не является тривиальным</p> <p>7.3 является новым</p> <p>7.4 Уровень для применения широкий</p> <p>7.5 Доказано в статье</p> <p><u>4 положение:</u> Относительная световая эффективность полученной YAG:Ce керамики достигает 40% эффективности эталонного YAG:Ce сцинтиллятора. Квантовый выход фотолюминесценции синтезированной керамики и промышленных (коммерческих) образцов сопоставимы.</p> <p>7.1 доказано;</p> <p>7.2 не является тривиальным</p> <p>7.3 является новым</p> <p>7.4 Уровень для применения широкий</p> <p>7.5 Доказано в статье</p> <p>Все положения, выносимые на защиту, доказаны публикациями в периодических изданиях. На основании полученных экспериментальных данных за 2018-2021 года диссертантом опубликовано 16 работ, в том числе: 7 статьи в базе Web of Science и Scopus; 3 статьи, в журналах, рекомендованных КОКСОН, 6 работ на международных конференциях.</p>
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана <u>1) да;</u> 2) нет	При проведении исследований было использовано лабораторное оборудование, позволяющие полноценно получать достоверные результаты. Измерения проводились на экспериментальных установках Лаборатории лазерной техники и технологии ИШНПТ Томского политехнического университета (Томск,

			Россия), в Евразийском Национальном университете им. Л.Н. Гумилева. Методология подробно описана в диссертации.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: <u>1) да;</u> 2) нет	Все результаты, приведенные в диссертационном исследовании получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: программах Origin 2017.0 (Origin Lab), MS Excel.
		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 подтверждены/не подтверждены</u> ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.
		8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны/не достаточны</u> для литературного обзора	Используемые источники литературы весьма достаточны и обширны для литературного обзора. В диссертации приведено 126 литературных источников.
9.	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: <u>1) да;</u> <u>2) нет</u>	Данная работа посвящена практическим исследованиям по исследованию зависимости результатов синтеза от технологических режимов, изучается закономерности воспроизводимости результатов при синтезе.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая	Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: Были проведены исследования для оценки



		<p>вероятность применения полученных результатов на практике:</p> <p><u>1) да;</u> 2) нет</p>	<p>возможности синтеза YAG:Ce керамика радиационным методом, для применения иттрий-алюминиевого граната легированных активатором Ce и модификатором Gd, в качестве люминофоров для белых светодиодов.</p>
		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми?</p> <p><u>1) полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Предложения для практики являются полностью новыми</p>
10.	<p>Качество написания и оформления</p>	<p>Качество академического письма:</p> <p><u>1) высокое;</u> 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.</p>	<p>Качество академического письма высокое, работа изложена достаточно ясным научно-теоретическим текстом.</p>

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

Диссертационная работа, выполненная на тему: «Влияние условий радиационного синтеза на люминесценцию YAG:Ce керамики» представляет собой законченную исследовательскую работу имеющей экспериментальный характер. Считаю, что она по содержанию и оформлению соответствует всем требованиям, предъявляемым Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК к диссертациям, а ее автор Алпысова Гульнур Кенжебековна заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по направлению подготовки кадров специальности «6D072300 – Техническая физика».

### Официальный рецензент:

д.ф.-м.н., профессор кафедры «Радиотехники, электроники и телекоммуникаций»  
Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина

