

## Исследование деградации люминофорных покрытий для светодиодов белого свечения.

*А.В. Белоножко, Р.А. Соколова, студенты каф. ФЭ*

*Научный руководитель С.В. Смирнов, проф., д.т.н.*

*г.Томск, ТУСУР, [anastasiya.belonozhko@gmail.com](mailto:anastasiya.belonozhko@gmail.com)*

Основной причиной снижения светового потока светодиодов, соответственно эффективности излучения является деградация люминофора. Деградация люминофора в светодиоде в основном происходит из-за высокой температуры. Повышение температуры приводит к изменению интенсивности люминесценции кристалла и смещению положения максимума спектра люминесценции. Проведенные исследования показали, что повышение тепловой устойчивости люминофоров в полупроводниковых источниках света позволит существенно улучшить их эксплуатационные характеристики, цветопередачу и снизить скорость деградации световых характеристик.

Высокая температура люминофора может быть причиной безызлучательных переходов и обратимого снижения квантового выхода люминесценции и светового потока светодиода. Поэтому была поставлена задача по выявлению причин старения люминофорного слоя светодиодов в условиях совместного воздействия высокой удельной нагрузки оптического излучения и высокой температуры.

Для исследования деградации люминофора в светодиоде были изготовлены 5 люминофорных покрытий различной толщины (таблица 1).

Таблица 1 – Исследуемые образцы люминофоров

Образец	Толщина, мкм	Размер зерна, мкм
ФЛЖ-7-11 4-2	175	6
ФЛЖ-7-11 4-5	86	7
LMY60C	75	6
LMY70C	53	6
FL.4255	165	7

Для выявления влияния температурного эффекта на люминофор, люминофорные покрытия были помещены на 20 часов в тепловой шкаф, нагретый до 110° С.

Исследование спектров пропускания покрытий до термической обработки (рисунок 1) и после (рисунок 2) показали, что происходящие изменения не оказывают существенного влияния на поглощающую способность покрытий на длине волны 455 нм.

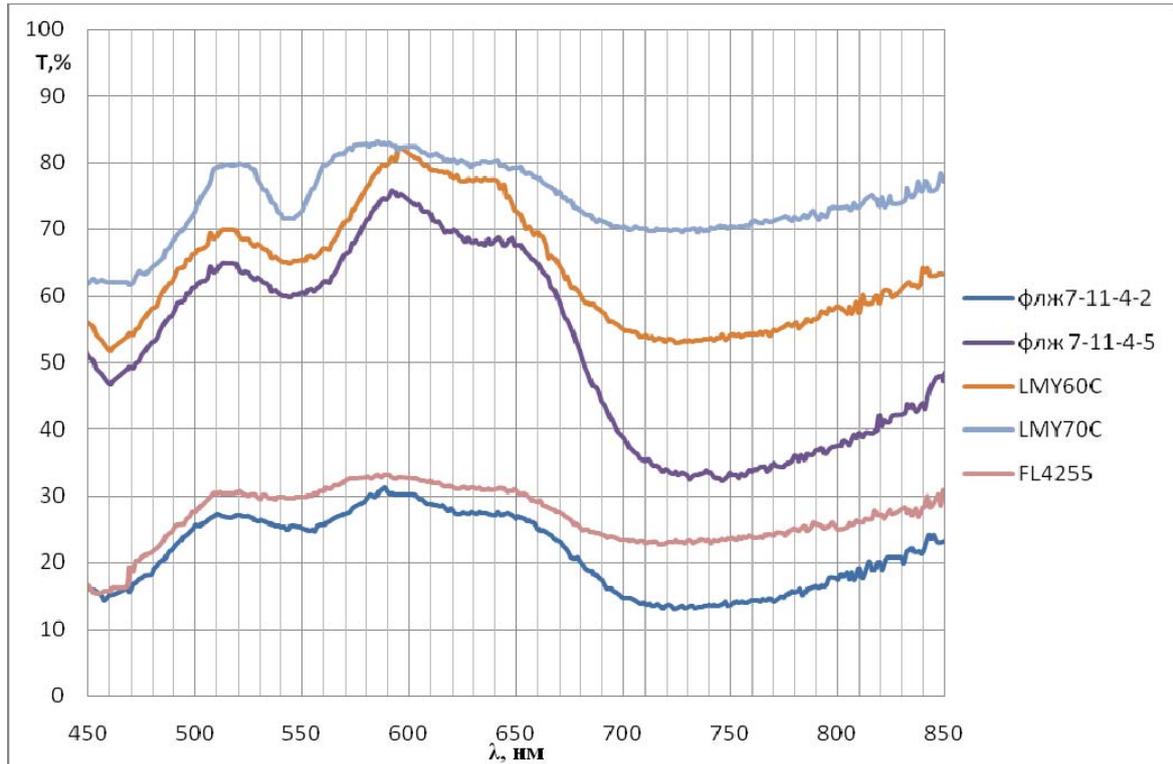


Рисунок 1- Спектры пропускания люминофоров до термической обработки

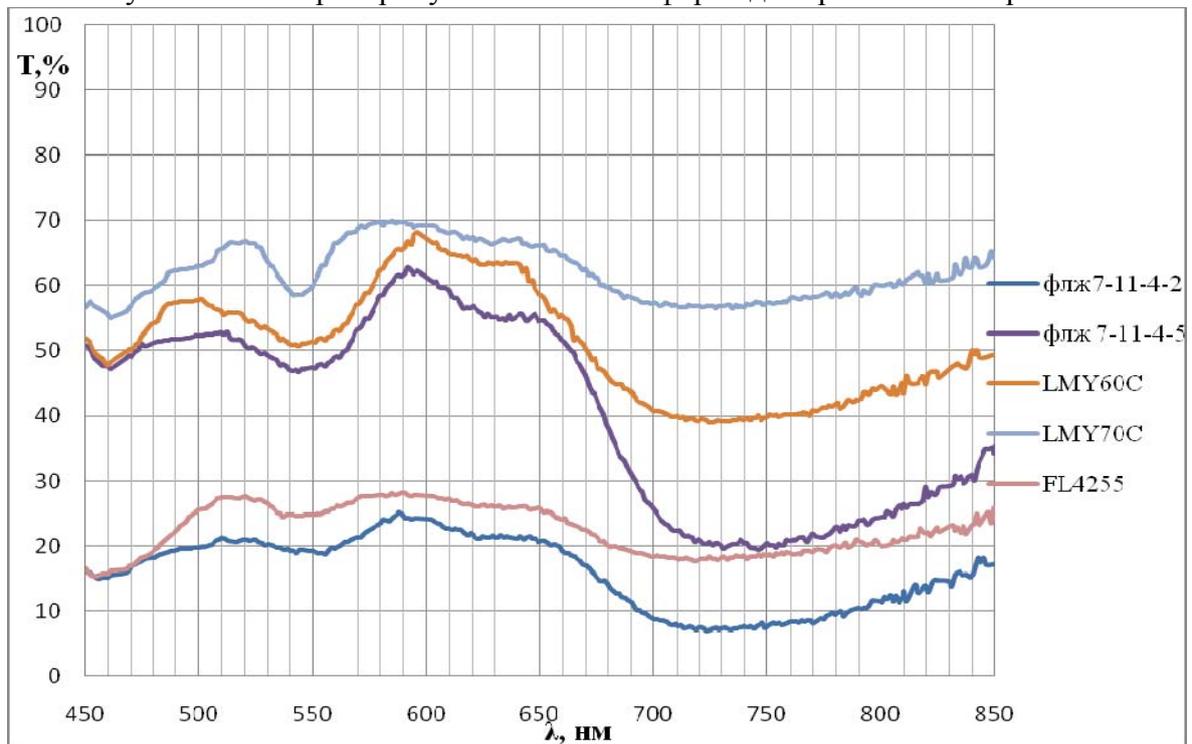


Рисунок 2- Спектры пропускания люминофоров после термической обработки

Тем не менее, квантовая эффективность люминофоров до испытаний (рисунок 3), после испытаний (рисунок 4) при повышенных температурах существенно уменьшается. В результате чего происходит не только уменьшение суммарного светового потока, но и увеличение цветовой температуры за счет изменения соотношения синего и желто-красного цветов.

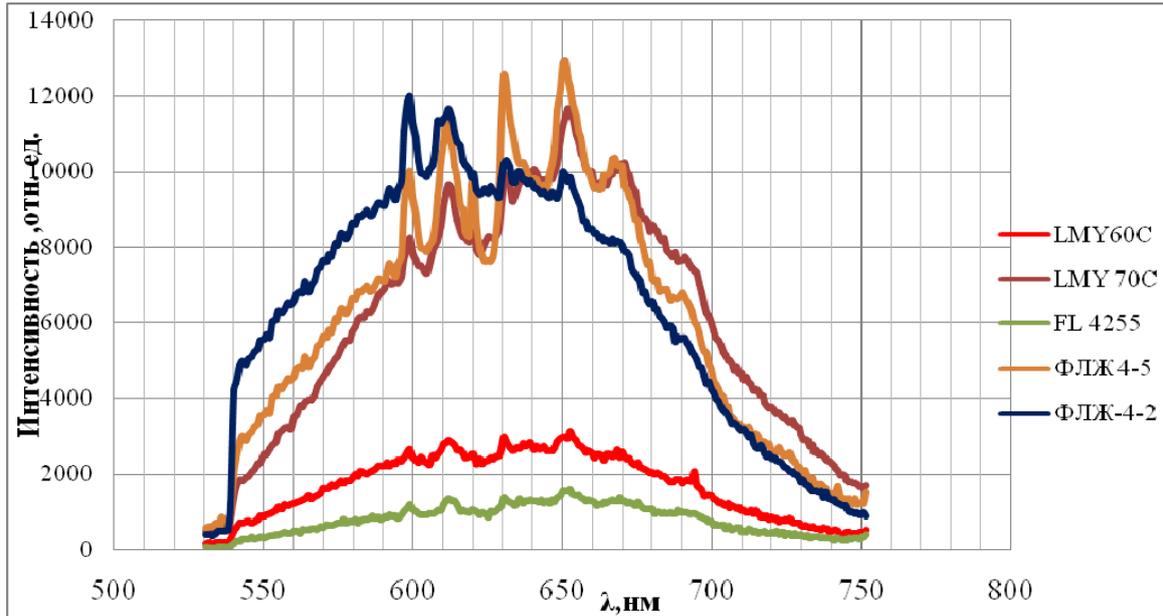


Рисунок 3 - Спектры возбуждения люминесценции люминофоров до термической обработки

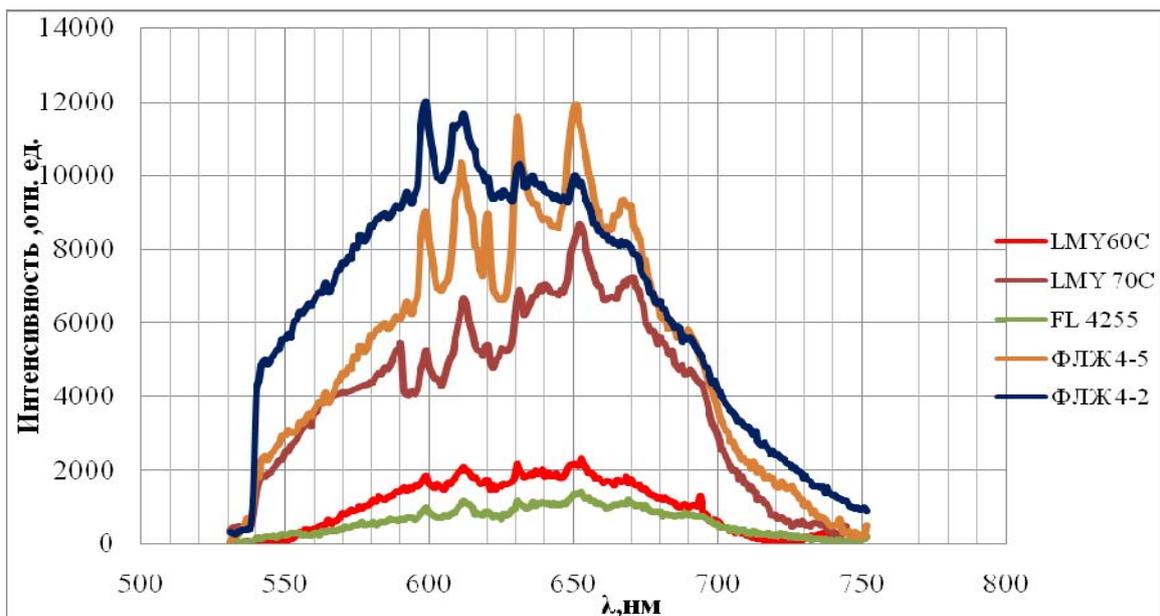


Рисунок 4 - Спектры возбуждения люминесценции люминофоров после термической обработки

Снижение квантовой эффективности люминофора на основе иттрий-алюминиевого граната, легированного церием, может обуславливаться несколькими причинами: первая связана с тушением люминесценции за счет диффузии кислорода в кристаллическую решетку граната; вторая – с перераспределением кристаллической фазы по объему люминесцентного покрытия со связкой из кремний-органического компаунда (рисунок 5). Более тяжелые частицы люминофора под силами тяжести и поверхностного натяжения перераспределяются внутри покрытия, что приводит к уменьшению квантовой эффективности, нарушению соотношения цветов и угловой диаграммы направленности излучения.

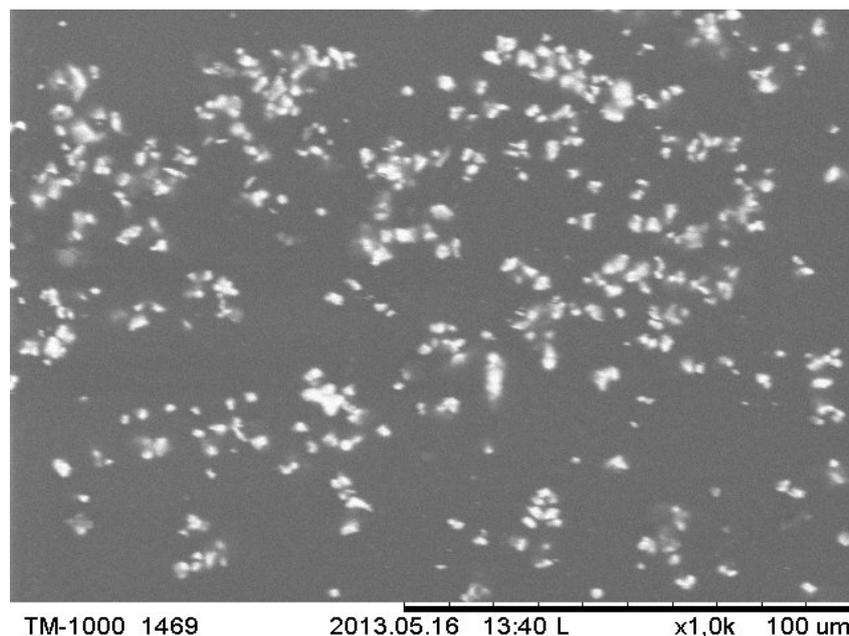


Рисунок 5 – Фотография люминофора LMY70C, растворенного в компаунде до термической обработки

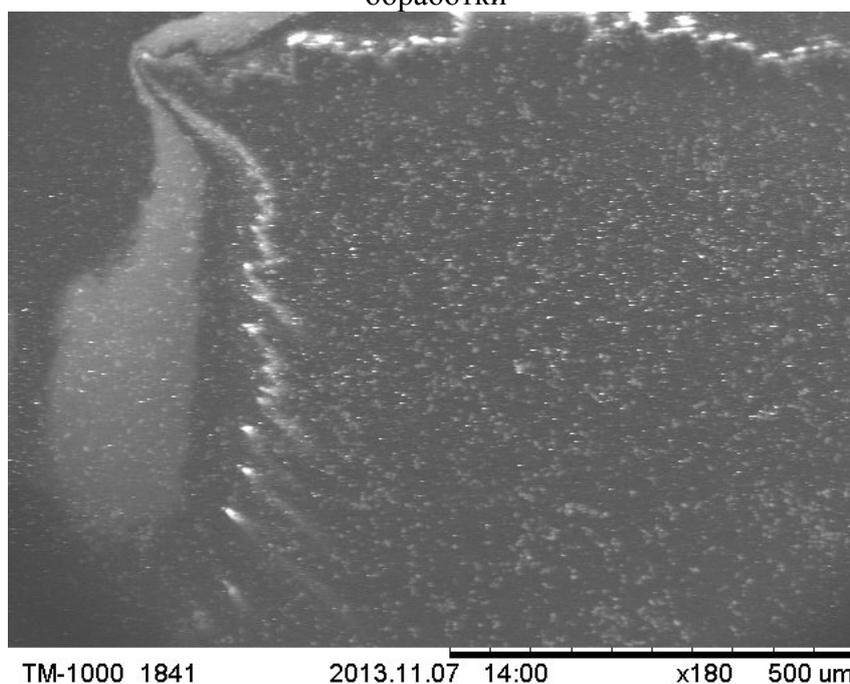


Рисунок 6 – Фотография люминофора LMY70C, растворенного в компаунде после термической обработки.

Совместное воздействие высокой удельной нагрузки оптического излучения и высокой температуры способны спровоцировать кооперативные процессы, приводящие к перестройке структуры излучающих центров и явиться причиной необратимого снижения квантового выхода люминесценции и старения светодиода. В результате деградации происходит не только снижение квантового выхода люминофора, но и изменение спектральных характеристик его свечения. Например, при старении люминофора заметно проявляется синий оттенок свечения светодиода, что связано как с изменением свойств самого люминофора, так и с тем, что в спектре начинает доминировать собственное излучение кристалла. Причем с увеличением температуры изменение интенсивности люминесценции кристалла и люминофора происходит с различными скоростями, что связано

с различными энергиями активации температурного гашения люминесценции. Была разработана методика испытаний для выявления деградации люминофорного покрытия белых светодиодов, в результате температурных воздействий. Проведенные исследования показали, что повышение тепловой устойчивости люминофоров в полупроводниковых источниках света позволит существенно улучшить их эксплуатационные характеристики, цветопередачу и снизить скорость деградации световых характеристик.

### **Литература**

1. Шуберт Ф. Светодиоды. - М.: Физматлит, 2008. - 496 с.
2. Полищук А. П., Туркин А.В. Деградация полупроводниковых светодиодов на основе нитрида галлия и его твердых растворов // Компоненты и технологии. 2008. №2
3. Смирнов С.В., Саврук Е.В., Гончарова Ю.С. Температурная зависимость спектров излучения светодиодов белого свечения на основе нитрида галлия и его твердых растворов // Журнал «Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники», 2011. - №2 (24). – Ч.2. -С.55-58.