

Сакен Юсупов | saken.jusupov@ledil.com  
 Михаил Червинский | mikhail\_chervinsky@cree.com  
 Дмитрий Юровских | dmitry\_yurovskikh@cree.com

# Решения Cree и LEDiL для «высокотемпературных» режимов работы светильников LED



Сейчас только ленивые не пекут, не варят или не томят различные варианты осветительных «блюд» на своих светотехнических «кухнях». В этой статье мы предлагаем еще один оригинальный рецепт с использованием светодиодных и оптических продуктов высокого качества. Итак, «Хозяйке на заметку: как грамотно все разогреть и ничего не спалить»

Возьмите небольшой алюминиевый радиатор. На его алюмооксидную плату аккуратно припаяйте дюжину светодиодов Cree семейства SC<sup>5</sup> и положите все это на радиатор, предварительно смазав его термоклеем. То, что получится, накройте сверху тремя силиконовыми линзами LEDiL. Добавьте по вкусу пару унций винтов, шайб и гаек. Перед подачей блюдо необходимо приправить свежими проводами и разъемами.

Начнем, пожалуй, со смысла: а зачем все это нужно? Конечно же речь идет об экономии. Смысл заключается в том, чтобы заработать большие деньги, уменьшив себестоимость светильника, не ухудшая при этом его качество и долговечность. Мы говорим о возможности сэкономить на размере/весе радиатора каждого светильника приблизительно 20–40%. В масштабах мировой экономики или отдельно взятой страны это огромные деньги. А в масштабах конкретного бизнеса каждый предприниматель сможет определить потенциальную прибыль сам.

Но зачем уменьшать вес и размеры радиатора светодиодного (СД) светильника? Принято считать, что все СД очень чувствительны к перегреву. Действительно, при работе на высоких температурах кристалл СД, как и любой другой полупроводниковый прибор, будет значительно подвержен процессам деградации.

На сегодня в индустрии США принят стандарт LM-80 [2], который позволяет сделать качественную (факт изменения светового потока или цвета) и количественную (степень изменения) оценку деградации параметров СД по результатам долговременных испытаний. Важно отметить, что надежность работы самого СД сильно зависит от его конструкции и используемых материалов. Так, многих разработчиков опыт работы с СД в пластиковых корпусах интуитивно подталкивает к использованию относительно невысоких температур (+40...+60 °С

в точке пайки [3]), при этом ток через кристалл выбирается таким образом, чтобы он не превышал половины максимального значения. В таком режиме большинство «пластиковых» СД показывает удовлетворительную деградацию параметров и имеет приемлемый срок службы. Если нагреть кристалл таких СД выше +90 °С, то это значительно снизит ресурс его работы. Как следствие, в конструкцию мощных светильников на обычных СД закладывают громоздкие и сложные радиаторы, размер и вес которых тщательно рассчитывают для эффективного отведения тепла.

В структуре себестоимости современных светильников зачастую радиатор — самая дорогая часть, потому как его делают из алюминия. Несмотря на падение виртуальных биржевых цен на металлы и нефть, за алюминий приходится платить реальные деньги, т. к. из биржевых фьючерсов и опционов каши не сварить и светильник не сделаешь. Более того, при предсказуемой эрозии цен на СД, в ближайшей перспективе проблема существенного снижения стоимости светильника будет упираться именно в радиатор, т. к. пока что нет никаких предпосылок снижения стоимости алюминия [4].

Для снижения веса радиатора и увеличения теплоотдачи его конструкцию часто усложняют за счет увеличения площади поверхности, добавляя ребра или иглы.

Также в конструкцию радиатора часто добавляют каналы для усиления конвекционного воздушного охлаждения или даже вентиляторы для интенсивного обдува.

Все эти технические решения нужны, поскольку до недавнего времени размеры и вес алюминиевых радиаторов, во многом определяющих внешний вид светильника, были жестко привязаны к рекомендациям производителей СД не перегревать кристаллы предыдущих поколений выше +90...+100 °С [5]. Однако уже сейчас доступны решения, позволяющие использовать светильники при более высоких температурах, а это, в свою очередь, дает возможность уменьшать размеры и вес радиаторов при прочих равных условиях эксплуатации.







В 2014 г. компания Cree перешла на новую технологическую платформу СД SC<sup>5</sup>. Отличительной особенностью новых серий продуктов, по сравнению с ранее известными рынку СД, является стабильная и надежная работа при экстремально высоких температурах и мощностях. Так, например, уже к моменту анонса СД серий ХНР [6] компания предоставила данные LM80, подтверждающие их незначительную деградацию при температуре +105 °С, сравнимую с деградацией СД предыдущих поколений аналогичной мощности при температуре +85 °С. Новые СД спокойно выдерживают рабочие температуры на кристалле более +105 °С при

прогнозируемом снижении светового потока. Например, имеющихся данных достаточно, чтобы сделать оценку срока службы для СД ХНР70 на токе 1050 мА при температуре +125 °С (!) по критерию L90 (снижение светового потока до уровня 90% от начального значения). Следует отметить, что даже в таком экстремальном режиме срок службы будет составлять более 36 600 ч, а это более четырех лет непрерывной работы.

Такая рекордная надежность обеспечивается уникальной и запатентованной технологией производства СД компании Cree, которая совершенствуется на протяжении многих лет. Отличительной особенностью является процесс выращивания кристаллов на подложках из карбида кремния (SiC). Одним из преимуществ SiC в качестве подложки является минимальный коэффициент несогласования периода решеток подложки и выращиваемой гетероструктуры по сравнению с другой доминирующей на рынке мощных СД технологией выращивания кристаллов на сапфировой подложке [8]. Кристаллы, выращенные на SiC, обладают существенно меньшей плотностью дефектов структуры, что позволяет обеспечивать их высокую эффективность и срок службы при высоких значениях плотности тока и температуры.

Рассмотрим подробнее основные параметры всех моделей платформы SC<sup>5</sup> (таблица).

Таблица. Серия светодиодов SC<sup>5</sup>

Величины	МНВ-А	МНД-Е	МНД-Г	ХНР35	ХНР50	ХНР70		
								
Размер, мм	5×5	7×7		3,5×3,5	5×5	7×7		
Варианты исполнения по напряжению, В	9		18	6				
	18		36	12				
	36							
Максимальный ток, А	0,7 (9 В)	1,4 (9 В)	1 (18 В)	1,05 (12В)	3 (6 В)	4,8 (6 В)		
	0,35 (18 В)	0,7 (18 В)	0,5 (36 В)	1,5 (12 В)	2,4 (12 В)	2,4 (12 В)		
	0,175 (36 В)	0,35 (36 В)		-	-	-		
Максимальная мощность, Вт	7	13	19	12	19	32		
Максимальный световой поток, лм	830	1 807	2 545	1 528	2 546	4 022		
CRI	Цветовая температура, К							
	2700-3500	4000-6500	2700-3500	4000-5000	5000-6500	2600-3700	3700-5000	5000-8300
70		+		+	+	+	+	+
80	+	+	+	+	+	+		
85					+			
90	+	+	+	+	+			

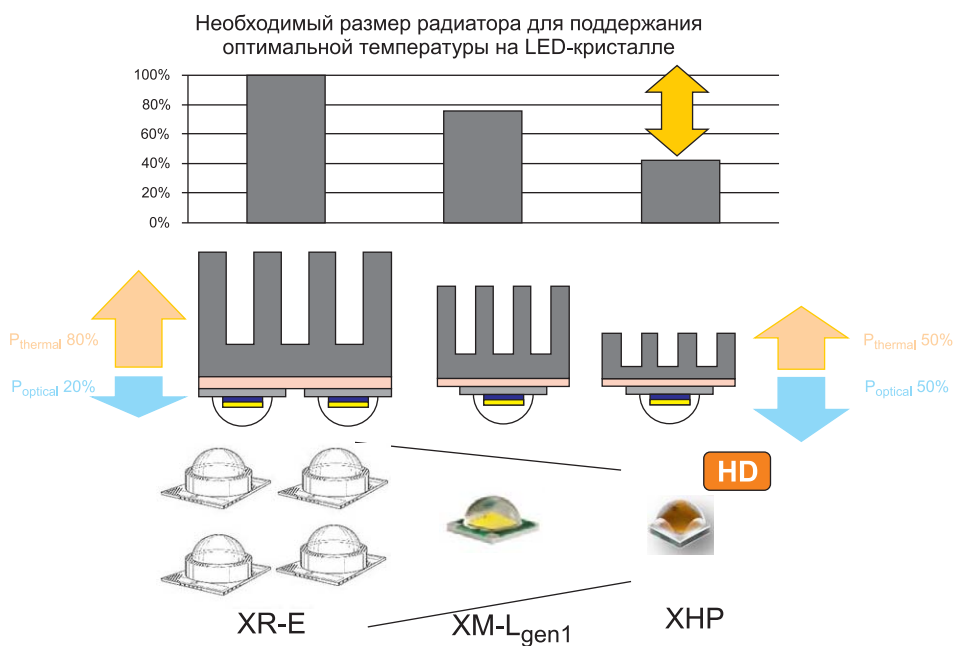


Рис. 1. Возможности уменьшения размеров радиатора при использовании новых светодиодов

Итак, применение СД серий XHP на высоких температурах позволяет существенно снизить требования к размерам и весу радиатора светильника. При этом технологии других компонентов СД-светильников также не стоят на месте. Так, например, применение алюминиевых печатных плат МСРСВ с повышенной теплопроводностью в светильниках новых поколений может уменьшить перепад температуры между подложкой СД и радиатора, за счет чего

можно обеспечить дополнительное снижение размера и веса светильника. Например, российская компания RUSALOX [1] производит алюминиевые печатные платы с высокой теплопроводностью на основе алюмооксидной изоляции с теплопроводностью около 10 Вт/(м·К) и толщиной изолирующего слоя 20–100 мкм (стандартная технология алюминиевых печатных плат в настоящее время обеспечивает теплопроводность порядка 2–4 Вт/(м·К). Таким образом, преимущества алюмооксидных печатных плат можно использовать как для снижения размера радиатора при заданной температуре эксплуатации СД, так и для облегчения их теплового режима в существующей конструкции светильника.

Возможности уменьшить размеры радиатора при использовании СД платформы SC<sup>5</sup> наглядно показаны на рис. 1.

Все новые технологии вызывают появление сопутствующих технических проблем, и наш случай — не исключение. Высокие температуры разогрева радиатора светильника будут плавить стандартные линзы, большинство из которых сделаны из PMMA. PMMA — это очень хороший материал для изготовления оптики, он долговечен и не боится уличных условий и ультрафиолета, но его не рекомендуют использовать при температурах выше +80 °С. Но этого уже не достаточно для работы в светильниках с температурой радиатора +95 °С. Жаркой ночью в южных

регионах температура окружающей среды добавит тепла радиатору, и поликарбонат тоже «поплывет». Также есть на рынке линзы из поликарбоната, которые могут выдерживать температуры до +110 °С, но они желтеют от ультрафиолета.

Пожалуй, наиболее подходящий материал для изготовления высокотемпературных линз — оптический силикон. Его свойства таковы:

- диапазон рабочих температур –45... +150 °С;
- оптическая прозрачность такая же, как у PMMA, коэффициент преломления 1,41;
- линзы из оптического силикона благодаря его эластичности не боятся ударов и одновременно могут служить герметизирующей прокладкой и колпаком-защитой для СД;
- устойчивость к воздействию ультрафиолета;
- химическая инертность;
- механическая прочность оптического силикона достаточна для применения его в светильниках без защитного стекла.

LEDiL в течение двух лет производит вторичную оптику из оптического силикона для СД CoB, и эта оптика уже успела хорошо себя зарекомендовать. В 2016 г. компания представила групповые линзы из оптического силикона для новых светодиодов Cree семейства SC<sup>5</sup>. Для небольших светодиодов типа XHP35-HI и XHP35-HD было разработано семейство линз 2×2 габаритами 50×50 мм. Первая линза из нового семейства — FN15180\_STRADA-2X2-5050-T3 (рис. 2).

Новая линза состоит из силиконового оптического модуля 2×2 и прижимной

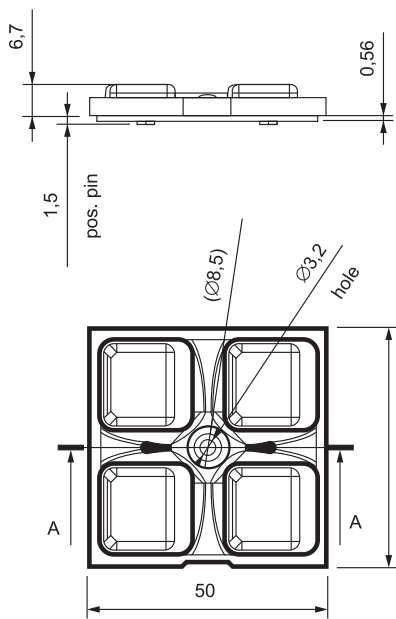


Рис. 2. Размеры линзы FN15180\_STRADA-2X2-5050-T3

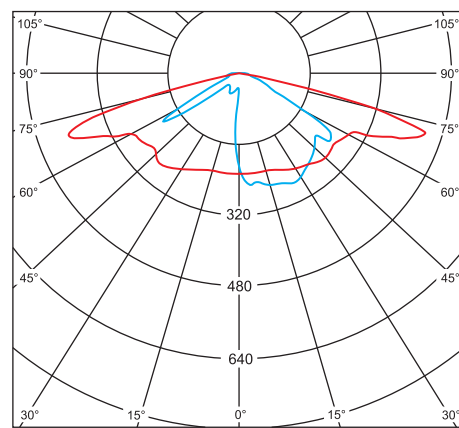


Рис. 3. Диаграмма распределения света

рамки из поликарбоната. Крепится новая линза винтом по центру или же силиконовым клеем типа Dow Corning 3145, который нужно наносить по периметру линзы и вокруг центрального отверстия. Диаграмма распределения света нового семейства представлена на рис. 3.

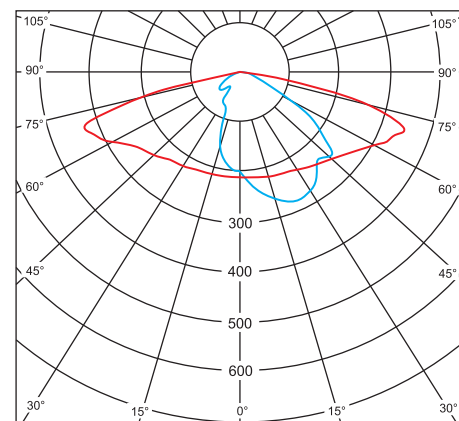
Для особо мощных СД Cree типа XHP70 или MHD-G, которые также могут работать при высоких температурах на кристалле и радиаторе, компания LEDiL начала выпуск нового семейства силиконовых линз STRADA-2X2MX-SI. Первая линза из этого семейства — FN14825\_STRADA-2X2MX-SI-DWC (рис. 4).

Габариты новой оптики 90×90×14 мм. Линза крепится к радиатору четырьмя винтами или же силиконовым клеем типа Dow Corning 3145. Диаграмма новой оптики представлена на рис. 5.

Появление силиконовой оптики для нового семейства «высокотемпературных» СД Cree семейства SC<sup>5</sup> дает возможность безопасно использовать весь ресурс приборов в рекомендуемых производителем режимах, за счет чего можно уменьшать габариты и размер радиатора и, соответственно, снизить себестоимость СД-светильников. ●



**Рис. 4.** Внешний вид линзы FN14825\_STRADA-2X2MX-SI-DWC



**Рис. 5.** Диаграмма линзы FN14825\_STRADA-2X2MX-SI-DWC

### Литература

1. [www.Rusalox.ru](http://www.Rusalox.ru)
2. [www.cree.com/xlamp\\_app\\_notes/lumen\\_maintenance](http://www.cree.com/xlamp_app_notes/lumen_maintenance)
3. [www.cree.com/xlamp\\_app\\_notes/solder\\_point\\_temp](http://www.cree.com/xlamp_app_notes/solder_point_temp)
4. Юровских Д. Скрытые возможности по снижению себестоимости светодиодного светильника // Lumen&ExpertUnion. 2015. № 1.
5. Полищук А. Обеспечение теплового режима мощных светодиодных ламп при разработке светотехнических устройств // Современная электроника. 2006. № 3.
6. [www.cree.com/xhpl](http://www.cree.com/xhpl)
7. Донцов А. Теперь — по технологии SC<sup>3</sup>: новые светодиоды от Cree // Новости электроники. 2012. № 2.
8. Туркин А. Обзор развития технологии полупроводниковых гетероструктур на основе нитрида галлия (GaN) // Полупроводниковая светотехника. 2011. № 6.