

МОЩНЫЕ СВЕТОДИОДЫ КОМПАНИИ CREE: ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ

М. Червинский¹

УДК 621.382
БАК 05.27.00

Основным направлением деятельности компании Cree Inc. (основана в 1987 году в штате Северная Каролина, США) остается разработка и производство полупроводниковых источников света. С начала 1990-х годов Cree проводит интенсивные исследования в области светоизлучающих структур нитрида галлия и твердых растворов на его основе. Благодаря уникальным технологиям производства полупроводниковых материалов продукция Cree отличается высокими электрическими характеристиками и надежностью, поэтому применяется практически в любых осветительных приборах: от бытовых и промышленных до приборов специального назначения.

Сферы применения светодиодов CREE: внутреннее и наружное освещение, подсветка архитектурных элементов и ландшафтов, декоративная подсветка помещений, портативные источники света, информационные панели и наружная реклама, фары и прожекторы, автомобильные фонари и сигналы, подсветка приборных панелей и торгового оборудования.

Все светодиоды CREE можно разделить на две большие группы: мощные светодиоды, оптимизированные для осветительных приборов (под общим названием XLamp) и сверхъяркие (High-Brightness). Источники света на основе XLamp – высокорентабельная альтернатива устаревшим технологиям освещения, использующим лампы (газоразрядные, накаливания), они отличаются большим ресурсом работы, низкими затратами на обслуживание и высокой эффективностью. Мощные светодиоды CREE XLamp идеально подходят для применения в бытовой и портативной электронике, уличном и промышленном освещении, высоконадежных и взрывобезопасных осветительных приборах, а также в качестве источников света в фарах головного освещения на транспорте.

Решения, использующие твердотельные источники света, многократно превосходят традиционные осве-

тительные приборы, благодаря следующим неоспоримым преимуществам:

- обеспечивают большую светоотдачу при малых габаритах;
 - потребление энергии уменьшается более чем на 90% (по сравнению с лампами накаливания);
 - высокая устойчивость к механическим воздействиям, отсутствие элементов с высокой температурой (выше 150°C);
 - высокая надежность: в предельных режимах время работы современных серий светодиодов XLamp составляет более 100 тыс. ч (по критерию L_{70} – деградация светового потока до уровня в 70% от начального);
 - широкая цветовая гамма и квазикогерентное излучение;
 - отсутствие токсичных веществ, таких как ртуть и свинец.
- Семейство приборов CREE XLamp быстро развивается и пополняется. Компания продолжает работы по повышению светоотдачи и надежности. Светодиодные лампы

¹ Cree Inc., инженер по применению, Mikhail_Chevinsky@cree.com.

CREE выпускаются в экономичных корпусах для поверхностного монтажа, позволяющих использовать высокоэффективные технологии производства готовых изделий на печатных платах и стандартных технологических процессов пайки без применения клеев и дополнительных приспособлений.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЛАТФОРМЫ SC3 И SC5

Интенсивные исследования в области светоизлучающих структур нитрида галлия (GaN) и твердых растворов на его основе на подложках из карбида кремния (SiC) компания начала еще в начале 1990-х годов. Благодаря разработанным Cree Inc. уникальным технологиям производства полупроводниковых материалов на основе SiC продукция компании обладает высокой надежностью и недостижимыми для конкурентов электрическими характеристиками. На сегодняшний день Cree – мировой лидер в производстве монокристаллов из карбида кремния, занимает лидирующую позицию как производитель полупроводниковых приборов на основе SiC и GaN на подложках из SiC.

Следует отметить, что появление на рынке нового поколения светодиодов на SiC-подложках открыло целое направление в разработке устройств для освещения и подсветки на твердотельных источниках света. Высокие энергетические показатели этих светодиодов позволяют строить на их основе надежные и экономичные светильники для самого ответственного применения (например, аварийное и взрывоопасное освещение), работающие в широком диапазоне температур.

Совершенствование технологии производства компонентов светодиодов (излучающих кристаллов, люминофорного покрытия кристалла, оптики, корпусов из специальной керамики и методов их установки на эвтектическую основу), действительно, существенно повысило надежность, энергетический выход излучения и коэффициент полезного использования светового потока. В этих светодиодах (на основе SiC) стал возможен монтаж с применением эвтектического сплава, проводимость

которого значительно выше проводимости токопроводящего эпоксидного. В результате был обеспечен максимальный отвод тепла от р-п-перехода и тепловое сопротивление "р-п-переход – корпус" уменьшено до 8 °С/Вт. Применение этой технологии при производстве кристаллов больших размеров позволило достичь высокого соотношения светового потока к мощности.

Развитием технологии "структуры нитрида галлия на карбиде кремния" стала **технологическая платформа SC3**. В апреле 2012 года компания Cree начала выпуск светодиодов с использованием этой технологической платформы, позволяющей производить более эффективные по сравнению с предыдущими моделями светодиоды – при равной потребляемой мощности новые светодиоды имели более высокую светоотдачу и световой поток и, при этом, более низкую стоимость.

SC3-технология компании Cree сочетала в себе передовую технологию выращивания светодиодных гетероструктур, усовершенствованные конструкции светодиодного кристалла, улучшенные характеристики люминофора, а также доработанную оптическую систему корпуса и усовершенствованный дизайн корпуса. Повысились как эффективность преобразования электрической энергии в оптическое излучение, так и вывод излучения из светодиода.

Дальнейшее развитие и совершенствование технологии SC3 привело к появлению **технологической платформы SC5** (компания Cree анонсировала эту технологию в феврале 2016 года). Технология SC5 базируется на передовых достижениях компании в области процессов эпитаксиального выращивания гетероструктур GaN и его твердых растворов, при этом достигается минимальная плотность дефектов кристалла и появляется возможность его надежной эксплуатации в агрессивных режимах. Данная технология обеспечивает новые высокие уровни плотности мощности кристаллов, повышенные температуры эксплуатации и оптимальные соотношения "стоимость – эффективность" для светодиодных источников света. Основные

достоинства кристаллов Cree последнего поколения: повышенная надежность к электрическим и тепловым перегрузкам, низкое прямое напряжение, низкое тепловыделение и высокая эффективность до 200–214 лм/Вт.

Концепция платформы SC5 базируется на следующих тезисах:

- достижение принципиально нового уровня светового потока с одного корпуса СД (1000–3000 лм), что открывает возможности для радикального уменьшения себестоимости всех компонентов системы (светильника);
- низкий уровень прогнозируемой деградации светового потока и высокая стабильность цвета при длительной работе в условиях повышенной температуры (от 35 тыс. ч по критерию L_{90} при температуре в точке пайки 105 °С);
- увеличение плотности светового потока и светимости (или OCF, Optical Control Factor), которое дает возможность уменьшить размеры вторичной оптики (рефлектора, апертуры светильника и т.д.).

Работа над новой платформой SC5 проводилась по следующим основным направлениям:

- исследование и улучшение технологического процесса эпитаксиального выращивания структур с целью повышения внутреннего квантового выхода;
- разработка новой конструкции кристалла для увеличения эффективности выхода излучения, уменьшения теплового сопротивления, повышения внешнего квантового выхода излучения при повышенной рабочей температуре р-п-перехода;
- улучшение параметров корпуса, особенно его оптической системы. Большое внимание было уделено оптимизации формы линзы для лучшего вывода излучения, повышению стабильности оптических характеристик при продолжительной работе в условиях повышенной температуры, а также повышению интенсивности и однородности свечения.

С точки зрения практического применения усовершенствованной технологии наиболее интересной представляется возможность использования светодиодов при больших мощностях (до 30 Вт на корпус) и температурах, чтобы получить принципиально новые размеры и вес светильников. Как отмечалось, это позволяет применять в светильниках нового поколения меньшее количество светодиодов для получения целевого светового потока и, как следствие, снизить себестоимость решения за счет остальных компонентов (радиатор, печатная плата, оптика). Все новые светодиоды компании Cree проходят постоянное тестирование на деградацию светового потока при температурах 85 и 105 °С по стандарту LM80. Результаты испытаний публикуются на сайте компании cree.com/lm80.

Таблица 1. Светоотдача светодиодов платформы XHP

Наименование	Размер, мм	Максимальный световой поток
XHP 35	3,45×3,45	До 1 833 лм при 13 Вт
XHP 35 HI	3,45×3,45	До 1 483 лм при 13 Вт
XHP 50	5×5	До 2 546 лм при 19 Вт
XHP 70	7×7	До 4 022 лм при 32 Вт

Для большинства серий светодиодов Xlamp, относящихся к современной технологической платформе SC5, характерна высокая эффективность на уровне 134 лм/Вт при максимальных значениях светового потока (табл.1).

Кроме того, использование новой технологии люминофора позволяет приблизить цветопередачу светодиодов к уровню традиционных ламп накаливания и галогенных ламп. Для ряда специализированных задач (освещение телевизионное, в административных и торговых помещениях, подсветка растений и др.) спектр новых многокристалльных светодиодов имеет специальные опции, которые позволяют более насыщенно передавать определенные группы цветов, не внося при этом существенных искажений в общий уровень цветопередачи. Многие эксперты отмечают, что для комплексной оценки спектра современных светодиодов возможностей традиционной метрики индекса CRI уже недостаточно, поэтому компания Cree поддерживает независимую международную группу, работающую над новым стандартом оценки цветопередачи TM-30.

В рамках рассматриваемой технологической платформы компания Cree вывела на рынок три новых продукта – светодиоды XHP35, XHP50 и XHP70, принадлежащие к новым классам светодиодов экстремально высокой мощности (XHP – Extreme High Power). Основные параметры серий XHP приведены в табл.1.

Вся актуальная на сегодняшний день линейка дискретных светодиодов компании Cree показана на рис.1. Следует отметить, что серии с уровнем максимальной мощности менее 9 Вт, для которых характерна повышенная плотность светового потока, относятся к классу HD (High Density). Светодиоды класса HD: XQ-E, XP-L – имеют исполнение с плоской линзой, при этом обеспечивается более узкий угол раскрытия первичной кривой силы света (КСС). При работе с узкоградусной оптикой такие светодиоды обеспечивают лучшую отсечку результирующей КСС и повышенный уровень осевой силы света (intensity), по сравнению с версией HD. Эта особенность отражена в обозначении таких серий – High Intensity (HI). Основные параметры всех дискретных светодиодов CREE пока-

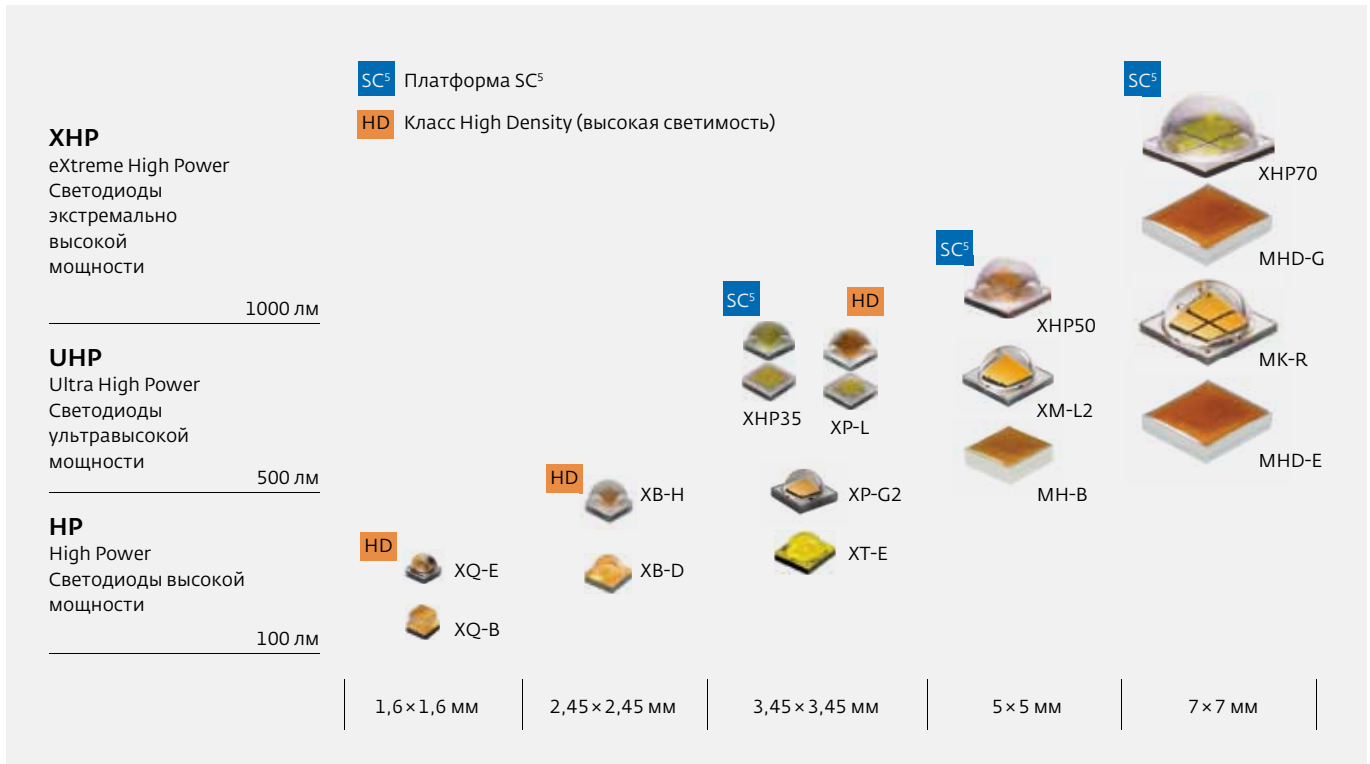


Рис.1. Позиционирование мощных светодиодов по мощности, технологической платформе и по размерам

заны в табл.2. Рассмотрим наиболее интересные светодиоды и их преимущества более подробно.

СВЕТОДИОДЫ СЕРИИ XLamp XHP35

Как было отмечено, XHP (Extreme High Power) подчеркивает принадлежность этой серии к классу Extreme High Power. Цифровой код после названия семейства в наименовании новых светодиодов обозначает размер корпуса (XHP35 – 3,45×3,45 мм, XHP50 – 5,0×5,0 мм, XHP70 – 7,0×7,0 мм). Таким образом, новые светодиоды фактически используют размеры посадочного места популярных серий светодиодов стандартного класса мощности – XP-G2/XT-E/XP-L (XHP35), XM-L2 (XHP50) и MK-R

(XHP70). При этом обеспечивается более чем двукратное увеличение светового потока по сравнению с предшественниками (при совместимости по посадочному месту на печатной плате и одной и той же оптике).

Как и упомянутые ранее серии XQ-E и XP-L, светодиод XHP35 имеет два варианта конструкции, представляющие, фактически, разные серии:

- **XHP35 HD** (High Density) – стандартное исполнение с куполообразной линзой, оптимизирован для получения максимального светового потока;
- **XHP35 HI** (High Intensity) – версия без стандартной куполообразной линзы, обеспечивающая лучшую силу света при работе со вторичной оптикой в приложениях, требующих узкой однонаправленной КСС.

Можно отметить, что конструктивно XHP35 занимает корпус у серий XP-L и XP-L2, единственным отличием является незначительно увеличенная высота линзы, обеспечивающая фокусировку кристалла большего размера. В отличие от других светодиодов линейки XHP серия XHP35 имеет один кристалл с четырьмя активными областями и типовым падением напряжения 11–12 В. При этом яркость источника света достаточно равномерна, так как в конструкции светодиода нет зазора между кристаллами, и это обеспечивает отличную фокусировку и отсутствие нежелательных артефактов в распределении света при работе со вторичной оптикой.

СВЕТОДИОДЫ СЕРИИ XLamp XHP50

Серия XHP50 по уровню производительности занимает промежуточную позицию между XHP35 и XHP70. В корпусе светодиода расположены четыре кристалла, имеющих максимальный ток 1,5 А. Размер подложки данного светодиода – 5×5 мм, при этом важной особенностью является совместимость с посадочным местом и некоторыми линзами для других популярных серий XM-L2, MNB-A и MNB-B.

Как и большинство серий XLamp, XHP50 работают в диапазоне коррелированных цветовых температур (КЦТ) 2700–6500 К. При этом расширен диапазон доступных комбинаций КЦТ и индекса CRI. В частности, доступны коды заказа с уровнем CRI выше 90 для холодных и нейтральных значений КЦТ.

Важное преимущество для разработчиков – унифицированная система биннинга многокристальных светодиодов EasyWhite, которая позволяет заказывать светодиоды по целевой цветовой температуре с необходимой повторяемостью цвета в пределах 2, 3 или 5 шагов Мак-Адама. XHP50 сохранили типичные для большинства дискретных серий XLamp форму и угол светораспределения (120°).

Характерной особенностью серии XHP является возможность универсального подключения для рабочего напряжения 12 и 6 В путем изменения топологии посадочного места на печатной плате. Таким образом, в зависимости от типа подключения, номинальное (максимальное) значение тока для данной серии составляет 1400 мА (3000 мА) и 700 мА (1500 мА) соответственно для 6 и 12 В. Значение светового потока XHP50 может достигать 2100 лм при максимальной мощности 18 Вт и температуре активной области (р-п-перехода) 85 °С.

Подобный уровень светового потока, учитывая относительно небольшие для четырехкристального светодиода размеры корпуса, можно получить только при очень хороших тепловых характеристиках, которые заложены в технологическую платформу SC5.

Так, в отношении светодиодов серии XHP50 можно отметить достаточно низкое тепловое сопротивление между кристаллом и нижней точкой подложки (точкой пайки) – всего 1,2 °С/Вт. Типовые зависимости (мощности от длины волны, светового потока от температуры перехода и напряжения) приведены на рис.2–5.

СВЕТОДИОДЫ СЕРИИ XLamp XHP70

Серия XHP70 заимствует многие параметры конструкции XHP50, являясь, по сути, масштабированной копией, на его корпусе размером 7×7 мм расположены четыре кристалла размером 2×2 мм. Тип и размер кристалла унаследован от другого светодиода-рекордсмена – серии XP-L. Инженеры, имеющие опыт работы с данным продуктом, смогут оценить производительность XHP70.

Система биннинга, форма светораспределения и тип подключения с двумя опциями по напряжению для серии XHP70 аналогичны серии XHP50. Номинальное (максимальное) значение тока в зависимости от типа подключения составляет 2100 мА (4800 мА) и 1050 мА (2400 мА) соответственно для 6 и 12 В. Как было отмечено выше, значение светового потока XHP70 может достигать 3500 лм при максимальной мощности 30,5 Вт и температуре активной области (р-п-перехода) 85 °С. При этом скорость увеличения светоотдачи серийных продуктов Cree составляет 7–14% в год. Как и в случае с серией XHP50, достижение максимальных значений светового потока серии XHP70 возможно только при очень хороших тепловых характеристиках, которые обеспечивает технологическая платформа SC5. Так, тепловое сопротивление корпуса данного типа СД составляет всего 0,9 °С/Вт, а первый пакет данных испытаний светодиода по стандарту LM-80 подтверждает высокий срок службы свыше 35 тыс. ч по критерию L90 на токе 3 А (6 В) при температуре 105 °С.

Еще раз хочется подчеркнуть, что основной идеей разработки новых продуктов была не просто демонстрация технологических возможностей компании Cree в виде высокого уровня мощности и надежности, определяющего новый класс светодиодов в индустрии освещения. Увеличение светового потока при повышенной температуре и достаточно небольших размерах корпуса позволяет существенно снизить число светодиодов в изделии. При грамотном применении меньшего количества вторичной оптики, оптимизации топологии печатной платы и уменьшении размера радиатора можно обеспечить существенное снижение стоимости новых решений.

СВЕТОДИОДЫ СЕРИИ XLamp XP-G3

Лучшая цена люмена, надежность и увеличенное значение максимального тока – основные особенности новой серии XP-G3 по сравнению предыдущим поколением XP-G2. При этом размеры его корпуса – те же, что и у пред-

Таблица 2. Основные параметры мощных светодиодов компании Cree

Модель	Размер, мм	Мощность макс., Вт	Световой поток макс., лм	Достижимая эффективность, лм/Вт	Максимальный ток, А	Угол зрения, градус
XQ-A HD	1,6×1,6	1	103	147	0,3	140
XQ-E HD		3	334	128	1	110
XQ-E HI		3	334	128	1	120
XQ-E Torch		3	280	89	1,1	100
XB-D	2,45×2,45	3	309	128	1	115
XB-H		5	550	148	1,5	110
XT-E	3,45×3,45	5	629	178	1,5	115
XB-E High Voltage		3,5 (48 В)	357	146	0,066 (48 В)	115
XP-G2		5	586	176	1,5	115
XP-L		10	1150	161	3	125
XP-L HI		10	1095	136	3	115
XHP35 (SC5)		13	1833	172	1,05	125
XHP35 HI (SC5)		13	1483	139	1,05	125 130
XM-L2	5×5	10	1052	170	3	125
XM-L2 Easy White		13	1116	113	2 (6 В) 1 (12 В)	115
XHP50 (SC5)		19	2546	149	3 (6 В) 1,5 (12 В)	120
MHD-E	7×7	13	1807	143	1,4 (9 В) 0,7 (18 В) 0,35 (36 В)	115
MK-R		15	1769	147	2,5 (6 В) 1,25 (12 В)	120
MHD-G		19	2545	134	1,0 (18 В) 0,5 (36 В)	115
XHP70 (SC5)		32	4022	150	4,8 (6 В) 2,4 (12 В)	120

Примечание. Температура перехода (максимальная) для всех светодиодов 150 °С.

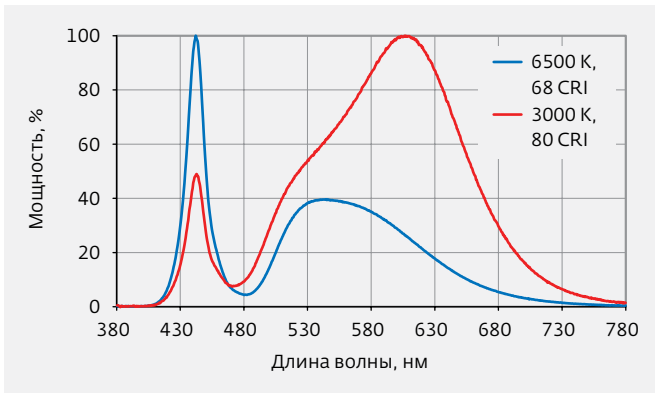


Рис.2. Спектральное распределение мощности

шественников. А архитектура кристалла Direct Attach делает новый светодиод менее чувствительным к броскам тока. Сочетание новых технологических решений и проверенных материалов позволило сделать светодиоды XP-G3 крайне эффективными и надежными.

Эффективность XP-G3 для серийно доступных кодов заказа на момент написания статьи достигает 177–190 лм/Вт при токе 350 мА и температуре перехода 85°C, а максимально достижимое значение светового потока – 777 лм. Важно отметить что система биновки всех серий Xlamp определяется по минимальному значению светового потока в горячем режиме, при этом шаг по световому потоку составляет 5–7%. Это важно учитывать при расчетах и сравнении с светодиодами других производителей, зачастую указывающих типовое значение светового потока и допускающих больший его разброс.

Светодиод XP-G3 восполнил разрыв в группе светодиодов Xlamp с посадочным местом размером 3,5x3,5 мм, который образовался после выхода серии XP-L, уровень светового потока которой в разы превышает типовые значения светового потока серий XT-E и XP-G2. Аналогичное посадочное место и у светодиодов XP-L2 и XHP35

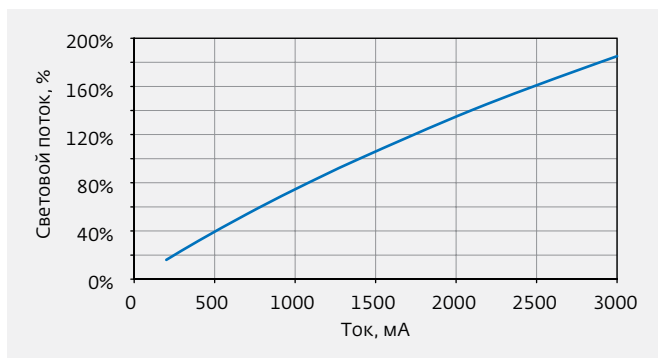


Рис.4. Зависимость светового потока от величины тока при напряжении 6 В

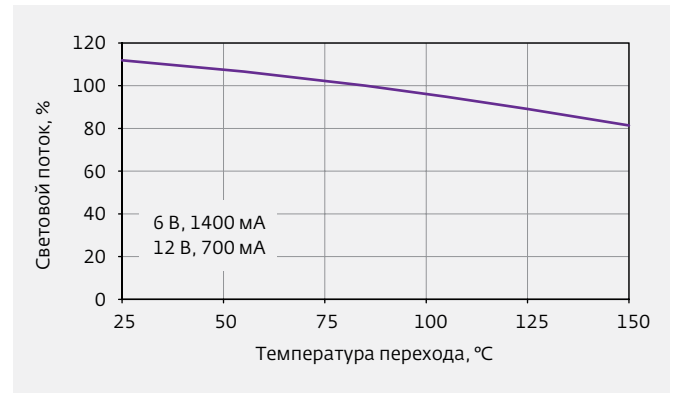


Рис.3. Зависимость светового потока от температуры перехода

(см. рис.1). Светодиод XP-G3 имеет такие же размеры и конструкцию корпуса как и светодиод серии XP-G2, что обеспечивает полную его совместимость с существующими печатными платами и оптикой.

Обновленная версия XP-G3 по сравнению с предшественниками имеет увеличенное значение максимального тока – до 2 А. Предположение о том, что XP-G3 использует кристалл большего размера подтверждается низкими значениями теплового сопротивления и прямого падения напряжения – 3°C/Вт и 2,75 В соответственно. В табл.3 приведены основные параметры XP-G3 в сравнении с ближайшими аналогами в таком же корпусе – сериями XT-E, XT-E HE (High Efficacy) и XP-G2.

Основные параметры светодиодов серии Xlamp XP-G3:

- максимальная энергоэффективность: 187 лм/Вт (XPGDWT-01-0000-00ME2);
- максимальный световой поток: 777 лм;
- максимальная рассеиваемая мощность: 6 Вт;
- максимальный ток: 2,0 А;
- угол собственной КСС: 125°;
- максимальная температура кристалла: 150°C.

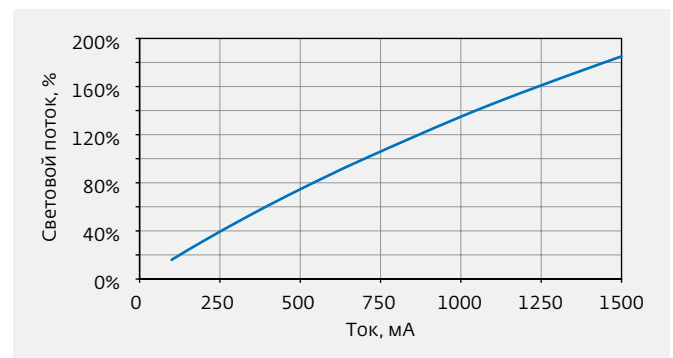


Рис.5. Зависимость светового потока от величины тока при напряжении 12 В

Таблица 3. Сравнительные характеристики светодиодов ХТ-Е, ХР-G2 и ХР-Г3

Наименование	ХТ-Е	ХТ-Е High Efficacy	ХР-Г2	ХР-Г3
Размер корпуса, мм	3,45×3,45×2,36	3,45×3,45×2,36	3,45×3,45×2,26	3,45×3,45×2,26
Максимальный ток/мощность, мА/Вт	1 500/5	1 500/5	1 500/5	2 000/6
V_f при 350 мА, 85 °С, В	2,85	2,8	2,8	2,75
Тепловое сопротивление, °С/Вт	5	5	4	3
Наличие проволочных соединений с кристаллом	Нет	Нет	Есть	Нет
SMD-монтаж	Есть	Есть	Есть	Есть
RoHS & REACH	Есть	Есть	Есть	Есть
Изолированная площадка для отвода тепла под корпусом	Есть	Есть	Есть	Есть

Светодиоды ХР-Г2 и ХР-Г3 имеют преимущества по сравнению с ХТ-Е в диапазоне мощностей до 4 Вт, при этом больший запас по максимальной мощности у ХР-Г3 позволяет на 20–30% увеличить ток через светодиод в светильнике, пропорционально сократив количество светодиодов, оптики и размер печатной платы. Такой переход с ХТ-Е на ХР-Г3 является более консервативным по сравнению с возможностями светодиодов ХНР, но при этом требует меньших инвестиций в разработку (можно сохранить существующую конструкцию оптики, плат и радиатора).

Следует отметить, что светодиод ХР-Г3 использует кристалл архитектуры Direct Attach (DA). Аналогичные кристаллы меньшего размера применяются в популярных сериях ХТ-Е и ХВ-Д, а также в недавно анонсированных светодиодах ХТ-Е High Efficacy и ХР-Л2. Кристаллы Direct Attach DA отличаются повышенной устойчивостью к электрическим, тепловым и механическим перегрузкам по сравнению с кристаллами вертикального типа, которые, преимущественно, используются в светодиодах высокой мощности.

Конструктивная особенность архитектуры Direct Attach состоит в том, что подложка, на которой выращивается гетероструктура, не отделяется от кристалла, как при производстве кристаллов с вертикальной архитектурой, а сохраняется. Сам кристалл имеет контактные площадки в одной плоскости, которая монтируется на керамический корпус светодиода. Оставшаяся подложка образует верхний слой кристалла, который, благодаря хорошей светопропускаемости и специальной огранке поверхности, формирует первичный источник излучения светодиода, на него в дальнейшем наносится люминофор.

Как уже отмечалось, электрические контакты кристалла Direct Attach расположены в одной плоскости

на корпусе светодиода и имеют большую площадь по сравнению с верхним проволочным контактом у светодиодов с вертикальными кристаллами. Именно это обеспечивает устойчивость светодиода с кристаллом Direct Attach к непредвиденным броскам тока, которые могут возникать при эксплуатации светильников в сетях уличного освещения и на промышленных объектах, при дефектах печатной платы, а также при комбинации этих и других нежелательных факторов.

До недавнего времени основным ограничением для широкого использования кристаллов типа DA в мощных светодиодах была относительно высокая подложка и ее сложная форма огранки. В общем случае такой источник света по сравнению с размерами линзы светодиода нельзя рассматривать как планарный, что затрудняет разработку вторичной оптики со сложной формой КСС. Несмотря на это, невысокая цена люмена у светодиода ХТ-Е обеспечила его популярность в сфере уличного и промышленного освещения.

При разработке нового продукта на базе кристалла DA инженерам Cree удалось решить эту проблему за счет прецизионной обработки подложки для того, чтобы уменьшить ее толщину и улучшить оптическую эффективность. В результате светодиод ХР-Г3 получил мощный кристалл с надежной и проверенной архитектурой Direct Attach. При этом размер и оптические свойства светодиода аналогичны серии ХР-Г2, что значительно упрощает применение новинки.

Прогнозируемый срок службы в номинальном режиме в соответствии с требованиями стандарта LM-80 превышает 105 тыс. ч. По имеющимся данным видно, что у нового светодиода выше стабильность по сравнению с предшественником – светодиодом серии ХР-Г2, данный показатель долгое время служил эталоном надеж-

ности современного мощного светодиода с подтвержденными данными по деградации.

Светодиод нового поколения XP-G3 объединил в себе преимущества популярных серий XT-E (отказоустойчивость при внештатных перегрузках) и XP-G2 (хорошие оптические свойства, совместимость с большим парком оптики). Благодаря новой технологической платформе SC5 светодиод имеет улучшенные характеристики по эффективности и мощности, а также по надежности и качеству света.

СВЕТОДИОДЫ СЕРИЙ XLamp XP-L2 И XLamp XHP50 v2

Успех светодиодов серии XP-G3 подтвердил, что новая технология кристаллов DA позволяет улучшить параметры фактически любого светодиода, включая светодиоды большей мощности. Сегодня компания Cree планирует расширение существующей линейки светодиодов XHP именно за счет применения кристаллов DA, что позволит улучшить не только ВАХ и эффективность, но и повысить надежность новых серий.

На момент написания статьи новая архитектура кристалла DA представлена в обновленных сериях XP-L2 HD и XHP50 второго поколения, ожидается появление светодиодов XHP70 второго поколения. В них также будут

использоваться кристаллы DA со всеми свойственными этой архитектуре улучшениями.

ЛИТЕРАТУРА

- www.Cree.com/sc5.
- **Туркин А., Червинский М.** Новые серии светодиодов компании Cree на основе улучшенной технологической платформы // Полупроводниковая Светотехника. 2015. № 1.
- Cree.com/xlamp/xpg3
- www.Cree.com/LED-Chips-and-Materials/Chips/Chips/Direct-Attach/DA1000-LED
- **Лебедев А., Сбруев С.** SiC-электроника: прошлое, настоящее, будущее // ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ. 2006. № 5.
- Cree® XLamp® XB-D and XT-E LED Optical Design Considerations CLD-AP104 Rev 0D www.Cree.com
- www.ledil.com/stradella
- **Червинский М., Музалевский И., Юсупов С.** Новые технологии – для нового поколения светодиодных светильников // Полупроводниковая светотехника. 2015. № 3.
- www.Cree.com/xlamp_app_notes/lumen_maintenance
- LED Color Mixing: Basics and Background. Technical Article. CLD-AP38 rev 1C. www.Cree.com
- Cree® XLamp® LED Operating Capacity. Application Note CLD-AP89 rev 0D. www.Cree.com.