

## ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертации ЦЗЮЙ ЯНЯН на тему «НАГРЕВАНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ЛЮМИНОФОРОВ ПРИ ПРЕОБРАЗОВАНИИ ЭНЕРГИИ ВОЗБУЖДЕНИЯ В ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

ЦЗЮЙ ЯНЯН после окончания магистратуры ТПУ по специальности электроника и микроэлектроника зачислена в аспирантуру ТПУ в 01.10.2015 года. Завершает обучение в аспирантуре ТПУ в 2019 году.

Для научных исследований Янян Цзюй была поставлена следующая задача: оценить величину нагревания люминофора при преобразовании излучения чипа в люминесценцию. Необходимость решения этой задачи обусловлена следующим. Наиболее эффективные современные светодиоды представляют собою излучающий в синей области спектра чип на основе InGaN, покрытый люминофором, преобразующим это излучение в излучение видимого диапазона. Преобразование излучения обязательно сопровождается потерями энергии, обусловленными разницей в энергиях квантов возбуждения и люминесценции. Потери энергии в люминофоре проявляются в нагревании люминофора. Нагревание люминофора может приводить к спаду эффективности преобразования, при длительном нагревании – к деградации люминофора. Поэтому необходима информация о величине нагревания и времени нагревания люминофора в процессе эксплуатации светодиода.

В светодиоде нагревание люминофора происходит за счет тепла из двух источников, кроме внешних. Часть тепла передается люминофору от чипа, за счет потерь энергии в нем. Часть – за счет потерь в самом люминофоре при преобразовании энергии возбуждения в люминесценцию. Величина нагревания за счет потерь в чипе изучена достаточно подробно. Величина потерь на нагревание в люминофоре за счет процессов в нем изучена недостаточно. Причина в том, что нагревание люминофора в процессе преобразования энергии в нем меньше, чем от чипа. Поэтому выделение этой доли нагревания на фоне других источников – сложная задача. Но по мере снижения потерь энергии в чипе, которая ожидается, доля потерь энергии за счет потерь в самом люминофоре будет расти. Стоксовы потери энергии в люминофоре не уменьшить, более того они со временем будут выше, поскольку будут расти требования к повышению качества света, расширению спектра люминесценции.

В работе Янян Цзюй выполнен цикл исследований, направленных на оценку нагревания люминофора при преобразовании энергии возбуждения от чипа в люминесценцию. Для исследований выбраны промышленные люминофоры на основе  $\text{IAI}:\text{Ce}$ , синтезированные в двух известных организациях. Изучены люминесцентные характеристики двух серий выбранных люминофоров: спектры люминесценции, возбуждения, кинетика затухания, энергетический выход преобразования. Выполнены теоретические расчеты предельных значений потерь энергии в выбранных люминофорах с использованием полученной экспериментально информации о свойствах. Показано, что при использовании чипов, излучающих в области 460 нм потери энергии на нагревание люминофора не могут быть меньше 27%. Установлено, что время нагревания люминофоров за счет процессов

преобразования энергии составляет 30 – 200 с. Установлено, что при преобразовании энергии излучения температура люминофора увеличивается на 10 – 15 С.

Янян Цзюй успешно справилась с поставленной задачей. Она выполнила комплексные обследования двух серий люминофоров, всего 14 типов. Сделала анализ полученных результатов. Получила количественную информацию о нагревании люминофора за счет процессов преобразования энергии возбуждения в люминесценцию. Кроме того предложила модель, объясняющая зависимость кинетики затухания люминесценции от наличия гадолиния в люминофоре, показала существование наносекундного компонента, длительностью около 1 нс. Получила дополнительную информацию, подтверждающая существование нанодефектов в люминофорах.

Исследования Янян Цзюй были выполнены в лабораториях ТПУ, в лаборатории Цилинского университета в Китае, НПО «Платан». Во всех проведенных исследованиях Янян Цзюй принимала непосредственное участие. Все приведенные в диссертационной работе результаты исследований были многократно проверены. Обработка результатов исследований была выполнена Янян Цзюй, анализ – с участием узких специалистов.

За период обучения в аспирантуре, совместной работе с сотрудниками, аспирантами, студентами кафедры Янян Цзюй приобрела заслуженный авторитет. Стоит отметить стремление Янян Цзюй к получению новых знаний, навыков экспериментирования, обсуждению новой информацией. Янян Цзюй за период обучения в аспирантуре закончила курсы повышения квалификации, получила диплом переводчика в сфере научных коммуникаций. Янян Цзюй владеет русским, английским и китайским языками.

Результаты работы Янян Цзюй достаточно полно опубликованы, докладывались на конференциях на русском и английском языках, отмечались грамотами за лучшие доклады.

Считаю, что Янян Цзюй является достойным соискателем ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Научный руководитель,  
доктор физ.-мат. наук,  
заслуженный деятель науки РФ  
профессор отделения материаловедения  
инженерной школы новых  
производственных технологий  
«Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»

Виктор Михайлович Лисицын

Раб.адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина 30, ТПУ  
e-mail: [lisitsyn@tpu.ru](mailto:lisitsyn@tpu.ru); тел.: 89138242469

Подпись профессора В.М. Лисицына заверяю

Учёный секретарь Учёного совета ТПУ



7.02.1977

Ольга Афанасьевна Ананьева