

TOMSK  
POLYTECHNIC  
UNIVERSITY



ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

В диссертационный совет ДС. ТПУ.03

При ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский

Томский политехнический университет»

634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30

### **ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на диссертационную работу Цай Миншэн

**«Исследование структурных и люминесцентных свойств перовскитных  
люминофоров на основе  $\text{BaScO}_2\text{F}$ , легированных ионами висмута и европия»,**  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния»

Белые светодиоды стали новыми источниками света для освещения и подсветки дисплеев в 21 веке. Согласно прогнозу, к 2035 году на светодиодное освещение будет приходиться 84% всех осветительных установок. Однако по состоянию на 2020 год на светодиодное освещение приходится всего около 35%, что свидетельствует о том, что существуют значительные возможности для расширения поиска и развития технологий синтеза и исследования новых материалов для светодиодных систем. Неорганические люминофоры, известные как светопреобразующие материалы, считаются одними из ключевых компонентов светодиодов. Как правило, люминофоры состоят из матричного материала, определяющую кристаллическую структуру и активаторов примесных центров, ответственных за светоизлучающие свойства люминофора. Сочетание свойств матрицы/активатор напрямую влияет на люминесцентные свойства, включая эффективность преобразования излучения, длину волны излучения, термическую стабильность и форму спектров свечения. На сегодняшний день исследуются большое количество различных по составу матриц люминофоров и активаторов. Люминофоры преобразуют ультрафиолетовое или синее излучение светодиодных чипов в свет с расчетной длиной волны.

На сегодняшний день известны несколько поколений люминофоров как преобразователя излучения. Каждая стадия развития составов люминофоров характеризуется постепенным улучшением светоизлучающих свойств. Однако существует необходимость в поиске новых высокоэффективных, термостабильных, обладающих узкополосным с перестраиваемым по длинам воли излучением и высокими параметрами цветопередачи люминофорах.

В качестве таких систем в диссертационной работе были предложены оксидные люминофоры со структурой перовскита  $ABO_3$ . Было показано, что путем направленного изменения микроокружения в кристаллической решетке и со-активацией примесными центрами свечения (ионы висмута/европия) можно варьировать спектральный состав и повышать эффективность светоизлучающих характеристик люминофора. Диссертационная работа Цай Миншэн направлена на синтез и комплексные исследования закономерностей протекающих в люминофорах со структурой перовскита состава  $BaScO_2F$  путем направленного микроокружения матрицы и примесных центров люминесценции изменения микроокружения матрицы и примесных центров люминесценции.

Научная новизна исследования заключается в том, что в работе методом твердофазной реакции были синтезированы серии перовскитных люминофоров составов  $BaScO_2F$ , активированных ионами висмута с наилучшими оптико-люминесцентными свойствами. Проведен комплекс исследований посвященный оценке параметров кристаллической решетки люминофора  $BaScO_2F:Bi^{3+}$ . Изучено влияние компенсации заряда ионами  $Na^+$ ,  $K^+$  и  $Rb^+$  на люминесцентные свойства и термическую стабильность люминофоров. Обнаружено, что в перовскитных люминофорах состава  $(Ba,Ca)ScO_2F:Bi^{3+}, K$  путем направленного изменения микроструктуры матрицы ионами  $Ca^{2+}$ , замещающими ионы  $Ba^{2+}$ , наблюдается искажение кристаллической решетки, что приводит к увеличению уровня расщепления кристаллического поля, влияющего на повышение интенсивности люминесценции и термической стабильности  $(Ba,Ca)ScO_2F:Bi^{3+}, K$ . Показано влияние со-активации ионами европия на спектрально-люминесцентные свойства, демонстрирующие эффективные перестраиваемые светоизлучающие характеристики в спектральном диапазоне 450 – 650 нм при различных длинах волн возбуждения (320 – 415 нм).

Цай Миншэн выполнил большой объем работы по изучению оптимальных составов и оценке спектрально-люминесцентных закономерностей исследуемых люминофоров со структурой перовскита, подходил к работе тщательно, с надлежащим упорством. В целом, в ходе проведения экспериментальных исследований Цай Миншэн проявил себя как трудолюбивый, настойчивый и инициативный исследователь,

способный добиваться поставленной цели.

Основные результаты, изложенные в диссертационной работе, были апробированы на международных конференциях, проходивших в Чунцине (Китай), Шанхае (Китай). Всего было опубликовано 4 статьи, индексируемые в международных базах данных Scopus и Web of Science (в журналах, входящих в первый и второй квартиль).

На протяжении всего обучения Цай Миншэн зарекомендовал себя как высококвалифицированный и инициативный специалист, способный решать сложные научные задачи в области физики конденсированного состояния.

В соответствии с выше изложенным, считаю, что диссертационная работа «Исследование структурных и люминесцентных свойств перовскитных люминофоров на основе  $\text{BaScO}_2\text{F}$ , легированных ионами висмута и европия» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п.2 Порядка присуждения ученых степеней Томском политехническом университете (утверждённого приказом №362-1/од от 28.12.2021 г.), а ее автор Цай Миншэн заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния».

Научный руководитель:

к.ф.-м.н., доцент Отделения

Материаловедения,

ИШНПТ, ФГАОУ ВО НИ ТПУ

06.10.13

подпись Валиева Д.Т. заверяю

к.т.н., ученый секретарь

ФГАОУ ВО НИ ТПУ»

Валиев Дамир Талгатович



Кулинич Екатерина Александровна



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. +7 (3822) 70-17-77, доб. 5757, [rubinfc@tpu.ru](mailto:rubinfc@tpu.ru)