

Редактор:

Геннадий Каневский
vesti@compel.ru

Выпускающий редактор:

Анна Кузьмина

Редакционная коллегия:

Андрей Агеноров
Евгений Звонарев
Сергей Кривандин
Николай Паничкин
Александр Райхман
Борис Рудяк
Илья Фурман

Дизайн, графика, верстка:

Елена Георгадзе
Владимир Писанко
Евгений Торочков

Распространение:

Анна Кузьмина

Электронная подписка:

www.compeljournal.ru

Отпечатано:

«Гран При»
г. Рыбинск

Тираж — 1500 экз.

© «Новости электроники»

Подписано в печать:

8 июля 2009 г.

СОДЕРЖАНИЕ

БРЕНД НОМЕРА: *CREE*

• Светодиоды Cree – лучшие по интенсивности свечения <i>Игорь Елисеев</i>	3
• Обзор светодиодной продукции компании Cree <i>Игорь Елисеев</i>	5
• Ультраяркие светодиоды компании Cree <i>Евгений Звонарев</i>	13
• Новые светодиоды XLamp компании Cree <i>Константин Староверов</i>	19
• Специальная оптика для светодиодов Cree <i>Антон Булдыгин</i>	23
• Перспективы применения мощных светодиодов Cree для освещения <i>Андрей Туркин</i>	26



В СЛЕДУЮЩИХ НОМЕРАХ

- Беспроводная продукция Sierra Wireless из линейки Wavocom: приемопередатчики, беспроводные процессоры, GPS- и GPRS-модули и др.

Если вы хотите предложить интересную тему для статьи в следующий номер журнала – пишите на адрес vesti@compel.ru с пометкой «Тема в номер».

ОТ РЕДАКТОРА



Уважаемые читатели!

В сентябре 2008 года мне довелось, в рамках одной из программ культурно-делового сотрудничества, десять дней прожить в США, в городе Чепел-Хилл — «базовом» городе Университета Северной Каролины.

Мы прилетели в столицу штата Дарем вашингтонским рейсом поздно вечером, и первым впечатлением от десятидневного автомобильного маршрута до Чепел-Хилла стали яркие светодиодные указатели поворотов, развязок, придорожных кафе и вмонтированные в разделительные полосы светящиеся огоньки. Ночные шоссе были буквально залиты светом. Уже потом я узнал, что «каролинский треугольник» Дарем-Роли-Чепел-Хилл считается одним из основных центров развития американских высоких технологий и известен просто как The Triangle («Треугольник»). А уже по возвращении выяснил, что город Роли — первый город США, включенный расположенной неподалеку компанией Cree — одним из мировых лидеров производства сверхъярких и мощных светодиодов — в муниципальную программу «LED City» («Светодиодный город»). В качестве первого шага городское управление и компания Cree в январе 2009 оснастили 141 новым светодиодным светильником третий уровень муниципальной парковки. Одно это за полгода дало экономию, в пересчете на год составляющую 46720 квт/ч или 40%

от годового потребления. Один уровень парковки сэкономил 2800 долларов городского бюджета, а за счет более длительного срока службы светильников, не нуждающихся в техническом обслуживании и замене ламп — еще 3320 долларов.

Не хотелось бы высоких слов, но пока лишь немногие осознали, что вслед за компьютерной революцией и революцией средств связи мир незаметно вступил в новую — революцию освещения. Да, стоимость изготовления и, соответственно, потребительская стоимость сверхъяркого светодиода еще значительно превышает стоимость электрической лампы накаливания. Но снижение этой стоимости происходит буквально на наших глазах. А светотехнические характеристики новых источников света в разы превышают аналогичные показатели традиционных ламп. Одним из лидеров новых технологий стала основанная в 1987 году американская компания Cree. К 1991 году она выпустила первый в мире коммерческий образец пластины карбида кремния и разработала инновационную и экономичную технологию производства светодиодов на его основе. В 1995 году, сразу вслед за японской Nichia, был выпущен сверхъяркий синий диод на основе нитрида галлия, а с 2001 года, когда внештатным сотрудником компании стал приглашенный в Калифорнийский университет легендарный изобретатель синего светодиода, бывший сотрудник

Nichia Суджи Накамура, производственная линейка компании стала развиваться бурными темпами.

Кто-то может сказать: «В России до практического применения сверхъярких осветительных светодиодов пока далеко». Но с этим утверждением наверняка не согласятся специалисты светотехнического подразделения компании ПроСофт — Икслайт, успешно реализовавшие в Москве несколько проектов на базе продукции Cree и продолжающие эту работу. В этом номере журнала мы, в числе прочих материалов, публикуем статью ведущего специалиста Икслайт Андрея Туркина на тему практического применения светодиодов Cree.

В апреле 2009 года компания КОМПЭЛ стала официальным дистрибьютором светодиодной продукции Cree в России. Мы рады предложить разработчикам автомобильной, информационной и портативной электроники, а также светотехнических приборов большой ассортимент светодиодов Cree и оптики для них с нашего московского склада.

Как всегда, ждем ваших вопросов и предложений.

С уважением,
Геннадий Каневский

Игорь Елисеев (КОМПЭЛ)

СВЕТОДИОДЫ CREE – ЛУЧШИЕ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕЧЕНИЯ



В апреле 2009 года компания КОМПЭЛ стала российским дистрибьютором светодиодной продукции одного из ведущих мировых производителей – компании Cree. О перспективах этого бурно развивающегося направления с редактором «Новостей электроники» Геннадием Каневским беседует руководитель бизнес-подразделения «Полупроводниковая светотехника» компании КОМПЭЛ Игорь Елисеев.

Геннадий Каневский: В чем состоит потребительское преимущество светодиодной продукции компании Cree перед продукцией компаний-конкурентов? На каких технологических достижениях основано это преимущество?

Игорь Елисеев: На мой взгляд, мощные осветительные светодиоды Cree можно считать лучшими в мире по двум основным показателям – интенсивность свечения и стоимость люмена. Уже сейчас светодиоды серии XP-E обеспечивают гарантированный минимум светового потока в 114 люменов при токе 350 мА на холодном белом свете. Но и это не предел возможностей. В третьем квартале текущего года ожидается появление светодиодов новой серии XP-G с интенсивностью свечения в 135 люменов на токе 350 мА. Конкуренты Cree могут только мечтать о подобных показателях. И что интересно, при столь высоких технических характеристиках, стоимость продукции Cree вполне приемлема. По роду своей деятельности мне неоднократно доводилось сравнивать цены различных производителей на светодиоды с одинаковыми или близкими по значению параметрами. И я могу с уверенностью сказать, что цены Cree в большинстве случаев оказывались вне конкуренции. Особенно заметна разница в ценах (по сравнению с конкурирующей продукцией) для светодиодов семейства XP. Лучшие на сегодняшний день по соотношению люмен на доллар – это светодиоды серии XP-C. Компании Cree удалось добиться значительного снижения стоимости изделий в первую очередь за счет применения инновационных технологических решений. Одно из таких решений – это уникальная технология выращивания светоизлучающих

InGaN структур на карбиде кремния (в то время как другие производители использовали для этих целей сапфир). Использование карбида кремния вместо сапфира, кроме значительного снижения стоимости продукции, привело также к улучшению технических характеристик изделий. В частности, существенно снизилось значение теплового сопротивления (карбид кремния имеет на порядок лучшую теплопроводность по сравнению с сапфиром).

Г.К.: Какие новые сферы применения мощных светодиодов появились за последнее время?

И.Е.: Говоря о новых сферах применения, прежде всего следует упомянуть о том, что сама по себе тема светодиодного освещения является новой, особенно для России. В индустриально развитых странах западного

высокоэффективными светодиодными должна привести к значительной экономии энергии. А экономия на эксплуатации? Представьте себе, какое количество муниципальных служащих в масштабе страны занимается заменой перегоревших ламп, какое количество спецтехники при этом задействовано. А светодиодные лампы могут работать десятки лет не требуя участия человека. Но освещение – это не единственная сфера применения продукции Cree. Не все знают, что эта компания также известна как производитель сверхъярких светодиодов. Такие светодиоды широко используются для производства информационных панелей, различного рода светящихся вывесок и знаков, для декоративной подсветки, в автомобилестроении и т.д. Сфер применения множество, все не перечислить. И, разумеется, у нас в России эти сферы применения так же востребованы, как и во всем остальном мире.

Г.К.: Почему Cree обратила внимание на Россию? В чем особенность российского рынка Cree?

И.Е.: Почему Cree обратила внимание на Россию? Ну, это понятно... Рос-

В третьем квартале текущего года ожидается появление светодиодов новой серии XP-G с интенсивностью свечения в 135 люменов на токе 350 мА. Конкуренты Cree могут только мечтать о подобных показателях.

мира процесс перехода на освещение с помощью светодиодов быстро набирает обороты. Но в России этот процесс пока еще в зачаточном состоянии, хотя подобные тенденции проявляются и у нас. Начинается внедрение светодиодного освещения на железнодорожном транспорте и в сфере ЖКХ. Переход на энергосберегающие технологии в первую очередь связан с запросами экономии, что особенно актуально сейчас, в период кризиса. По статистике, около 20% электроэнергии тратится на освещение. Поэтому, замена традиционных источников света

сия, с ее огромной территорией – это очень перспективный рынок для продукции Cree. Как я отмечал ранее, у нас намечаются те же тенденции, что и в остальном мире. Сейчас повсеместно происходит переход на светодиодное освещение. Традиционные источники света в скором времени станут историей. В Америке и в ряде стран Европы уже запрещены к использованию обычные лампочки накаливания. Об отказе от применения ламп накаливания говорил и наш Президент Дмитрий Медведев. В недалеком будущем подобная участь постигнет и другие типы освеще-

тительных ламп — галогенные, люминесцентные, газоразрядные и т.д. А это означает, что отечественные производители осветительных приборов рано или поздно вынуждены будут начать производство светильников нового типа, на базе светодиодов. Трудно себе даже представить объем этого рынка. Ясно, почему Cree это так заинтересовало. Каких либо специфических особенностей российского рынка полупроводниковой светотехники по сравнению с зарубежным я не вижу. Разве что следует отметить наше значительное отставание в этой области. Нашим разработчикам и производителям еще предстоит пройти долгий и тернистый путь освоения новых технологий в сфере светотехники.

Г.К.: Каких новинок разработчикам следует ожидать от Cree в ближайшее время?

И.Е.: Уже сейчас доступны новые светодиоды в «цветном» исполнении популярных серий **XP-E** и **MC-E**. Светодиоды серии **XP-E**, которые раньше выпускались только в варианте для белого свечения, теперь будут доступны и в различных вариантах монохромного из-

лучения янтарного, красно-оранжевого, красного, синего и зеленого цветов. По своим характеристикам новые светодиоды превосходят известные аналоги других производителей и, насколько я могу судить, не уступают им в плане стоимости. Что касается серии **MC-E**, то, как известно, в нее входят светодиоды с четырьмя кристаллами в одном корпусе. Раньше все кристаллы давали только один цвет свечения — белый. Новые **MC-E** имеют «на борту» кроме белого еще три кристалла монохромного излучения основных цветов — красного, синего и зеленого. Все кристаллы имеют независимое управление, что позволяет получать цвет любого оттенка. Такое решение прекрасно подходит, например, для прожекторов архитектурной подсветки. Мы уже заказали первую партию новых **XP-E** и **MC-E** на наш склад. Но наиболее интересной новинкой безусловно следует считать светодиоды серии **XP-G**. Как я уже говорил, эти светодиоды обладают поистине рекордными характеристиками по эффективности и интенсивности свечения. Первые образцы этой продукции должны появиться в третьем квартале этого года.

Новые светильники XLight®

Российская компания **XLight®** представила новую серию светодиодных светильников **XLD-FL36**, а также **XLD-FL24** и **XLD-FL18**. Новые светильники отличаются высокой эффективностью, а также повышенной надежностью в работе.

Использование полупроводниковых светодиодов **Cree XLamp** новой серии **XP-E** и новейших разработок в области систем питания светодиодов обеспечивает значительную экономию электроэнергии, стабильность светового потока и цветовых характеристик белого света в течение всего срока службы. Новые светильники от **XLight®** — идеальное решение для применения в самых различных сферах: от архитектурного и ландшафтного освещения до освещения промышленных цехов и ремонтно-технических зон.

ПРОДУКЦИЯ CREE



Светодиоды		Применение									
		Внутреннее освещение	Наружное освещение	Архитектурная и ландшафтная подсветка	Декоративная подсветка помещений	Портативные источники света	Информационные панели и наружная реклама	Фары и прожекторы	Автомобильные фонари и сигналы	Подсветка приборной панели	Подсветка торгового оборудования
Мощные	XLamp белого свечения	•	•	•		•		•	•		
	XLamp монохромные			•					•		
Сверхъяркие	3 мм, 5 мм, P4, PLCC белого свечения				•	•	•		•	•	•
	3 мм, 5 мм, P4, PLCC монохромные				•		•		•	•	
	Овальные 4 мм, 5 мм						•		•		
	CLN6A	•	•	•		•			•	•	•

Игорь Елисеев (КОМПЭЛ)

ОБЗОР СВЕТОДИОДНОЙ ПРОДУКЦИИ КОМПАНИИ CREE



Мир постепенно переходит на светодиодное освещение. Возникает вопрос о том, какие светодиоды использовать в том или ином случае. Цель статьи – представить читателю продукцию компании CREE, мирового лидера в области мощных осветительных светодиодов.

Вполне очевидно, что в самом ближайшем будущем производители осветительных приборов будут вынуждены сворачивать производство традиционных изделий и переходить к выпуску светодиодных светильников.

В последнее время в ряде индустриально развитых стран приняты программы постепенной замены традиционных источников света полупроводниковыми. Так, например, в Великобритании уже с 2009 года запрещено производство и использование ламп накаливания. В США, странах Евросоюза и в Австралии полный отказ от традиционных ламп накаливания запланирован на 2010 год. А примерно к 2015 году подобная участь может постигнуть и другие, широко распространенные в настоящее время источники света, такие как газоразрядные и галогенные лампы. К примеру, в США все уличное освещение к 2014 году должно быть заменено на светодиодное.

Подобные тенденции просматриваются и в России. Хорошо известен проект Российских железных дорог, в рамках которого предполагается перевести всю инфраструктуру на светодиодное освещение. В ряде регионов страны начата реализация программ по замене обычных источников света светодиодными. К 2020 году планируется перевести все уличное освещение в России на светодиодную основу.

Классификация светодиодной продукции CREE

Все светодиоды, выпускаемые компанией CREE, делятся на две большие группы – мощные, под общим названием XLamp и сверхъяркие (High-Brightness) (см. рис. 1). Каждая из этих групп продукции в свою очередь делится на подгруппы или семейства,

отличающиеся типом корпуса и параметрами. Разделение на группы определяется допустимой величиной тока через кристалл светодиода. К группе мощных относятся светодиоды с допустимой величиной тока 350 мА и выше. Сверхъяркие рассчитаны на меньший рабочий ток, типовое значение для них составляет 30...50 мА.

Светодиоды XLamp выпускаются в трех вариантах исполнения – XR, XP и MC. Все эти варианты исполнения пред-

назначены для поверхностного монтажа и отличаются формами и размерами корпусов. В настоящее время мощные светодиоды XLamp производятся на базе кристаллов двух типов, отличающихся размерами и рабочим током. Соответствующие этим типам кристаллов серии светодиодов обозначаются буквами С и Е. На данный момент компания CREE серийно производит пять серий мощных светодиодов, различающихся вариантом исполнения и типом используемого кристалла: XR-C, XR-E, XP-C, XP-E и MC-E.

Сверхъяркие светодиоды делятся на три большие группы, различающиеся вариантами исполнения. В первую группу входят светодиоды в стандартных выводных корпусах круглого или

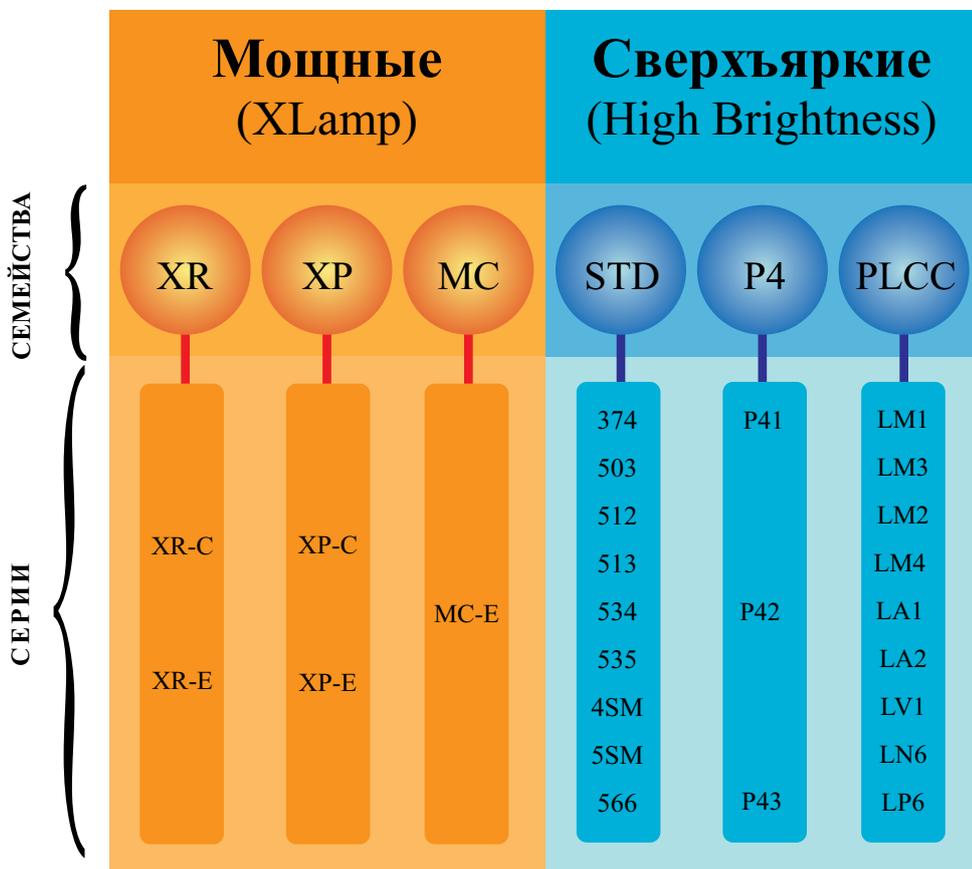


Рис. 1. Общая классификация светодиодной продукции CREE

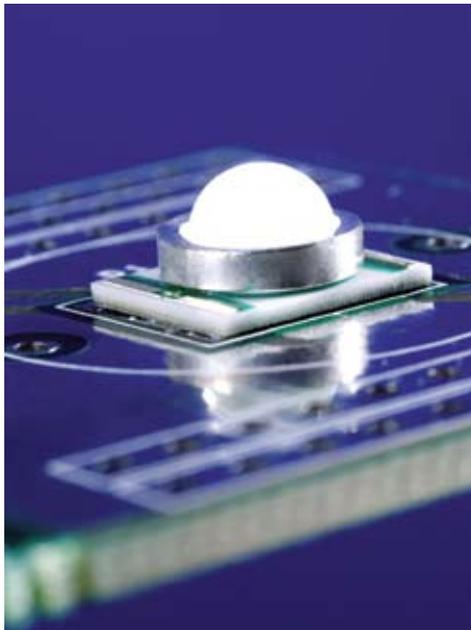


Рис. 2. Светодиод семейства XR

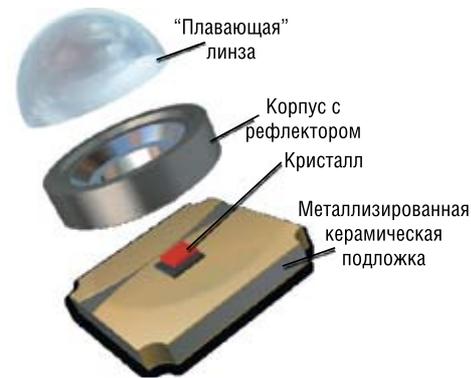


Рис. 3. Конструкция корпуса светодиодов семейства XR

овального сечения, диаметром от 3 до 5 мм. Вторую группу составляют светодиоды в корпусе квадратного сечения с четырьмя выводами для монтажа в отверстия. Данное исполнение обозначается у CREE как P4. Подобный тип корпуса также известен под названием Пирания (Piranha). В третью группу вошли светодиоды для поверхностного монтажа в корпусах типа PLCC.

Мощные светодиоды XLamp

Появление мощных светодиодов семейства XR (рис. 2) стало в свое время настоящим прорывом в области полупроводниковых источников света. Технологические новации, реализованные компанией CREE, и уникальная конструкция корпуса прибора позволили добиться превосходных технических характеристик при относительно невысокой стоимости изделий.

В качестве основания корпуса светодиодов семейства XR используется металлизированная керамическая под-

Таблица 1. Основные параметры светодиодов серий XR-C и XR-E (белый и сине-зеленые цвета)

Параметр	XR-C	XR-E
Тепловое сопротивление, тип., °C/Вт	12	8
Угол излучения (белый свет), град.	90	
Угол излучения (глубокий синий, синий, зеленый), град.	100	
Прямой ток (белый $\geq 5000\text{K}$, глубокий синий, синий), макс., мА	500	1000
Прямой ток (белый $< 5000\text{K}$, зеленый), макс., мА		700
Максимальное обратное напряжение, В	5,0	
Прямое напряжение при 350 мА (кроме зеленого), тип., В	3,5	3,3
Максимальная температура перехода, °C	150	

Таблица 2. Основные параметры светодиодов серии XR-C (красно-желтые цвета)

Параметр	XR-C
Тепловое сопротивление, тип., °C/Вт	15
Угол излучения, град.	90
Прямой ток (красно-оранжевый, красный), макс., мА	700
Прямой ток (янтарный), макс., мА	350
Максимальное обратное напряжение, В	5,0
Прямое напряжение при 350 мА, тип., В	2,2
Максимальная температура перехода, °C	150

ложка с высокой теплопроводностью (рис. 3). Такое решение обеспечивает низкое тепловое сопротивление и электрическую изоляцию корпуса кристалла от внешнего теплоотвода. Кристаллы светодиодов изготавливаются по уникальной технологии выращивания светоизлучающих InGaN структур на монокристаллическом карбиде кремния (SiC). Материал подложки светодиодов (нитрид алюминия и карбид кремния) имеют близкие значения температурных коэффициентов объемного и линейного расширения, что позволяет решить проблему возникновения механических напряжений в кристалле при изменении температуры. Металлический корпус светодиода кроме механических функций выполняет также роль рефлектора. Еще одно ноу-хау компании CREE, нашедшее применение в конструкции

обеспечить автофокусировку в широком диапазоне температур окружающей среды. В собранном виде светодиоды XR имеют размеры 7x9 мм (ширина и длина) и 4,4 мм по высоте (см. чертеж на рис. 4). Встроенная линза обеспечивает угол излучения 90° для белого света, а также для красно-желтой области спектра, и 100° для сине-зеленых цветов. Корпус светодиода XR имеет один из самых лучших (если не лучший) в отрасли показатели по величине теплового сопротивления. Для светодиодов серии XR-E этот показатель составляет всего 8°C/Вт.

Параметры светодиодов XR напрямую зависят от типа установленного в них кристалла. Как отмечалось выше, в настоящее время светодиоды семейств XR и XP выпускаются на основе кристаллов двух типов. Светодиоды более

Все светодиоды, выпускаемые компанией **CREE**, делятся на две большие группы – мощные, под общим названием XLamp и сверхъяркие (High-Brightness). Разделение на группы определяется допустимой величиной тока через кристалл светодиода. К группе мощных относятся светодиоды с допустимой величиной тока 350 мА и выше. Сверхъяркие рассчитаны на меньший рабочий ток, типовое значение для них составляет 30...50 мА.

светодиодов семейства XR, – это использование так называемой «плавающей» линзы. Линза из кварцевого стекла закреплена в корпусе светодиода не жестко и держится за счет адгезии к кремнийорганическому гелеобразному герметику, как бы «плавает» в нем. Подобная конструкция позволяет не только исключить механические напряжения при термоциклировании, но и

раннего выпуска выполнены на базе кристаллов меньшего размера, рассчитанных на относительно небольшие токи. Серии этих светодиодов имеют в названии букву С (XR-C, XP-C). Новые кристаллы отличаются увеличенной площадью, повышенной светоотдачей и могут работать на больших токах. Соответствующие им серии обозначаются буквой Е (XR-E, XP-E).

Кроме размеров кристалла (электрические характеристики, тепловое сопротивление, интенсивность излучения и т.д.), серии XR-C и XR-E различаются также составом. Серия XR-C наиболее развита, в ее состав входят светодиоды всех основных цветов излучения, в то время как в составе серии XR-E отсутствуют светодиоды, работающие в красно-желтой области спектра. Основные технические характеристики светодиодов серий XR-C/XR-E белого и сине-зеленых цветов излучения приведены в таблице 1, а для XR-C красно-желтых цветов — в таблице 2. Обобщенные данные по интенсивности излучения светодиодов семейства XR приведены в таблице 3.

Необходимо сказать несколько слов об интерпретации информации, представленной в таблице 3. Внутри каждой цветовой группы светодиоды селективируются по интенсивности свечения на тестовом токе 350 мА. Каждая группа по интенсивности имеет строго определенные границы (минимальное и максимальное значения) и обозначается буквенно-цифровым кодом. В таблице 4 представлено распределение по группам для светодиодов XR-C/XR-E белого свечения.

В таблице 3 для обозначения границ используются минимальные значения по группам. К примеру, для светодиодов серии XR-E холодного белого свечения указан диапазон по интенсивности от 80,6 до 107 люменов. Это означает, что данный диапазон включает группы по интенсивности от P4 (80,6...87,4 лм) до Q5 (107...114 лм). А для светодиодов XR-E зеленого свечения определена только одна группа с минимальной гарантированной интенсивностью излучения в 67,2 лм.

Данные в таблице 3 наглядно демонстрируют тот факт, что серия XR-E в целом значительно превосходит XR-C по светоотдаче и эффективности, причем на одном и том же токе — 350 мА. Также надо учитывать, что XR-E может работать на больших значениях тока, нежели XR-C. Из графика на рис. 5 видно, что при повышении величины прямого тока до 700 мА интенсивность свечения увеличивается в 1,5...1,7 раза по сравнению со значением тока 350 мА, а при увеличении тока до 1000 мА — примерно в 2,2 раза.

Тем не менее, не следует однозначно списывать со счетов серию XR-C. Во-первых, в серии XR-E отсутствуют светодиоды красно-желтых цветов. Во-вторых, если сравнивать по цене светодиоды двух серий с одинаковыми характеристиками, то окажется, что XR-C использовать выгоднее. Например, XRCWHT-L1-0000-00901 дает ту же минимальную интенсивность свечения на токе 350 мА, что и

Таблица 3. Интенсивность излучения светодиодов семейства XR

Цвет излучения	Световой поток, лм/ Мощность излучения, мВт (при 350 мА)	
	XR-C	XR-E
Белый холодный	56,8...87,4 лм	80,6...107 лм
Белый нейтральный	56,8...80,6 лм	62,0...93,9 лм
Белый теплый	45,7...67,2 лм	56,8...80,6 лм
Глубокий синий	250...300 мВт	300...425 мВт
Синий	13,9...18,1 лм	23,5...30,6 лм
Зеленый	39,8...51,7 лм	67,2 лм
Янтарный	23,5...39,8 лм	—
Красно-оранжевый	30,6...39,8 лм	—
Красный	23,5...39,8 лм	—

Таблица 4. Группы по интенсивности для светодиодов семейства XR белого свечения

Группа	Минимальный световой поток при 350 мА, лм	Максимальный световой поток при 350 мА, лм
M2	39,8	45,7
M3	45,7	51,7
N2	51,7	56,8
N3	56,8	62,0
N4	62,0	67,2
P2	67,2	73,9
P3	73,9	80,6
P4	80,6	87,4
Q2	87,4	93,9
Q3	93,9	100
Q4	100	107
Q5	107	114

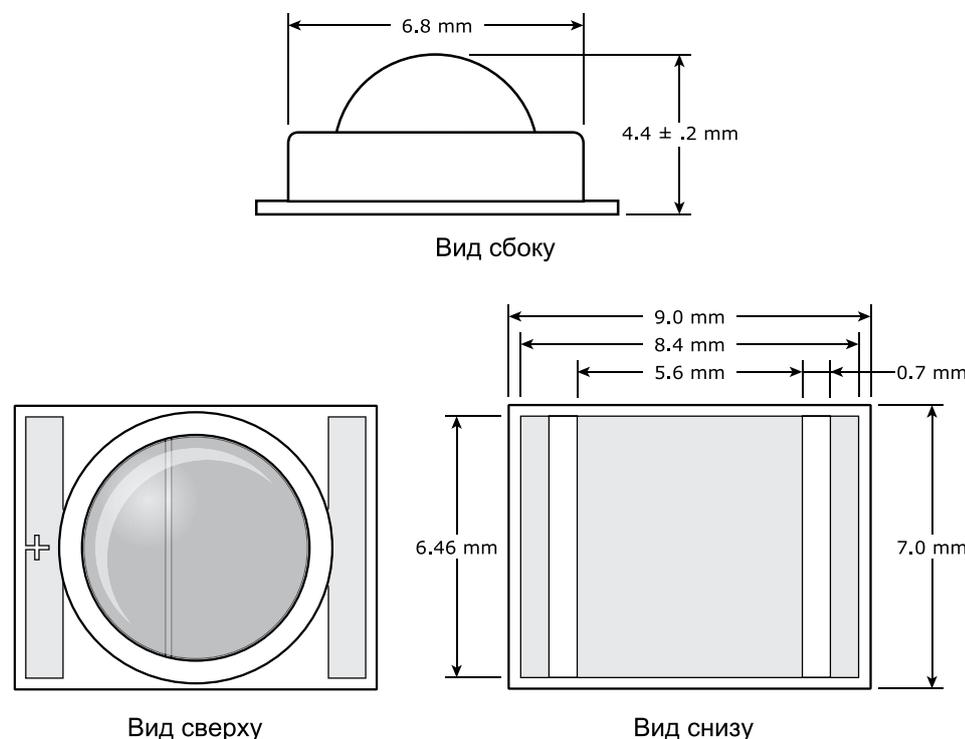


Рис. 4. Габаритный чертеж корпуса светодиода XR

XREWHT-L1-0000-00901 (80,6 лм), но стоит примерно на 12% дешевле. Поэтому, если требуются светодиоды с красно-желтым цветом свечения или же не предполагается эксплуатировать их

на токах больше 350...500 мА, то следует использовать XR-C.

Благодаря превосходным техническим характеристикам светодиоды семейства XR быстро завоевали по-

Таблица 5. Основные технические параметры светодиодов серий XP-C и XP-E

Параметр	XP-C	XP-E
Тепловое сопротивление, тип., °C/Вт	12	9
Угол излучения, град.	110	115
Максимальный прямой ток, mA	500	700
Максимальное обратное напряжение, В	5,0	
Прямое напряжение при 350 mA, тип., В	3,4	3,2
Прямое напряжение при 500 mA, тип., В	3,5	—
Прямое напряжение при 700 mA, тип., В	—	3,4
Максимальная температура перехода, °C	150	

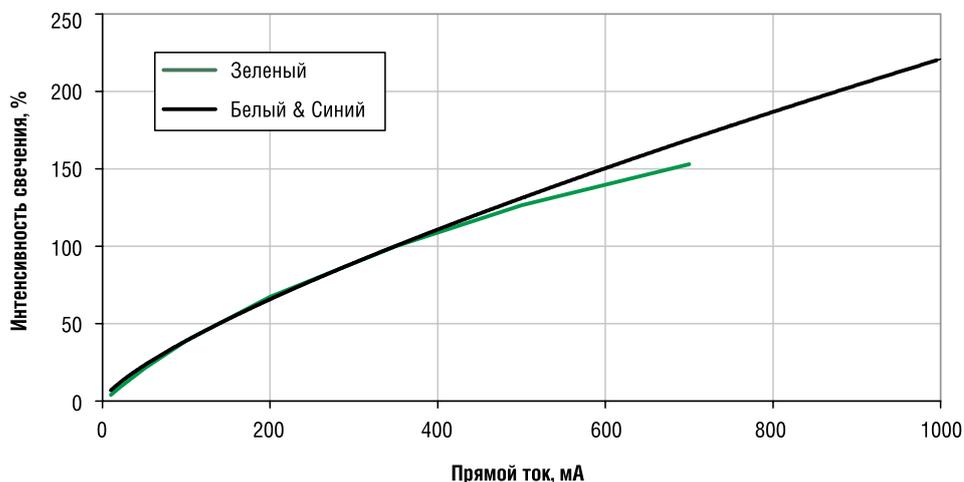


Рис. 5. Относительное изменение интенсивности свечения в зависимости от прямого тока для светодиодов серии XR-E



Рис. 6. Светодиод семейства XR

пулярность и получили широкое распространение в мире. Но, несмотря на это, компания CREE, похоже, не планирует дальнейшее развитие этого семейства. Возможно, это связано со сложной конструкцией корпуса и, как следствие, с относительно высокой стоимостью из-

делий. Новое поколение светодиодов XLamp семейства XR (рис. 6) при сравнимых технических показателях имеет стоимость примерно на 40% ниже по сравнению с аналогичными изделиями семейства XR.

Светодиоды семейства XR выпускаются в миниатюрных корпусах с габаритами всего 3,5x3,5 мм и высотой 2 мм (рис. 7). Основанием корпуса служит керамическая подложка, на которой устанавливается кристалл светодиода и линза. Как и другие представители XLamp, светодиоды XR имеют электрически изолированную площадку теплоотвода, что позволяет монтировать их непосредственно на радиатор без дополнительных изолирующих прокладок. Оптическая ось линзы светодиода про-

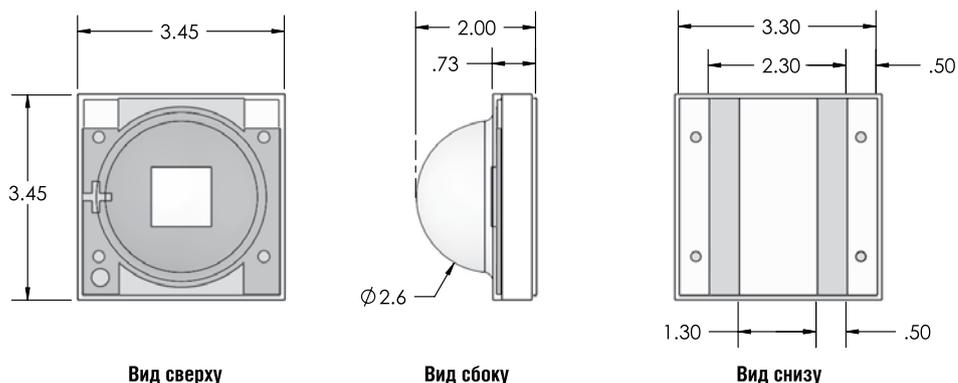


Рис. 7. Габаритный чертеж корпуса светодиода XR

ходит точно через геометрический центр корпуса, что улучшает совместимость и упрощает конструкцию линз вторичной оптики.

Как и в случае XR, светодиоды семейства XP выпускаются на базе кристаллов двух типов. Соответственно, данное семейство в настоящее время содержит две серии светодиодов — XP-C и XP-E. На момент написания данной статьи обе серии включали светодиоды только белого цвета свечения, но в ближайшее время ожидается появление монохромных приборов в рамках серии XP-E. Серии различаются по максимальному рабочему току, тепловому сопротивлению и углу свечения. Основные технические параметры светодиодов серий XP-C и XP-E приведены в таблице 5.

Как следует из данных таблиц 1 и 5, семейства XR и XP очень близки по основным электрическим параметрам. Но по светотехническим характеристикам XR уступает XP. Светодиоды семейства XP в среднем имеют более высокие показатели эффективности и интенсивности свечения по сравнению с XR. Светодиоды серии XP-E обеспечивают световой поток в 114 лм на холодном белом свете при токе 350 mA (таблица 6), что в настоящее время является самым высоким показателем в отрасли.

Как и в случае с XR, если не требуются предельные значения интенсивности и не предполагается работа на высоких значениях прямого тока, выгоднее использовать серию XP-C. Зависимость интенсивности свечения от тока для светодиодов XP практически такая же, как и для XR. График данной зависимости для серии XP-E приведен на рисунке 8. Как видно из графика, повышение прямого тока с 350 до 700 mA дает прирост интенсивности свечения примерно на 70%. Таким образом, светодиод XPЕWHT-L1-0000-00E01, например, имеющий минимум светового потока в 114 лм при токе 350 mA, может теоретически обеспечить порядка 194 лм на токе 700 mA. Мы говорим «теоретически», так как все эти характеристики верны при температуре перехода 25°C, что на практике недостижимо. В реальных условиях температура кристалла будет значительно выше, что приведет к снижению его излучательной способности. Зависимость интенсивности излучения от температуры перехода имеет практически линейную форму. Для светодиодов серии XP-E при повышении температуры от 25 до 125°C интенсивность свечения снижается примерно до уровня 70% от номинала (рис. 9). Подобная зависимость характерна для всех светодиодов XLamp. Обычно светодиодные светильники проектируют так, чтобы температура перехода в

рабочем режиме не превышала 80°C. Согласно графику на рис. 9, при температуре перехода в районе 75°C интенсивность свечения падает примерно до уровня 85%. Если вернуться к примеру с ХРЕВНТ-L1-0000-00E01, то при данных условиях эксплуатации реальный световой поток на токе 700 мА будет порядка 165 лм, а не 194, как дает «теория» при 25°C.

Кроме того, необходимо помнить, что эксплуатация при высокой температуре перехода резко сокращает срок службы светодиода, ведет к деградации его излучательной способности. В связи с этим, при проектировании осветительной системы на базе мощных светодиодов необходимо предусмотреть эффективную систему теплоотвода, позволяющую поддерживать температуру перехода в заданных пределах. На рисунке 10 приведена диаграмма, позволяющая определить допустимое значение прямого тока светодиода серии ХР-Е в зависимости от эффективности системы охлаждения и температуры перехода. Эффективность системы охлаждения выражена в единицах теплового сопротивления между р-п переходом кристалла светодиода и окружающей средой. Понятно, что чем меньше величина теплового сопротивления (и, соответственно, выше эффективность теплоотвода), тем выше допустимое значение тока при заданной температуре перехода. Например, если задать рабочую температуру перехода 100°C, то при общем тепловом сопротивлении системы 25°C/Вт прямой ток через светодиод не должен превышать 500 мА, а при снижении теплового сопротивления до значения 20°C/Вт можно поднять ток до 600 мА, увеличив тем самым интенсивность свечения. Если учесть, что собственное тепловое сопротивление светодиодов ХР-Е составляет 9°C/Вт, то в последнем случае тепловое сопротивление системы охлаждения (радиатора) не должно превышать 11°C/Вт.

Из данного примера становится ясно, что снижение собственного теплового сопротивления светодиода позволяет увеличить тепловое сопротивление радиатора и тем самым уменьшить его массо-габаритные показатели. Другими словами, чем меньше будет тепловое сопротивление светодиода, тем меньше будут размеры радиатора для его охлаждения, а следовательно, габариты и вес осветительной системы в целом. Компании CREE удалось создать светодиоды с рекордно низким значением теплового сопротивления. Это — светодиоды XLamp серии MC-E. Их тепловое сопротивление составляет всего 3°C/Вт!

Светодиоды серии MC-E (рис. 11) содержат четыре кристалла в одном

Таблица 6. Интенсивность излучения светодиодов семейства XP

Цвет излучения	Световой поток, лм (при 350 мА)	
	XP-C	XP-E
Белый холодный	73,9...93,9	87,4...114
Белый нейтральный	67,2...80,6	80,6...100
Белый теплый	56,8...67,2	67,2...87,4

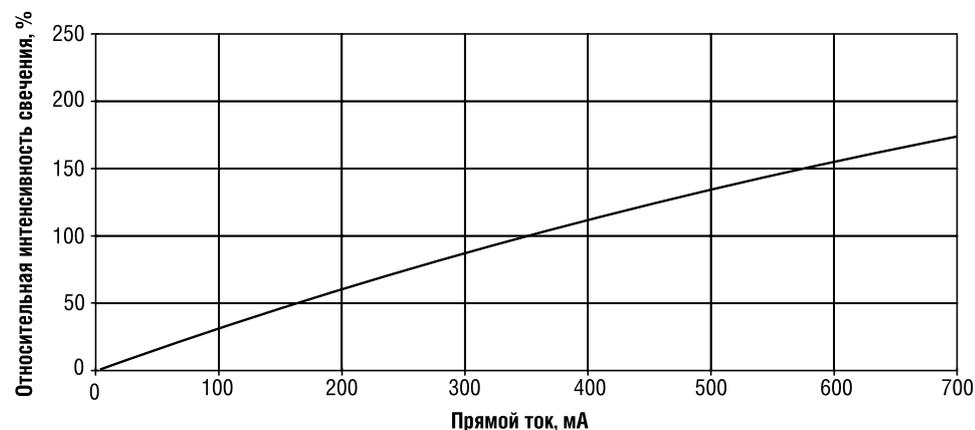


Рис. 8. Относительное изменение интенсивности свечения в зависимости от прямого тока для светодиодов серии XP-E

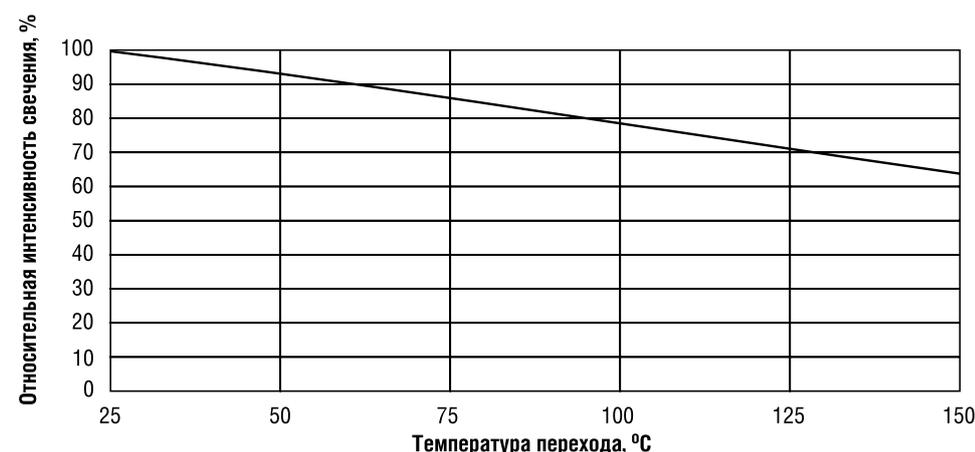


Рис. 9. Относительное изменение интенсивности свечения в зависимости от температуры перехода для светодиодов серии XP-E

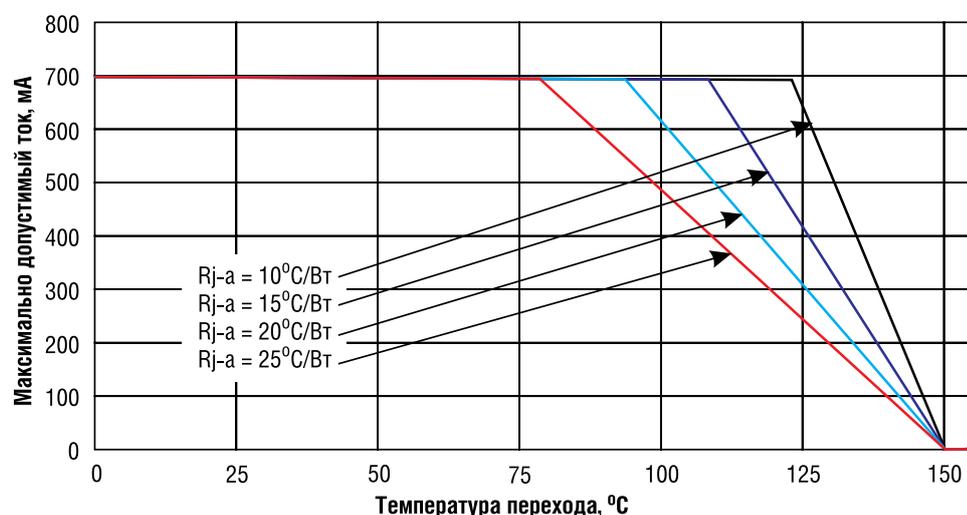


Рис. 10. Максимально допустимый ток для светодиодов серии XP-E в зависимости от эффективности системы охлаждения и температуры перехода

Таблица 7. Характеристики светодиодов серии MC-E

Параметр	Значение
Световой поток на холодном белом при токе 350 мА на кристалл, лм	370...430
Световой поток на нейтральном белом при токе 350 мА на кристалл, лм	320...370
Световой поток на теплом белом при токе 350 мА на кристалл, лм	240...320
Тепловое сопротивление типовое, °С/Вт	3
Угол излучения, град.	110
Максимальный прямой ток на кристалл, мА	700
Прямое напряжение на кристалле при токе 350 мА, тип., В	3,2
Прямое напряжение на кристалле при токе 700 мА, тип., В	3,4
Максимальное обратное напряжение на кристалл, В	5
Максимальная температура перехода, °С	150

Таблица 8. Характеристики 3 мм и 5 мм светодиодов в стандартном корпусе круглого сечения

Серия	Цвет свечения	Угол свечения, град.	Сила света, мкд
374	Белый	25	3000...12000
		35	2130...8200
		65	1100...4180
503	Янтарный	15	5860...23500
		23	3000...12000
		30	3000...8200
	Синий	15	5860...23500
		30	2130...8200
	Зеленый	15	16800...64600
		30	5860...23500
	Красный	15	5860...23500
		23	3000...12000
30		3000...12000	
	Белый	15	14400...32900
512	Белый	25	3000...12000
513	Белый	55	2130...8200
534	Белый	140	390...1100
535	Белый	110	770...3000

Таблица 9. Характеристики 4 мм и 5 мм светодиодов в стандартном корпусе овального сечения

Серия	Угол свечения, град	Цвет свечения	Сила света, мкд
4SM	100/45	Красный	1100...4180
		Зеленый	2130...8200
		Синий	550...2130
5SM	100/40	Красный	1100...4180
		Синий	2130...8200
		Зеленый	550...2130
		Янтарный	770...3000
566	70/35	Красный	1100...4180
		Синий	770...4180
		Зеленый	2130...12000
		Янтарный	1520...4180

корпусе. Кристаллы установлены на общей подложке, но имеют независимое друг от друга управление. 8-выводной корпус размерами 7x7,5 мм снабжен линзой на 110° и имеет изолированный теплоотвод. Чертеж корпуса светодиода серии MC-E приведен на рисунке 12.

В составе светодиодов MC-E используются те же кристаллы, что и в серии XR-E. Соответственно, с точки зрения электрических и светотехнических параметров, MC-E можно рассматривать как группу из четырех светодиодов типа XR-E. Однако данная аналогия будет



Рис. 11. Светодиод серии MC-E

не вполне уместной. Объединение четырех кристаллов в одном корпусе дает не только увеличение количественных показателей, но и добавляет новые качества, не свойственные группе из дискретных светодиодов. Одно из вновь приобретенных свойств, о котором было упомянуто выше, — это значительное снижение теплового сопротивления. Другое важное качество светодиодов MC-E — возможность использования одной линзы на четыре кристалла в системах с вторичной оптикой. Данная возможность позволяет значительно снизить себестоимость изделия. Стоимость светодиодных линз довольно велика и порой сравнима со стоимостью самих светодиодов. Поэтому использование одной линзы вместо четырех дает значительную экономию. Кроме того, само по себе использование одного светодиода MC-E вместо четырех XR-E дает экономию порядка 25...30%.

Светодиоды серии MC-E в основном находят применение в тех случаях, когда требуется очень мощный, но в то же время очень компактный источник света. Один светодиод MC-E способен обеспечить световой поток в 430 люменов на холодном белом при токе 350 мА на кристалл. Электрические и светотехнические характеристики светодиодов серии MC-E представлены в таблице 7.

Сверхъяркие светодиоды

К категории сверхъярких принято относить светодиоды, работающие на относительно небольших токах порядка нескольких десятков миллиампер (как и обычные, индикаторные светодиоды), но обладающие, как следует из названия, повышенной яркостью свечения. Сверхъярким светодиодам, в отличие от мощных, не требуется никаких систем теплоотвода, так как рассеиваемая ими мощность незначительна. Благодаря этому обстоятельству данная категория светодиодов может выпускаться в стандартных типовых корпусах для массового применения. В зависимости от типа корпуса, все сверхъяркие светодиоды Cree подразделяются на три большие группы.

К первой группе относятся светодиоды в стандартных корпусах круглого или овального сечения с двумя выводами (рис. 13). Данная группа включает в себя 4 подгруппы, различающиеся диаметром и формой корпуса светодиодов — 3 мм круглые, 5 мм круглые, 4 мм овальные и 5 мм овальные. Первая подгруппа (серия 374) наиболее малочисленная, она включает светодиоды только белого свечения с тремя возможными углами свечения — 25, 35 или 65 градусов. Вторая подгруппа (5 мм круглые) намного более обширна, она включает светодиоды пяти серий (503, 512, 513, 534 и 535) с различными углами свечения, белого и монохромного излучения. Общие характеристики светодиодов круглого сечения диаметром 3 и 5 мм приведены в таблице 8.

Две последние подгруппы образуют светодиоды монохромного излучения с овальной линзой. Подгруппа 4 мм включает серию 4SM с углами излучения в горизонтальной и вертикальной плоскостях соответственно 100 и 45 градусов. Подгруппа 5 мм включает 2 серии — 5SM (с углами 100/40 градусов) и 566 (70/35 градусов). В таблице 9 представлена информация об основных характеристиках этих серий.

Вторую группу образуют сверхъяркие светодиоды в корпусе типа P4. Это четырехвыводной корпус квадратного сечения размерами 7,6x7,6 мм с линзой. Данный тип корпуса широко используется производителями светодиодов, он также известен под названием «Пирания» (рис. 14).

Три серии светодиодов, выпускаемые в корпусе P4, отличаются углами свечения и цветовой гаммой. Серии P41 и P42 имеют линзы круглого сечения, а серия P43 — овальную. Основные параметры светодиодов данных серий представлены в таблице 10.

Последняя группа сверхъярких светодиодов в корпусах для поверхностного монтажа (PLCC) (рис. 15) отличается наибольшим разнообразием. В составе группы можно выделить светодиоды одного цвета (белого или монохромного излучения) и многоцветные (RGB), однокристалльные и многокристалльные, отличающиеся углами свечения, размерами и количеством выводов. Обширность группы не позволяет рассмотреть ее довольно подробно в рамках данного обзора (подробный обзор см. в статье Евгения Звонарева в этом же номере журнала). Поэтому ограничимся лишь кратким описанием состава серий.

В таблице 11 приведены основные характеристики серий сверхъярких светодиодов в корпусах PLCC — цветовая гамма, размер корпуса и угол свечения.

Серия LN6 заслуживает особого внимания. Несмотря на то, что светодиоды

Таблица 10. Характеристики сверхъярких светодиодов в корпусе P4 (Пирания)

Серия	Цвет свечения	Угол свечения, град.	Световой поток, лм
P41	Янтарный	40	4,4...11
		70	5,5...13,2
		100	5,5...13,2
	Синий	70	1,65...3,3
		Зеленый	70
	Красный		40
		70	4,4...11
		100	4,4...13,2
	Белый	60	3,85...11
90		3,85...11	
P42	Янтарный	120	5,5...13,2
	Синий		1,1...3,3
	Зеленый		4,4...11
	Красный		4,4...11
P43	Янтарный	90/35	2,13...8,2
	Красный		2,13...8,2

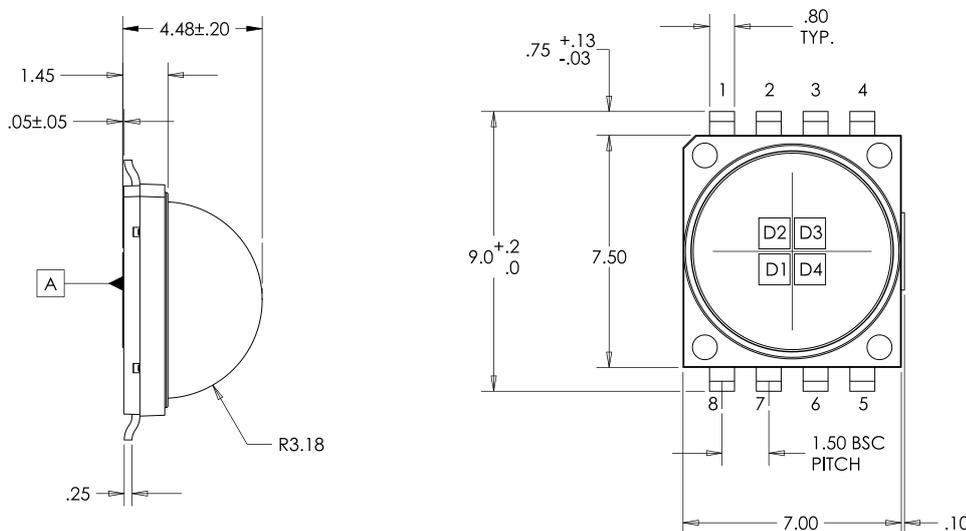


Рис. 12. Габаритный чертеж корпуса светодиода серии MC-E

этой серии относятся к категории сверхъярких, их параметры соответствуют мощным одноваттным приборам. Светодиоды выпускаются в шестивыводном корпусе для поверхностного монтажа размерами 5,0x5,0 мм и высотой 1,3 мм (рис. 16). Цвета свечения — белый холодный (CLN6A-WKW) или белый те-

плый (CLN6A-MKW). Световой поток светодиодов при рабочем токе 300 мА может достигать величины 101,8 лм на холодном белом. Основные технические характеристики светодиодов CLN6A приведен в таблице 12.

Следует также отметить, что стоимость светодиодов CLN6A существенно

Таблица 11. Серии сверхъярких светодиодов в корпусах для поверхностного монтажа (PLCC)

Серия	Цвета свечения	Размеры корпуса, мм	Угол свечения, град.
LM1	Янтарный, синий, зеленый, красный, белый	3,2x2,7	120
LM2	Янтарный, красный	3,2x2,7	60
LM3	Янтарный, красный, белый	2,7x2,0	120
LM4	Янтарный, синий, зеленый, оранжевый, красный	3,2x2,7	120
LP6	Янтарный, красный, белый, RGB	6,0x5,0	120
LA1	Белый	3,2x2,8	120
LA2	Белый	3,2x2,8	120
LV1	RGB	3,2x2,8	120
LV6	RGB	5,5x5,5	120
LN6	Белый	5,0x5,0	115

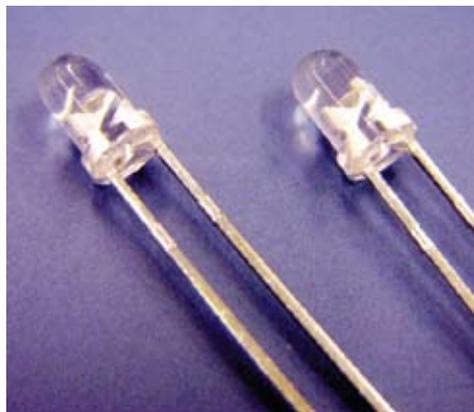


Рис. 13. Сверхъяркие светодиоды в стандартном двухвыводном корпусе



Рис. 14. Сверхъяркие светодиоды в корпусе P4 (Пиранья)



Рис. 15. Сверхъяркие светодиоды в корпусах для поверхностного монтажа (PLCC)

ниже, чем у мощных XLamp со сравнимиыми характеристиками.

Новые разработки

Обзор светодиодной продукции CREE будет неполным, если не упомянуть о новых разработках компании, появление которых ожидается в ближайшее время.

В первую очередь следует рассказать о дальнейшем развитии семейства XP. Серия XP-E пополняется светодиодами мощного излучения. В состав линейки

Таблица 12. Характеристики светодиодов CLN6A

Параметр	Значение
Максимальный прямой ток, мА	350
Пиковый прямой ток, мА	600
Максимальное обратное напряжение, В	5
Максимальная рассеиваемая мощность, мВт	1200
Диапазон рабочих температур, °С	-40...90
Прямое напряжение при токе 300 мА, тип., В	3,8
Световой поток на холодном белом при токе 300 мА, лм	60,5...101,8
Световой поток на теплом белом при токе 300 мА, лм	51,0...85,6
Тепловое сопротивление, °С/Вт	15
Угол свечения, град.	115

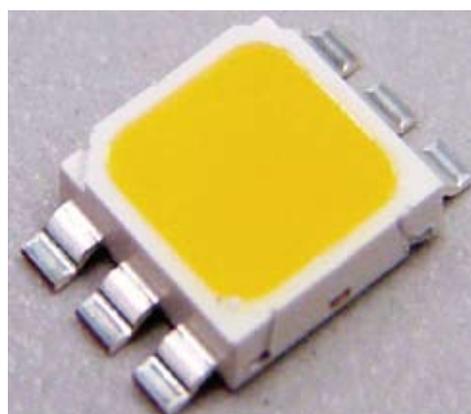


Рис. 16. Светодиод CLN6A

войдут светодиоды шести цветов свечения — глубокий синий (450...465 нм), синий (465...485 нм), зеленый (520...535 нм), янтарный (585...595 нм), красно-оранжевый (610...620 нм) и красный (620...630 нм). Новые светодиоды будут иметь угол излучения 130°, они рассчитаны на максимальные рабочие токи от 700 до 1000 мА и имеют высокие значения светового потока при токе 350 мА: 100 лм для зеленого, 51,7 лм для янтарного и красного, 56,8 лм для красно-оранжевого и 30,6 лм для синего.

В рамках семейства XP появится новая серия светодиодов с рекордными показателями по эффективности и интенсивности свечения. Светодиоды серии XP-G будут выдавать световой поток в 135 лм при токе 350 мА и 335 лм при токе 1000 мА. Конструкция корпуса новых приборов аналогична серии XP-E, но обеспечивает более низкое тепловое сопротивление — 5,5°С/Вт. Светодиоды серии XP-G будут иметь линзу с углом излучения 125° и низкое значение прямого напряжения на переходе (3,3 В при токе 1000 мА). Цвет свечения новых приборов будет белый холодный в диапазоне 8300К...5000К.

В ближайшее время начинается производство четырехцветных светодиодов серии MC-E. Новое изделие содержит четыре кристалла синего, зеленого, красно-

го и белого свечения. Будут выпускаться два варианта, отличающиеся цветовой температурой белого света — 6500К (холодный) или 4000К (нейтральный). Светодиод выполнен в 8-выводном корпусе с крайне низким тепловым сопротивлением — всего 3°С/Вт, снабжен линзой с углом излучения 115° и обеспечивает суммарный световой поток до 500 лм при токе 700 мА на кристалл.

Закключение

Широкий ассортимент светодиодной продукции, выпускаемой компанией CREE, и ее великолепные характеристики дают возможность разработчикам светотехнических решений реализовать свои самые смелые творческие замыслы. Трудно себе представить светотехническое изделие, где нельзя было бы применить что-либо из линейки светодиодов CREE. Для систем освещения наилучшим образом подойдут светодиоды XLamp (в первую очередь семейства XP), для декоративной и интерьерной подсветки можно использовать сверхъяркие светодиоды в корпусах PLCC, для создания светодиодных экранов, информационных и рекламных панелей, светящихся вывесок и знаков прекрасно подходят светодиоды в стандартных корпусах (преимущественно с овальными линзами), а в автомобилестроении уже стало стандартом использование светодиодов в корпусах типа «пиранья» для изготовления фонарей и сигналов поворота.

Продукция CREE пользуется огромным спросом во всем мире. Нет никаких сомнений в том, что и в нашей стране интерес к этой продукции будет не менее велик и отечественные производители светотехнических изделий по достоинству оценят превосходные характеристики и высокое качество светодиодов компании CREE.

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: lighting.vesti@compel.ru

Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

УЛЬТРАЯРКИЕ СВЕТОДИОДЫ КОМПАНИИ CREE



Компания **Cree**, мировой лидер в области технологий и материалов на основе карбида кремния и нитрида галлия, выпускает широкий ассортимент **сверхъярких светодиодов** разных форм и размеров. Их сферы применения включают транспортную сигнальную светотехнику, информационные табло, системы машинного зрения, подсветку ЖК-дисплеев, малопотребляющие источники освещения, сценическую и архитектурную подсветку и др. В статье описаны основные параметры сверхъярких светодиодов Cree в круглых корпусах диаметром 5 мм и в овальных корпусах диаметром 4 и 5 мм.

По оценкам экспертов около 20% электроэнергии, вырабатываемой во всем мире, приходится на освещение.

Мощные светодиоды потребляют в 10 раз меньше ламп накаливания и в 2 раза меньше, чем люминесцентные лампы при одинаковых величинах светового потока. Срок службы лампы накаливания — около 1000 часов, люминесцентной лампы — около 5000 часов. Для сравнения, срок эксплуатации светодиодных светильников — от 50 до 200 тысяч часов. Из этого следует, что радикально решить вопрос экономии электроэнергии и затрат на обслуживание систем освещения может только применение светодиодных источников света. Таким образом, применение светодиодных светильников дает двойную экономию: электроэнергии и затрат по эксплуатации осветительных приборов (замена и ремонт).

Светодиоды очень компактны, не требуют высокого напряжения питания, не имеют бьющихся частей (светодиоды — это твердотельные приборы), что обеспечивает устойчивость к вибрации и ударам, не содержат вредных веществ. На основе светодиодов можно создавать источники света с произвольной диаграммой направленности. Кроме того, светодиоды могут работать при низких температурах окружающей среды, что проблематично для люминесцентных ламп.

Компания Cree выпускает ультраяркие (другое равноценное название — сверхъяркие) и мощные (осветительные) светодиоды. Между этими группами твердотельных источников света невозможно провести четкую грань, поэтому в данной статье рассматривается клас-

сификация серий светодиодов по версии производителя Cree, которая представлена на рисунке 1. К ультраярким светодиодам, предназначенным для индикации, производитель относит круглые (P2 Round) и овальные (ScreenMaster P2 Oval) светодиоды в корпусе для монтажа в отверстия, серию P4 (корпус «пиранья») и серии светодиодов для поверхностного монтажа в корпусах PLCC2, PLCC4 и PLCC6. К мощным светодиодам, предназначенным для осветительных приборов, компания Cree относит серии XLamp XR, XLamp XP, XLamp MC.

Применение ультраярких светодиодов

Ультраяркие светодиоды предназначены, в первую очередь, для индикации (обычно с относительно большого расстояния) и, во вторую, — для подсветки

или в качестве маломощных источников света. Некоторые варианты применения сверхъярких светодиодов показаны на рисунке 2. Светофоры, световые указатели, светодиодные экраны и электронные табло — это одни из самых массовых приложений ультраярких светодиодов. Замена галогенных ламп, ручные и головные фонари с минимумом потребления энергии, медицинские инструменты с местной подсветкой, например, для стоматологии и других медицинских приложений. Наиболее востребованы светодиодные светильники для подсветки витрин ювелирных магазинов, так как тепловыделение светодиодных источников света существенно меньше по сравнению с галогенными лампами. Воздействие повышенной температуры на ювелирные изделия приводит к преждевременному изменению внешнего вида некоторых металлов (к сожалению, не в лучшую сторону). Это главная причина, по которой ювелиры проявляют большой интерес к перспективным светодиодным системам освещения.

Массовое использование ультраярких светодиодов происходит в автомобильной промышленности. Это задние фары, габаритные огни и стоп-сигналы, подсветка салона и приборной панели. Применение современных светодиодов



Рис. 1. Серии ультраярких и мощных светодиодов фирмы Cree



Рис. 2. Некоторые варианты применения ультраярких светодиодов Cree

Зрительное восприятие и фоторецепторы глаза человека

Принцип работы глаз человека определяет развитие систем освещения и отображения информации. Фоторецепторы сетчатки глаза имеют два типа зрительных клеток: палочки и колбочки. Палочки гораздо чувствительнее к яркости, но не различают цвета. Колбочки различают цвет в видимом диапазоне от 380...400 нм (фиолетовый) до 770 нм (красный), но слабо реагируют на интенсивность светового потока. Сетчатка содержит три типа колбочек, каждый из которых чувствителен к своему цвету (синему, зеленому или красному). Это показано на рисунке 3. Как мы видим, графики в значительной степени пересекаются. Обратите внимание, что чувствительность глаза к синей части спектра минимальна (график показан с умножением на 20 от истинного значения). Суммарный отклик колбочек имеет четко выраженный максимум в области зеленого цвета с длиной волны около 555 нм, что показано на рисунке 4.

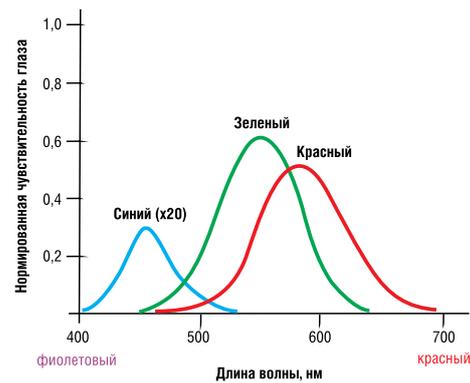


Рис. 3. Чувствительности цветковых рецепторов глаза в разных диапазонах видимого спектра

дает широкое поле деятельности дизайнерам для реализации самых разных вариантов декоративного освещения.

В промышленности востребована подсветка в коммерческих морозильных камерах из-за гораздо меньшего тепловыделения светодиодных светиль-

Ультраяркие светодиоды Cree серии P4 выпускаются в очень популярном корпусе «пиранья». Сила света этих светодиодов достигает 13,2 кд при угле излучения 100...120° (гарантированное минимальное значение сила света 4...5 кд).

ников. Простота реализации локальной и направленной подсветки позволяет с успехом использовать ультраяркие светодиоды в системах машинного зрения. И, конечно, одно из наиболее востребованных приложений для сверхъяр-

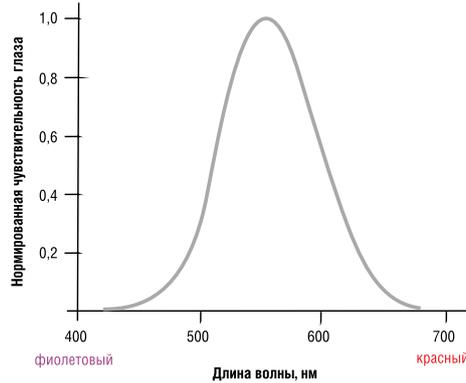


Рис. 4. Суммарная чувствительность цветковых рецепторов глаза в видимом диапазоне света

ких светодиодов — подсветка дисплеев. Несомненно, с каждым годом количество ЖК-телевизоров и мониторов со светодиодной подсветкой будет только увеличиваться. Конечно, все сферы применения ультраярких светодиодов перечислить невозможно, поэтому

переходим к принципам зрительного восприятия человека и световым характеристикам светодиодов, без которых невозможно правильное понимание параметров ультраярких и мощных светодиодов.

Палочек намного больше, чем колбочек, поэтому сетчатка глаза гораздо чувствительнее к интенсивности светового потока, чем к цвету. Очень важно и то, что восприятие яркости света глазом среднестатистического человека происходит по логарифмическому закону. Например, реальная сила света, требуемая для формирования 50-процентного серого изображения (точно по центру между абсолютно черным и полностью белым) составляет примерно 18% от силы света, нужной для формирования полностью белого изображения. Нелинейное восприятие яркости глазом человека должно обязательно учитываться при выводе информации на дисплей. Очевидно, что чувствительность глаз каждого конкретного человека индивидуальна, поэтому в светотехнике пользуются параметрами зрительного аппарата среднестатистического человека.

Фотометрические (светотехнические) характеристики светодиодов

Световые характеристики источников света основаны на двух основных фотометрических стандартах: сила света и световой поток. Единица измерения светового потока — люмен. 1 люмен эквивалентен световому потоку, излучаемому точечным источником с силой света 1 кандела внутри телесного угла 1 стерадиан. Наглядная иллюстрация этого определения приведена в верхней части рисунка 5.

Для понимания фотометрических характеристик необходимо вспомнить определение стерадиана. Стерадиан представляет собой телесный угол Ω (конус с центром сферы радиусом R), который вырезает на сфере поверхность площадью R² (как показано в верхней

части рисунка 5). Из определения стереadiana следует, что полный световой поток, излучаемый точечным источником с силой света 1 кандела равен 4π люменов.

Световой поток F

Силу света измеряют в канделах (в переводе с латинского – свеча). Кандела – это сила света обычной восковой свечи.

Возникает вполне правомерный вопрос: почему силу света измеряют в канделах, а не Вт/стерадиан (Вт/ср)? Часто так и делают, но при использовании мощных светодиодов для освещения возникает следующее неудобство. Если включить зеленый, красный и синий светодиоды с одинаковой силой света, измеренной в Вт/ср, то яркость зеленого светодиода будет существенно выше. Это явление объясняет рассмотренные нами выше графики на рисунках 3 и 4, иллюстрирующие разную чувствительность глаза человека к разным длинам волн видимого спектра. Яркость красного светодиода нам казалась бы меньше, чем у зеленого, а свечение синего светодиода вообще оказалось бы очень тусклым. Чтобы устранить эти причины, силу света измеряют в канделах, а световой поток в люменах (см. рис. 5). При расчете освещенности именно люмен является наиболее подходящей единицей измерения для расчетов и сравнения разных источников света.

Сила света I

Сила света I – это пространственная плотность светового потока или отношение светового потока внутри телесного угла к величине этого телесного угла. Проще говоря, сила света показывает, какую часть светового потока излучает источник в рассматриваемом направлении. Сила света измеряется в канделах (кд).

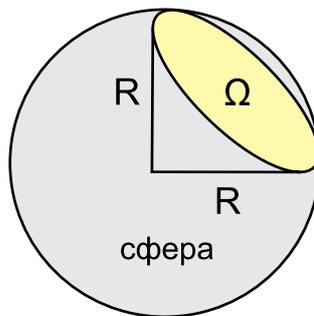
Для пересчета кандел в люмены применяют следующий метод:

1. Зная двойной угол половинной яркости светодиода θ , взятый из документации производителя, вычисляем соответствующий телесный угол $\Omega = 2\pi(1 - \cos(\theta/2))$.

2. Определяем световой поток $F = I \times \Omega$, где I – сила света светодиода.

Освещенность E

Освещенность характеризует уровень освещения поверхности, создаваемый световым потоком, падающим на поверхность. В системе СИ измеряется в люксах. Рассчитывается по формуле $E = F/S$ (1 люкс = 1 люмен/м²). Освещенность пропорциональна силе света. С увеличением дистанции от поверхности освещенность уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния. При падении световых лучей наклонно к освещаемой поверхности освещен-



Телесный угол Omega

Единица измерения: стерадиан (sr)
 $= S/R^2$

Стерадиан (sr) – телесный угол (конус) с центром в сфере радиуса R , который вырезает из сферы поверхность площадью R^2

Световой поток F

Единица измерения: люмен (lm)
 $F = I \times \Omega$

Один люмен – это световой поток, испускаемый точечным источником с силой света одна кандела в телесный угол один стерадиан.

1 лм = 1 кд x ср
 1 lm = 1 cd x 1 sr

Сила света I

Единица измерения: кандела (cd)
 $I = F/\Omega$

Сила света – это отношение светового потока, направленного от источника в пределах телесного угла, охватывающего это направление, к этому углу

1 кд = 1 люмен / 1 стерадиан
 1 cd = 1 lm / 1 sr

Освещенность E

Единица измерения: люкс (lx)
 $E = F/S$

Освещенность – это отношение светового потока, падающего на поверхность, к площади поверхности

1 люкс = 1 люмен / м²
 1 lx = 1 lm / м²

Яркость L

Единица измерения: нит
 $L = (I/S) \times \cos\alpha$

Яркость – это отношение силы света элемента поверхности к площади его проекции, перпендикулярной рассматриваемому направлению

1 нит = 1 кд / 1 м²

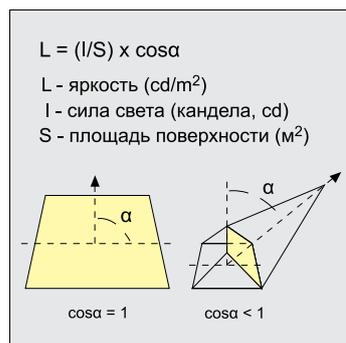
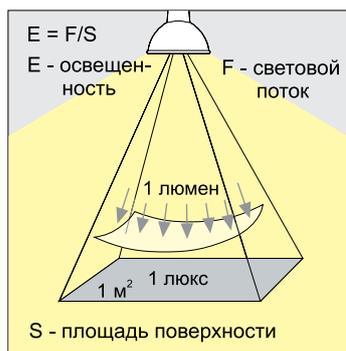
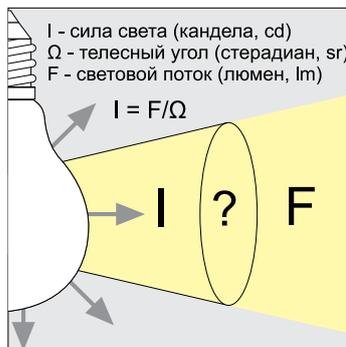


Рис. 5. Фотометрические характеристики источников света

Таблица 1. Параметры круглых ультраярких светодиодов фирмы CREE

Серия	Наименование		Цвет	Диаметр, мм	Угол излучения, град.	Сила света, мкд			Длина волны, нм		
	без ограничителей на выводах	с ограничителями на выводах				Мин.	Тип.	Макс.	Мин.	Тип.	Макс.
503	C503B-AAN	C503B-AAS	Янтарный (Amber)	5	15	5860	13000	23500	584	591	596
	C503B-ABN	C503B-ABS			23	3000	5000	12000			
	C503B-CAN	C503B-CAS			30	3000	5000	8200			
	C503B-BAN	C503B-BAS	Синий (Blue)		15	5860	11000	23500	465	470	480
	C503B-BCN	C503B-BCS			30	2130	4100	8200			
	C503B-GAN	C503B-GAS	Зеленый (Green)		15	16800	34000	64600	520	527	535
	C503B-GCN	C503B-GCS			30	5860	12500	23500			
	C503B-RAN	C503B-RAS	Красный (Red)		15	5860	12000	23500	618	624	630
	C503B-RBN	C503B-RBS			23	3000	5000	12000			
	C503B-RCN	C503B-RCS			30	3000	5100	12000			
	C503B-WAN	—	Белый (White)		15	14400	18000	32900	—	—	—
C503C-WAN	C503C-WAS	16800		24000	32900						
513	C513A-WSN	C513A-WSS		55	2130	4000	8200				
535	C535A-WJN	—	110	770	1400	3000					

* – последняя буква S (Stopper) обозначает наличие ограничителей на выводах светодиода

** – последняя буква N (No Stopper) обозначает отсутствие ограничителей на выводах светодиода

Таблица 2. Параметры овальных ультраярких светодиодов фирмы CREE

Серия	Наименование	Цвет	Размер, мм	Угол излучения, град.	Сила света, мкд			Длина волны, нм		
					Мин.	Тип.	Макс.	Мин.	Тип.	Макс.
4SM	C4SME-RJS*	Красный (Red)	4	100x45	770	1100	2130	619	621	624
	C4SMF-RJS	Синий (Blue)			550	1000	2130	460	470	475
	C4SMF-GJS	Зеленый (Green)			2130	4000	8200	520	527	535
	C4SMF-RJS	Красный (Red)			1100	1900	4180	619	621	624
	C4SMG-BJS	Синий (Blue)			390	900	1520	460	470	475
	C4SMG-GJS	Зеленый (Green)			1100	2200	1480	520	527	535
	C4SMG-RJS	Красный (Red)			550	1100	2130	619	621	624
5SM	C5SMA-RJS	Красный (Red)	5	110x50	280	450	770	620	624	628
	C5SMB-AJS	Янтарный (Amber)			390	600	1100	584	591	596
	C5SMB-BJS	Синий (Blue)			200	350	770	465	470	475
	C5SMB-GJS	Зеленый (Green)			1100	1750	3000	520	527	535
	C5SMB-RJS	Красный (Red)			390	750	1100	620	628	635
	C5SME-RJS	Красный (Red)		100x35	770	1100	2130	619	621	624
	C5SMF-AJS	Янтарный (Amber)			770	2100	3000	584	591	596
	C5SMF-BJS	Синий (Blue)			550	1100	2130	460	470	475
	C5SMF-GJS	Зеленый (Green)			2130	4400	8200	520	527	535
	C5SMF-RJS	Красный (Red)			1100	2200	4180	619	621	624
566	C566C-AFN**	Янтарный (Amber)	5	65x35	1520	2500	4180	584	591	596
	C566C-AFS									
	C566C-BFN	Синий (Blue)			770	1500	4180	460	470	475
	C566C-BFS									
	C566C-GFN	Зеленый (Green)			2130	5200	12000	520	527	535
	C566C-GFS									
	C566C-RFN	Красный (Red)			1100	2200	4180	619	621	624
C566C-RFS										

* – последняя буква S (Stopper) обозначает наличие ограничителей на выводах светодиода

** – последняя буква N (No Stopper) обозначает отсутствие ограничителей на выводах светодиода

Таблица 3. Параметры ультраярких светодиодов серии P4 фирмы CREE

Серия	Наименование	Цвет	Размер, мм	Угол излучения, град.	Сила света, мкд			Длина волны, нм		
					Мин.	Тип.	Макс.	Мин.	Тип.	Макс.
P41	CP41B-ADS	Янтарный (Amber)	7,6x7,6	40	4400	6500	11000	584	591	599
	CP41B-AFS			70	5500	7500	13200			
	CP41B-AHS			100	5500	8000	13200			
	CP41B-BFS	Синий (Blue)		70	1650	2500	3300	462	470	475
	CP41B-GFS	Зеленый (Green)		70	4400	6500	8730	515	527	535
	CP41B-RDS	Красный (Red)		40	4400	7000	11000	620	628	637
	CP41B-RFS			70	4400	7500	11000			
	CP41B-RHS			100	4400	8000	13200			
	CP41B-WES	Белый (White)		60	3850	7000	11000	—	—	—
CP41B-WGS	90		3850	7000	11000	—	—	—		
P42	CP42B-AKS	Янтарный (Amber)	120	5500	7000	13200	584	591	599	
	CP42B-BKS	Синий (Blue)	120	1100	1500	3300	462	470	475	
	CP42B-GKS	Зеленый (Green)	120	4400	6500	11000	515	527	535	
	CP42B-RKS	Красный (Red)	120	4400	6000	11000	618	624	630	
P43	CP43B-AGS	Янтарный (Amber)	90	2130	5000	8200	584	591	599	
	CP43B-RGS	Красный (Red)	90	2130	4500	8200	618	624	630	

Таблица 4. Параметры ультраярких светодиодов для поверхностного монтажа (SMD) фирмы CREE

Серия	Наименование	Цвет	Размер, мм	Угол излучения, град.	Сила света, мкд (*Световой поток, лм)			Длина волны, нм		
					Мин.	Тип.	Макс.	Мин.	Тип.	Макс.
LM1	CLM1B-AKW	Янтарный (Amber)	3,2x2,7	120	355	600	900	584	591	596
	CLM1B-BKW	Синий (Blue)			280	450	710	460	470	480
	CLM1B-GKW	Зеленый (Green)			710	1300	2240	520	527	540
	CLM1B-RKW	Красный (Red)			450	650	1120	618	624	630
	CLM1C-WKW	Белый (White)			710	1200	1800	—	—	—
LM2	CLM2B-AEW	Янтарный (Amber)	60	60	3550	5000	9000	584	591	599
	CLM2B-REW	Красный (Red)			2240	3700	5600	618	624	630
LM3	CLM3A-WKW	Белый (White)	2,7x2,0	120	1120	1600	2240	—	—	—
	CLM3C-AKW	Янтарный (Amber)			355	700	900	584	591	596
	CLM3C-MKW	Белый теплый			1120	1560	2800	—	—	—
	CLM3C-RKW	Красный (Red)			560	740	1400	618	624	630
	CLM3C-WKW	Белый (White)			1400	1850	3550	—	—	—
LM4	CLM4B-AKW	Янтарный (Amber)	3,2x2,7	120	1120	1500	2800	584	591	599
	CLM4B-BKW	Синий (Blue)			355	550	900	460	470	480
	CLM4B-GKW	Зеленый (Green)			1400	1800	3550	515	527	535
	CLM4B-PKW	Оранжевый (Orange)			1120	2000	2800	610	615	622
	CLM4B-RKW	Красный (Red)			1120	1600	2800	618	624	630
LP6	CLP6B-MKW	Белый теплый	6x5	120	7100	9500	14000	—	—	—
	CLP6B-WKW	Белый (White)			7100	11000	18000	—	—	—
	CLP6C-FKB	Синий (Blue)			280	400	560	460...480		
		Зеленый (Green)			1120	1600	2240	520...540		
		Красный (Red)			560	700	1120	619...624		
	CLP6C-AKW	Янтарный (Amber)			2800	4200	7100	584	591	596
	CLP6C-RKW	Красный (Red)			3550	4800	7100	618	624	630
LA1	CLA1A-MKW	Белый теплый	3,2x2,8	120	1400	2000	3550	—	—	—
	CLA1A-WKW	Белый (White)			1800	2600	4500	—	—	—
LA2	CLA2A-WKW	Белый (White)	3,2x2,8	120	2240	3400	5600	—	—	—
LV1	CLV1A-FKB	Синий (Blue)			180	320	450	460...480		
		Зеленый (Green)			560	850	1400	520...540		
		Красный (Red)	355	550	900	619...624				
LV6	CLV6A-FKB	Синий (Blue)	5,5x5,5	120	280	400	560	460...480		
		Зеленый (Green)			1120	1600	2240	520...540		
		Красный (Red)			560	400	1120	619...624		
LN6	CLN6A-MKW	Белый теплый	5x5x1,3	115	51*	65*	85,6*	—	—	—
	CLN6A-WKW	Белый (White)			60,5*	80*	101,8*	—	—	—

* — для светодиодов серии LN6 приведены значения светового потока в люменах (лм)

ность падает пропорционально косинусу угла падения лучей.

Яркость L

В фотометрии термин «яркость» рассматривают применительно к поверхности. Хотя мы все часто употребляем термин «яркость светодиода», это некорректно. Более правильные термины — сила света и световой поток. В данном случае (см. рис. 5) речь идет о яркости поверхности, то есть отраженном от нее свете. Яркость L — это отношение силы света I элемента поверхности к площади его проекции, перпендикулярной рассматриваемому направлению или $L = (I/S) \times \cos\alpha$. Из всех фотометрических величин яркость наиболее близко связана со зрительными ощущениями, так как освещенности изображений предметов на сетчатке глаза пропорциональны именно яркости этих предметов.

Световая отдача

Световая отдача характеризует эффективность источника излучения, определяющая, какой вырабатывается световой поток на 1 Вт подведенной мощности. Единица измерения — лм/Вт. Теоретически максимально возможная световая отдача равна 683 лм/Вт у источника света с длиной волны 555 нм при преобразовании электрической энергии в свет без потерь. Из последнего предложения следует, что 1 лю-

мен — это световой поток зеленого излучателя света без потерь с длиной волны 555 нм мощностью 1/683 Вт. Обычная лампа накаливания 60 Вт обеспечивает световой поток 500 лм (светоотдача — 8,33 лм/Вт). Лампа накаливания мощностью 100 Вт излучает световой поток около 1300 лм (13 лм/Вт). Люминесцентная лампа мощностью 26 Вт создает световой поток около 1600 лм (61,5 лм/Вт). Уличная натриевая газоразрядная лампа излучает 10000...20000 лм. Натриевые лампы низкого давления обеспечивают один из максимальных показателей эффективности — световая отдача около 200 лм/Вт. Фирма Cree выпускает светодиоды с оптической эффективностью более 100 лм/Вт. По оценкам экспертов со временем этот показатель будет только увеличиваться, а цена ультраярких и осветительных светодиодов будет только уменьшаться.

Основные параметры ультраярких светодиодов Cree

В таблице 1 приведены параметры ультраярких светодиодов Cree в крупных корпусах диаметром 5 мм.

Светодиоды для монтажа в отверстия выпускаются с ограничителями на выводах и без них. Производитель указывает четкие допустимые границы минимальных и максимальных значений силы света и длин волн видимого диапазона излучения. Это характеризует

очень высокую культуру производства светодиодов и отлаженность технологического процесса.

Для некоторых приложений, например, для светодиодных экранов часто целесообразнее использовать овальные светодиоды с несимметричной диаграммой направленности. Разные мощности излучения по двум осям позволяют оптимально распределять энергию излучения светодиодов. Параметры ультраярких овальных светодиодов Cree с размерами корпуса 4 и 5 мм приведены в таблице 2.

Более мощные ультраяркие светодиоды Cree серии P4 выпускаются в популярном корпусе «пиранья». Сила света этих светодиодов достигает 13,2 кд при угле излучения 100...120° (гарантированное минимальное значение сила света 4...5 кд). Параметры светодиодов серии P4 сведены в таблицу 3.

Большой популярностью пользуются ультраяркие светодиоды Cree для поверхностного монтажа (SMD). Параметры серий этих светодиодов представлены в таблице 4. Максимальной мощностью излучения отличаются серии LP6 и LN6. Максимальная сила света белых светодиодов серии LP6 достигает 14...18 кд при угле излучения 120°. Для белых светодиодов серии LN6 производитель приводит значения светового потока в люменах. Максимальные значения этого параметра достигают 85...100 лм (типовые значения от 65 до 80 лм).

Удобный и автоматизированный монтаж SMD-светодиодов, их малые размеры, низкий нагрев и высокая светоотдача позволяют дизайнерам выбрать оптимальные и интересные решения для создания систем освещения.

При заказе белых светодиодов необходимо обратить внимание на бины и цветовую температуру. Бин кодирует цветовую температуру и силу света излучения белых светодиодов в довольно узком спектральном диапазоне, поэтому при заказе необходимо внимательно изучать документацию (datasheet), где указаны возможные варианты бинов.

По прогнозам экспертов внедрение в нашу жизнь ультраярких светодиодов (и, конечно, мощных осветительных) со временем будет идти все более быстрыми темпами. При массовом производстве их цена будет постоянно снижаться. Придет время, и наши глаза будут все больше радоваться светодиодному освещению, управляя оттенками которого можно даже поднимать настроение. Остается только пожелать читателю успехов в применении ультраярких светодиодов компании Cree.

СВЕРХЪЯРКИЕ СВЕТОДИОДЫ
ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО
МОНТАЖА (SMD)

www.cree.com

Характеристики

<p>◆ Размер (mm):</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ PLCC2: 3,2*2,7 (LM1); 2,7*2,0 (LM3) ◆ PLCC4: 3,2*2,7 (LM2, LM4); 3,2*2,8 (LA1, LA2, LV1) ◆ PLCC6: 5,0*1,3 (LN6); 6*5 (LP6) <p>◆ Цвет и доминирующая длина волны (нм):</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Янтарный: (591) ◆ Синий: (470) ◆ Зеленый: (527) ◆ Красный: (624) ◆ Оранжевый: (615) ◆ Белый 	<p>◆ Угол излучения</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ LM1: 120° ◆ LM2: 60° ◆ LM3: 120° ◆ LM4: 120° ◆ LM6: 115° ◆ LP6: 120° ◆ LA1: 120° ◆ LA2: 120° ◆ LV1: 120° <p>◆ Бессвинцовые</p> <p>◆ Удовлетворяют требованиям RoHS</p> <p style="font-size: 10px;">* Световой поток (лм)</p>
--	---

Применение

- ◆ Торговые автоматы
- ◆ Платежные терминалы
- ◆ Информационное табло

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403

Компэл

www.compel.ru

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: lighting.vesti@compel.ru

Константин Староверов

НОВЫЕ СВЕТОДИОДЫ XLAMP КОМПАНИИ CREE



В этом году компания CREE объявила о существенном расширении ассортимента выпускаемых светодиодов XLAMP. Новинки в семействах MC-E, XR-E, XR-G, MX-6 отличаются улучшенными рабочими характеристиками, ориентированы на разнообразные области применения и позволяют создавать энергосберегающую светотехническую продукцию, обладающую рядом конкурентных преимуществ.

Светодиоды (СД), в сравнении с лампами накаливания, прошли обратный путь развития, став вначале индикаторными приборами, а впоследствии эволюционировав до полноценных осветительных приборов. Современные сверхъяркие СД с уровнем светоотдачи более 90 лм/Вт способны конкурировать с большинством выпускаемых ламп. Число прочих преимуществ светодиодов дополняют высокая надежность и механическая прочность, полная экологическая безопасность, отсутствие проблем с запуском при низких температурах. Кроме того, благодаря таким особенностям СД, как простота электрического управления и доступность во множестве исполнений с различными углами обзора и цветами свечения, они могут использоваться в сферах, где применение иных источников света либо невозможно, либо непрактично. К числу таких областей применения относятся иллюминационные и светодинамические системы, архитектурная подсветка, освещение помещений по дизайн-проекту, информационные дисплеи и табло. Развитию светодиодных технологий способствует не только расширение областей применения, но и введение разнообразных регуляторных норм, направленных на удаление с рынка источников света с низкой эффективностью. Тому примером может служить недавно принятая Европарламентом директива 244/2009/ЕС, которая направлена на постепенное удаление с рынка Евросоюза ламп накаливания и малоэффективных галогеновых ламп. В таких условиях, чтобы укрепить свои позиции на рынке, ведущие производители твердотельных источников света вынуждены непрерывно совершенствовать свою продукцию по всем направлениям: кон-

струкция, электрические, оптические и тепловые характеристики, функциональность, цветовые исполнения. Свою ставку в борьбе за укрепление позиций на рынке уже сделал известный новатор в области светодиодных технологий — компания Cree. Она существенно обновила ассортимент выпускаемых сверхъярких светодиодов XLAMP [1], которые позиционирует как светодиоды светотехнического класса.

Светодиоды XLAMP разделены на нескольких семейств: MC-E, XR-E, XR-C, XP-E, XP-C, 4550 [1]. Всем им свойственны следующие особенности:

- доступность всех цветовых исполнений, в т.ч. белых;
- размещение в корпусе для поверхностного монтажа с электрически изолированной теплоотводящей площадкой;
- срок службы до 50 тыс. часов;
- тестирование в соответствии с самыми жесткими стандартами светодиодной промышленности.

Семейство многокристалльных светодиодов MC-E и первый в промышленности RGBW-светодиод

СД из семейства MC-E (рис. 1) представляют собой четырехкристалльные

сборки, помещенные в миниатюрный (площадью 7x9 мм²) RoHS-совместимый 8-выводной корпус для поверхностного монтажа. Все четыре кристалла СД электрически не связаны между собой и соединены с отдельными выводами. Прежде в семейство входили только СД белого свечения, отсортированные по трем группам с холодным, нейтральным и теплым оттенками. Примечательно, что каждый из встроенных СД обладает таким же световым потоком, что и СД из семейства XR-E. Таким образом, светодиоды MC-E, занимающие одну и ту же с СД XR-E площадь, дают возможность четырехкратно увеличить световой поток. Столь существенное повышение светового выхода стало возможным благодаря применению корпуса с рекордно низким тепловым сопротивлением — всего лишь 3°С/Вт. Опираясь на эти уникальные тепловые характеристики, компания создает еще одну многокристалльную новацию — первый в промышленности RGBW-светодиод (характеристики см. в таблице 1). Ранее были известны различные многоцветные конфигурации, в т.ч. RGB, RGGB, RGBA, но дополнение RGB-кристаллов именно белым светодиодом сделано впервые. Компания считает, что такая цветовая конфигурация позволит создавать более высококачественные светотехнические устройства для архитектурных объектов, концертных площадок, витрин и прилавков торговых заведений, учреждений здравоохранения и др. Примечательно, что при питании каждого встроенного СД максимальным током 700 мА,

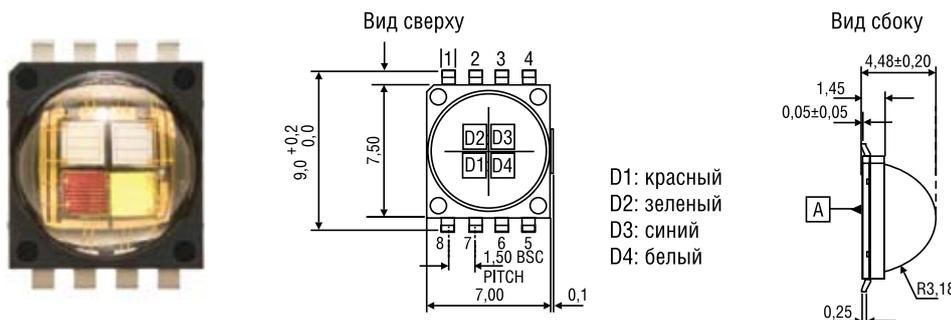


Рис. 1. Внешний вид и конструкция светодиодов MC-E

Таблица 1. RGBW-светодиоды MC-E

Код заказа	Цвет	Световой поток ($I_F = 350$ мА), не менее лм	Доминирующая длина волны, нм	$V_{F, \text{тип}}$ ($I_F = 350$ мА), В	Макс. ток, мА	Угол обзора
MCE4CT-A2-0000-00A5AAAA1	Красный	30,6	620...630	2,2	700	115°
	Зеленый	67,2	520...535	3,4		
	Синий	8,2	450...465	3,2		
	Белый	95	холодный белый	3,2		
MCE4CT-A2-0000-00A4AAAB1	Красный	30,6	620...630	2,2		
	Зеленый	67,2	520...535	3,4		
	Синий	8,2	450...465	3,2		
	Белый	80	нейтральный белый	3,2		

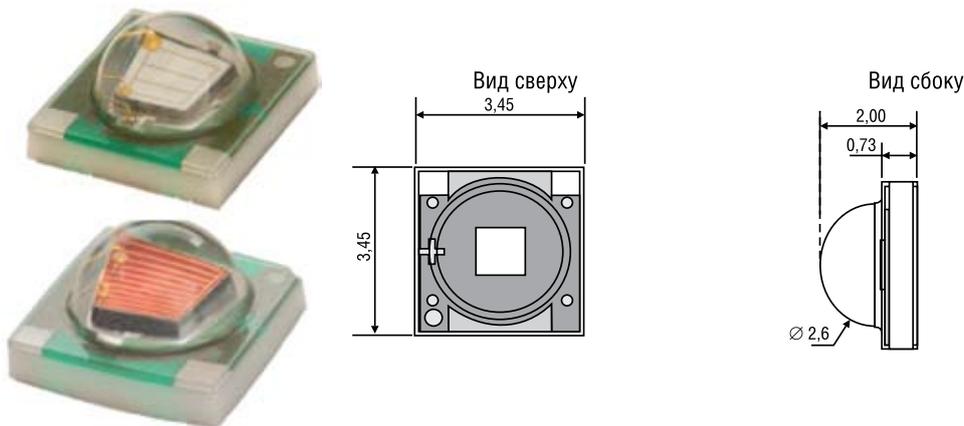


Рис. 2. Внешний вид и конструкция светодиодов XP-E

суммарный световой поток на выходе будет достигать 500 лм! Благодаря дополнению всех четырех кристаллов единой линзой и ничтожному расстоянию между кристаллами, применение новинок позволит добиться более эффек-

тивного синтеза цветов и минимизирует проявление эффекта теней, который свойственен многоточечным источникам света. Данные преимущества особенно очевидны на фоне решений, выполненных на основе дискретных СД.

Цветные светодиоды в семействе XP-E

Семейство XP-E (рис. 2) составляют дискретные сверхъяркие СД, размещенные в ультракомпактном корпусе для поверхностного монтажа. Занимаемая ими площадь на 80% меньше по сравнению с предшественниками из семейства XR-E. Еще одной интересной особенностью этого корпуса является его высокая стойкость к жидкостям. Светодиоды сколь угодно долгое время могут сберегаться без упаковки, если окружающая температура не превышает 30°C, а относительная влажность 85%. Теперь воспользоваться уникальными преимуществами данного корпуса смогут и разработчики иллюминационных систем, так как в дополнение к выпускавшимся прежде трем белым СД (холодный, нейтральный, теплый оттенки) теперь доступны СД для шести цветовых категорий (см. таблицу 2). Светодиоды XP-E существенно опережают аналогичную продукцию компаний Nichia (NS6_083)

Таблица 2. Цветные светодиоды XP-E

Код заказа	Цвет	Световой поток, не менее, лм	Доминирующая длина волны, нм	$V_{F, \text{тип}}$ ($I_F = 350$ мА), В	Макс. ток, мА	Угол обзора
XPEROY-L1-0000-00901 XPEROY-L1-0000-00A01	Королевский синий	350 мВт 425 мВт	450...465	3,2	1000	130°
XPEBLU-L1-0000-00W01 XPEBLU-L1-0000-00Y01	Синий	23,5 30,6	465...485	3,2	1000	130°
XPEGRN-L1-0000-00701 XPEGRN-L1-0000-00801 XPEGRN-L1-0000-00901 XPEGRN-L1-0000-00A01 XPEGRN-L1-0000-00B01 XPEGRN-L1-0000-00C01	Зеленый	67,2 73,9 80,6 87,4 93,9 100	520...535	3,4	700	130°
XPEAMB-L1-0000-00Y01 XPEAMB-L1-0000-00Z01 XPEAMB-L1-0000-00201 XPEAMB-L1-0000-00301 XPEAMB-L1-0000-00401	Янтарный	30,6 35,2 39,8 45,7 51,7	585...595	2,2	500	130°
XPERDO-L1-0000-00201 XPERDO-L1-0000-00301 XPERDO-L1-0000-00401 XPERDO-L1-0000-00501	Красно-оранжевый	39,8 45,7 51,7 56,8	610...620	2,2	700	130°
XPERED-L1-0000-00Y01 XPERED-L1-0000-00Z01 XPERED-L1-0000-00201 XPERED-L1-0000-00301 XPERED-L1-0000-00401	Красный	30,6 35,2 39,8 45,7 51,7	620...630	2,2	700	130°

и OSRAM (Golden Dragon Plus) как по оптическим характеристикам, так и по занимаемой площади. Близкими оптическими характеристиками, но все-таки с некоторым отставанием, обладают светодиоды Rebel компании Lumileds, но занимаемая ими площадь все же ощутимо больше, чем у новинок Cree (13,5 мм² против 11,9 мм², т.е. на 13% больше). Важно обратить внимание на то, что у красных, янтарных и красно-оранжевых СД выше тепловое сопротивление корпуса (15°С/Вт против 9°С/Вт для всех остальных СД семейства XP-E).

В качестве ключевых областей применения новых цветных СД компания Cree видит устройства декоративной подсветки архитектурных объектов, в том числе с изменяющимися цветами; иллюминационные системы общего назначения, в том числе с RGB-цветовым синтезом; специальную светосигнальную аппаратуру и транспортные средства. В RGB-применениях малые занимаемые размеры СД дают дополнительные преимущества снижения расстояния между СД и за счет этого – лучшее смешивание цветов, большую однородность выходного потока, снижение размеров конечной конструкции и повышение разрешающей способности. Кроме того, полная симметричность конструкции корпуса СД, в котором совпадают оптический и механический центры, позволит с большей эффективностью использовать дополнительную оптику и будет способствовать ее более точной установке.

XP-G – новое семейство светодиодов с рекордно высокими яркостью свечения и эффективностью

На состоявшейся в Нью-Йорке с 5 по 7 мая текущего года выставке-конференции LIGHTFAIR International компания Cree продемонстрировала образцы нового семейства светодиодов XLamp – XP-G (см. таблицу 3, рис. 3). Пока что в это семейство входят два СД холодного белого цвета свечения, отсортированные по световому потоку. При питании током 350 мА новые СД достигают уровня светоотдачи 132 и 139 лм/Вт, а при токе 1 А они генерируют 345 люмен! Если сравнить выходные характеристики новых СД с лучшим представителем семейства XP-E той же цветовой категории при протекании равного тока 700 мА, то обнаружится превосходство XP-G на 35% по световому потоку и на 43% по светоотдаче. На практике такое превосходство проявляется в возможности замены трех светодиодов XP-E на один XP-G. Например, выполненный на 3 СД XP-E (бин Q5, 100 лм) источник света характеризуется суммарной потребляемой мощностью 3,18 Вт (через каждый СД протекает ток 350 мА) и световым выходом 3x85 лм = 255 лм. Примерно такого же

Таблица 3. Семейство XP-G

Цвет свечения	Холодный белый
Цветовая температура, К	8300...5000
Сортировка по световому потоку	R3/R4 (122/130 лм)
Угол обзора	125°
Тепловое сопротивление, °С/Вт	5,5
Максимальный ток, мА	1000
V _{F-TYP} (350 мА), В	3,0
V _{F-TYP} (700 мА), В	3,2
V _{F-TYP} (1000 мА), В	3,3

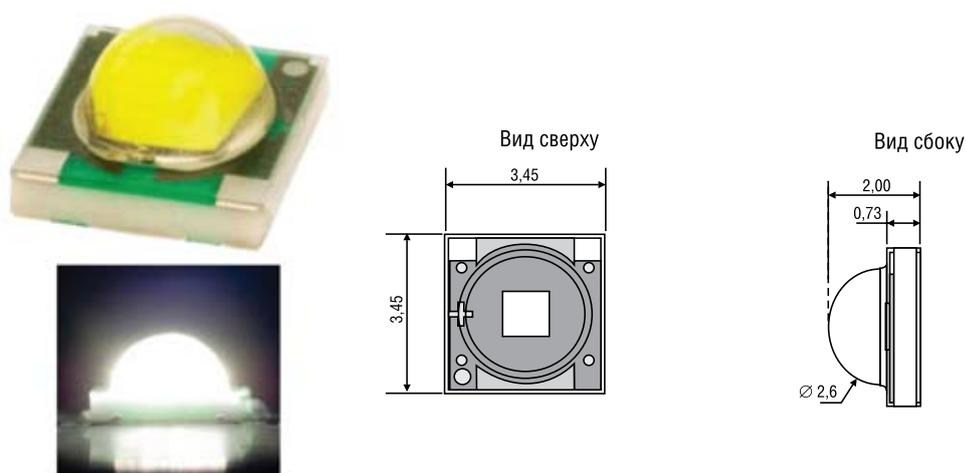


Рис. 3. Внешний вид и конструкция светодиодов XP-G

светового выхода (251 лм) можно добиться, если воспользоваться новым СД XP-G (бин R3, 122 лм) при питании его током 1 А (3,11 Вт). Если учесть, что СД обоих этих семейств размещаются в одном и том же корпусе, то примене-

нии света с максимально-возможными яркостью свечения и светоотдачей. К числу таких применений можно отнести наружное освещение, портативные светильники (фонари, головные светильники, велосипедные фары) и авто-

Компания **CREE** представила первый в промышленности **RGBW-светодиод**. Ранее были известны различные многоцветные конфигурации, в т.ч. RGB, RRGB, RGBA, но дополнение RGB-кристаллов именно белым светодиодом сделано впервые. Компания считает, что такая цветовая конфигурация позволит создавать более высококачественные светотехнические устройства для архитектурных объектов, концертных площадок, витрин и прилавков торговых заведений, учреждений здравоохранения и др. Примечательно, что при питании каждого встроенного СД максимальным током 700 мА, суммарный световой поток на выходе будет достигать 500 лм!

ние СД XP-G позволит не только уменьшить количество светодиодов в конечном решении, но и существенно снизить занимаемую ими площадь. От сокращения количества СД также выигрывает и качество осветительного прибора, так как использование одноточечного или менее многоточечного источника света более предпочтительно с точки зрения однородности светового потока.

Новые СД прежде всего ориентированы на применения, где требуются источ-

ные системы освещения с питанием, например, от солнечных батарей.

Многочастотные светодиоды MX-6 для систем линейного освещения

Компания Cree разработала еще одно семейство СД XLAMP, оптимизированное под системы линейного освещения. СД из нового семейства MX-6 (рис. 4) будут доступны в нескольких белых исполнениях от холодного белого до теплого белого (бины совместимы с

Таблица 4. Семейство MX-6

Цветовые исполнения	Холодный белый	Теплый белый
Угол обзора	120°	120°
Световой поток (300 мА), не менее, лм	100	80
V_{F_TYP} (300 мА), В	3,3	3,3
Светоотдача (300 мА), не менее, лм/Вт	101	81
Световой поток (350 мА), не менее, лм	115	92
V_{F_TYP} (350 мА), В	3,4	3,4
Светоотдача (350 мА), не менее, лм/Вт	97	78

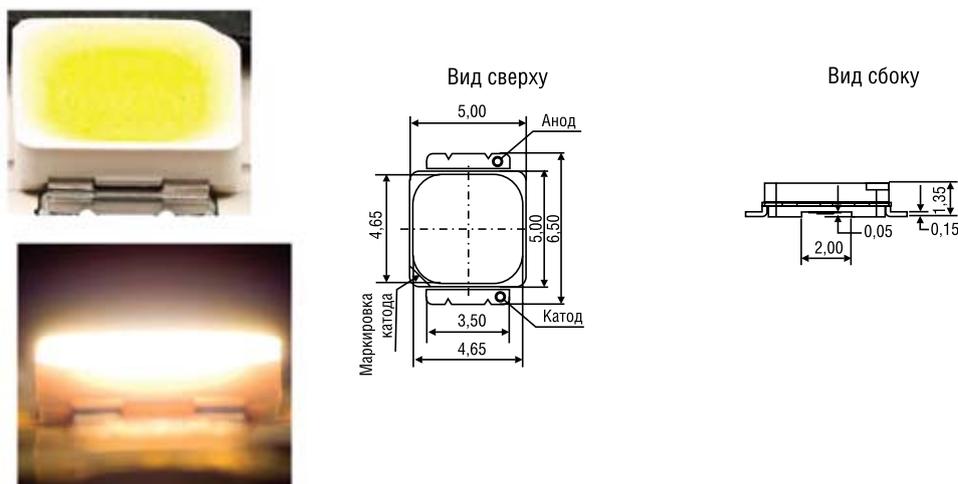


Рис. 4. Внешний вид и конструкция светодиодов MX-6

ANSI/Energy Star). Некоторые характеристики СД представлены в таблице 4. Светодиоды размещены в корпусе для поверхностного монтажа прямоугольной формы с тепловым сопротивлением 5...8°С/Вт. Столь малое значение теплового сопротивления (для сравнения, СД аналогичного класса Nichia обладают тепловым сопротивлением 10...15°С/Вт) в сочетании с высокой предельной температурной переходом 150°С расширяют область использования СД при работе с близким к максимальному током.

Светодиоды MX-6 предназначены для использования в системах линейного освещения, например, рабочих зон на кухне или торговых прилавков, в том числе охлаждаемых; для построения ламп, совместимых по конструкции с трубчатыми флуоресцентными лампами (T12, T8 и др.), и светодиодных ламп ненаправленного (A) и направленного (MR, PAR, R) типов.

Особенности применения светодиодов XLAMP

Несмотря на то, что заявляемый срок службы светодиодов XLAMP достаточно высок (50 тыс. часов) важно понимать, что для достижения указанных показателей надежности необходимо соблюдать электрические и тепловые

режимы работы. Например, эксплуатация СД при температуре перехода близкой к предельно допустимой приводит к снижению светового выхода и преждевременному отказу СД. К досрочному выходу из строя СД также могут привести [2]:

- действие электростатических разрядов (светодиоды XLAMP оснащены защитой только на 2 кВ, что гарантирует сохранение их надежности во время доставки, монтажных операций и ручном обращении, однако может оказаться недостаточным в некоторых специфических применениях, например, автомобильные бортовые огни и фары);

- кратковременная перегрузка по току и/или напряжению, вызванная запуском схемы или «горячей» коммутацией;

- работа с током, превышающим максимальный.

Все это указывает на важность тщательного обоснования не только источников света, но и схемы управления ими, так как от качества именно ее работы зависит недопущение перечисленных аварийных условий.

Немаловажен и выбор материала печатной платы и других составляющих пути отвода тепла, поскольку они напрямую влияют на величину рабочей температуры перехода. О материалах

для управления тепловыми режимами уже шла речь на страницах НЭ [3].

Закключение

Представив новые СД, компания Cree добилась улучшений выпускаемого ассортимента СД XLAMP. Среди таких улучшений:

- появление первых в мире RGBW-светодиодов, вошедших в семейство MC-E и обеспечивающих высокое качество цветового синтеза и очень большой световой выход (до 500 лм при питании каждого из четырех СД током 0,7 А);

- добавление цветных исполнений (шесть цветовых групп) в семейство светодиодов XP-E с передовыми характеристиками корпуса для своего класса СД (тепловое сопротивление 9...15°С/Вт, занимаемая площадь 3,45x3,45 = 11,9 мм²);

- выпуск первых белых светодиодов в конструктиве XP (новое семейство XP-G) более высокого класса эффективности по сравнению с семейством XP-E;

- создание нового семейства белых СД MX-6, конструкция которых оптимизирована под задачи линейного освещения.

В условиях нарастающей конкуренции на рынке энергоэффективных и экологически-безопасных светотехнических систем, такое обновление ассортимента подтверждает лидерские позиции компании Cree в светодиодной промышленности. Продукция компании Cree позволит ее клиентам создавать устройства с множеством конкурентных преимуществ, в том числе — более низким энергопотреблением за счет улучшенной светоотдачи СД, более широким рабочим температурным диапазоном за счет отличной теплопроводности корпуса СД, более высокой однородностью светового потока и меньшими размерами конечного решения за счет сокращения числа дискретных СД.

Литература

1. Звонарев Е. Мощные светодиоды ведущих мировых производителей // Новости электроники, №17, 2008 г. — С.3-10.

2. Cree® XLamp® LED Electrical Overstress // Application Note: CLD-AP29.000, Cree, Inc. 2009. — 9 p.

3. Староверов К. Системы охлаждения для светодиодов // Новости электроники, №17, 2008 г. — С.21-23.

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: lighting.vesti@compel.ru

Антон Булдыгин (Светотроника)

СПЕЦИАЛЬНАЯ ОПТИКА ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ CREE



Сверхъяркая светодиодная оптика сама по себе — это только часть решения по информационным применениям, подсветке, архитектурному и специальному освещению. Как правило, она работает в паре с оптическими системами. Статья посвящена описанию таких систем, применяемых совместно с оптикой компании CREE.

Современные светодиоды компании CREE насчитывают три основные серии, для каждой из которых можно подобрать оптику с необходимым пространственным распределением силы света. В номенклатуре основных производителей оптики есть линзы и отражатели практически с любым углом в интервале от 6° до 70°. Перечислять их все вряд ли позволит объем этой статьи, поэтому мы остановимся только на самых интересных образцах. Описанная ниже оптика скорее относится к специальным решениям, востребованным на широком рынке. В обзоре рассмотрены решения для некоторых весьма распространенных задач, требующих специальных оптических систем.

Уличное освещение

Сегодня уличное освещение — одно из самых приоритетных светотехнических направлений для применения светодиодов. Любой уличный светильник имеет особое пространственное распределение силы света, создающее весьма протяженное пятно рассеяния. Использование оптики с эллиптическим распределением силы света не всегда оправдано, так как более широкий угол распределения редко превышает 50°, что в случае большого межосевого

расстояния между светильниками или малой высоты подвеса делает использование неэффективным. Более того, распределение силы света внутри пятна рассеяния такой оптики все же имеет концентрический характер. Специализированная оптика для таких задач распределяет энергию внутри пятна так, что сила света больше именно на полях пятна рассеяния. Таким образом, ввиду различия расстояний внутри широкого угла распределения силы света, на плоскости создается достаточно равномерная освещенность.

Компания LEDIL предлагает решение для уличных светильников на светодиодах CREE серий XR и XP. Линзы серии STRADA (рис. 1) обеспечивают оптимальное распределение силы света для уличного освещения. Существует две модификации линз: А и В. Для модификации А ширина большего угла составляет около 110°, меньшего — около 15°. На рис. 2 показана модель пятна рассеяния оптики LEDIL STRADA_A для

следующих условий: высота мачты 6 м, расстояние между мачтами 25 м, длина консоли 1,5 м, наклон консоли 15°. Модификация В имеет ширину большего угла 116°, меньшего около 44°.

Нужно подчеркнуть, что STRADA имеет два варианта исполнения: с креплением на винтах и креплением на клеящую основу. Благодаря компактным размерам светодиоды могут быть расположены в ряд с шагом в 20 мм. Рекомендованный производителем шаг ряда составляет 35 мм.

В номенклатуре итальянского производителя оптики KNATOD есть весьма оригинальные линзы, которые могут быть использованы для уличных или парковых светильников. Это серии линз KEPL и PL 1171 (рис. 3), пространственное распределение силы света которых показано на рис. 4. Оптическая ось оптики несколько заклонена относительно оптической оси светодиода, что позволяет эффективно использовать линзу не только для уличного освещения, но и для «заливки» плоских поверхностей.

Архитектурная подсветка

Современное архитектурное освещение нуждается в эффективных решениях для создания цветовой палитры. Технологическая сложность этой про-



Рис. 1. Линзы LEDIL серии STRADA

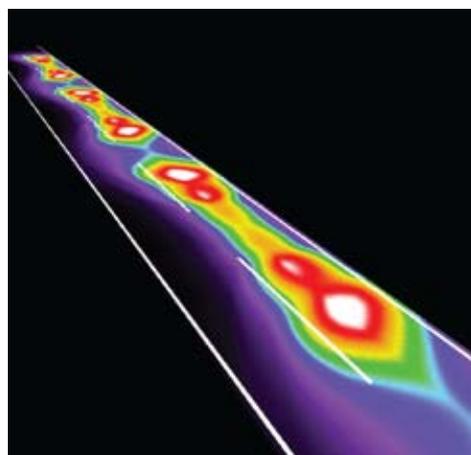


Рис. 2. Модель пятна рассеяния оптики LEDIL STRADA_A



Рис. 3. Линзы KEPL и PL1171 компании KNATOD

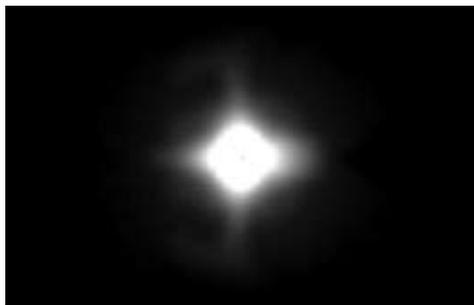


Рис. 4. Пространственное распределение силы света линз KHATOD



Рис. 5. Линзы RGBX-MC компании LEDIL



Рис. 6. Линза 158 компании Polymer Optic



Рис. 7. Цилиндрическая линза 10397 компании Carclo



Рис. 8. Линза Twiddle компании LEDIL



Рис. 9. Линзы KEPL 120908 и 121008 компании KHATOD

блемы заключается в цветовых тенях, отбрасываемых разнесенными RGB-источниками. Очевидно, что эффективно решить это можно только двумя способами: увеличить угол пространственного распределения сил света источников или максимально приблизить источники друг к другу. Для различных задач подходят и различные решения, тем более что стоимость этих решений неодинакова.

Самым эффективным полноцветным светодиодом из предлагаемых компаний CREE решений является светодиод MC-E RGB. Компания LEDIL сделала первое предложение на рынке, оптимизированное специально для этого светодиода. Речь идет о серии RGBX-MC (рис. 5), в которую вошли три линзы с различным пространственным распределением силы света. Вогнутая по-

верхность коллиматора создает более плотное смешение лучей от четырех кристаллов светодиода MC-E, что значительно уменьшает эффект цветовой тени. Следует особо отметить линзу с эллиптическим пятном рассеяния — она будет весьма полезна для применения в «заливающих» прожекторах (Wall Washer).

Компания Polymer Optic предлагает строенную оптику для RGB модулей, линза под номером 158 этой компании разработана для светодиодов CREE серии XR (рис. 6). Оптические оси трех светодиодов находятся на радиусе всего 14 мм. Такое компактное расположение источников обеспечивает достаточно хорошее смешение цветов. Весьма неожиданно решена технология выбора пространственного распределения силы света: на базовую линзу надевается конверторная линза одного из

ей Carclo разработана цилиндрическая линза 10397 (рис. 7). Это компактное решение позволяет собрать линейный массив длиной до 1200 мм. В поперечном сечении угол пространственного распределения силы света составляет около 35°. В этом году в серии XP появятся цветные светодиоды. Легко предположить, что с помощью оптики Carclo 10397 и 10398 (длина до 300мм) можно будет разработать компактные модули «цветная полоса».

Посредством оптики Carclo 10267 можно решить различные задачи, связанные с габаритными огнями зданий и транспортных средств. Благодаря конусу в вершине купола линзы излучение отражается под прямым углом, образуя круговую диаграмму направленности в горизонтальной плоскости. В вертикальной же плоскости угол пространственного распределения света равен

Самым эффективным полноцветным светодиодом из предлагаемых компаний CREE решений является светодиод MC-E RGB. Компания LEDIL сделала первое предложение на рынке, оптимизированное специально для этого светодиода. Речь идет о серии RGBX-MC, в которую вошли три линзы с различным пространственным распределением силы света.

трех типов. Очевидным плюсом также является гексагональная форма корпуса. Такая форма дает возможность собрать любой массив с достаточно высокой плотностью монтажа светодиодных модулей.

Для архитектурной и дизайнерской подсветки зданий и интерьеров компани-

ей, 8,5°. Оптика разработана для светодиодов серии XP, в которой уже анонсированы цветные модели.

Освещение на транспорте

Светодиоды уже доказали свою эффективность применительно к освещению салонов на транспорте. При-

том как для систем общего освещения, так и для так называемой персональной подсветки. Так как задачи освещения транспорта вполне разрешимы стандартной оптикой, специальных решений насчитывается не так много. Однако конструктивные особенности некоторых решений в определенных случаях делают их действительно незаменимыми.

Линза LEDIL Twiddle (рис. 8) — это решение классической задачи «кошачий глаз». Линза создана для работы в паре с серией XR. Угол наклона оптической оси составляет $\pm 15^\circ$ для всех модификаций линзы. Twiddle доступна в трех вариантах исполнения, с двумя узкими и средним углом пространственного распределения силы света. Линза очень удобна при монтаже, так как устанавливается на клейкое основание.

Для решений, связанных с общим освещением, иногда требуются линзы с очень широким углом диаграммы направленности. KNATOD KEPL 120908 и KEPL 121008 (рис. 9) это сверхширокоугольные линзы, угол пространственного распределения силы света составляет для них 70° и 50° соответственно. Система выполнена в виде короткофокусной выпуклой линзы, установленной в специальный корпус. Такое решение будет полезным и в ряде специальных

задач, связанных как с архитектурным, так и с уличным освещением.

Высокоэффективным коллиматором является также и LEDIL Iris. Эта оптика разработана специально для формирования однородного пятна рассеяния без видимой тени от разделов соседних кристаллов светодиода CREE MC-E. Iris выпускается в двух модификациях, с узким и средним углами пространственного распределения силы света (11° и 20°). Учтены и температурные режимы работы в паре со светодиодом, материал линзы сохраняет все свои оптические свойства до температуры 105°C .

Заключение

Производители оптических систем для полупроводниковых источников света расширяют свою номенклатуру очень динамично. Постоянно появляются все более новые оригинальные решения, нацеленные на удовлетворение нужд растущего рынка. Без всякого сомнения, это обстоятельство существенно расширяет области применения полупроводникового источника света. **5**

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: lighting.vesti@compel.ru

Компания «Cree» заявила о значительной прибыли в третьем квартале

Прибыль компании Cree, производителя светодиодов, в третьем финансовом квартале, который закончился 29 мая, составила \$4.0 миллиона. Для сравнения — годовой доход 2008 года насчитывал \$5.7 миллиона. Cree прогнозирует еще больший рост прибыли в четвертом квартале. Такое значительное увеличение можно объяснить развитием светодиодного сектора. Светодиодное освещение приобретает все большую популярность благодаря низкому энергопотреблению и длительному сроку службы по сравнению с обычно применяемыми флуоресцентными лампами и лампами накаливания. Растущий спрос на светодиодное освещение помогает компенсировать снижение интереса в сфере автомобильной промышленности, сотовых телефонов и потребительских программ. Компания ожидает резкий рост доходов в четвертом квартале в связи с тем, что намечается повышение спроса на светодиодное освещение и светодиодные видеозащиты.

Линия светодиодной продукции будет продолжать расширяться за счет вложений в исследование и развитие светодиодного освещения.

Основные конкуренты Cree в этой области: японские Toyota Gosei Co. и Nichia Corp., а также Osram и отдел по разработке светодиодного освещения в «Siemens».

СПЕЦИАЛЬНАЯ ОПТИКА ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ

Для:

- ◆ Уличного освещения
- ◆ Архитектурной подсветки
- ◆ Освещения на транспорте

От компаний-производителей:

- ◆ LEDIL
- ◆ KNATOD
- ◆ Carclo
- ◆ Polymer Optic

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403

Компэл
www.compel.ru



Андрей Туркин (ПроСофт)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ CREE ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ



Практическое применение мощных светодиодов Cree включает освещение жилых и производственных помещений, архитектурную и ситуационную подсветку, а в последнее время — и уличное освещение. Статья рассказывает об особенностях применения мощных светодиодов, в том числе — о решениях, разработанных компанией ПроСофт на основе светодиодов Cree для освещения московских улиц и зданий.

Области применения светодиодов за последние годы существенно расширились. Если до недавнего времени светодиоды ассоциировались в основном с индикацией в электронных приборах, то сейчас они уже успешно применяются, например, в транспорте (светофоры, дорожные знаки, индикация в салонах), а также в автомобильной промышленности, где весьма успешно прошло внедрение светодиодов в габаритные фонари и сигналы торможения. Прогресс в технологии разработки мощных светодиодов, произошедший на рубеже XX и XXI веков, позволил светодиодам попасть в сферу интересов светотехники, и можно предположить, что мощные светодиоды в скором времени вытеснят устаревшие источники света.

Развитие светодиодных технологий, результатом которого стало появление новых эффективных мощных светодиодов, в совокупности с растущей потребностью в энергосбережении, открывает новый рынок для светодиодных изделий в освещении. Примером применения светодиодных изделий может быть освещение коридоров и подъездов в домах, освещение технических зон и рабочих мест на предприятиях, освещение складов и хранилищ, и даже освещение витрин и прилавков в магазинах.

Мощные светодиоды Cree

Светодиоды, предназначенные для применения в освещении, — это мощные светодиоды, которые по таким параметрам как световой поток (лм), световая отдача (лм/Вт), индекс цветопередачи и надежность не уступают, а зачастую и превосходят традиционные источники света, используемые в осветительных приборах. Среди их преимуществ по сравнению с лампами — направленное

излучение, срок службы при работе в номинальном режиме не менее 50000 часов. Светодиоды не содержат ртути, как большинство люминесцентных и разрядных ламп, что существенно облегчает проблему утилизации. Кроме того, время достижения максимального значения светового потока после включения светодиода составляет наносекунды, а максимальная световая отдача достигается в диапазоне холодного белого цвета.

Первыми изделиями, где нашли применение мощные светодиоды, стали фонарики и аварийные светильники. Основным препятствием для более широкого применения светодиодов в освещении была их высокая, по сравнению с традиционными источниками света, цена. Поворотной точкой можно считать октябрь 2006 года, когда компания Cree выпустила новую серию мощных светодиодов XLamp® XR-E в холодном белом диапазоне (цветовая температура от 5000K до 10000K) [1]. Это были

тура от 2600K до 5000K), применение которых уже могло позволить ожидать подобную выгоду для большего количества применений, например, для внутреннего освещения и различных видов декоративной подсветки.

Применение мощных светодиодов для освещения

Использование в качестве источников света мощных светодиодов позволяет снизить все расходы, связанные с обслуживанием и затратами электроэнергии, но высокая начальная стоимость светодиодных решений превосходит почти все экономленные суммы. Поэтому стоит рассматривать три основных фактора, где существенны преимущества светодиодов:

- экономия электроэнергии,
- отсутствие обслуживания,
- качество света.

Эффективность мощных светодиодов, используемых для освещения, стоит рассматривать с двух сторон. Во-первых, излучение светодиодов направленное, и нет необходимости использовать отражатели, что уже позволяет избежать потерь на отражение, возникающих в ламповых светильниках. Во-вторых, технология производства светодиодов развивается очень быстро, и по прогнозам скоро световая отдача белого светодиода станет

Экономия электроэнергии при замене ламп накаливания на светодиоды составляет до 80 %, а люминесцентных ламп — свыше 40%

первые светодиоды с достаточно высокими световыми характеристиками и надежностью, так что использование их в осветительных приборах выглядело очень перспективным и могло предполагать окупаемость первоначальных расходов в течение не очень долгого времени за счет экономии электроэнергии и сокращения затрат на обслуживание. Примерно через полгода компания Cree выпустила мощные светодиоды XLamp® серии XR-E в нейтральном и теплом белом диапазонах (цветовая темпера-

самой высокой среди всех искусственных источников света на планете. Светодиодные системы, как и все системы освещения, состоят из трех основных частей: источника питания (драйвера), источника света — светодиода или светодиодного кластера, и корпуса. Эффективность драйвера и потери в корпусе не так существенно влияют на характеристики светильника, как световая отдача источника света. Поэтому можно предположить, что оптические характеристики и эффективность системы освещения на

основе светодиодов в основном определяются характеристиками светодиодов. Более того, скорость, с которой данные параметры светодиодов меняются, является беспрецедентной для светотехники: с 2003 по 2006 годы световая отдача мощных светодиодов возросла почти в 2,5 раза (с 20 лм/Вт до 47 лм/Вт) [1], а к концу 2008 года — еще примерно в два раза, достигнув значения 100 лм/Вт в диапазоне холодного белого цвета, а в естественном и теплом белом диапазонах — приблизившись вплотную к значениям 85 или 80 лм/Вт соответственно.

Отсутствие обслуживания подразумевает отсутствие сменной лампы, что приводит к уменьшению затрат в процессе эксплуатации светильника. Величина таких затрат варьируется в зависимости от применения и назначения различных светильников. Например, замена ламп в светильнике в комнате гораздо дешевле, чем замена ламп в автомобильном туннеле, когда требуется перекрыть движение по целой полосе. Во многих случаях затраты на обслуживание могут превзойти по стоимости и значимости первоначальные затраты на приобретение светильника. Мощные светодиоды, используемые для освещения, не перегорают, как обычные лампы. Они продолжают излучать свет в течение длительного времени, с незначительным снижением светового потока [2]. Снижение светового потока мощных светодиодов зависит от разных факторов, одним из которых является температура: чем выше температура светодиода и, следовательно, р-п перехода [2], тем ниже его время жизни — промежутков времени, за который световой поток светодиода достигнет 70% начального значения (L70).

В отличие от других изделий полупроводниковой электроники, где основное влияние на спрос оказывают объективные характеристики, для светодиодов это носит более субъективный характер. Например, термин **«качество света»** говорит о целой серии факторов, включая цвет, однородность его распределения, равномерность распределения интенсивности, качество цветопередачи и т.д. Мощные светодиоды, используемые для освещения, производятся в широком диапазоне цветовых температур — от 2600К до 10000К, имеют достаточно высокий индекс цветопередачи (75...80), малые размеры и потребляют значительно меньше электроэнергии, чем традиционные источники света. Следовательно, при разработке можно использовать все эти преимущества для создания осветительных систем различной цветовой температуры, разных размеров, потребляемой мощности и светового потока, что не представлялось возможным при использовании источников света предыдущего поколения.

Несмотря на все успехи технологии светодиодов, применение их в освещении пока еще не носит массового характера. Примерная картина внедрения светодиодных светильников в освещение за рубежом следующая: 60% проектов касаются освещения торговых площадей и ресторанов, 30% — частных подземных гаражей, 7% — освещения офисов и лишь около 3% — уличного освещения [1]. Иначе говоря, это пока еще единичные проекты.

В 2007 г. был начат ряд серьезных проектов по применению светодиодных источников света в уличном освещении. К таким проектам относится анонсированный в феврале 2007 г. совместный проект компаний Cree, Lighting Science Group Corporation и правительства штата Северная Каролина под названием «LED City» (Светодиодный город). Проект предусматривает перевод муниципального освещения города Роли на полупроводниковое, включая уличное освещение, освещение подземных гаражей, пешеходных переходов, парков, архитектурной и акцентной подсветки. Экономические расчеты, проведенные по заказу муниципалитета г. Роли, показали, что экономия электроэнергии после реализации этого масштабного проекта составит около 40%, а срок окупаемости капитальных затрат составит около трех лет. Проект будет выполнен полностью на мощных белых светодиодах семейства XR-E7090. Помимо замены традиционных светильников на светильники со светодиодами, будет применена система интеллектуального управления освещением, позволяющая управлять потреблением электроэнергии в зависимости от изменения внешних условий.

Попытки внедрения светодиодных источников света предпринимаются и в нашей стране. В Москве в начале 2004 года была принята трехлетняя программа энергосберегающего освещения на базе светодиодных технологий. Координационный совет возглавил профессор Ю.Б. Айзенберг. Согласно этой программе, предлагалось использовать светодиоды в опытном строительстве, ЖКХ и других областях. Например, светодиодные светильники планировалось устанавливать в подземных переходах, подъездах, на лифтовых площадках, то есть там, где не нужна большая освещенность, но требуется минимум обслуживания и затрат электроэнергии, а также важна высокая вандалоустойчивость. К сожалению, на том этапе все ограничилось лишь словами. В качестве пробной реализации задуманного можно назвать лишь попытку установить образцы светодиодных светильников, собранных из светодиодов компании «Корвет Лайтс», на площадке одного из этажей в жилом доме в Москве.



Рис. 1. Подсветка здания Газпрома в Москве



Рис. 2. Подсветка жилого комплекса «Кутузовская Ривьера»



Рис. 3. Установка светильников ДВУ-25 для освещения подземного перехода около станции метро «Рижская»



Рис. 4. Освещение сортировочной станции «Новосилославская» Северной железной дороги, филиала (ОАО «РЖД»)

В последнее время такие попытки стали более регулярными. Появляются так называемые пробные инсталляции светодиодных светильников на различных объектах. Работу в этом направлении ведут несколько компаний, одной из которых является компания ПРОСОФТ. Выполнен ряд проектов установки светодиодных светильников (рис. 1-4 соответственно).

Поставщиком полупроводниковых изделий для упомянутых проектов, а также готовых светотехнических решений торговой марки XLight является компания ПроСофт.

В последнее время некоторые российские производители традиционного осветительного оборудования начали осознавать, что СД для них не конкуренты, а возможность выведения своей продукции на новый технологический уровень и получения значительного конкурентного преимущества на рынке. Кроме производителей светотехнических изделий, во внедрении светильников на основе СД могут быть заинтересованы энергетики. Ведь экономия электроэнергии при замене ламп накаливания на СД составляет до 80 %, а люминесцентных ламп — свыше 40% [3-5].

Стоит отметить два из упомянутых выше проектов. Первый — установка светильников в подземном пешеходном переходе «метро Рижская — Рижский вокзал» в Москве. Взрывобезопасность, 50% экономии потребляемой электроэнергии, отсутствие вредных веществ, антивандальная защита — вот далеко не полная характеристика получившегося изделия. За год эксплуатации (с сентября 2007 года по октябрь 2008 года) потребление электроэнергии в подземном переходе снизилось примерно на 45%. За указанный период представители компаний Мосгорсвет и ПроСофт проводили периодические осмотры первых инсталлированных в подземном переходе светодиодных светильников, выходов из строя светильников зафиксировано не было. «В дальнейшем все используемые сейчас светильники в подземных переходах будут заменены новыми — светодиодными», — отмечают представители Мосгорсвета [6].

Положительные результаты данного проекта отмечают и представители ГУП «Моссвет»: «При снижении энергопотребления почти на 40% получена та же освещенность, с тем же распределением света, что и при использовании традиционного светильника с лампой ДНаТ. На основе упомянутого светильника разработан светодиодный светильник на пониженное напряжение (48 В) с меньшими габаритами для встраивания в потолок. Применение сверхнизкого напряжения позволит повысить безопасность электроустановок. А уменьшение габаритов светильника для подземных пешеходных

переходов, где каждый сантиметр толщины потолка на счету — вопрос очень актуальный. К тому же при потолочном расположении светильников можно добиться качественного распределения светового потока, лучшей равномерности и избежать слепящего действия» [7]

Второй проект связан с освещением сортировочной железнодорожной станции. В 2008 году внедрение светодиодных осветительных устройств на своих объектах в рамках программы энергосбережения стало проводить ОАО «РЖД». В частности, компанией ПроСофт были установлены светильники на станции «Новоярославская» Северной железной дороги. В результате внедрения светильников потребление электроэнергии на освещение объекта снизилось в 2,5 раза (по данным представителей Северной железной дороги) при выполнении в целом норм освещенности. Объект находится в опытной эксплуатации с 19 декабря 2008 года, за истекший период отказов или сбоев оборудования не зарегистрировано.

Отдельно стоит сказать о применении светодиодных светильников для уличного освещения. По заказу ГУП «Моссвет» ВНИСИ им. С.И. Вавилова проводит в данный момент тестовую эксплуатацию светодиодных уличных светильников на проезде Дубовой Роши в Москве. Технические трудности использования светодиодов в уличных светильниках заключаются в том, что необходимо решить задачу правильного распределения света в нужном направлении. Большинство отечественных производителей пытаются использовать существующие корпуса светильников, предназначенные под лампы. Этот путь не совсем верный. Светильник с традиционной лампой годами приобретал свое конструкторское решение, основываясь на характеристиках существующих источников света — ламп. Светодиоды изначально отличаются от традиционных ламп, поэтому для получения нужной кривой силы света (КСС) необходимо либо применение вторичной оптики (линз), меняющих направление светового потока, либо расположение источников (светодиодных модулей) уже на криволинейной поверхности, рассчитанной с учетом светотехнических характеристик светодиодов. И те, и другие решения существуют в природе, остается только довести до совершенства конструкцию светового прибора.

Применение в светильниках криволинейных поверхностей для расположения светодиодов влечет за собой увеличение слепящего действия на наблюдателя — пешехода и, что особенно плохо, водителя. Поэтому применение каких-либо конструкций для доведения защитного угла до нормируемых параметров просто необходимо.

Применение вторичной оптики ведет к снижению светового потока, но есть

возможность применения различных линз для применения разных вариантов КСС, необходимых для освещения того или иного типа улицы.

Помимо экономической эффективности, осветительные устройства на основе СД являются долговечными. Кроме того, светодиоды не являются хрупкими, поэтому устройства на их основе вандалостойки. Возможность низковольтного питания делает их безопасными, т.е. не являющимися потенциальными источниками возникновения пожара или взрыва. Благодаря этим факторам, а также уровню увеличившейся в последние годы световой отдачи, СД стали очень перспективными источниками света уже сейчас, и должны завоевать все большие сферы применения в ближайшем будущем.

Заключение

Системы освещения на основе мощных светодиодов могут снизить величину потребляемой электроэнергии, необходимой для получения требуемых значений световых характеристик. Прогресс в технологии производства мощных светодиодов, а также растущий энергетический кризис свидетельствуют о том, что мощные светодиоды будут играть ключевую роль в создании осветительных приборов уже в ближайшем будущем во всем мире.

Литература

1. А.Г.Полищук. Новая серия светодиодов XR-E7090 компании Cree для общего освещения. Светотехника, №3, 2007.
2. А.Г.Полищук, А.Н.Туркин. Дegrаdация светодиодов на основе гетероструктур нитрида галлия и его твердых растворов. Светотехника, №5, стр. 44-47, 2008.
3. С.Гужов, А.Полищук, А.Туркин. Концепция применения светильников со светодиодами совместно с традиционными источниками света. СТА, №1, стр. 14-18, 2008.
4. А.Полищук, А.Туркин. Перспективы применения светильников со светодиодами для энергосберегающего освещения. Энергосбережение, №2, стр. 8, 2008.
5. А.Полищук, А.Туркин. Светодиодные светильники — эффективный метод решения проблемы энергосбережения. Энергосбережение, №3, стр. 30-31, 2008.
6. <http://www.mosgor Svet.ru/teh.htm>. Перспективные технологии.
7. Михаил Киптик, «Моссвет». Современные требования к светодиодным светильникам в системах наружного и архитектурного освещения. Доклад на светодиодном форуме «LED Forum», Москва, 10-13 ноября 2009 года.

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: lighting.vesti@compel.ru