

Юрий Петропавловский

Номенклатура светодиодных продуктов компании Philips Lumileds.

Особенности и параметры приборов серий LUXEON K, LUXEON H, LUXEON S



Рис. 1. Штаб-квартира Philips Lumileds

Компания Philips Lumileds Lighting Company (г. Сан-Хосе, шт. Калифорния, США, штаб-квартира на рис. 1) образована в 2005 г., однако ее история началась еще в 60-е годы с началом выпуска первых светодиодов видимого света компанией Hewlett-Packard. Считается, что первый в мире

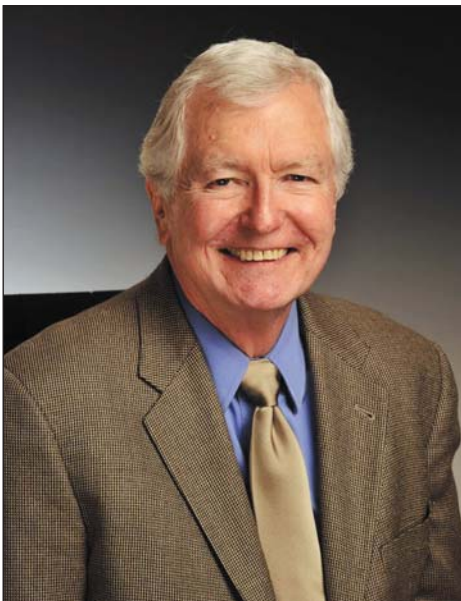


Рис. 2. Джордж Крафорд

светодиод видимого (красного) света на основе материала GaAsP создал в 1962 г. профессор Иллинойского университета Ник Холоныяк (Микола Голоньяк), работавший в то время ученым-консультантом в компании General Electric. Одним из его учеников и аспирантом был Джордж Крафорд (M. George Craford, рис. 2), начавший в 1967 г. работу в химической компании Monsanto, где в 1968 г. под его руководством и был разработан первый коммерчески успешный красный светодиод MV1 в корпусе TO-5 (рис. 3), выполненный из материала GaAsP на подложке из арсенида галлия. Основные параметры этого прибора: $U_{пр} = 1,65 \text{ В}$, $I_{пр} = 20 \text{ мА}$, $I_v = 0,5 \text{ мкд}$, $\lambda_{шик} = 655 \text{ нм}$ [1]. Впоследствии команда инженеров Дж. Крафорда разработала светодиоды оранжевого, желтого и зеленого цветов на основе все тех же материалов.

Компания Hewlett-Packard (HP) в 1968 г. запустила в производство собственные светодиоды вначале на основе кристаллов Monsanto, а уже в 1969 г. — светодиодные индикаторы, отображающие цифры от 0 до 9 (на рис. 4 модель 5082-7000). В 1970 г. HP начала массовое производство трех-, четырех- и пятиразрядных алфавитно-цифровых светодиодных индикаторов (рис. 5), предназначенных для применения в измерительных приборах и калькуляторах [2].

В 1979 г. д-р Джордж Крафорд перешел на работу в HP, а в 1980 г. каталог полупро-

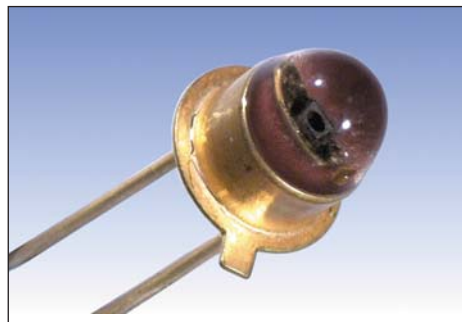


Рис. 3. Первый коммерческий светодиод MV1

водниковых светоизлучающих продуктов компании уже насчитывал сотни типов «полупроводниковых ламп» (Solid State Lamps), модулей и дисплеев (оттенки красного, желтого, зеленого), в том числе достаточно эффективных (до 25 мкд/10 мА) [3].

В 1999 г. оптоэлектронное подразделение HP вошло в состав компании Agilent Technologies, в том же году Дж. Крафорд стал главным техническим директором совместного предприятия,

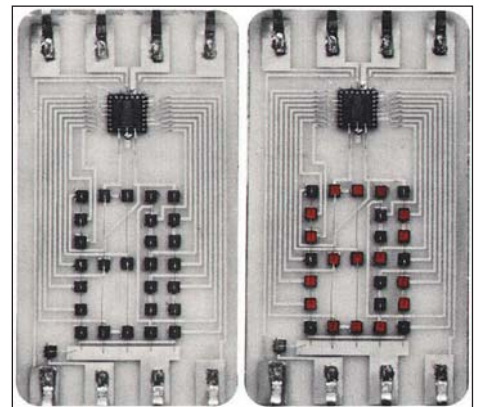


Рис. 4. Цифровые светодиодные индикаторы

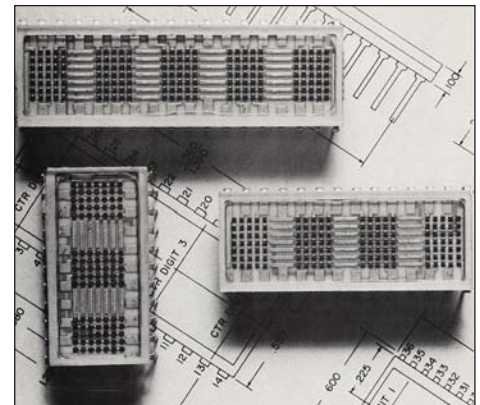


Рис. 5. Алфавитно-цифровые индикаторы

образованного компаниями Agilent Technologies и Philips Lighting и получившего название Lumiled Lighting. После выкупа в 2005 г. 100% акций СП корпорацией Philips оно было переименовано в Philips Lumileds, а Дж. Крафорд остался на своем посту главного технического директора [4].

В настоящее время Philips Lumileds, кроме штаб-квартиры в г. Сан-Хосе, располагает офисами в Шанхае, Пенанге (Малайзия) и Сингапуре. Продукцию компании можно приобрести через крупнейших глобальных дистрибьюторов, в России это Silica (Москва, Санкт-Петербург).

Компания разрабатывает и производит светодиоды, модули и светодиодные решения для широкого спектра применений в категориях общего и автомобильного освещения, а также

для фотовспышек. В каталоге компании 2013 г. представлены следующие семейства и серии продуктов [5]:

- LUXEON A — пять типов белых светодиодов со световым потоком 89–106 лм/350 мА (рис. 6). Особенности приборов: типовой световой поток 180 лм при $I_{пр} = 700$ мА, $T = +85$ °С, $T_{цв} = 4000$ К, CRI = 80; не требуется выбор бинов (гарантированная точность параметров).
- LUXEON C — недорогие белые ($T_{цв} = 5000$ –6500 К) светодиоды в компактном корпусе (2,04×1,64×0,7 мм) со световым потоком 95 лм/350 мА и эффективностью 92 лм/Вт, долговечность приборов 20 000 ч по критерию L70 (рис. 7).
- LUXEON CoB — более 40 типов мощных белых светодиодных модулей типа «чип на плате» (CoB) со световым потоком 950–4100 лм/300–900 мА различных типоразмеров (рис. 8). Основные особенности: высокая эффективность — более 120 лм/Вт

при CRI = 80, более 130 лм/Вт при CRI = 70; высокая плотность светового потока на единицу площади; отличные параметры теплоотведения.

- LUXEON Flash — пять типов светодиодов для фотовспышек.
- LUXEON Flip Chip — четыре типа миниатюрных (1×1×0,258 мм) синих светодиодных кристаллов ($\lambda_d = 440$ –460 нм).
- LUXEON H — 24 типа мощных белых высоковольтных (100 и 200 В) светодиодных модулей со световым потоком 140–460 лм (рис. 9). Основные особенности приборов: эффективность до 108 лм/Вт при $I_{пр} = 700$ мА, $T = +85$ °С, $T_{цв} = 4000$ К.
- LUXEON K — семейство мощных белых светодиодных модулей со световым потоком 400–4000 лм (рис. 10) и синих светодиодов с радиометрической мощностью 4700–9500 мВт; малые отклонения прямого напряжения ($\pm 5\%$) и светового потока ($\pm 10\%$) от номинальных значений.



Рис. 6. Светодиод LUXEON A

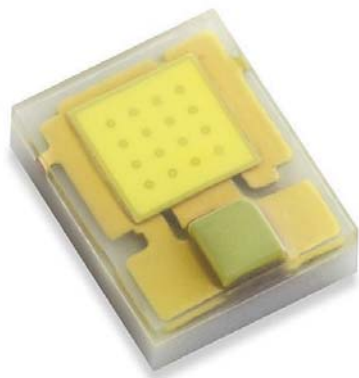


Рис. 7. Светодиод LUXEON C

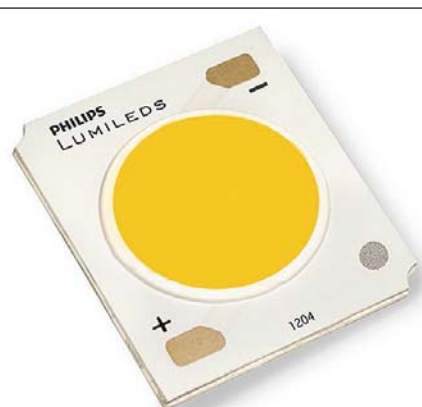


Рис. 8. Модуль LUXEON CoB



Рис. 9. Модуль LUXEON H

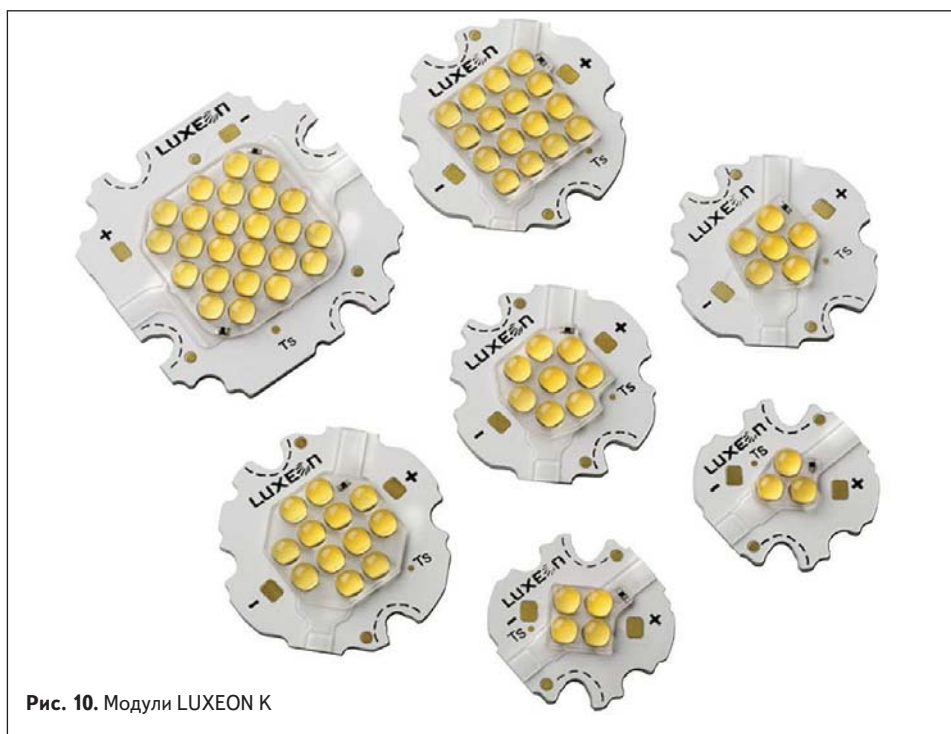


Рис. 10. Модули LUXEON K



Рис. 11. Модуль LUXEON M

- LUXEON M — семейство мощных белых и синих светодиодных модулей в компактном корпусе (7×7×3,75 мм) на напряжение 6 и 12 В со световым потоком 600–1000 лм и более при $I_{np} = 700$ мА, $T = +85$ °С (рис. 11); низкое тепловое сопротивление (1,25 °С/Вт); конструкция и технология, направленные на оптимизацию параметров лм/Вт (до 143 лм/Вт при $I_{np} = 350$ мА) и лм/\$; лучшее в классе прямое напряжение (5,6/11,2 В) для получения максимального значения параметра лм/Вт. Не требуется выбор бинов.
- LUXEON Q — пять типов белых светодиодов (3,45×3,45×2,12 мм) со световым потоком 100–130 лм/350 мА; типовой световой поток 115 лм при $I_{np} = 700$ мА, $T = +85$ °С, CRI = 80, $T_{цв} = 3000$ К.
- LUXEON R — пять типов недорогих компактных (3×3×1,98 мм) белых высокоэффективных (до 130 лм/Вт) светодиодов со световым потоком 180–220 лм/700 мА. Не требуется выбор бинов.
- LUXEON Rebel — семейство мощных высокоэффективных белых (55–235 лм) и цветных (восемь цветов) светодиодов, лауреаты дипломов Technical Innovation Award — Lightfair 2007, 2009 (рис. 12).
- LUXEON Rebel PLUS — пять типов белых светодиодов со световым потоком 85–106 лм/350 мА.

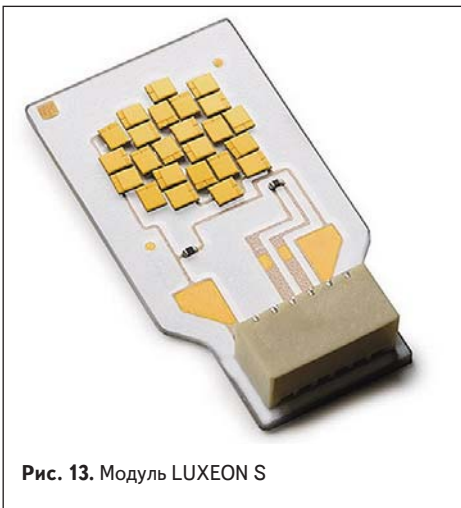


Рис. 13. Модуль LUXEON S

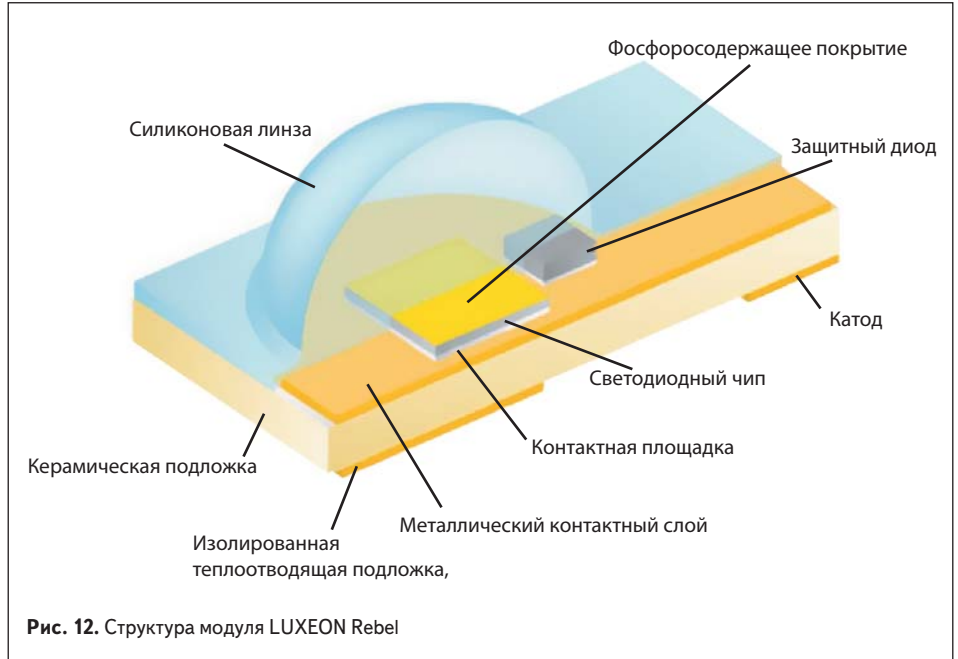


Рис. 12. Структура модуля LUXEON Rebel

- LUXEON S — 11 типов мощных белых светодиодных модулей с высокими значениями индекса цветопередачи (мин. CRI = 80–90, R9 до 87) в различных конфигурациях (рис. 13); световой поток 1000–8000 лм и более на корпус.
- LUXEON T — 12 типов белых светодиодов со световым потоком 160–255 лм/700 мВт и синий светодиод LXH1-FWRB (P_r = 1040 мВт) для приложений с удаленным люминофором (рис. 14);
- LUXEON TX — 17 типов белых светодиодов со световым потоком 96–151 лм/350 мА и высокой эффективностью до 160 лм/Вт (соответствует рис. 14);
- LUXEON UV — семейство мощных ультрафиолетовых светодиодов с длинами волн 380–430 нм и радиометрической мощностью 370–1300 мВт/1 А (рис. 15).
- LUXEON Z, EZ — семейство белых (79–130 лм/350 мА) и цветных (восемь цветов) светодиодов с самым малым в отрасли футпринтом (2,2 мм²); габариты приборов 1,3×1,7 мм (Z), 1,6×2 (EZ), внешний вид соответствует рис. 15. Приборы



Рис. 14. Светодиод LUXEON T

серии EZ — обладатели диплома ACE Award 2013.

Для автомобильных приложений компания выпускает приборы серий LUXEON Altalon, LUXEON Rebel Automotive, SignalSure, SnapLED, SuperFlux; в каталоге компании представлены и некоторые другие типы приборов. Классификационные параметры белых светодиодов компании приведены в таблице 1, цветных — в таблице 2. Рассмотрим особенности некоторых новых продуктов компании более подробно.

LUXEON K

Светодиодные модули этой серии (Datasheet DS102, октябрь 2013 г.) могут состоять из 3, 4, 6, 8, 12, 16 и 24 единичных светодиодов на общем основании, устанавливаемом на теплоотвод (шасси осветительного прибора). На рис. 16 показано крепление 12-кристального модуля с помощью винтовых соединителей

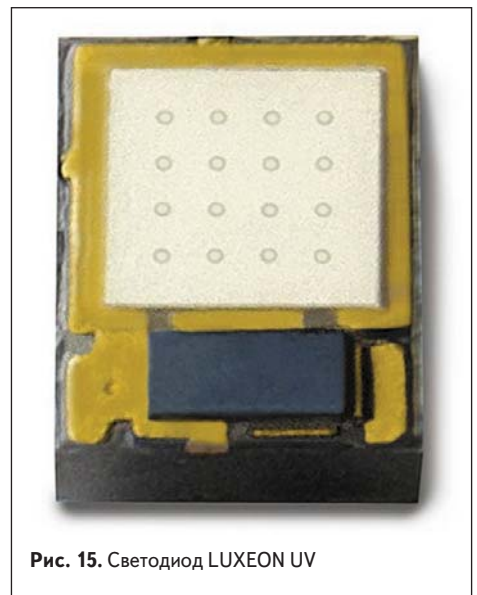


Рис. 15. Светодиод LUXEON UV

Таблица 1. Классификационные параметры белых светодиодов Philips Lumileds

Тип прибора LUXEON	CRI мин.	Ф _v , лм	I _{пр} , мА	U _{пр} , В	T _{цв} , К	T _j изм., °С	Структура бинов		
4014	80	10,5–12/18–22,2	30	2,9	2200, 2700–6500	+25	ANSI 1/6 бинов		
3535L	70/80/90	40–52/28–44/28–36	100		4000–6500/2200–6500/ 2700–3500	+25			
2D		70–90/55–80/50–65	100			+25			
Rebel	60	100–150	350		4000–6500	+25	Общего назначения		
Rebel Plus	80	80–120	350		2700–6500	+85	3/5 SCDM		
Rebel ES	60	250–280	700	2,8	4000, 5700	+25	Общего назначения		
Q	70/80	110–140/90–130	350		4000, 5000/2700–3500	+85	3/5 SCDM		
Z	65/70/80	140–170/120–180/110–140	500		6500/4000–6500/2700–4000		5, 3/5 SCDM		
Z ES	65/70/80/90	190–240/160–220/110–160	700		6500/5000–6500/ 2700–5000/2700		5, 1, 3/5 SCDM		
H50-2	70/80/90	200–220/165–170/120–140	40		6500/2700–5000/2700, 3000		3/5 SCDM		
R	70	220–260	700		3000, 4000–6500		5, 3/5 SCDM		
T	70/80/85/90	240–280/180–240/180–220/ 150–180			4000–6500/2700–5000/ 2700, 3000		3/5 SCDM		
TX					4000–6500/2700–5000/ 2700, 3000				
H100/200	80	370–400			20/40/40		192/96/100	2700, 3000, 4000	+85
M	70/80/90	870–1060/730–920/570–630	700/1400/2800		11,2/5,6/2,8		3000–6500/2700–5000/2700, 3000	5, 3 SCDM	
K3	80	270–340	87,5	36	2700–5000		3 SCDM		
K4	80/90	360–440/300–370	87,5/350	36/12					
K6	80	530–725	175	36					
K8	80/90	730–890/610–750	350	24					
K12		1100–1310/940–1120							
K16		1480–1700/1265–1505							
K24		2230–2650/1880–2234							
CoB 1203	70/80/90	1375/1125–1325/950–1050	300	35,5		4000–6500/2700–5000/ 2700–4000		3/5, 3 SCDM	
CoB 1204		2050/1125–1325/1425–1550	450						
CoB 1205		2750/2250–2650/1900–2100	600						
CoB 1208		4100/3400–3950/2850–3100	900						
51000	80/90	1300–1450/1100–1200	700	26	2700–4000/3000	3 SCDM			
52000	70/80/90	3200–3700/3000–3400/1800–2100		47	4000–6500/2700–5000/2700, 3000				
53000		4500–5200/4200–4800/2500–2900		67,5					
55000		7600–8900/7100–8200/4200–5000		115					

Таблица 2. Классификационные параметры цветных светодиодов Philips Lumileds

Цвет	Серия LUXEON	λ _{дл} , нм	I _{пр} , мА	T _j изм., °С	U _{пр} , В	Ф _v , лм/Ризл., мВт	Эффективность, лм/Вт	КПД, %
Желто-зеленый	Z	565–570	500	+85	2,9	164	118	
Зеленый	Rebel	520–540	350	+25	2,9	96	93	
	Z		500	+25	3,1	94	62	
Сине-зеленый	Rebel	490–510	350	+25	2,9	73	71	
	Z		500	+25	3	60	40	
Голубой	Rebel	460–480	350	+25	3	36	32	
	Rebel ES		700	+25	3	76	37	
	Z		500	+25	3,1	36	24	
Синий	K	440–460	350	+25	21,5; 43	4,7–4,9 Вт		52
	M		700	+85	11,2	4,2 Вт		54
	Rebel		350	+25	3	540		51
	Rebel ES		700	+25	3	1070		53
	T		700	+85	2,8	1120		57
Темно-красный	Z		500	+25	2,9	570		40
	Rebel	650–670	350	+25	2,1	330		43
Красный	Z		500	+25	2,2	330		31
	Rebel	620–645	350	+25	2,1–2,9	48–56	41–76	
Оранжево-красный	Z		500	+25	2,2	52		48
	Rebel	610–620	350	+25	2,1–2,9	64–74	63–101	
Янтарный	Z		500	+25	2,2	66		61
	Rebel	584–595	350	+25	2,9	61	60	
Желтый	Z		500	+25	2,2	60		57
	Rebel	588–592	350	+25	3,1	96	90	
	Z		500	+85	2,9	88		65

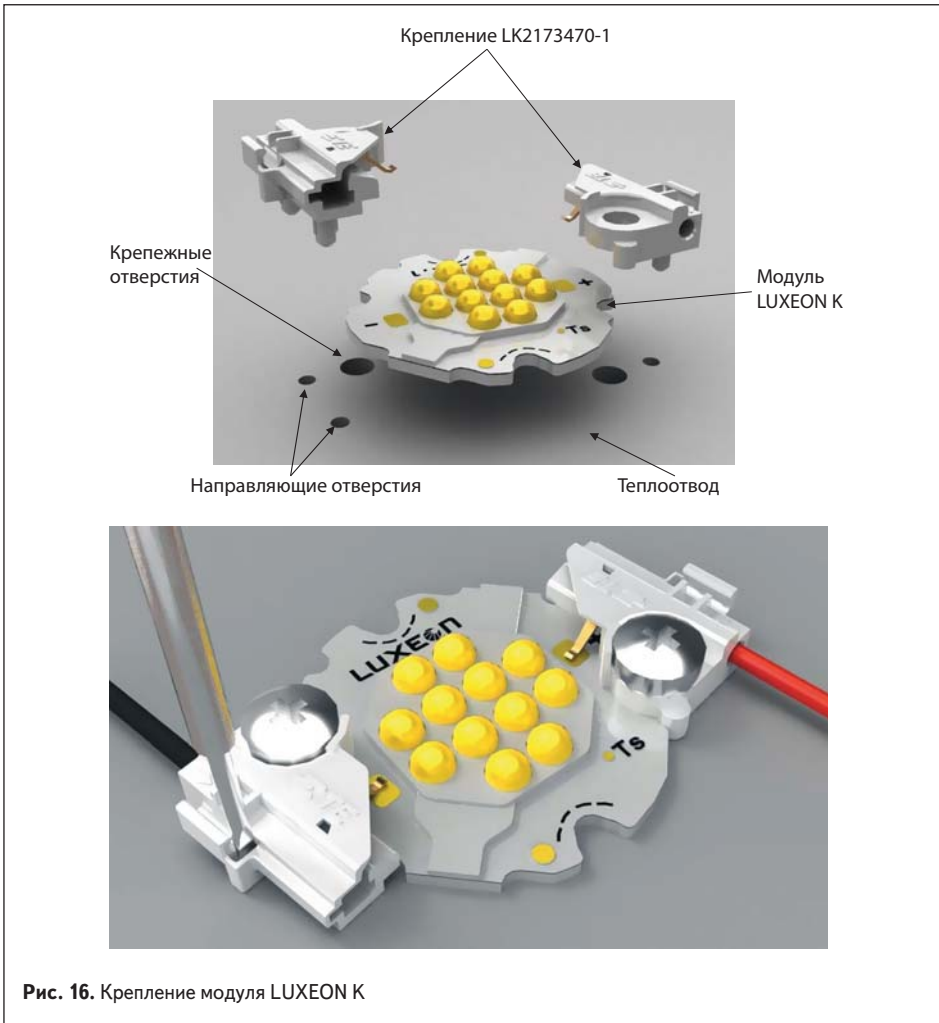


Рис. 16. Крепление модуля LUXEON K

(TE Sockets, Type LK 2173470-1), не требующее пайки. Модули серии обеспечивают большой световой поток и высокую энергоэффективность при относительно небольших габари-

ритах — от $\varnothing 17 \times 3,62$ мм (трехкристальное исполнение) до $30 \times 30 \times 3,22$ мм (24-кристальное исполнение). Расчетный срок службы светодиодов, обусловленный уменьшением светового

потока до 70% от номинального уровня (L70), составляет 50 000 ч при прямом токе не более 700 мА и температуре кристаллов не более +125 °С. Измерения стабильности светового потока приборов проводятся в соответствии со стандартом IESNA LM-80.

Как известно, при изготовлении светодиоды отличаются по различным параметрам ($U_{пр}$, ϑ_v , $T_{цв}$, координаты цветности), поэтому они измеряются, а сами светодиоды (модули) поставляются на рынок отсортированными по исполнениям (бинам). Сортировка позволяет отобрать нужные разработчикам конечных светотехнических изделий исполнения. Наличие множества бинам у большинства светодиодов различных производителей затрудняет их выбор.

Серия LUXEON K (как и ряд других серий приборов компании) предоставляет разработчикам осветительных приборов «свободу от выбора бинам» (Freedom from Binning) белых исполнений модулей по основным параметрам. Компания гарантирует, что цветовые координаты излучаемого конкретными приборами света не выходят за рамки соответствующих эллипсов Мак-Адама.

Важным преимуществом приборов серии является гарантирование параметров при температуре кристаллов +85 °С и прямом токе 350 мА, отклонения параметров при этом не превышают следующих значений: $\pm 6,5\%$ от номинального значения по световому потоку (радиометрической мощности для синих приборов); $\pm 0,06$ В по прямому напряжению для каждого единичного излучателя модуля; ± 2 по индексу CRI; $\pm 0,005$ по цветовым координатам x , y . Цветовой оттенок белого света, кроме цветовой температуры, определяется шкалой эллипсов Мак-Адама, расположенных вокруг центральных точек кривой ANSI для различных цветовых температур, как показано на рис. 17. Для каждой цветовой температуры

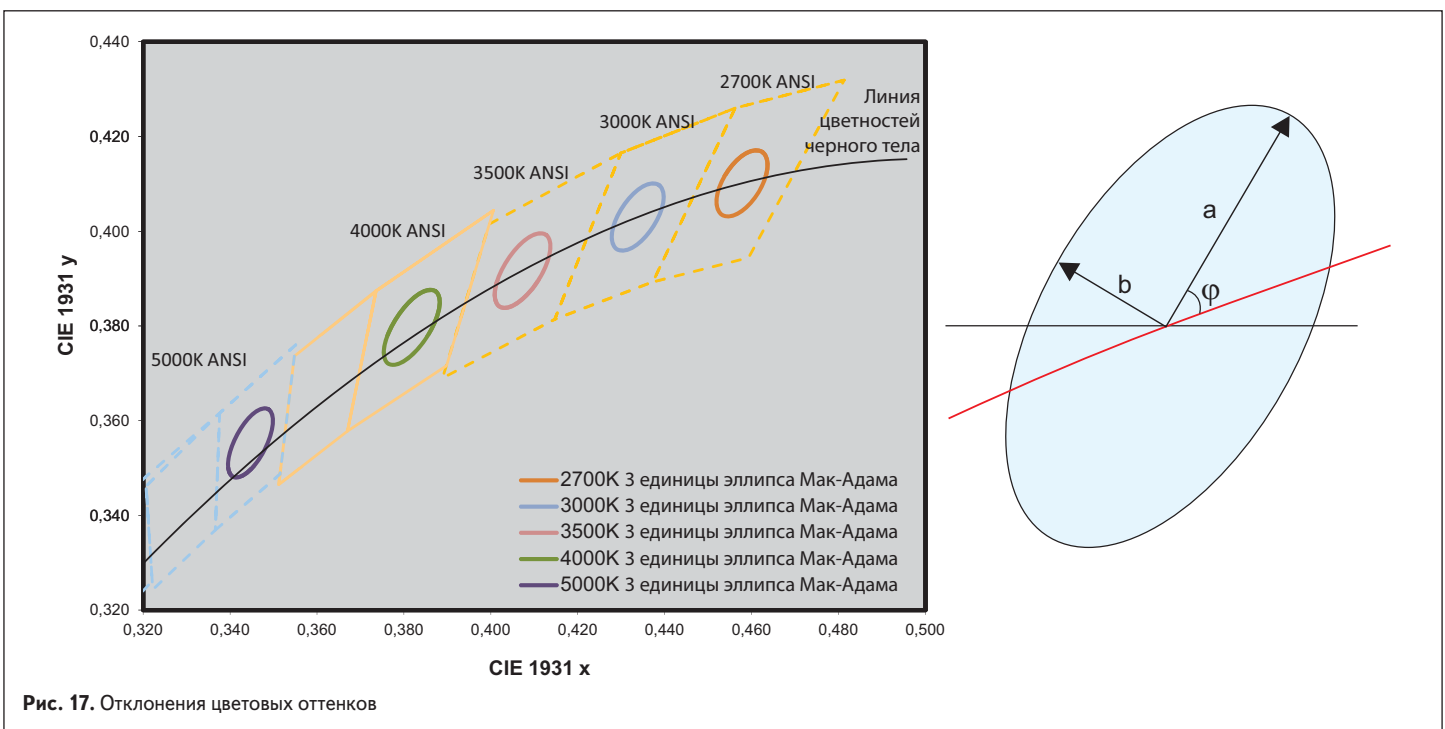


Рис. 17. Отклонения цветовых оттенков

заданы координаты центра эллипса (cx, cy), длины векторов a (Major Axis, a), b (Minor Axis, b) и угол наклона эллипса θ (Ellipse rotation angle). Например, для $T_{цв} = 2700$ К соответствующие параметры составляют: $cx = 0,4578$, $cy = 0,4101$, $a = 0,0081$, $b = 0,0042$, $\theta = 53,7^\circ$. Такие отклонения параметров позволяют разработчикам производить точные тепловые, электрические и светотехнические расчеты без подбора различных бинов светодиодов, как это было обычно принято, что может существенно уменьшить время вывода конечных изделий на рынок.

Наименования конкретных приборов содержат необходимую информацию для их предварительного выбора, изменяемые буквы и цифры наименований обозначают определенные характеристики модулей — LXK(A)-P(B)(CD)-(EFGH)(J), где: A — минимальное значение индекса цветопередачи (8 соответствует CRI = 80, 9 — 90, 0 — для синих приборов); B — цвет (W — белый, R — синий (Royal Blue)); C, D — номинальная цветовая температура ANSI CCT (27 — 2700 К, 30 — 3000 К, 35 — 3500 К, 40 — 4000 К, 50 — 5000 К); E, F, G, H — конфигурация единичных излучателей модулей (число последовательных цепочек и количество излучателей); J — добавляется для усовершенствованных исполнений (Upgrade) по световому потоку (A, B, C и т. д.).

Приборы выпускаются в различных схемных конфигурациях — последовательное соединение кристаллов и параллельное соединение цепочек из последовательно соединенных кристаллов. В зависимости от конфигурации модули выпускаются на следующие номинальные прямые напряжения: 10,5; 21; 31,5; 42; 63 В. Классификационные параметры белых приборов серии LUXEON K при температуре кристаллов

+85 °С приведены в таблице 3 (в таблицу 3 включены только исполнения с последовательно соединенными кристаллами). В середине 2013 г. компания выпустила несколько усовершенствованных исполнений с увеличенным на 10% световым потоком: LXK8-PW270004A/401 лм, LXK8-PW40-0024A/2660 лм и другие, а также ряд приборов с $CRI_{мин} = 90$ и $T_{цв} = 2700/3000$ К (полные данные в Datasheet DS102 на сайте компании). В состав серии входят также синие исполнения приборов: LXK0-PR04-0008 (4,67 Вт, КПД = 62%), LXK0-PR04-0016 (9,35 Вт, КПД = 62%) с длиной волны $\lambda_{пик} = 450$ нм.

Следует иметь в виду, что приведенные в таблице 3 данные действительны при температуре кристаллов +85 °С; при температуре +25 °С световой поток увеличивается на 10%, а при +125 °С (максимально допустимая температура) уменьшается на 7–9% относительно номинальных значений.

Приборы предназначены в основном для осветительных приборов верхнего света (DownLight) и замены ламп накаливания, ширина диаграммы распределения силы света для всех приборов серии составляет примерно 100° (по уровню 0,5) [6].

LUXEON H

Приборы этой серии (Datasheet DS104, 2013 г.) в корпусах размерами 14,5×14,5×5 мм разработаны для замены существующих ламп накаливания или энергосберегающих ламп с минимальными затратами, рассчитаны на напряжения питания 100 и 200 В, что позволяет использовать простые драйверы (в том числе только выпрямительные мосты с ограничительными резисторами). Кроме того, модули отличаются высокой эффективностью

и малым тепловыделением, что позволяет отказаться от активных радиаторов охлаждения. Конструктивно излучающие светодиоды модулей установлены под одной общей линзой (рис. 9), обеспечивающей широкую диаграмму распределения силы света (120°), что позволяет эффективно использовать их в потолочных светильниках.

Расчетный срок службы модулей по критерию L70 составляет 35 000 ч при прямом токе не более 40 мА (исполнения на 200 В) и 80 мА (100 В) и температуре кристаллов не более +135°.

Разработчикам светодиодных ламп при использовании модулей данной серии также предоставляется «свобода от выбора бинов». Параметры приборов гарантируются при температуре кристаллов +85 °С, при этом отклонения не превышают следующих значений: Φ_v — $\pm 6,5\%$, CRI — 2, $U_{пр}$ — $\pm 0,5\%$, цветовой оттенок — 3 единицы шкалы эллипсов Мак-Адама (3 SCDM), определяемые стандартным порогом цветоразличения (SCDM). Разница цвета в 1 единицу (1 SCDM) не видна, в 2–4 единицы (2–4 SCDM) — едва видна, 5 единиц (5 SCDM) и более — отчетливо видна.

В состав серии входят белые и синие (Royal Blue) приборы с двумя и четырьмя единичными излучателями, двойные исполнения выпускаются на напряжение 100 В, счетверенные — на 100/200 В, основные параметры белых приборов на 200 В LXV8-Pwxx-0024/LXV8-PW1024 ($T_j = +85$ °С):

- номинальный прямой ток — 20 мА;
- цветовая температура — 2700, 3000, 4000 К;
- световой поток — 350/415 лм (2700 К), 368/435 лм (3000 К), 415/460 лм (4000 К);
- индекс цветопередачи CRI — 82 (2700 К), 85 (3000/4000 К);

Таблица 3. Классификационные параметры модулей LUXEON K

$T_{цв}$, К	Число кристаллов	Тип прибора	CRI	Φ_v , лм (350 мА)	Φ_v , лм (700 мА)	$U_{пр}$, В	Эффективность, лм/Вт
2700	4	LXK8-PW27-0004	83	355	631	10,5	93,9
	8	LXK8-PW27-0008		690	1262	21	93,9
	12	LXK8-PW27-0012		1045	1912	31,5	94,8
	16	LXK8-PW27-0016		1395	2552	42	94,8
	24	LXK8-PW27-0024		2090	3824	63	94,8
3000	4	LXK8-PW30-0004		370	677	10,5	100,7
	8	LXK8-PW30-0008		740	1354	21	100,7
	12	LXK8-PW30-0012		1125	2058	31,5	100,7
	16	LXK8-PW30-0016		1500	2745	42	102
	24	LXK8-PW30-0024		2250	4117	63	102
3500	4	LXK8-PW35-0004		423	774	10,5	102
	8	LXK8-PW35-0008		845	1546	21	115,1
	12	LXK8-PW35-0012		1265	2314	31,5	115
	16	LXK8-PW35-0016		1703	3116	42	114,7
	24	LXK8-PW35-0024		2570	4703	63	115,9
4000	4	LXK8-PW40-0004		410	750	10,5	111,6
	8	LXK8-PW40-0008		815	1491	21	110,9
	12	LXK8-PW40-0012		1240	2269	31,5	112,5
	16	LXK8-PW40-0016		1650	3019	42	112,2
	24	LXK8-PW40-0024		2475	4529	63	112,2
5000	4	LXK8-PW50-0004	463	847	10,5	126	
	8	LXK8-PW50-0008	933	1707	21	126,9	
	12	LXK8-PW50-0012	1389	2541	31,5	126	
	16	LXK8-PW50-0016	1850	3385	42	125,9	
	24	LXK8-PW50-0024	2767	5063	63	125,5	

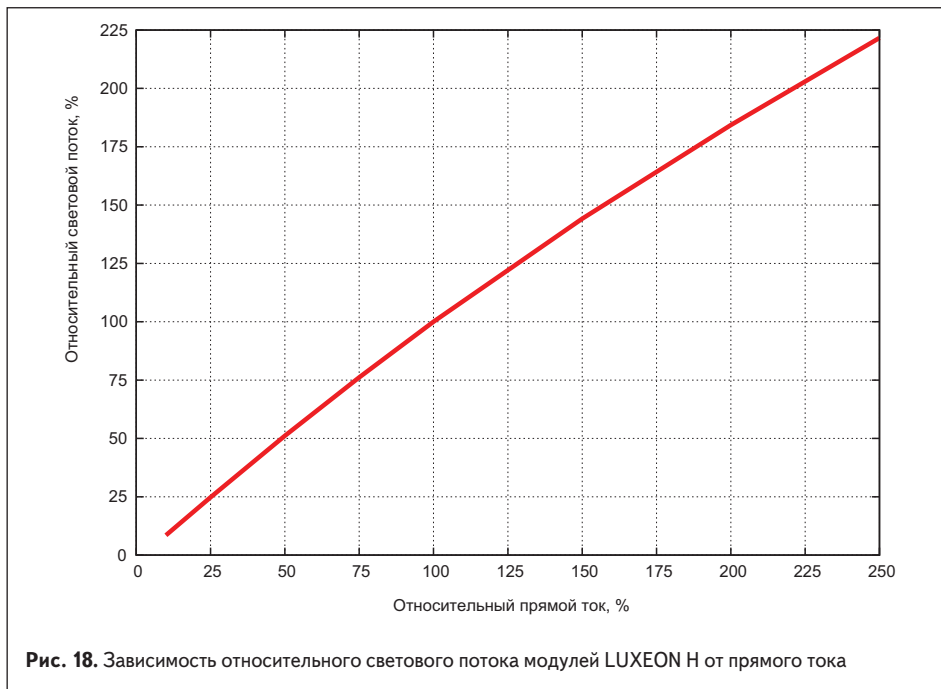


Рис. 18. Зависимость относительного светового потока модулей LUXEON H от прямого тока

- тепловое сопротивление кристалл/подложка — 2,8 °C/Вт;
- температурный коэффициент прямого напряжения — -104 мВ/°C;
- максимальный прямой ток — 50 мА;
- максимальная температура кристаллов — +150 °C;
- диапазон рабочих температур корпуса — -40...+135 °C.

Все приборы серии могут быть использованы при повышенных токах, при этом световой поток увеличивается почти по линейному закону, как показано на рис. 18 [7].

LUXEON S

Мощные светодиодные модули этого семейства (Datasheet DS113, ноябрь 2013 г.) отличаются высоким качеством белого света — одним из лучших в отрасли, с индексами цветопередачи до 90 и более (R9 до 87 и более), и обеспечивают высокую интенсивность света в центре пучка. Они отлично подходят для освещения витрин в розничной торговле, гостиничных приложений, архитектурной подсветки, светильников верхнего и направленного света. В состав семейства входят белые и синие (Royal

Blue) серии модулей S1000, S2000, S3000, S5000. Ширина диаграммы распределения силы света приборов 105°.

Расчетный срок службы приборов по критерию L70 составляет 35 000 ч при эксплуатации с прямым током до 700 мА и температуре кристаллов до +85 °C.

Модули серий S2000/3000/5000, как и рассмотренные выше приборы, обеспечивают «свободу от выбора бинов» — отклонения параметров: Φ_v — ±6,5%, CRI — ±2, CCT = ±5%, $U_{пр}$ — ±0,06% (для каждого единичного излучателя), цвет — 3 единицы SCDM для каждой цветовой температуры (параметры эллипсов Мак-Адама примерно такие же, как и у модулей LUXEON K). Приведем основные параметры наиболее мощных модулей серии S5000 ($T_j = +85$ °C):

- номинальный прямой ток — 700 мА;
- цветовая температура — 2700, 3000, 3500, 4000, 5000, 5700 К;
- световой поток — от 6000 лм (LXS9-PW27/30-0041) до 9200 лм (LXS7-PW50/57-0041);
- индексы цветопередачи CRI/R9 — от 70/18 (LXS7-PW50/57-0041) до 96/87 (LXS9-PW27/30-0041);
- номинальное прямое напряжение — 115 В;



Рис. 19. Крепление модулей LUXEON S

- тепловое сопротивление кристалл/подложка — 0,4 °C/Вт;
- температурный коэффициент прямого напряжения — -71/87 мВ/°C;
- максимальная температура кристаллов — +135 °C;
- диапазон рабочих температур корпуса — -40...+120 °C.

Единичные излучатели модулей смонтированы на диэлектрическом основании с размерами 31×14×1,2 мм (S2000); 32,6×17,6×1,31 мм (S3000); 34×21×1,31 мм (S5000). Кроме самих светодиодов, в состав модулей входят терморезисторы с отрицательным ТКЕ, предусмотрены исполнения с установленными соединителями. На рис. 19 показан пример монтажа модуля с разъемом на металлическое шасси потолочного осветительного прибора [8].

На сайте компании размещены необходимые для тепловых и электрических расчетов конкретные материалы по применению приборов ряда серий.

Литература:

1. www.lamptech.co.uk/Spec%20Sheets/LED%20Monsanto%20MV1.htm.
2. Hewlett-Packard Journal 1969 February, 1970 July www.hparchive.com/hp_journals.htm.
3. http://bitsavers.trailing-edge.com/pdf/hp/_dataBooks/1980_Optoelectronics_Designers_Catalog.pdf.
4. ledsmagazine.com/features/4/12/4.
5. www.philipslumileds.com/products.
6. www.philipslumileds.com/products/luxeon-k.
7. www.philipslumileds.com/products/luxeon-h.
8. www.philipslumileds.com/products/luxeon-s.