

## Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Ковгар Викторией Викторовны «Спектрально-люминесцентные и лазерные свойства иттербий-содержащих иттрий-алюмоборатных и теллуритно-вольфраматных стекол», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика

### *1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите.*

В представленной диссертационной работе изложены результаты исследования спектроскопических и лазерных свойств ряда новых Yb-содержащих стекол, солегированных хромом или эрбием, а также каналов и механизмов переноса и диссипации энергии электронного возбуждения. Содержание и результаты диссертационной работы полностью соответствуют пункту 3 (спектроскопия твердого тела, люминесценция, обратимые и необратимые фотопроецессы) раздела «Область исследования» паспорта специальности 01.04.05 – оптика и отрасли «физико-математические науки».

### *2. Актуальность темы диссертации.*

Актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью постоянного обновления и совершенствования элементной базы фотоники, квантовой и оптоэлектроники, а также оптических систем для использования солнечной энергии. Результаты, изложенные в диссертации, демонстрируют, как эти проблемы могут решаться на конкретном примере Yb- и Yb-Cr(Er)-содержащих стекол, имеют несомненную практическую ценность и могут использоваться для разработки новых лазерных сред, визуализаторов ИК-излучения, люминесцентных концентраторов и конверторов солнечного излучения.

Тема диссертации Ковгар В.В. соответствует пункту 4 «Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы: микро-, опто- и СВЧ-электроника, фотоника, микросенсорика; композиционные и многофункциональные материалы» приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы согласно Указа Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 г. № 156.

Все это подтверждает актуальность темы диссертации В.В. Ковгар.

### *3. Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту.*

Научная новизна результатов и положений, выносимых на защиту, не вызывает сомнений, это подтверждается тем, что основные результаты диссертационной работы опубликованы в реферируемых международных

научных изданиях. В частности, хотелось бы выделить следующие результаты:

1. Продемонстрировано существенное (на два порядка) ослабление кооперативной люминесценции, обусловленной парными  $\text{Yb}^{3+}$ - $\text{Yb}^{3+}$ -центрами, склонными к фотовосстановлению  $\text{Yb}^{3+}$  до  $\text{Yb}^{2+}$ , в  $\text{Yb}$ -содержащих хантитоподобных стеклах по сравнению с кварцевыми стеклами с той же концентрацией иттербия, что позволяет снизить потери энергии накачки, особенно в режиме модулированной добротности, и увеличить фотостойкость активного материала;

2. В разработанных стеклах исследована зависимость квантового выхода люминесценции как от концентрации оксида иттербия (III), так и от концентрации ОН-групп, и предложены способы уменьшения их концентрации;

3. Зарегистрировано возбуждение люминесценции ионов  $\text{Yb}^{3+}$  в хантитоподобном стекле за пределами их полосы поглощения, что интерпретировано как безызлучательный перенос энергии возбуждения от стоксовых спутников комбинационного рассеяния света на электронный энергетический уровень  $^2\text{F}_{5/2}$  иона иттербия, а также при возбуждении в полосе переноса заряда  $\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Yb}^{3+}$ ;

4. Установлена роль разновалентных ионов хрома в процессах переноса энергии в иттрий-алюмооборатных и иттрий-кремний-алюмооборатных стеклах, солегированных иттербием и хромом;

5. Впервые определено энергетическое положение штарковских подуровней ионов  $\text{Yb}^{3+}$  в  $\text{Yb}$ -содержащих теллуритно-вольфраматных стеклах. Предложены схемы возбуждения генерации в лазерах на основе данных стекол с малыми стоксовыми потерями;

6. Показано влияние величины минимального расстояния между ионами соактиваторов в  $\text{Yb-Er}$ -содержащих стеклах на квантовые выходы «up»-конверсии в состояния  $^4\text{S}_{3/2}$  и  $^4\text{F}_{9/2}$  ионов  $\text{Er}^{3+}$  при квазистационарном и моноимпульсном возбуждении.

#### ***4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.***

Достоверность и обоснованность выводов и положений диссертации обеспечивается использованием общепризнанных экспериментальных методов исследования спектрально-люминесцентных характеристик материалов и последующего анализа и обработки полученных данных. Полученные результаты в тех случаях, когда такое сравнение возможно, согласуются с данными, полученными другими авторами.

### ***5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию.***

Научная значимость результатов диссертации заключается в выявлении и детальном исследовании фундаментальных процессов переноса и диссипации энергии возбуждения в разработанных Yb-, Yb-Er-, Yb-Cr-содержащих стеклах, а также в установлении взаимосвязи этих процессов со спектрально-люминесцентными и лазерными свойствами указанных материалов. Это потребовало от соискателя не только освоения соответствующих экспериментальных методик, но и серьезного изучения физических свойств ионов иттербия, эрбия и хрома, что позволило дать убедительную интерпретацию наблюдаемых явлений. Диссертация, таким образом, существенно углубляет понимание процессов, происходящих в таких многокомпонентных системах, и, безусловно, будет полезна при изучении других разновидностей активированных материалов.

Практическая значимость результатов диссертации состоит в возможности их использования для разработки и объяснения свойств оптических материалов, активированных ионами иттербия, эрбия и хрома, что представляется важным при создании новых активных элементов, преформ для вытяжки оптоволокна, конверторов и концентраторов солнечного излучения для кремниевых солнечных элементов.

Результаты диссертации могут быть использованы в Институте физики НАН Беларуси, БГУ, ГГУ имени Ф. Скорины и других научно-исследовательских организациях и учреждениях образования Республики Беларусь, занимающихся проблемами спектроскопии редких земель, а также в зарубежных центрах, с которыми автор диссертации поддерживает тесные связи. В частности, результаты были внедрены в учебный процесс кафедры «Химическая технология стекла и ситаллов» РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва (акт о практическом использовании представлен в ПРИЛОЖЕНИИ В к диссертации), что свидетельствует об их высокой социальной значимости.

### ***6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати.***

Результаты диссертационного исследования достаточно полно изложены в 25 научных работах, среди которых 4 статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах из Перечня ВАК Республики Беларусь, и 4 патента на изобретение. Материалы диссертации апробированы на международных и региональных конференциях.

### ***7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК.***

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК. Диссертационная работа состоит из перечня условных обозначений, введения, общей характеристики работы, 4 глав, заключения, списка

использованных источников, 3-х приложений. Полный объем диссертации составляет 127 страниц. Список использованных источников содержит библиографический список (135 наименований) и список публикаций соискателя ученой степени (25 наименований). Материал диссертации излагается логично и последовательно. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

#### **8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует.**

Уровень постановки задач, использованные для исследования методы, научная и практическая значимость полученных результатов подтверждают соответствие научной квалификации соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

#### **9. Замечания по диссертации.**

1. Учитывая, что соискатель определил положение штарковских подуровней  $Yb^{3+}$  в теллуритно-вольфраматном стекле, а также по формуле (4.11) и методу соответствия значения радиационной длительности и сечения вынужденного излучения, возникает вопрос, почему подобная методика, обеспечивающая более точные значения данных параметров, не использовалась при исследовании  $Yb$ -содержащего хантитоподобного стекла?

2. Соискатель указывает, что формирование кристаллической фазы при отжиге  $Yb$ -содержащего хантитоподобного стекла начинается при температуре  $\sim 760$  °С, однако не подтверждает данный факт изменениями в спектрах люминесценции.

3. Соискатель утверждает, что основным механизмом взаимодействия ионов  $Cr^{3+}$  и  $Yb^{3+}$  для большинства стекол является диполь-дипольный, однако, не приводится убедительных доказательств того, что этот механизм является именно диполь-дипольным.

4. По тексту диссертации встречаются терминологические неточности, например, «перенос возбуждения» вместо «перенос энергии возбуждения»; «концентрация  $Yb_2O_3$ », хотя речь идет о молярном содержании оксида иттербия; используется термин «интегральная длительность затухания люминесценции», в то время как это средневзвешенное время по кинетике затухания люминесценции.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общего положительного впечатления от работы, а также степени обоснованности и надежности полученных результатов.

#### **10. Выводы.**

Диссертационная работа Ковгар Викторией Викторовны «Спектрально-люминесцентные и лазерные свойства иттербий-содержащих иттрий-алюмооборатных и теллуритно-вольфраматных стекол» является завершённой

квалификационной научной работой и отвечает всем требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным главой 3 «Положения о присуждении ученой степени и присвоении ученых званий». В ней содержатся новые научно обоснованные результаты, имеющие важное значение для развития спектроскопии и люминесценции твердотельных материалов, легированных иттербием, эрбием и хромом.

Автор диссертационной работы Ковгар Виктория Викторовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика за следующие научные результаты:

– разработку и исследование Yb-содержащего хантитоподобного стекла с низкой концентрацией кластеров Yb–Yb, ответственных за кооперативную люминесценцию и фотовосстановление Yb<sup>3+</sup> до Yb<sup>2+</sup>;

– разработку Yb–Cr-содержащих иттрий-алюмоборатных и иттрий-кремний-алюмоборатных стекол с квантовым выходом сенсibilизированной люминесценции ионов Yb<sup>3+</sup> сравнимым с величиной одноименного параметра для соответствующих стеклокерамик, а также определение схем переноса энергии возбуждения и механизма донор-акцепторного взаимодействия ионов хрома и иттербия;

– определение по низкотемпературным спектрам поглощения и люминесценции положения энергетических штарковских подуровней ионов Yb<sup>3+</sup>, стокова сдвига и квантового дефекта в теллуритно-вольфраматных стеклах, легированных иттербием.

Я, Ясюкевич Анатолий Сергеевич, даю согласие на публикацию данного отзыва в открытом доступе на официальном сайте Института физики НАН Беларуси в сети Интернет.

Официальный оппонент  
Ведущий научный сотрудник НИЦ  
оптических материалов и технологий  
филиала БНТУ «Научно-исследовательский  
политехнический институт»  
Кандидат физ.-мат. наук, доцент

А.С. Ясюкевич

20.03.2023

Подпись Ясюкевича  
Начальник  
отдела кадров  
20.03.2023



*[Handwritten signature]*

удостоверяю.

*[Handwritten signature]*