

Параметры и характеристики мощных светодиодов типа Cree XPE-HEW

О. С. Васьков ^а, В. К. Кононенко ^б, В. С. Нисс ^а, А. Л. Закгейм ^в, А. Е. Черняков ^в

^а Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

^б Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

^в НТЦ микроэлектроники Российской АН, С.-Петербург, Россия;

e-mail: vkladik@gmail.com

Проведен анализ профиля теплового сопротивления мощных светоизлучающих диодов (СИД) типа Cree XPE-HEW. Методом тепловой релаксационной дифференциальной спектроскопии (ТРДС) определены компоненты теплового сопротивления и другие тепловые параметры СИД, установлена их зависимость от структуры и конфигурации СИД, найдены активная площадь и ее изменение при распространении теплового потока вдоль сечения излучателей. Для конфигураций данного типа обнаружено явление “бутылочного горлышка”, существующее в области границ раздела слоев СИД, и установлено изменение теплового сопротивления с током возбуждения диодов.

Ключевые слова: светодиод, тип Cree XPE-HEW, тепловое сопротивление, тепловое время релаксации, эффективность.

Введение

Мощные светодиоды (СИД) изготавливаются различными технологиями, в том числе типа thin-film flip-chip (TFFC) – Rebel и vertical thin-flip (VTF) – Cree. Как правило, СИД имеют керамическую металлизированную подложку со структурой DBC (Direct Bonded Copper), состав материалов и толщина которых определяют полное внутреннее тепловое сопротивление R_{jc} и эффективность излучателей [1–4]. Внешний вид и схематичное изображение мощного СИД типа Cree XPE-HEW на алюминиевой печатной плате “звезда” представлены на рис. 1.

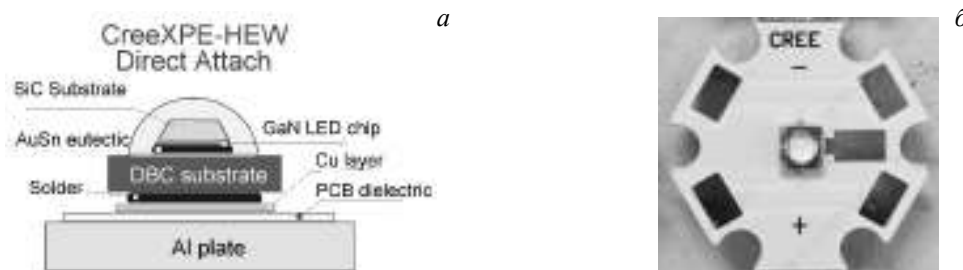


Рис. 1. Схематичное поперечное сечение СИД (а) на плате МСРСВ в конфигурации “звезда” (б).

Методика и параметры СИД

Детальные исследования тепловых характеристик СИД выполнены методом тепловой релаксационной дифференциальной спектроскопии (ТРДС), хорошо зарекомендовавшим себя при анализе тепловых параметров внутренних элементов гетеролазеров, СИД и транзисторов [5]. Из временной зависимости температуры перехода при нагреве прямым током находятся дискретный и дифференциальный спектры теплового сопротивления R_{th} приборов, тепловая емкость C_{th} и постоянная времени тепловой релаксации τ . Для уточнения оценок R_{jc} использован также метод структурных функций согласно транзисторному стандарту JESD51-14. Кроме того, измерения тепловых параметров и характеристик СИД проведены с помощью распространенного T3Ster-оборудования [6].

СИД Cree XPE-HEW изготовлены на серии кристаллов DA1000 с оригинальной технологией прямой посадки (Direct Attach) кристалла на AlN DBC [7]. Такие излучатели оснащены верхним слоем SiC и имеют типично площадь чипа $S_{ch} = 1 \text{ мм}^2$ (рис. 2).

Параметры слоев структуры СИД типа Cree XPE-HEW представлены в табл. 1. Угол растекания характеризует расширение сечения теплового потока при релаксации теплоты по структуре светодиодов. Для сравнения параметры в табл. 2 указаны для СИД типа Rebel ES.

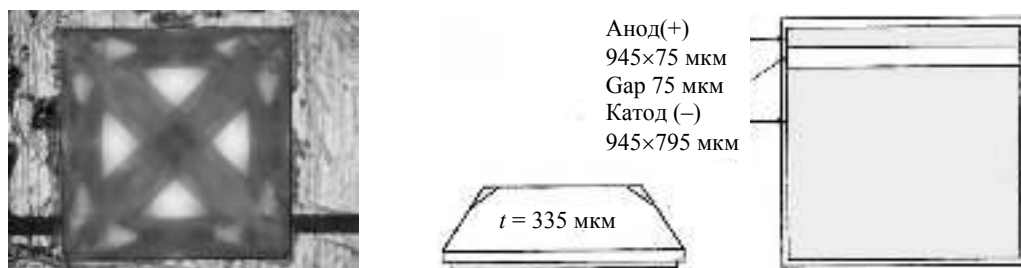


Рис. 2. Изображение кристалла СИД типа Cree XPE-HEW без линзы и люминофора в собственных лучах и конфигурация кристалла серии Direct Attach DA1000.

Таблица 1. Параметры слоев структуры СИД типа Cree XPE-HEW.

Слой	Материал	Теплопроводность (Вт/см · К)	Толщина (мкм)	Угол растекания, град
Подставка	SiC	3.50	330	45
Чип СИД	GaN	1.30	3.5	45
Эвтектика	Au-20Sn	0.57	50	0
DBC подложка	Cu	3.98	75	60
	AlN	1.00—2.00	500	0
	Cu	3.98	75	60
Припой	SnAgCu	0.58	75	0
Прослойка	Cu	3.98	70	0
PCB диэлектрик		2.2	100	0
Al пластина	Al	1.20—2.40	1588	60

Таблица 2. Параметры и характеристики СИД типа Cree XPE-HEW и Rebel ES.

СИД	I , мА	U , В	КПД, %	$P_{\text{орт}}$, Вт	Светоотдача, лм	эффективность, лм/Вт
Cree XPE-HEW	350	3.058	33.55	0.359	120.4	112.47
Rebel ES	350	2.819	33.24	0.328	114	115.54

Результаты

Результаты измерений методом тепловых компонентов и параметров СИД показаны на рис. 3. В рамках метода ТРДС электротепловые модели Кауэра и Фостера ограничены пятью компонентами теплового сопротивления в соответствии с разрешением метода T3Ster. В областях R_2 и R_4 обнаружен эффект теплового «бутылочного горлышка», который обусловлен переходными сопротивлениями слоя посадки GaInN-чипа на подложку DBC и интерфейсной области подложка DBC–Al плата. Аналогичное явление обнаружено и для других типов и конфигураций СИД [6]. В исследуемых образцах Cree 1 и Cree 2 наибольший разброс теплового сопротивления выявлен в области R_4 .

Внутреннее тепловое сопротивление СИД к внешней границе подложки DBC для образца Cree 1 составляет 5.1 К/Вт, а для Cree 2 — 5.2 К/Вт, что в пределах паспортных данных – 6 К/Вт. Полное тепловое сопротивление $R_1 - R_5$ системы СИД–плата МСРСВ составляет 14.1 и 16.3 К/Вт для образцов Cree 1 и Cree 2. Полученные методом T3Ster сопротивление системы $R_1 - R_5$ для образца Cree 1 составляет 13.9 и для Cree 2 — 15 К/Вт. Из рис. 3, а и б видно, что переходное сопротивление слоя R_4 (интерфейс между платами DBC и МСРСВ) существенно превышает внутреннее сопротивление СИД $R_1 - R_3$. В структурах такого типа преимущества, получаемые путем использования нитридных DBC с высокой теплопроводностью, теряются из-за плохого теплового согласования плат DBC-МСРСВ, что приводит к низкой эффективности системы охлаждения светодиодов в целом.

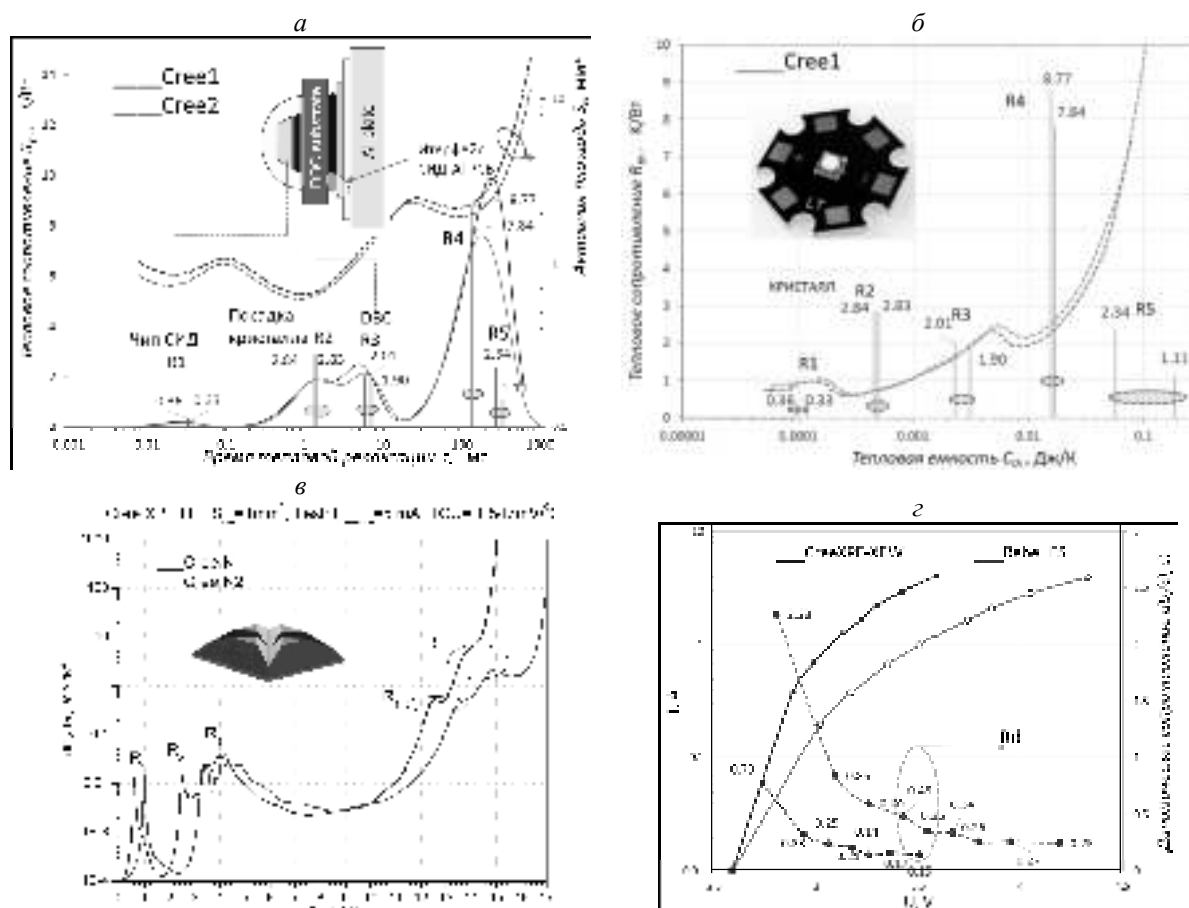


Рис. 3. Зависимости ТРДС: дифференциальный спектр теплового сопротивления (а), связь компонентов теплового сопротивления и тепловой емкости (б), дифференциальная структурная функция по методу T3Ster (в), импульсная ВАХ и сравнение с Rebel ES (г).

Заключение

Методами ТРДС и T3Ster определены тепловые параметры мощных СИД типа Cree XPE-NEW. Проведенный анализ позволил установить особенности распространения теплового потока вдоль структуры СИД и связать компоненты теплового сопротивления с конфигурацией излучателей.

Литература

1. А. В. Аладов, Е. Д. Васильева, А. Л. Закгейм, Г. В. Иткинсон, В. В. Лундин, М. Н. Мизеров, В. М. Устинов, А. Ф. Цацульников. *О современных мощных светодиодах и их светотехническом применении*. Светотехника. 2010. № 3. С. 8—16.
2. R.-J. Xie, Y. Q. Li, N. Hirotsaki, H. Yamamoto. *Nitride Phosphors and Solid-State Lighting*. N.Y. 2011.
3. *Led Lighting: Technology and Perception*. Eds. Khanh T. Q., Bodrogi P., Vinh Q. T., Winkler H. Weinheim. 2014.
4. А. Л. Закгейм. *Светодиодные системы освещения: энергоэффективность, зрительное восприятие, безопасность для здоровья (обзор)*. Светотехника. 2012. № 6. С. 12—21.
5. Yu. A. Bumai, A. S. Vaskou, V. K. Kononenko. *Measurement and analysis of thermal parameters and efficiency of laser heterostructures and light-emitting diodes*. Metrology and Measurement Systems. 2010. V. 17, N 1. P. 39—46.
6. A. L. Zakgeim, A. E. Chernyakov, A. S. Vaskou, V. K. Kononenko, V. S. Niss. *Comparative analysis of the thermal resistance profiles of power light-emitting diodes Cree and Rebel types*. Proc. 14th Int. Conf. Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems, EuroSimE 2013. Wroclaw, 2013. P. 1/7—7/7.
7. <http://www.cree.com/~media/Files/Cree/Chips%20and%20Material/Data%20Sheets%20Chips/CPR3ES>.

Parameters and Characteristics of Powerful Light-Emitting Diodes Types Cree XPE-HEW

A. S. Vaskou ^a, V. K. Kononenko ^b, V. S. Niss ^b, A. L. Zakgeim ^c, A. E. Chernyakov^c

^a *Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus*

^b *Belarusian State University, Minsk, Belarus*

^c *NTC Microelectronics, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia;
e-mail: vklavik@gmail.com*

The analysis of the profile of thermal resistance of powerful light-emitting diodes (LEDs) type Cree XPE-HEW is approved. Thermal relaxation method of differential spectrometry (TRDS) is used for identifications of LED components of thermal resistance and other thermal parameters of LEDs, their dependence on the structure and configuration of the LED is obtained, the active area and its modification at redistribution of heat flow along the section of the emitters is found. For this type of LED configuration the phenomenon of "bottleneck" occurs, which exists within the boundaries of layers of the LED, and the change of the thermal resistance with current excitation of the diodes is examined.

Keywords: light-emitting diode, type Cree XPE-HEW, thermal resistance, thermal time relaxation, efficiency.