

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки: 13.06.01 Электро-и Теплотехника  
Профиль: 05.09.07 Светотехника  
Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
Отделение материаловедения

**Научно-квалификационная работа**

Тема научно-квалификационной работы
Синтез и исследование люминофоров для «белых» светодиодов

УДК

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А6-29	Лан Тяньчунь		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Корепанов В.И.	д.ф.-м.н., профессор		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Клименов В. А.	д.т.н., профессор		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Корепанов В.И.	д.ф.-м.н., профессор		

Научный консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Хань Т.	д.т.н., профессор		

## Аннотация к научному докладу научно-квалификационной работы

Метод: Для синтеза люминофоров использовался высокотемпературный твердофазный метод.

Основные результаты работы:

При исследовании жёлто-красного люминофора  $\text{YAG:Ce}^{3+}/\text{xMn}^{2+}/\text{xSi}^{4+}$  ( $\text{x}=0-0.2$ ) изучена относительная заселенность ионов  $\text{Mn}^{2+}$ , процессы передачи энергии между  $\text{Ce}^{3+} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ . Показано, что в процессе синтеза в результате высокотемпературных твердофазных реакций ионы  $\text{Mn}^{2+}$  в основном занимают додекаэдрическое положение  $\text{Y}^{3+}$  в решетке YAG, а некоторые из них занимают октаэдрическую позицию  $\text{Al}^{3+}$ . После легирования ионов в матрицу YAG благодаря передаче энергии от  $\text{Ce}^{3+}$  к  $\text{Mn}^{2+}$  синтезированный люминофор может эффективно возбуждаться синим светом и излучать ярко-красный свет. С использованием синтезированного люминофора создан белый светодиод с улучшенной цветовой температурой (CCT) и индексом цветопередачи (CRI).

Исследована фазовая структура и люминесцентные свойства люминофоров твердого раствора  $\text{LuAG:0.1Ce}^{3+}/\text{Mn}^{2+}/\text{Si}^{4+}$ . Люминофор  $\text{LuAG:Ce}^{3+}/\text{xMn}^{2+}/\text{xSi}^{4+}$  ( $\text{x}=0-0.2$ ) демонстрирует существенное уширение спектра ( $83 \rightarrow 115$  нм) из-за  $5d \rightarrow 4f$ -перехода  $\text{Ce}^{3+}$  и  ${}^4\text{T}_1 \rightarrow {}^6\text{A}_1$  перехода  $\text{Mn}^{2+}$ , соответственно. Эффективность передачи энергии ( $\eta_{\text{T}}$ ,  $\text{Ce}^{3+} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ ) постепенно увеличивается с ростом содержания  $\text{Mn}^{2+}$  и ее значение достигает приблизительно 45% при  $\text{x}=0.2$ . Показано, что изменение параметров люминесценции основаны на эффекте структурной вариации, сопровождающейся заменой более крупной пары  $(\text{LuAl})^{6+}$  на  $(\text{MnSi})^{6+}$ . Таким образом, с помощью изменения содержания  $\text{Mn}/\text{Si}$  и последующим развитием структуры люминофоров в твердом растворе люминесценция может быть изменена с зеленого на оранжево-красный. Это является важным результатом для изготовления «белых» светодиодов, применяемых в общем освещении. Установлено также, что спектры PL люминофоров  $\text{LuAG:0.1Ce}^{3+}/\text{Mn}^{2+}/\text{Si}^{4+}$  при синем возбуждении могут давать оранжево-красное излучение и тем самым улучшая CCT и CRI.

Исследована фазовая структура и люминесцентные свойства люминофоров на основе твердых растворов  $\text{TbAG:0.1Ce}^{3+}/\text{Mn}^{2+}/\text{Si}^{4+}$  ( $\text{x}=0-0.2$ ). При возбуждении длиной волны 456 нм  $\text{TbAG:Ce}^{3+}/\text{Mn}^{2+}/\text{Si}^{4+}$  происходит перенос энергии (ET) в матрице центрами красного излучения и это может быть использовано для улучшения цветопередачи. Эффективность переноса энергии ( $\eta_{\text{T}}$ ,  $\text{Ce}^{3+} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ ) постепенно увеличивается с ростом содержания  $\text{Mn}^{2+}$ , и достигает приблизительно 32% при  $\text{x}=0.2$ .

Выявлено, что, изменения параметров люминесценции основаны на эффекте структурной вариации замещения пары  $(\text{MnSi})^{6+}$  более крупной парой  $(\text{TbAl})^{6+}$ . Показано,

что спектры излучения люминофоров TbAG:0.1Ce<sup>3+</sup>/Mn<sup>2+</sup>/Si<sup>4+</sup> при возбуждении синим цветом могут давать оранжево-красное излучение, тем самым улучшая CCT и CRI. При структурных изменениях люминесценция люминофоров на основе твердых растворов может быть изменена с желтой на оранжево-красную с помощью увеличения содержания Mn/Si для применений в белых светодиодах (WLED)

Практическая значимость работы состоит в том, что полученные результаты исследований могут быть использованы для создания широкого спектра светодиодов с различными и варьируемыми параметрами (индекс цветопередачи, цветовая температура) за счет увеличения красной компоненты люминофора, обусловленной ионами марганца.

Результаты работы были опубликованы в 10 статьях в зарубежных журналах, индексированы в базе данных Scopus, Web of Science.