

Светодиоды CREE

для типовых приложений

Для качественного решения различных задач производителям осветительных устройств необходимо иметь возможность выбора светодиодов, наиболее полно отвечающих поставленным требованиям.

Для каждого приложения можно выделить ряд общих требований к светодиоду, которые будут наиболее оптимальны с точки зрения его использования. Например, для наружного освещения важными параметрами будут являться величина светового потока, возможность точного управления световым пучком для формирования требуемой кривой силы света (КСС), доступность элементов вторичной оптики, эффективность; для внутреннего освещения — отсутствие ослепляющего эффекта, равномерность светящейся поверхности, отсутствие множественных полутеней, диапазон и точность установки координат цветности (цветовой температуры), эффективность. Для некоторых других целей, например освещение помещений с повышенными требованиями к цветоразличию (магазины тканей, помещения для полиграфических работ и т. п.), требуются источники света с нормированным индексом цветопередачи (CRI, Ra). Кроме того, во всех приложениях важным будет являться и подтвержденный срок службы светодиода.

В выгодной ситуации оказываются те производители светодиодов, которые при разработке своей продукции прежде всего отталкиваются от запросов и ожиданий рынка, а не предлагают использовать узко ограниченный набор изделий,

во всех возможных приложениях считая это решение универсальным. И если производитель, проведя соответствующие исследования рынка, сможет разработать светодиод, точно отвечающий запросам, то эта позиция очень быстро становится популярной в своем сегменте.

Компания Cree, занимающая на мировом рынке лидирующие позиции в отрасли, учитывая различные требования к светодиодам для тех или иных приложений, разработала и серийно выпускает обширную номенклатуру продукции под общим названием XLamp. Линейка мощных светодиодов постоянно расширяется и в настоящий момент насчитывает 23 серии светодиодов. Это объясняется, с одной стороны, тем, что для каждого применения должна быть своя оптимальная серия светодиода, а с другой стороны — это результат непрерывной научно-исследовательской работы по улучшению качественных и количественных показателей светодиодов, что в комплексе и позволило компании выйти в лидеры рынка и уверенно удерживать свои позиции.

Продукция компании перекрывает практически весь диапазон от декоративной подсветки до наружного освещения, и для каждого применения есть оптимальная серия светодиодов. Среди выпускаемой номенклатуры выделяются несколько моделей, являющихся буквально хитами: XM-L, MX-6 и CXA2011.

XM-L — серия светодиодов повышенной мощности с максимальной светоотдачей для наружного и промышленного освещения

Светодиоды серии XM-L присутствуют на рынке немногим более года и благодаря своим высоким характеристикам уже успели завоевать популярность в наружном и промышленном освещении. Особенностью этой серии являются повышенное значение светоотдачи до 150 лм/Вт в холодном белом цвете (ток 350 мА; температура кристалла +25 °С) и диапазон рабочего тока до 3000 мА. По совокупности этих параметров в настоящий момент невозможно найти аналогичное изделие среди однокристалльных светодиодов других производителей.

Светодиоды изготавливаются в керамическом симметричном корпусе (5×5×3 мм) для поверхностного монтажа с электрически изолированной от кристалла подложкой. Электрическая прочность изоляции, заявляемая производителем, — не менее 500 В. Максимальная рабочая температура перехода кристалла может достигать +150 °С (рис. 1).

В реальных световых приборах температура кристалла светодиода (T_j) будет выше +25 °С (это температура биннинга), поэтому световой поток, а следовательно и светоотдача, снизятся, но, тем не менее, будут иметь очень высокие значения (таблица 1).

Светодиоды серии XM-L предназначены в первую очередь для световых приборов,

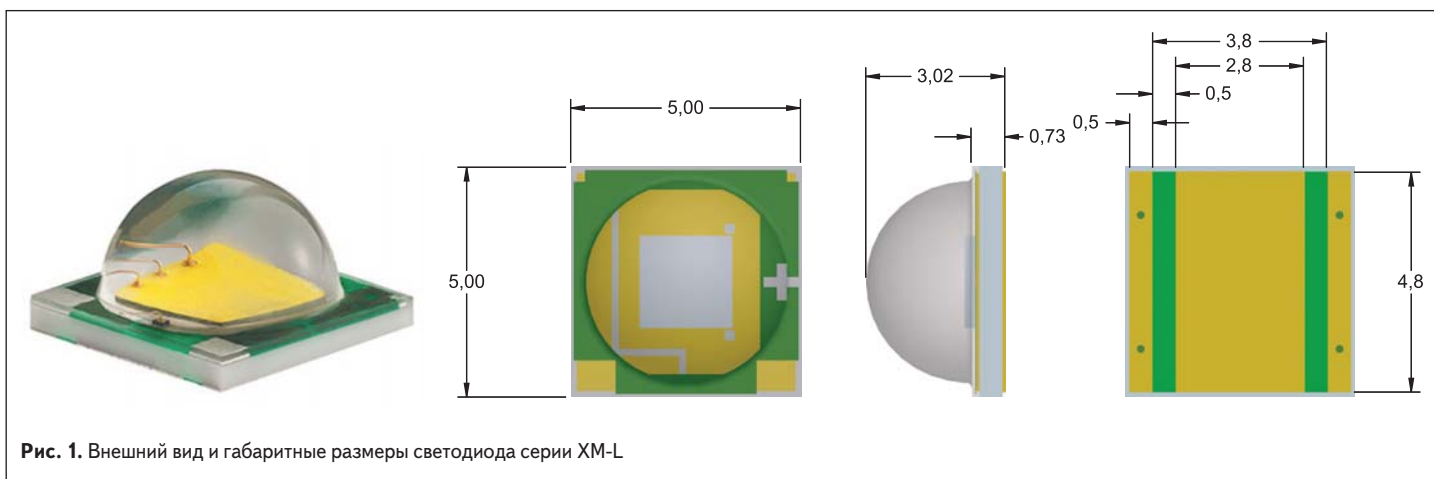


Рис. 1. Внешний вид и габаритные размеры светодиода серии XM-L

Таблица 1. Основные характеристики светодиода XM-L

Цвет	Холодный и нейтральный	Теплый
Максимальный ток, мА	3000	
Световой поток, лм (ток 700 мА, $T_j = +25^\circ\text{C}$)	280	240
Световой поток*, лм (ток 2000 мА, $T_j = +85^\circ\text{C}$)	600	515
Светоотдача*, лм/Вт (ток 2000 мА, $T_j = +85^\circ\text{C}$)	98	84
Световой поток*, лм (ток 3000 мА, $T_j = +85^\circ\text{C}$)	790	675
Светоотдача*, лм/Вт (ток 3000 мА, $T_j = +85^\circ\text{C}$)	83	72
Тепловое сопротивление, $^\circ\text{C}/\text{Вт}$	2,5	
Угол излучения, град.	125	
Прямое падение напряжения (тип.), В при 700 мА	2,9	

Примечание: * — расчетная величина (программный продукт «PCT-калькулятор»);
 T_j — температура кристалла (p-n-перехода) светодиода.

заменяющих существующие светильники, выполненные на ДРЛ, металлогалогенных и натриевых лампах, для уличного и промышленного освещения.

Стоимость наружного светодиодного светильника, а соответственно и света, в настоящий момент довольно высока. Она складывается из различных составляющих: источник питания, источник света, вторичная оптика, конструкция. Снизить стоимость светодиодного света можно выбором правильного режима его работы. Наиболее низкая стоимость света (рубль/люмен) получается на максимальном рабочем токе светодиода, но при этом снижается светоотдача светодиода. Учитывая повышенную рабочую температуру кристалла, снижение светоотдачи может стать существенным, если одновременно в светильнике используются элементы вторичной оптики и защитное стекло. Оптимальным режимом работы, при котором будет невысокая стоимость люмена и хорошее значение светоотдачи, можно считать режим по току не более 70% от максимального значения при температуре кристалла не выше $+90^\circ\text{C}$ (таблица 1). В этом случае обеспечивается необходимый запас по надежности, так как светодиод работает с запасом по мощности, а количества светодиодов и, что более важно, элементов вторичной оптики требуется меньше, чем в случае, когда светодиод работает на токе биннинга.

Для дальнейшего снижения себестоимости светильника в большинстве случаев желательно выбирать светодиоды не самого максимального значения по световому потоку, а с предыдущим значением. Как правило, светодиоды с максимальным значением светового потока имеют непропорционально высокую стоимость по сравнению со светодиодами с пониженным всего на один шаг (бин) световым потоком. Например, светодиод XMLAWT-00-0000-0000T5053 (260 лм) имеет стоимость (в поставке от 10 тыс. шт.) 112,5 руб., а XMLAWT-00-0000-0000T6053 (280 лм) — 151 руб. Видно, что добавка 7,5% по световому потоку и светоотдаче приводит к добавке стоимости в 34%, и это может оказаться экономически неоправданным. Конечно, используя светодиоды с максимальным значением светового потока, светильник будет иметь, при остальных равных условиях, и максимально возможную эффективность. Если задаться достаточно высоким значением общей эффективности светильника, например более 80 лм/Вт (с учетом потерь в оптических элементах и в защитном стекле), то ситуация со стоимостью светодиодов уже не столь одно-

значна и может оказаться обратной. Меньшая общая стоимость получается на более дорогих светодиодах. Это еще раз подтверждает некоторую неоднозначность и сложность в оптимальном подборе светодиода и режима его работы в том или ином случае.

Биннинг светодиодов серии XM-L по цветовой температуре, как и всей другой светодиодной продукции компании Cree, осуществляется по стандарту ANSI C78.377.

В настоящий момент ведущие мировые производители вторичной оптики (финская компания LEDIL OY, английская компания Carclo, тайваньская компания Ledlink и др.) имеют в своей номенклатуре линзы для серии светодиодов XM-L с возможностью формирования широкой и полужирокой КСС.

График на рис. 2 показывает, что при температуре в «точке пайки» $T_{sp} = +85^\circ\text{C}$ и рабочем токе 2000 мА светодиод прослужит примерно 90 тыс. часов, если полученные тестовые результаты интерполировать до точки снижения светового потока до 70%. Однако, принимая во внимание условия методики испытаний светодиодов LM-80/TM-21, гарантировать срок службы можно на величину, не превышающую шести периодов наблюдения. На сегодня светодиоды серии XM-L непрерывно наблюдаются в течение 7000 ч, следовательно, гарантиро-

ванный (по методике LM-80/TM-21) ресурс работы данной серии в указанном режиме работы составит не менее 42 000 ч. Подробно о методике испытаний светодиодов LM-80/TM-21 мы расскажем в одном из последующих номеров журнала.

Стоимость люмена на светодиоде XMLAWT-00-0000-0000T5053 в зависимости от режима его работы (1500–2000 мА; $T_j = +85^\circ\text{C}$) имеет весьма низкое значение и находится в диапазоне 25–20 коп. за люмен; при этом сохраняется очень высокое значение светоотдачи — 100–91 лм/Вт.

Высокое значение светоотдачи и светового потока, низкая стоимость света, большой выбор производителей элементов вторичной оптики, длительный срок службы и высокая надежность — все это в комплексе и позволило светодиодам серии XM-L за очень короткий срок стать популярными в наружном и промышленном освещении.

Принимая во внимание технические характеристики и оптимальный режим работы светодиода, для его питания требуются источники с достаточно большим выходным током: 1,5–2,0 А и выше. Подобные устройства можно найти в линейке известных производителей: Inventronics, Mean Well и др.

МХ-6 — серия светодиодов для замены люминесцентных светильников

Один из основных сегментов рынка внутреннего светодиодного освещения — изготовление светильников для подвесного потолка типа «Армстронг» 600×600 мм. Для подобных светильников компания Cree уже длительное время (с осени 2009 г.) выпускает серию МХ-6, которая и по настоящее время пользуется повышенным спросом. Светодиоды этой серии обладают наиболее оптимальными конструктивными и фотометрическими параметрами для установки в существующие

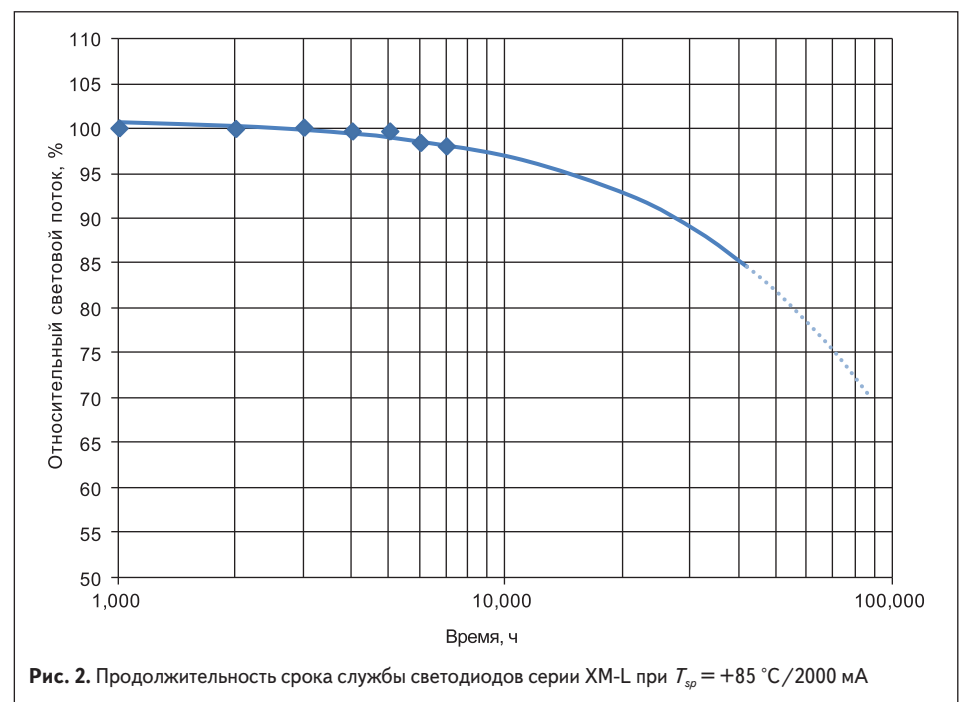


Рис. 2. Продолжительность срока службы светодиодов серии XM-L при $T_{sp} = +85^\circ\text{C}/2000\text{ мА}$

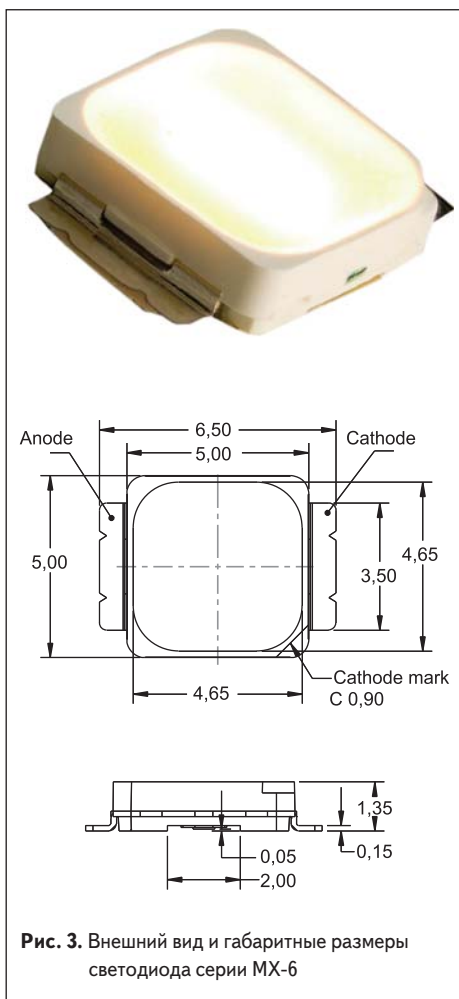


Рис. 3. Внешний вид и габаритные размеры светодиода серии MX-6

Current (A)	SYS lm tot	SYS lm/W	SYS W	SYS # LED
0.100	2928.6	105.7	27.7	98
0.150	2917.9	99.4	29.36	67
0.200	2950.9	94.2	31.34	52
0.250	2917.1	89.6	32.56	42
0.300	2940.9	85.5	34.4	36
0.350	2989.8	81.8	36.56	32
0.400	2931.6	78.4	37.41	28
0.450	3002	75.2	39.92	26
0.500	3019	72.3	41.76	24
0.550	2983.6	69.6	42.88	22
0.600	3044.7	67.1	45.4	21
0.650	2923.9	64.7	45.2	19
0.700	2921.1	62.5	46.77	18
0.750	3064.1	60.4	50.76	18
0.800	3022	58.4	51.74	17
0.850	2956.9	56.5	52.29	16
0.900	3062.5	54.8	55.89	16
0.950	2963.4	53.1	55.78	15
1.000	3049.2	51.6	59.15	15

Рис. 4. Результат расчета количества светодиодов

Таблица 2. Основные параметры светодиодов серии MX-6

Цвет	Холодный белый	Теплый белый
Цветовая температура, К	8300-4300	4300-2600
Тепловое сопротивление, °C/Вт	5	
Угол обзора, град.	120	
Прямое падение напряжения (тип.), В	3,3 (при 300 мА)	
Световой поток, лм (при токе 300 мА)	114	94
Световой поток*, лм (при токе 350 мА)	130	107
CRI (тип.)	75	80
Максимальный ток, мА	1000	

Примечание: * — расчетная величина (программный продукт «PCT-калькулятор»).

светильники, выполненные на люминесцентных лампах T5, T8.

Представители серии MX-6 имеют увеличенный размер светоизлучающей поверхности, что позволяет получить хорошую равномерность засветки при использовании в светильнике «призматического» рассеивателя с минимальными потерями светового потока.

Внешний вид и основные параметры светодиодов серии MX-6 приведены на рис. 3 и в таблице 2 соответственно.

Необходимо обратить внимание на ток биннинга этой серии светодиодов — 300 мА при максимальном рабочем токе до 1000 мА, хотя подобные светодиоды бинуются при токе 350 мА. Такая особенность сложилась исторически. Тем не менее рабочий ток для данного светодиода в изделии, как правило, выбирают равным 350 мА. Тогда реальный световой поток светодиода увеличивается на 14%, т. е. изначально светодиод, имеющий 100 лм (при $T_j = +25^\circ\text{C}$) на токе биннинга в светильнике, способен обеспечить световой поток на уровне 114 лм (при $T_j = +25^\circ\text{C}$) при токе 350 мА. Это обязательно нужно учитывать при сопоставлении этих серий светодиодов с другими.

Отличительной особенностью данной серии светодиодов является хорошее значение светоотдачи и низкое тепловое сопротивление. Наибольшей популярностью пользуется светодиод MX6AWT-A1-0000-000CB1 (100 лм/114 лм, 4300–5300 К), обладающий лучшим в серии соотношением стоимости люмена в области нейтрального белого цвета. Можно рассчитать,

сколько потребуется таких светодиодов в светильник, аналогичный люминесцентному, для подвешеного потолка типа «Армстронг» 4x18 Вт. Зададимся основными исходными данными:

- световой поток на выходе не менее 2900 лм;
- потери в призматическом рассеивателе 10%;
- температура в «точке пайки» +55 °C.

Для расчета воспользуемся специальной программой «PCT-калькулятор». Результат показан на рис. 4.

Мы выяснили, что в нашем случае потребуется 32 светодиода на токе 350 мА, эффективность светильника (без учета КПД источника питания) будет иметь значение около 81 лм/Вт, подводящая к светодиодам мощность составит не более 37 Вт. Поскольку максимальный рабочий ток светодиодов данной серии достигает значения 1000 мА, их можно успешно использовать на повышенном токе, например 500–700 мА. В этом случае их потребуется уже меньше (24 или 18 шт.), но будет ниже эффективность и, возможно, ухудшится эстетический вид светильника (малое количество светящихся точек на большой площади поверхности). Учитывая эти нюансы, светодиоды серии MX-6 чаще используют на токе 350 мА. При этом в качестве платы под светодиод можно использовать не алюминиевую печатную плату, а стеклотекстолитовую, имеющую более низкую стоимость.

График, изображенный на рис. 5, показывает деградацию светодиодов серии MX-6 на повышенном рабочем токе 600 мА при различных значениях температуры в «точке пайки».

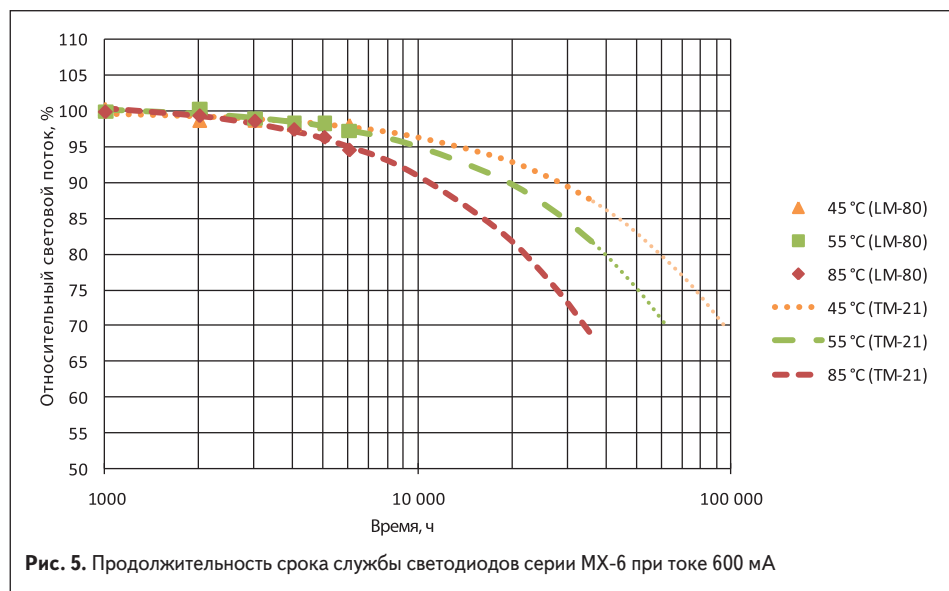


Рис. 5. Продолжительность срока службы светодиодов серии MX-6 при токе 600 мА

В правильно спроектированном светодиодном светильнике для подвесного потолка типа «Армстронг» значение температуры в «точке пайки», как правило, не превышает +55 °С. Из приведенного графика следует, что при таком значении температуры и повышенном токе (600 мА) срок службы светодиодов составит не менее 60 000 ч. Учитывая ограничения методики LM-80/TM-21 (гарантированный срок — не более шести периодов наблюдения), можно смело гарантировать срок службы данной серии светодиодов не менее 36 000 ч (период непрерывного наблюдения 6000 ч).

Светодиоды серии МХ-6 выпускаются уже более двух лет и за это время на практике доказали свою надежность и долговечность в реальных условиях эксплуатации в различных изделиях.

Для освещения помещений с требованиями к цветоразличию светодиоды серии МХ-6 можно заказывать с гарантированным индексом цветопередачи не ниже 80. В этом случае в обозначении светодиода меняется один символ, например:

- МХ6АВТ-А1-0000-000BF5 — не сортированный по индексу цветопередачи;
- МХ6АВТ-Н1-0000-000BF5 — CRI>80.

Светодиоды МХ6АВТ-А1-0000-000СВ1 (в поставках от 10 тыс. шт.) имеют невысокую стоимость — 27 руб.; на светильник в нашем примере это составит 864 руб., что в комплексе с хорошими техническими характеристиками и способствует их высокой популярности.

СХА2011 — мощный многокристальный светодиод для светильников направленного и ненаправленного света

Номенклатура выпускаемых светильников для внутреннего освещения характеризуется большим диапазоном мощностей и, соответственно, светового потока. Выпускаемая компанией Cree серия светодиодов СХА2011 перекрывает по световому потоку значительную часть этого диапазона, при этом весь необходимый свет получается при использовании в светильнике только одного источника света.

Светодиод СХА2011 изготавливается на алюминиевом основании размером 22×22 мм с отверстиями для механического крепления на радиатор (рис. 6). В данном случае отвод тепла от кристаллов оказывается эффективней — по сравнению с изделиями, в которых используется керамическое основание. Тепловое сопротивление кристалл-основание у серии СХА2011 всего 0,4 °С/Вт. Кроме того, у алюминиевого основания есть еще одно преимущество: оно менее хрупкое. Если при монтаже светодиода происходит некоторый перекокс, а это возможно, то, в отличие от алюминиевого, керамическое основание трескается.

Для монтажа данного светодиода не требуется инфракрасная печь: достаточно обычной паяльной станции, что значительно упрощает их установку в изделие.



Рис. 6. Внешний вид светодиода серии СХА2011

Максимальный рабочий ток светодиодов этой серии может иметь значение 1000 мА, при этом подводимая мощность составляет около 47 Вт, световой поток при максимальной мощности — 3000 лм (цветовая температура 5000 К). Биннинг светодиодов осуществляется на токе 270 мА (подводимая мощность около 11 Вт) и, что самое важное, при температуре кристалла +85 °С.

Биннинг светодиодов СХА2011 по цветовой температуре осуществляется по стандарту ANSI C78.377А. Однако часть светодиодов выпускается на фиксированные значения цветовой температуры по технологии EasyWhite: 2700, 3000, 3500, 4000, 5000 К. Точность установок координат цветности соответствует двух- или четырехшаговому эллипсу МакАдама. Эллипсы получили такое название по имени человека, их определившего: они ограничивают область координат на хроматической диаграмме X-Y (МКО), где человеческий глаз воспринимает цвета одинаково.

Области координат цветности, определяемые стандартом ANSI C78.377А, — это примерно семишаговые эллипсы МакАдама. У источников света с координатами цветности, лежащими в этом диапазоне, человек может наблюдать разницу в цветовой температуре. Например, можно заметить, что компактные люминесцентные лампы с одним и тем же значением цветовой температуры, но разных производителей светят немного по-разному (имеют разный оттенок). Граница различимости цветности для среднестатистического человека — это трехшаговая область МакАдама.

В приложениях, где требуется максимальная повторяемость от изделия к изделию по цветовой температуре независимо от партии поставки (светильники типа Downlight и т. п.) и нет желания вникать в стандартный биннинг, используются многокристальные светодиоды, изготовленные по технологии EasyWhite. Кристаллы в них подбираются таким образом, чтобы результирующая цветовая температура имела требуемое значение с определенной точностью. Как правило, светодиоды по данной технологии имеют фиксированные значения цветовой температуры 2700, 3000, 3500, 4000 и 5000 К

с определенной точностью установки цветных координат (четыре или два шага по МакАдаму).

Технология EasyWhite значительно упрощает производителям осветительных приборов выбор светодиодов для своих изделий. Заказывая светодиоды с каким-то конкретным значением цветовой температуры, потребитель может быть уверенным, что он получит именно то значение цветовой температуры и эта температура не будет зависеть от партии поставки.

Различие в обозначении заключается в символах, например:

- СХА2011-0000-000P00J00E3 — биннинг по стандарту ANSI C78.377А;
- СХА2011-0000-000P00J050H — точность установки в диапазоне двух шагов МакАдама.
- СХА2011-0000-000P00J050F — точность установки в диапазоне четырех шагов МакАдама.

По своим фотометрическим и конструктивным характеристикам серия СХА2011 оптимальна для изготовления большого класса светильников внутреннего освещения типа Downlight и благодаря своим характеристикам быстро приобрела высокую популярность в этом сегменте. Наиболее популярной стала позиция СХА2011-0000-000P00J050H (5000 К; 1040 лм; четыре шага МакАдама, цена 430 руб. в поставке от 100 шт.). По световому потоку данный светодиод соответствует компактной люминесцентной лампе (КЛЛ) мощностью 18 Вт (типовая светоотдача КЛЛ 60 лм/Вт). Типовой КПД светильников типа Downlight находится в диапазоне 0,6–0,7. В светильнике эта лампа способна обеспечить световой поток не более 700 лм. Светодиоды, изначально имеющие направленный свет, в подобных светильниках используются значительно эффективней. Если задаться светоотдачей светодиода на уровне 80 лм/Вт, то светодиод можно использовать на токе 600 мА (подводимая мощность 27 Вт), тогда световой поток составит 2000 лм. Это примерно соответствует светильнику Downlight с КЛЛ 2×24 Вт. В реальности будет немного меньше, так как использовать 100% света даже от светодиода в светильниках такого класса практически невозможно. Тем не менее светильник на СХА2011-0000-000P00J050H получается относительно несложным и со значительно лучшими параметрами, чем традиционный на КЛЛ.

Основное направление деятельности Cree — светодиоды для освещения. Существующая на мировом рынке конкуренция среди производителей мощных осветительных светодиодов заставляет постоянно разрабатывать продукцию со все более качественными характеристиками и лучшими параметрами. Усилия компании в этом направлении очередной раз увенчались успехом. Начат серийный выпуск светодиодов нового поколения (серии ХТ-Е и ХВ-Д) со светоотдачей на уровне 130–140 лм/Вт при температуре кристалла +85 °С, стоимость которых в два и более раз ниже, чем представителей существующих серий.