

Михаил Червинский | Mikhail_Chervinsky@cree.com |
 Игорь Музалевский | miv@rusalox.ru | Сакен Юсупов | saken.jusupov@ledil.com

Новые технологии — для нового поколения светодиодных светильников



Бурное развитие технической мысли порождает новые решения, которые резко меняют бизнес-ландшафт во многих отраслях. Технологии монолитного строительства вытеснили с рынка большую часть кирпичных заводов. После широкого распространения персональных компьютеров исчезли секретари-машинистки и специалисты, умеющие рисовать чертежи на бумаге. Появились светодиодные источники света, которые на наших глазах вытесняют из обихода лампочки накаливания и люминесцентные лампы. И если инвестиции в строительство заводов по производству ламп накаливания уже дали многократную прибыль, то вот с деньгами, вложенными в технологии люминесцентного освещения, не все так однозначно прибыльно. И даже внутри нашей отрасли светодиодного освещения бурное развитие технологий получения все больших люмен с ватта ставит многих производителей светильников в сложное положение. Для создания новых светильников нужны значительные инвестиции в литьевые пресс-формы и оснастку, электронную начинку и маркетинг нового изделия, но существует риск того, что очередное новое поколение светодиодов сделает «новый» светильник заведомо проигрышным на рынке — по сравнению с изделиями тех конкурентов, которые смогут быстро внедрить самые свежие технологии.

И вот сейчас случился очередной технологический скачок, который должен изменить подход к конструированию многих светодиодных светильников: компания Cree вывела на рынок светодиоды новой технологической платформы SC⁵[1].

В развитии светодиодов для освещения в последние годы можно отметить тенденцию увеличения как светоотдачи, так и светимости (плотности светового потока на единицу площади источника света). Среди новых продуктов отметим светодиоды семейств MN и XHP компании Cree, которые отличает высокий уровень светового потока (500–3500 лм) и стабильность параметров во времени, подтвержденные испытаниями по стандарту LM-80. С точки зрения сложившейся классификации светодиодов по мощности, данные продукты можно отнести к принципиально новому для индустрии классу — eXtreme High Power (именно эта аббревиатура заложена в название семейства XHP).

Новинки Cree

На рис. 1 показаны основные серии дискретных светодиодов Cree и позиционирование новых продуктов относительно светодиодов существующего поколения с точки зрения совместимости по посадочному месту и уровню светового потока (классу мощности).

Среди новинок выделим недавно анонсированный светодиод XHP35. Как следует из названия, при его создании использовались технологические преимущества новой платформы SC⁵, при этом светодиод имеет стандартный корпус с посадочным местом 3,5×3,5 мм. По сравнению с серией XP-L основные преимущества XHP35 — самое высокое для данных габаритов значение светового потока (до 1500 лм) и совместимость с большим парком существующей стандартной оптики (например, LEDiL STRADA 2×6 DWC IP [5]). Новая высоковольтная архитектура кристалла обеспечивает характерное для всей платформы XHP высокое рабочее напряжение (12 В) при равномерном распределении

яркости по поверхности кристалла, что обеспечивает отличную фокусировку и минимальное искажение типовой КСС при работе со вторичной оптикой.

Для решения задач, требующих максимального значения осевой силы света при форме КСС типа «К» или «Г» по ГОСТ 17677, доступны модификации XHP35 и XP-L, которые имеют плоскую первичную линзу, обеспечивающую лучший оптический КПД при использовании рефлекторов. В таблице 1 приведены данные для сравнения параметров новых продуктов компании Cree, а также их совместимость с оптикой LEDiL.

Серия XHP35 является самой младшей моделью в семействе XHP. Более мощные серии светодиодов XHP50 и XHP70 имеют в своем корпусе уже четыре отдельных кристалла, размещенных с минимальным зазором. Например, в XHP70 используется самый большой в индустрии кристалл, который хорошо себя зарекомендовал в сериях XM-L2 и XP-L. Серия XHP50 фактически является уменьшенной копией

XHP70. Размер корпуса для серий XHP35, XHP50 и XHP70 заложен в названии и составляет 3,5/5/7 мм соответственно.

Подробная информация о платформе XHP и о параметрах каждой серии представлена в [1].

Продукты платформы MH (серии MHB-A, MHD-E и MHD-G) с точки зрения конструкции можно определить как новый класс светодиодов, так называемый SMT arrays, занимающий нишу между традиционными мощными матрицами, использующими технологию Chip-On-Board (платформы CXA и CXB [2] в линейке продукции Cree), и дискретными светодиодами в SMD-корпусах. При этом платформа MH обладает всеми преимуществами матриц CXA: низкая цена люмена, высокая стабильность параметров и хорошая повторяемость цветов, обеспечиваемая технологией EasyWhite [3].

В мощных светодиодах Cree используется керамическая подложка, что обеспечивает существенно лучшие показатели по стабильности и деградации параметров

Discrete LEDs overview

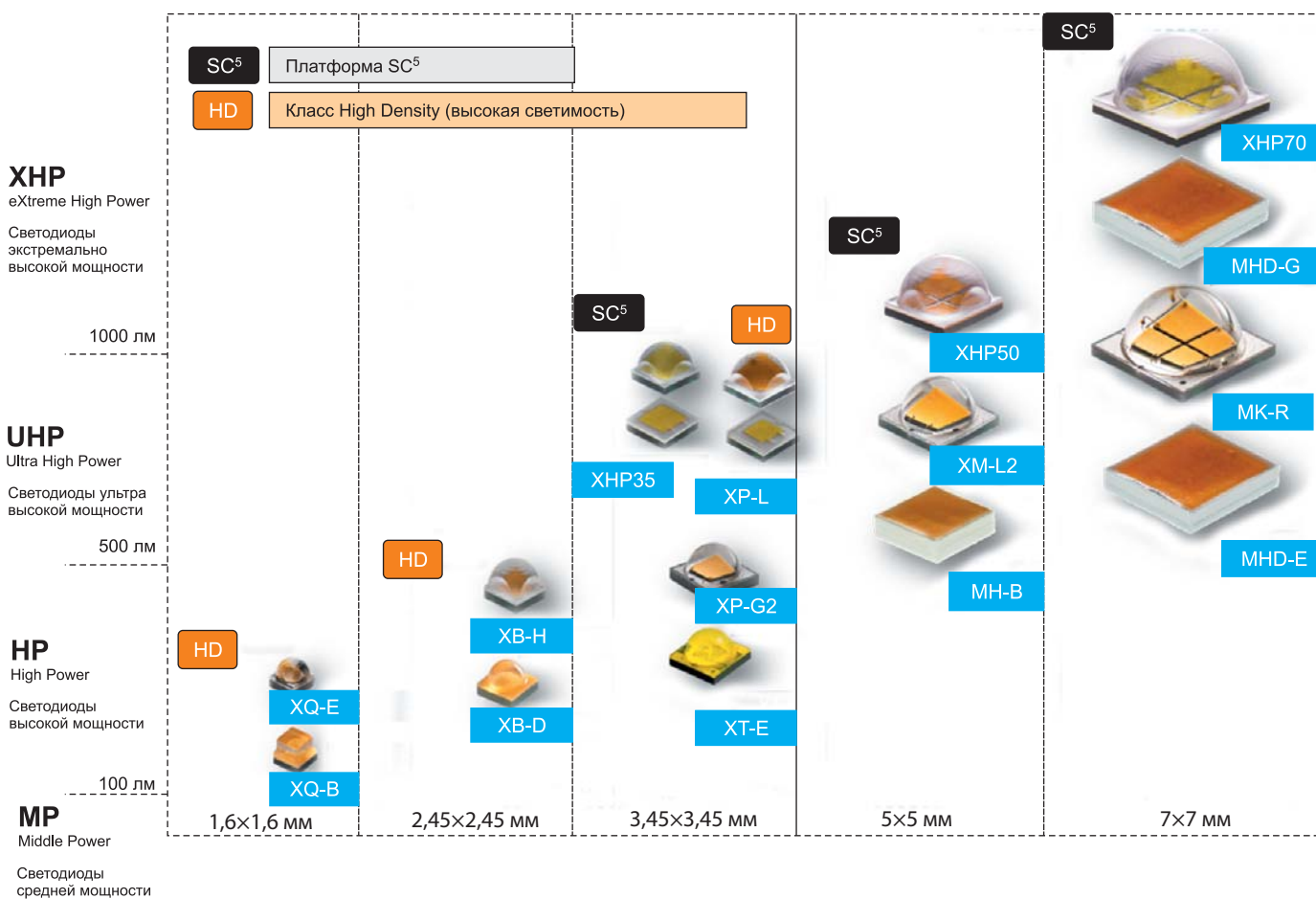


Рис. 1. Основные серии дискретных светодиодов Cree

Таблица 1. Сравнение параметров новых продуктов компании Cree

Модуль	MHB-A	MHD-E	MHD-G	XHP35	XHP50	XHP70		
Внешний вид								
Размер, мм	5×5	7×7		3,5×3,5	5×5	7×7		
Максимальный ток, А / Напряжение, В	0,7/9	1,4/9	1/18	1,05/12	3/6	4,8/6		
	0,35/18	0,7/18	0,5/36		1,5/12	2,4/12		
	0,175/36	0,35/36						
Максимальная мощность, Вт	7	13	19	12	19	32		
Максимальный световой поток, лм	830	1807	2545	1528	2546	4022		
CRI	Цветовая температура, К							
	2700-3500	4000-6500	2700-3500	4000-5000	5000-6500	2600-3700	3700-5000	5000-8300
70		+		+	+	+	+	+
80	+	+	+	+	+	+		
85						+		
90	+	+	+	+		+		

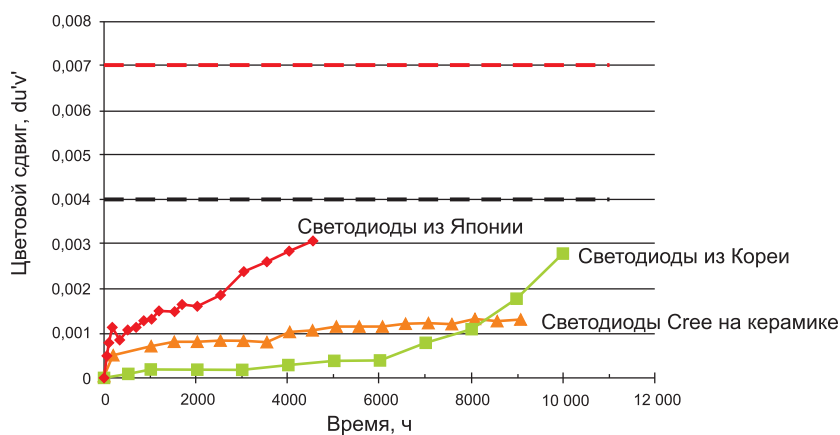


Рис. 2. Пример оценки срока службы по критерию L90

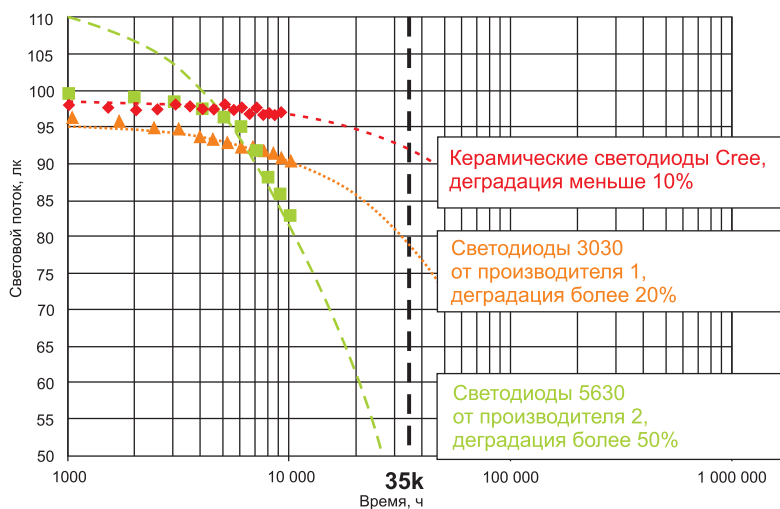


Рис. 3. Результаты сравнительных измерений

по сравнению со светодиодами в пластиковых корпусах. Это объясняется тем, что пластик при работе на высоких температурах быстрее всего начинает терять свои светоотражающие свойства, а это приводит как к снижению светового потока, так и к смещению цветовых координат.

На рис. 2 приведен пример оценки срока службы по критерию L₉₀ (деградация светового потока до уровня 90% от начального значения), рассчитанного в соответствии со стандартом TM-21 [4], и по публичным данным испытаний LM-80 для серии MHB [2] и двух серий полуваттных светодиодов известных производителей. Показаны данные, полученные на номинальном токе при температуре +105 °С. Такой агрессивный режим близок к предельному значению для материала вторичной оптики (поликарбонат), которая рассматривается в настоящей статье, и его нужно учесть при проектировании.

Светодиоды Cree на керамической подложке имеют меньший «цветовой дрейф» во времени по сравнению со светодиодами в корпусах из пластика, даже улучшенного. Результаты сравнительных измерений показаны на рис. 3.

Концепция, объединяющая новые продукты MH и XHP, обозначается аббревиатурой SC³ [6], которая несет в себе двойной смысл. С одной стороны, традиционно компания Cree индексирует очередное поколение своей технологической платформы (совокупность новых технологий кристалла, подложки и люминофора). Например,



Рис. 4. Внешний вид драйвера компании RUSALOX

продукты предыдущей технологической платформы — второе поколение светодиодов XP-G2, XM-L2 и др. — обозначались как SC³ (Silicon Carbide 3 generation). С другой стороны, с появлением светодиодов семейств MH и XHP у аббревиатуры SC появляется второй смысл — System Cost (Reduction), что подчеркивает новые возможности по снижению стоимости решений на базе этих светодиодов.

А теперь подробнее поговорим об экономике, точнее о той экономии, которую даст применение новых светодиодов. Для этого рассмотрим три варианта построения светильников на светодиодах Cree разных поколений — три светодиодных светильника (условные аналоги светильников типа РКУ/ЖКУ с лампами ДНАТ-250 или ДРЛ-400) с одинаковым световым потоком 22000 лм:

- 1-я модель — 96 светодиодов XT-E (технологическая платформа SC³ [8]), оптика LEDiL STRADA 2×6 DWC IP;
- 2-я модель — 48 светодиодов XP-L класса HD (High lumen Density [7]), оптика LEDiL STRADA 2×6 DWC IP [5];
- 3-я модель — 16 светодиодов XHP70 (технологическая платформа SC⁵ [1]), оптика LEDiL STRADA 2×2MX DWC [9].

Во втором и третьем варианте конструкции используется специализированный драйвер компании RUSALOX, разработанный для применений в уличном освещении (рис. 4).

Его отличительные особенности:

- долгий срок службы и широкий диапазон температур, обеспечиваемый отсутствием электролитических конденсаторов в конструкции;
- КПД 94%;
- диапазон входного напряжения 90–300 В;
- низкая цена.

На рис. 5 показан возможный внешний вид и относительные размеры конструкции

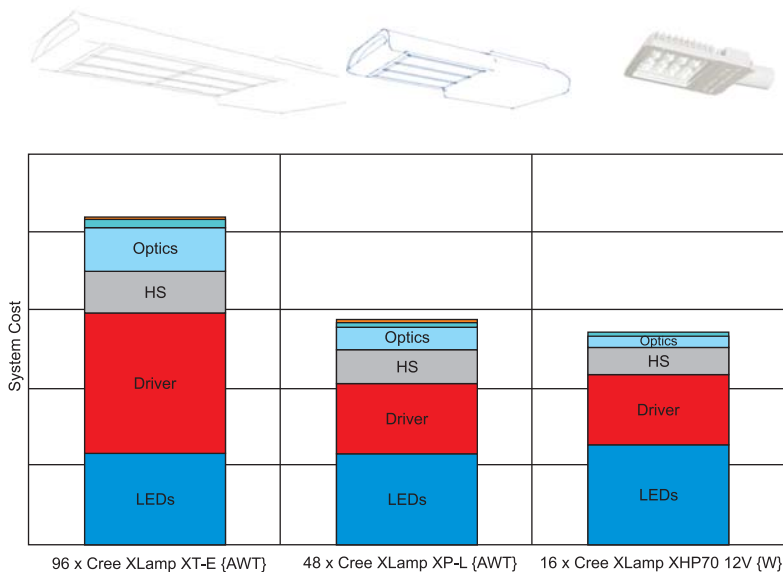


Рис. 5. Возможный внешний вид и относительные размеры конструкции светильника

светильника для каждого из рассчитанных вариантов.

По результатам данного расчета видно, что переход на меньшее число светодиодов новых поколений XP-L и XHP70 позволяет улучшить эффективность светильника при уменьшении его габаритов, количества линз, размера печатной платы, что, в свою очередь, приводит к снижению себестоимости решения. Причем радикальное снижение себестоимости (увеличение соотношения лм/\$) на уровне решения или системы в целом удается получить, применяя изначально более дорогие и современные светодиоды XHP70. Также следует отметить, что для рынка уличных светильников важным преимуществом предложенного варианта является снижение веса примерно на 2 кг.

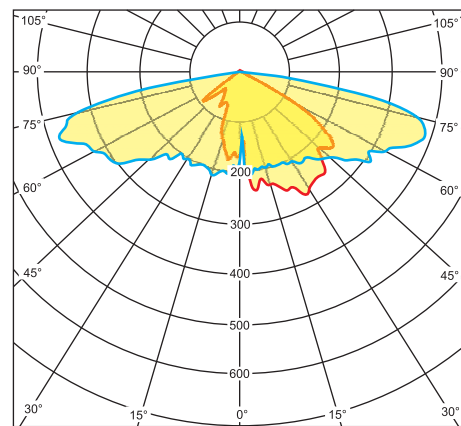


Рис. 6. Внешний вид линзы CS14632_STRADA-2X2MX-DWC с Ш-образной КСС

Линзы LEDiL для перспективных светодиодов Cree

Для светодиодов XHP и MHD компания LEDiL разработала новые семейства линз STRADA-2×2MX и HB-2×2MX. Эти групповые линзы выполнены в виде модулей 2×2 аналогично конструкции популярных семейств линз HB-2×2 и Strada-2×2. Новые линзы 2×2MX имеют размеры основания 90×90 мм. Расстояние между центрами светодиодов 40 мм. В настоящий момент компания LEDiL предлагает линзы с уличными и промышленными световыми диаграммами:

- CS14632_STRADA-2X2MX-DWC с Ш-образной КСС, оптимальной для создания автодорожных светильников (рис. 6);



- CS14713_HB-2X2MX-W с КСС типа глубокий косинус, оптимальной для создания промышленных светильников типа highbay с высотой подвеса 10–12 м (рис. 7).

Новые линзы семейства 2×2MX крепятся четырьмя винтами к радиатору светильника. Штатная силиконовая прокладка обеспечивает герметичную защиту светодиодной платы до уровня IP67, что позволяет соз-



Рис. 7. Внешний вид линзы CS14713_HB-2X2MX-W с КСС типа глубокий косинус

давать светильники без защитного стекла. Плоское защитное стекло поглощает и переотражает до 20% светового потока. Убрал стекло, можно сэкономить до 40% себестоимости светильника за счет:

- уменьшения количества светодиодов и оптики на 20%;
- использования менее мощного и более дешевого драйвера;
- меньшего радиатора.

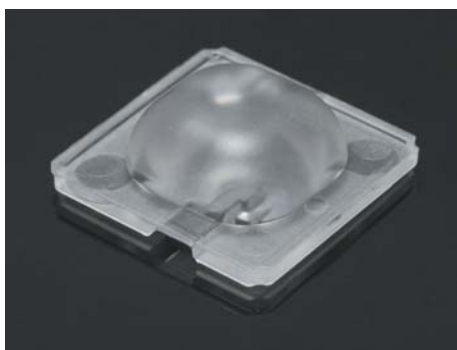
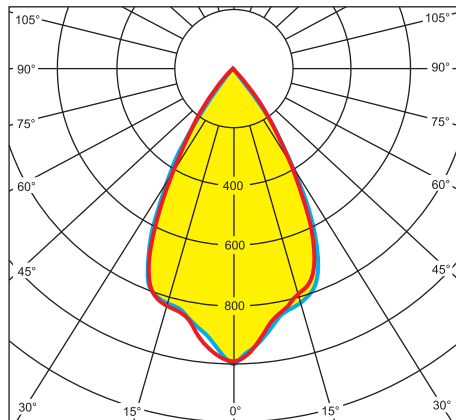


Рис. 8. Внешний вид линзы F14531_JENNY-CY и ее КСС

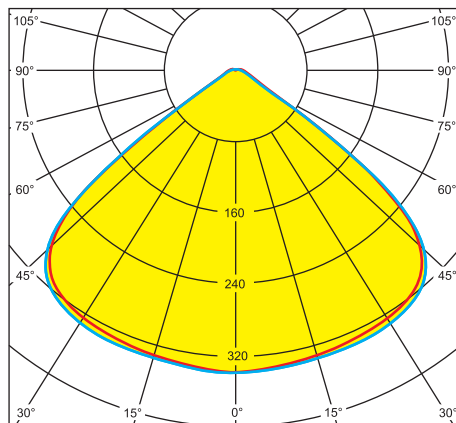
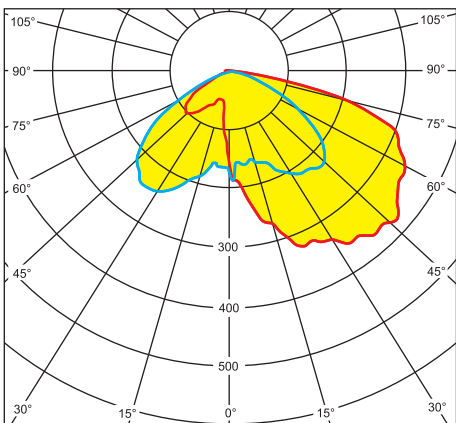


Рис. 9. Внешний вид линзы F14563_JENNY-T4 и ее КСС



Стандартные линзы 2×2MX изготовлены из высококачественного PMMA, который имеет 30-летнюю гарантию на сохранение оптических и механических свойств в условиях уличного ультрафиолета и неблагоприятных климатических воздействий. В тех случаях, когда необходимо обеспечить вандалоустойчивость светильника, эти линзы можно сделать из поликарбоната.

Новые светодиоды Cree уже позволяют нагревать кристалл светодиода до +150 °С. Повышение рабочей температуры светильника в скором времени будет ограничивать возможности применения привычных материалов, из которых сейчас изготавливают линзы. У линз из PMMA верхний температурный предел — +80 °С, у линз из поликарбоната — +110 °С. Это наглядно поясняет те причины, которые стимулируют компанию LEDiL создавать оптику из оптического силикона. Со светодиодами Cree MHD/XHP будут успешно работать силиконовые линзы F14531_JENNY-CY (рис. 8) и F14563_JENNY-T4 (рис. 9).

Габариты линз JENNY — 35×35 мм, высота 12 мм. Линзы можно крепить к радиатору при помощи как одиночного холдера, так и холдера 2×2 (рис. 10), либо клеить прямо к светодиодной плате специальным силиконовым клеем.

Конструкция линз JENNY и холдера 2×2 осознанно сделана механически совместимой с линзами 2×2MX. Это обеспечивает взаимозаменяемость линз в светильнике, расширяет ассортимент возможных световых диаграмм светильника и увеличивает температурный диапазон его работы.

Оптический силикон — очень перспективный материал для создания светодиодной оптики. Он лишен недостатков PMMA и PC и обладает всеми их достоинствами, а именно:

- работает от -45 (ниже пока еще не тестировали) до +150 °С;
- оптическая прозрачность такая же, как у PMMA, коэффициент преломления 1,41;
- материал очень эластичен, поэтому линзы из оптического силикона не боятся ударов и одновременно могут служить герметизирующей прокладкой и колпаком-защитой для LED;
- стоек к воздействию ультрафиолета;
- химически инертен;

- механическая прочность оптического силикона достаточна для применения его в светильниках без защитного стекла.

Итак, всего четыре светодиода XHP70 заменят мощный CoB, а специализированная оптика LEDiL грамотно и эффективно осветит автодорогу или промышленный объект. Герметичность линз защитит светодиоды от внешних воздействий, избавит от потерь света на защитном стекле и упростит конструкцию светильника. С другой стороны, применение столь мощных точечных светодиодов требует продуманного решения по отведению от них тепла.

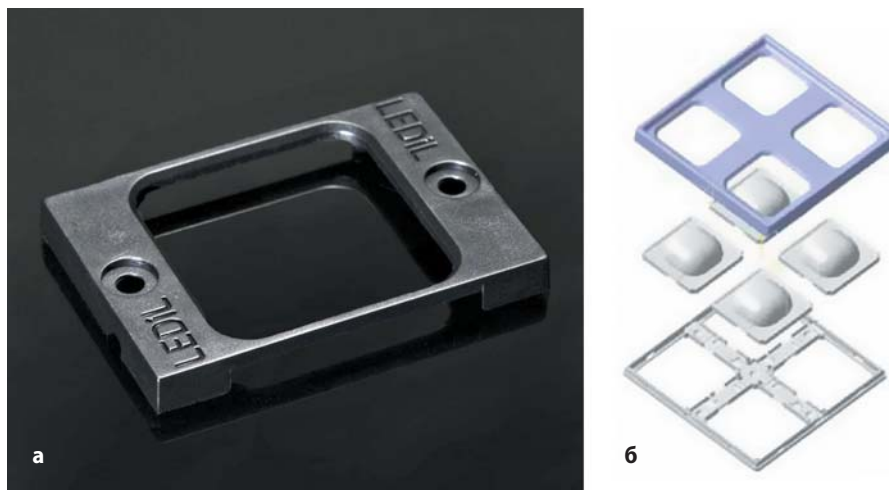


Рис. 10. Крепление линзы JENNY к радиатору при помощи: а) одиночного холдера; б) холдера 2×2

Технологии RUSALOX

Чтобы наиболее эффективно использовать ресурс новых сверхмощных светодиодов Cree и обеспечить безопасный температурный режим работы оптики LEDiL при небольшом размере радиатора, использовалась особая технология печатных плат RUSALOX с коэффициентом теплопроводности композитной печатной платы 125 Вт/м·К с изоляцией из оксида алюминия, характеризующаяся минимальным тепловым сопротивлением по сравнению с существующими решениями. Подложки, произведенные по алюмооксидной технологии, состоят из двух основных частей: проводящих слоев алюминия и/или меди и диэлектрического материала, имеющего нанопористую структуру. Именно этот слой диэлектрика с теплопроводностью 13 Вт/м·К и определяет значительные технические и конкурентные преимущества печатных плат RUSALOX. Их важными преимуществами, по сравнению с традиционными MCPCB, являются низкое тепловое сопротивление, а также близкие значения коэффициентов теплового расширения слоев диэлектрика и подложки. Последнее преимущество обеспечивает высокую надежность таких плат в условиях термоциклирования, неизбежных для уличного применения.



Рис. 11. Внешний вид платы

Технология компании позволяет выпускать несколько вариантов конструкции печатных плат: с непрерывным слоем диэлектрика, с высвобождением диэлектрика в верхнем слое под изолированным теплоотводом светодиода, а также с высвобождением и дополнительным слоем диэлектрика на основании платы. Основные параметры различных вариантов в сравнении с обычной MCPCB-технологией приведены в таблице 2.

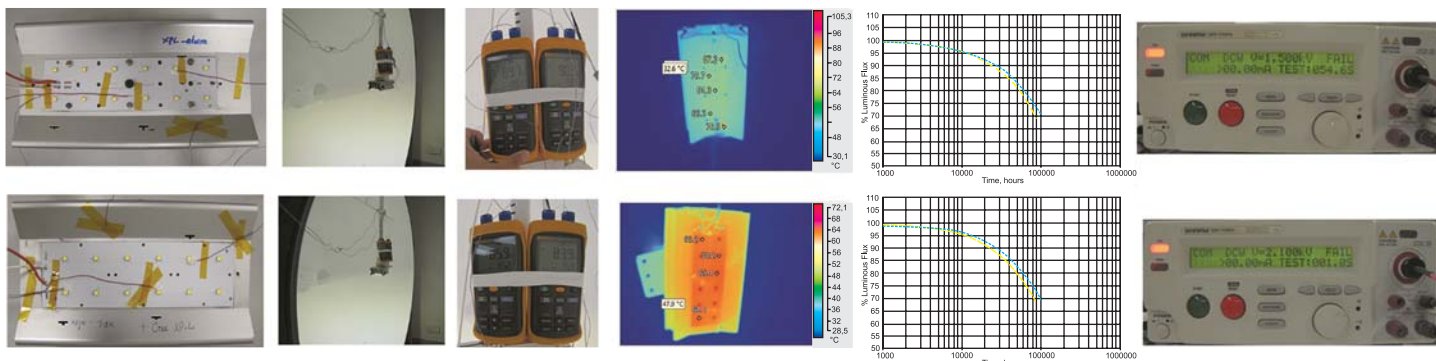
Для наглядности технологических преимуществ технологии RUSALOX сравним характеристики двух одинаковых плат, сделанных по разным тех-

нологиям. Тестирование проводилось в лаборатории Cree. Внешний вид плат одинаков (рис. 11). На обе платы были распаяны по 12 светодиодов XPLAWT-00-0000-000BV40E3. Для изготовления первой платы был использован обычный материал MCPCB с суммарной теплопроводностью 2 Вт/м·К. Вторая плата была выполнена по технологии RUSALOX. Обе платы были смонтированы на одинаковых радиаторах. Результаты измерений приведены на рис. 12.

Результаты тестирования показали, что плата от RUSALOX позволяет снизить температуру кристалла све-

Таблица 2. Основные параметры различных вариантов плат RUSALOX в сравнении с обычной MCPCB-технологией

Параметр	MCPCB	ALOX с непрерывной изоляцией	ALOX с высвобождением	ALOX с высвобождением и непрерывной изоляцией на основании
Тепловое сопротивление платы, °C/Вт	5,5	2,2	0,8	1,5
Теплопроводность платы, Вт/м·К	25	92	180	120
Напряжение изоляции, В	1500	2000	500	1000



Модуль	Ток	Напряжение	Световой поток	Эффективность	Power	Время	T _{HS}	T _{SP}	T _J	L ₇₀	R _{th PCB}	R _{th HS}	Напряжение пробоя
Модуль 1 - МСРСВ	2,1 А	38,7 В	10176 лм		81,3 Вт	1 мин	73,7 °С	99,1 °С	116 °С	85 200 ч	5,5 °С/Вт	0,9 °С/Вт	1500 В
			8564 лм	105 лм/Вт		70 мин							
Модуль 2 - АЛОХ	2,1 А	38,8 В	10278 лм		81,4 Вт	1 мин	75,9 °С	85,9 °С	102,9 °С	100 000 ч	2,2 °С/Вт	0,9 °С/Вт	2100 В
			8762 лм	108 лм/Вт		70 мин							
			2%	2%				-13%	-11%	+17%	-60%		+40%

Рис. 12. Результаты измерений

тодиода XP-L на токе 2,1 А на 13 °С по сравнению платой МСРСВ. При этом расчетное время работы светодиода по критерию L₇₀ увеличивается на 17%. Важно обратить внимание, что измеренное напряжение пробоя платы RUSALOX на 40% превышает значение для платы МСРСВ (2100 и 1000 В соответственно).

Измерения показали, что тепловое сопротивление для платы МСРСВ составляет 5,5 °С/Вт, а для RUSALOX — 2,2 °С/Вт. Используя это значение, можно рассчитать, что выигрыш по температуре кристалла при применении данной технологии со светодиодами XHP70 на токе 1700 мА может составить 49 °С. Соответствующий расчет приведен в таблице 3.

Результаты измерений хорошо иллюстрируют преимущества технологии RUSALOX. При почти одинаковых световых потоках, потребляемых мощностях и радиаторах с равным тепловым

сопротивлением 0,9 °С/Вт, через 70 мин работы кристаллы светодиодов на плате RUSALOX нагрелись до температуры +119,7 °С, а вот температура светодиодных кристаллов на плате МСРСВ достигла +158,7 °С, что уже не совместимо с их работоспособностью.

Заключение

Интенсивная динамика развития всех сегментов светодиодной отрасли и агрессивная конкурентная среда не оставляют места для неэффективных и консервативных производителей. Те страны, которые сегодня называют технологическими лидерами, активно применяют аутсорсинг (outsourcing). Эта бизнес-модель позволяет оперативно создавать новые продукты и выводить их на рынок, поделившись частью прибыли со смежными технологическими партнерами. Несмотря на общий скепсис, сложившийся в России относительно аутсорсинга

в различных областях, инструменты распределения задач в сфере проектирования и создания перспективных решений уже созданы и достаточно надежны. Мы предлагаем использовать готовые конструкторские решения: светодиодные алюмооксидные модули RUSALOX, которые наилучшим образом решают проблемы рассеивания тепла, обеспечивая высокую надежность, экологичность, более компактный дизайн и позволяют раскрыть весь потенциал самых эффективных по параметрам лм/Вт и лм/руб. светодиодов Cree, свет которых, практически без потерь, распределяет лучшая в мире оптика LEDiL. Решения имеют уникальные электрические, оптические и тепловые характеристики, а также различные механически согласованные радиаторы. Специалисты Cree, RUSALOX и LEDiL обеспечат технологическую поддержку самым амбициозным стратегическим планам.

Таблица 3. Расчет преимущества технологии

Модуль	Ток, А	Напряжение, В	Световой поток, лм	Эффективность, лм/Вт	Мощность, Вт	Время, мин	T _{HS} , °С	T _{SP} , °С	T _J , °С	L70	R _{th PCB} , °С/Вт	R _{th HS} , °С/Вт	Напряжение пробоя, В
2×2МХ МСРСВ	1,7	49	11 500		83,3	1	59,5	140	158,7	-	5,5	0,9	1500
			8200	98		70							
2×2МХ АЛОХ	1,7	49	11 500		81	1	72	101	119,7	81500h	2,2		2100
			9240	114		70							
			13%	16%				-28%	-25%		-60%		+40%