

Сергей Никифоров, к. т. н. | snikiforov@list-lab.ru

Исследование нового семейства мощных светодиодов CREE XLamp XR-E

для устройств освещения

Статья посвящена одному из продуктов компании CREE, предназначенному для освещения. Известно, что светодиоды белого цвета свечения фирмы CREE не только обладают одними из наилучших параметров среди лидеров этой индустрии, но и позиционируются во всем мире как соответствующие заявленным характеристикам. В статье представлен объективный взгляд на позиции современного продукта этого производителя с точки зрения его характеристик, полученных при исследовании. Инициатива проведения независимой экспертизы принадлежит компании «ЛИСТ — Лаборатория Исследований Световых Технологий», а также Георгию Королеву, представителю компании ARROW, дистрибьютору CREE.

Светодиоды новые. Традиции прежние

Компания CREE последовательно занимает лидирующие позиции на мировом рынке мощных светодиодов, удерживая их с самого начала соревнования за их параметры и стоимость. Развитие отдельной ветви эпитаксии гетероструктур на карбидкремниевых подложках оказалось крайне удачным по достигнутым характеристикам и коммерчески выгодным, что было трудно усмотреть на первоначальном этапе. Как результат, мы имеем сейчас промышленные светодиоды CREE с КПД, близким к 40%, способные излучать

около 100 лм с 1-го потребленного ватта энергии. Стоит отметить и тот факт, что за время проделанного пути, компания существенно усовершенствовала технологию нанесения люминофора на излучающие кристаллы. Это обеспечило малую неравномерность колориметрических характеристик по углу излучения и возможность применения узконаправленных линз, а также оптическую часть корпуса светодиода, «доработанную» до отсутствия оптики как таковой, в отличие от изысканий с «плавающей» в кремнийорганическом геле линзой в варианте XLamp7090 XR-E. Результатом описанных преобразований и опыта применения светодиодов CREE стало промышленное

освоение компанией нового семейства светодиодов XLamp XR-E (рис. 1) с другой концепцией построения корпуса. Итоги исследований представлены в настоящей статье.

Однако, несмотря на технические достижения, по большей части подтверждаемые прежними испытаниями продукции CREE, традиционным за упомянутые годы остается несоответствие реальных параметров образцов, поставляемых на рынок, заявленным в спецификации. В особенности это касается разбросов по колориметрическим характеристикам [1], а также значений светового потока, декларируемых в 100% случаев почему-то в меньшую (до 20%) сторону. Вероятно, это обстоятельство касается только российского рынка. Можно отметить только один оправдательный момент в этой стороне отношений с компанией CREE: таким приемом продвижения продукции, как показала практика, пользуется подавляющее большинство производителей. Оценка верности следованию описанной традиции также стала целью предложенных независимых исследований параметров светодиодов.

«Вы не можете хранить молчание. И в то же время сказанное может быть использовано против Вас...»

Переходя к обсуждению полученных в ходе исследования результатов, следует отметить, что все измерения проводились при плотности тока через кристалл, рекомендуемой производителем (соответствует прямому току 350 мА), при температуре окружающей среды +22 °С и теплоотводе с площадью, существенно превышающей требуемую, для гарантии обеспечения теплового режима светодиода при указанных электрических характеристиках (не менее 160 см²).

Немаловажно, что фотометрические и энергетические характеристики были измерены радиометрическим способом (с применением калиброванных радиометрических головок). Это уменьшает погрешность измерений на несколько процентов по сравнению с измерением силы света фотометрическим методом, когда фотоприемник адаптирован к кривой видности $V(\lambda)$ с помощью прецизионного фильтра. Особенно это проявляется у образцов

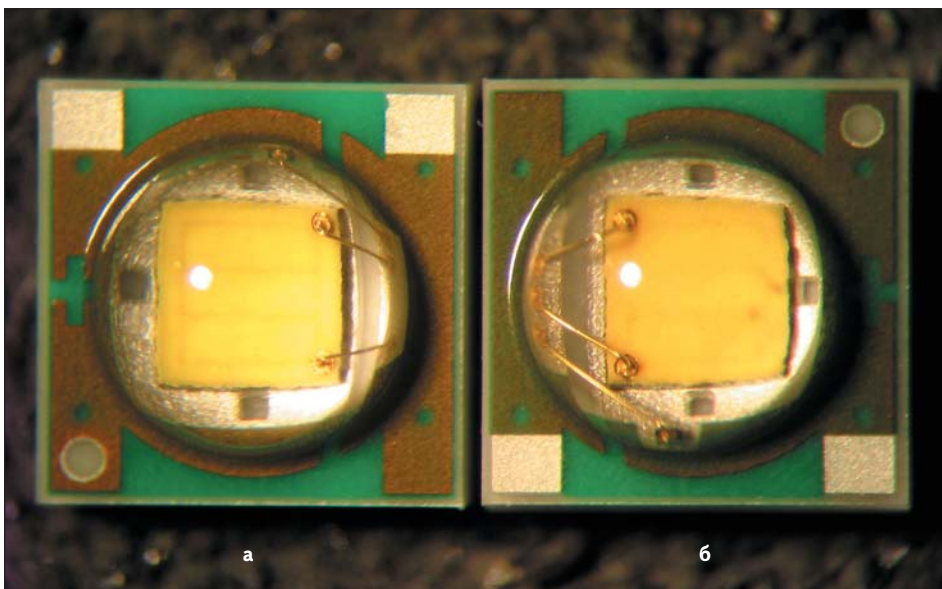


Рис. 1. Внешний вид светодиодов: а) CREE XPEWHT-L 1-0000-00CE5 5F; б) XPEWHT-L 1-0000-00AE7 7C. Визуально отличаются составом (оттенком) и количеством нанесенного на излучающий кристалл люминофора

с большой долей излучения синего цвета, с высокой цветовой температурой, соответственно, из-за наибольшей погрешности фотометра именно на краях видимого диапазона, коим в данном случае и является синий с максимальной длиной волны 450–453 нм. Подробные отличия и физические основы указанных методов будут обсуждаться в последующих публикациях. Для измерения диаграмм пространственного распределения силы излучения, а также для последующих расчетов энергетических параметров излучения был применен гониометр с разрешением угла поворота в $0,02^\circ$ [2]. Это означает, что при получении диаграммы углового распределения энергетической силы света с углом по уровню половины интенсивности в 115° , как регламентирует спецификация на исследуемые светодиоды, было зафиксировано более 10 000 ее значений.

Измерения проводились в 10–12 плоскостях пространства для наиболее точного расчета светового потока и интегральной оптической мощности излучения. Относительное спектральное распределение плотности энергетической яркости (ОСПЭЯ) измерено с шагом

в 0,5 нм. В результате были сформированы блоки данных о представленных образцах, включающие 30 параметров. Для сравнения данные спецификаций и полученные результаты сведены в таблицу. В дополнение можно сказать, что большинство параметров рассчитаны исходя из результатов, полученных при измерении трех образцов каждого типа, отличающихся по заявленным значениям цветовой температуры и светового потока. Можно заметить, что оптическая мощность находится в прямой зависимости от увеличения коррелированной цветовой температуры излучения, несмотря на то, что, судя по одинаковому значению максимальной длины волны, в качестве первичных излучателей использованы идентичные кристаллы. При этом очевидно также, что традиционно наиболее эффективны высокотемпературные светодиоды, у которых КПД преобразования электрической мощности в свет доходит до 30%. Однако также можно предположить, что для типа светодиодов, имеющих высокую коррелированную цветовую температуру, были использованы более мощные исходные чипы, о чем может свидетельствовать как увеличен-

ное прямое напряжение, так и, соответственно, общая потребляемая мощность. И тем не менее световая отдача, или эффективность, составляет более 90 лм/Вт. У приборов с меньшей цветовой температурой также можно отметить высокие значения световой эффективности (76 и 83 лм/Вт), что непросто достичь при таких низких значениях температуры. Это свидетельствует о высоком качестве исполнения нанесения люминофора на кристалл, о его конфигурации и составе, что и позволяет реализовывать значительные (6–8) коэффициенты преобразования энергии излучения исходного синего в полученный белый.

Отдельно стоит остановиться на колориметрических и спектральных характеристиках. В качестве положительного результата можно отметить практически точное «попадание» координат цветности на изотерму черного тела цветного графика МКО-31 (рис. 2).

Светодиоды типа XPEWHT-L1-0000-00AE7 7C Q2 практически соответствуют планковскому источнику типа «А» с цветовой температурой 2856 К, что также подтверждается двумя очень близкими цифрами в последних графах таблицы, где рассчитаны 2 значения температур,

Т а б л и ц а . Характеристики образцов и данные спецификаций

Тип светодиода		XPEWHT-L1-0000-00AE7 7C Q2		XPEWHT-L1-0000-00CE5 5F Q4		XPEWHT-L1-0000-00F51 R3 T1	
Параметр		Полученные	Норма по D.S.	Полученные	Норма по D.S.	Полученные	Норма по D.S.
Оптическая мощность, Вт		0,264		0,298		0,359	
Световой поток, лм		79,38	87,4–93,9	89,52	100–107	110,03	122–130
Сила света максимальная, кд		26,77		29,31		32,43	
Сила света осевая, кд		26,68		28,97		32,37	
Освещенность по оси на расстоянии 2 м, лк		13,36		14,51		16,21	
Сила излучения максимальная, Вт/ср		0,089		0,096		0,106	
Угол излучения 2Q0,5lv	0–0°	113,52	115	114,87	115	124,08	115
	0–45°	110,88	115	116,27	115	126,76	115
	0–90°	113,52	115	114,88	115	124,12	115
	45–0°	113,3	115	115,69	115	127,81	115
	средний	112,81	115	115,43	115	125,69	115
Потребляемый ток, А		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Напряжение питания, В		2,99	3,2	3,068	3,2	3,368	3,2
Потребляемая мощность, Вт		1,046	1,0	1,074	1,0	1,179	1,0
Световая эффективность, лм/Вт		75,85		83,37		93,34	
Фотометрическое отношение, кд/кЛм		337,2		327,4		294,8	
КПД, %		25,22		27,72		30,41	
Спектральная световая эффективность, лм/Вт		301,28		301,3		306,9	
Энергетическая освещенность по оси на расстоянии 2 м, Вт/м ²		0,02		0,02		0,03	
Длина волны максимальная, нм		612		453,5		452,5	
Длина волны центроидная, нм		603,5		575,5		543,5	
Ширина спектра излучения по уровню 0,5 Р, нм		226,5	210	206	210	22	140
Ширина спектра излучения по уровню 0,1 Р, нм		311	320	295,5	300	239	250
Координаты цветности	X	0,446	0,443	0,369	0,375	0,306	0,315
	Y	0,403	0,415	0,356	0,368	0,318	0,35
	Z	0,151		0,276		0,377	
Доля ОСПЭЯ относительно V(λ), %		69,1		62,3		36,3	
Коррелированная цветовая температура (CCT), К		2822,1	3000	4180,4	4000	7059	6000
Цветовая температура по Планку (приведенная), К		2527,5		3627,5		7389,5	

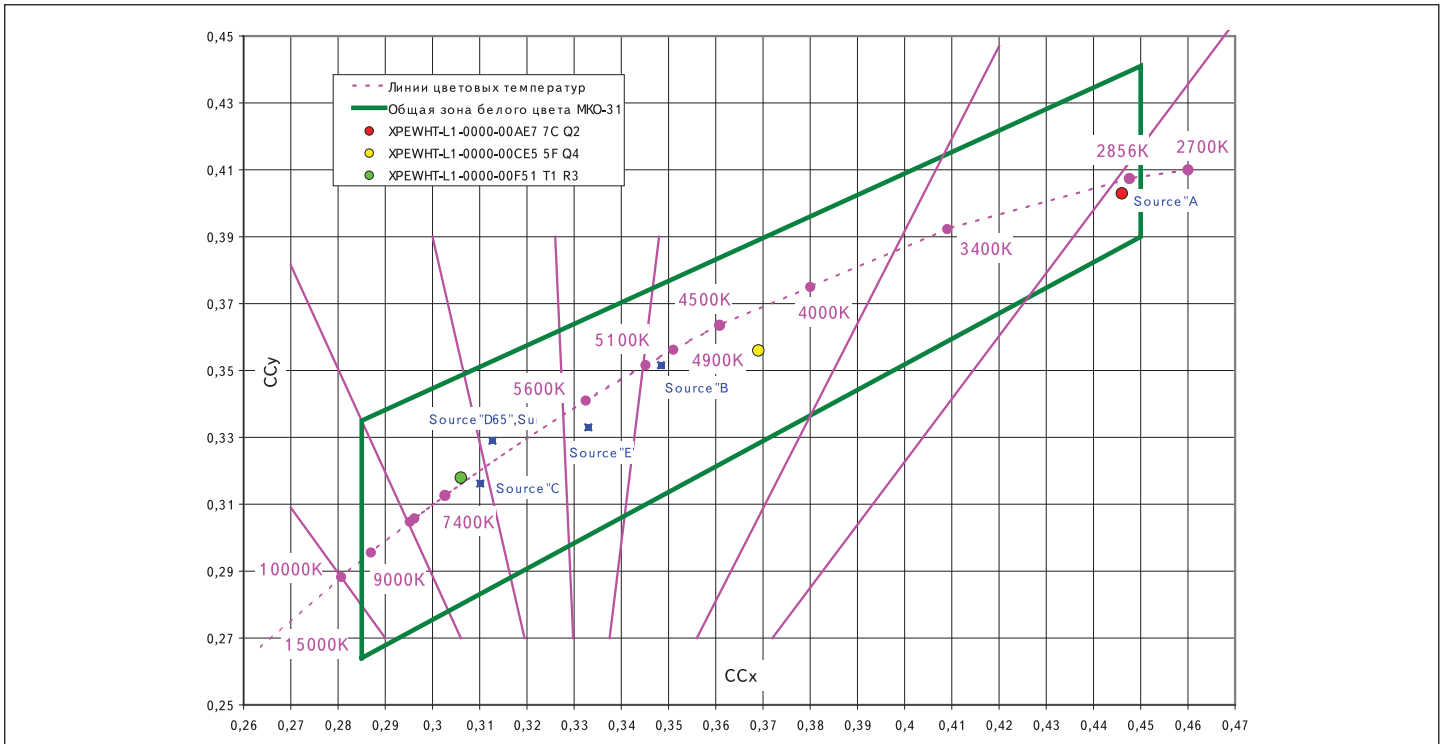


Рис. 2. Положение координат цветности исследуемых образцов относительно изотермы и общей зоны цветности белого цвета

которые в идеале совпадут. Это говорит о высоком индексе цветопередачи этих приборов относительно указанного стандартного источника. В то же время, если первые 2 типа светодиодов находятся в соответствии с параметрами их «биновой» комбинации, заявленной в спецификации, приборы типа XPEWHT-L1-0000-00F51 R3 T1 отличаются повышенной цветовой температурой относительно нормируемого значения. Похожее несоответствие можно заметить и при сравнении угловых характеристик излучения: все значения по приведенным основным плоскостям пространственного распределения энергетической силы света завышены в среднем на 10 градусов. Возвращаясь к анализу результатов энергетических характеристик, можно отметить, что

у всех типов представленных светодиодов имеется несоответствие реальных значений интегрального светового потока заявленным. По полученным данным видно, что каждый тип, независимо от колориметрической характеристики, «недобирает» около 10 лм. Конечно, это обстоятельство не снижает достигнутых компанией CREE успехов в промышленном освоении столь высокоэффективных светодиодов. Но, вероятно, тут, как и прежде, имеется «тонкое место» между производственной сортировкой по комплексу параметров, отличием между стоимостью разных биновых комбинаций и готовностью потребителя к оценке качественных показателей продукта при приобретении. И каким бы ни усматривался со стороны смысл полученных и проана-

лизированных в настоящей статье результатов исследований предоставленных образцов, необходимо заверить, что он был абсолютно объективным. А это означает, что традиции компании CREE в обеспечении достоверности соответствия реальных параметров своей продукции декларируемым по отношению к российскому потребителю незлыблемо сохранились и в новом семействе мощных светодиодов типа XPEWHT.

Литература

1. Никифоров С. Г. Исследование параметров семейства светодиодов CREE XLamp // Компоненты и технологии. 2006. № 11.
2. www.list-lab.ru