

# Новинки светодиодной продукции компании Philips Lumileds

**Игорь Матешев, Алина Муленкова, Андрей Туркин, Константин Шамков (Москва)**

Компания Philips Lumileds, в начале 2000-х годов первой разработавшая мощные светодиоды, которые в последнее время стали самыми перспективными источниками света для осветительных приборов, продолжает успешно развивать свою линейку продукции. В статье приводится обзор новых светодиодных изделий, разработанных компанией за последнее время.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние несколько лет рынок светотехнических изделий весьма динамично развивается во многом благодаря новинкам светодиодной промышленности. Появляются новые приборы, разработанные на основе мощных светодиодов. Существенный прорыв в физике и технологии полупроводников, произошедший в середине 90-х годов XX века благодаря созданию гетероструктур на основе нитрида галлия и его твёрдых растворов [1–4], позволил светодиодам проникнуть в коротковолновую область и тем самым перекрыть весь видимый диапазон оптического спектра [1–5]. Также у данных светодиодов наблюдались высокие значения КПД и квантового выхода [1–6], до тех пор никогда не наблюдавшиеся у светодиодов. Это позволило говорить о светодиодах как о перспективных источниках света, прежде всего, для оптической индикации и отображения информации. Создание же в конце 90-х годов XX века светодиодов белого свечения, и, особенно, разработка в самом начале 2000-х годов принципиально нового класса – мощных светодиодов – утвердило светодиоды в качестве новых перспективных источников света для освещения [3, 7]. Основная роль в этом принадлежит разработчикам компании Philips Lumileds, явившим миру первый мощный светодиод [8–10]. Именно их стараниями то, о чём не предполагали ещё несколько лет назад, стало сейчас реальностью.

## ИСТОРИЯ БРЕНДА PHILIPS LUMILEDS

Начало развития современного бренда Philips Lumileds связано с известной компанией Hewlett Packard, которая являлась одним из лидеров рынка полу-

проводниковой электроники и оптоэлектроники в 60–80-х годах XX века. В то время полупроводниковые материалы уже стали применяться для создания биполярных и полевых транзисторов [7–11], а по мере развития их исследований стало понятно, что полупроводники также являются перспективными материалами для разработки на их основе источников излучения [7–11].

Серийный выпуск светодиодов был налажен в конце 60-х годов XX века сначала компанией Monsanto Corporation на основе GaAsP, а затем и компанией Hewlett Packard на основе GaP и его твёрдых растворов, в разработке которых специалисты компании добились значительных успехов [8–11]. Например, к этому типу материала относятся структуры соединения из четырёх компонентов AlInGaP, которые используются для создания источников излучения, перекрывающих практически весь длинноволновый диапазон видимого спектра – от жёлтого до оранжевого [8–11]. К концу 1980-х – началу 1990-х годов светодиоды красного и жёлтого свечения, разработанные этой компанией, устанавливались во многих устройствах, в том числе в первых светодиодных светофорах в России – к 850-летию юбилею Москвы в 1997 году [8–13].

Эти структуры и сегодня успешно продолжают использоваться для изготовления светодиодов в диапазоне видимого спектра. Кристаллы на их основе используют в своих изделиях многие производители светодиодов [8–11].

Полученные в середине 90-х годов XX века сотрудниками японской компании Nichia Chemical во главе с Шуджи Накамурой результаты по разработке технологии выращивания GaN мето-

дом металлоорганической газофазной эпитаксии [1–12] дали импульс развитию работ во всём мире. Вслед за специалистами компании Nichia, которые первыми разработали светодиоды синего, голубого и зелёного цвета свечения на основе гетероструктур GaN и его твёрдых растворов InGaN и AlGaIn с КПД порядка 10% [3, 6, 8], технологию выращивания светодиодных кристаллов на подложках из сапфира ( $Al_2O_3$ ) освоили специалисты и других компаний, среди которых одними из первых были сотрудники компании Hewlett Packard, выпустившие свои первые зелёные светодиоды на рынок уже в 1997 году [8–11].

Следует отметить, что и другая важная разработка исследователей фирмы Nichia в середине 90-х годов XX века – светодиод белого свечения с использованием комбинации синих кристаллов на основе GaN и его твёрдых растворов и люминофоров, преобразующих длину волны синего свечения кристалла в жёлто-зелёное свечение [3, 7–11], в результате сложения сигналов которых получается белый цвет свечения, – также не прошла незамеченной специалистами компании Hewlett Packard. В 1999 году они вместе с коллегами из компании Philips, признанного лидера светотехнической промышленности, основали компанию Lumileds [8–11], задачей которой являлась разработка на основе светодиодов источника света для применения в светотехнике. Это должен был быть принципиально новый источник света, световая отдача которого должна была превысить световую отдачу лампы накаливания, самого популярного на тот момент источника света. В будущем же предполагалось, что световая отдача такого светодиодного источника должна была сравняться и даже превысить световую отдачу разрядных ламп, включая натриевую лампу высокого давления – самого эффективного источника света.

В 2003 году компанией Lumileds был сделан первый мощный светодиод белого цвета свечения Luxeon I со световым потоком более 25 лм и световой отдачей более 20 лм/Вт [3, 7–11],

что превышало световую отдачу лампы накаливания практически в два раза [3, 8–10]. Достигнутый результат позволил начать говорить о светодиодах как о новых эффективных источниках света.

Действительно, такой светодиод был принципиально новым изделием по многим параметрам: по размеру кристалла, значению рабочего тока, корпусу [8]. Данным изделием компания Lumileds открыла новый класс приборов, получивших название «мощные светодиоды». Именно их и предполагалось использовать в качестве источников света в светотехнических изделиях [8–10].

Естественно, что в погоню бросились разработчики и других крупных производителей полупроводниковых изделий: японской компании Nichia, немецкой компании Osram, американской компании Cree. Как следствие, это стимулировало достаточно быстрое и эффективное развитие мощных светодиодов – на рынке появилось множество их типов. Стоит отметить, что компания Philips Lumileds ничуть не утратила свои позиции одного из лидеров

и продолжает активно развивать свою продуктовую линейку, предлагая новые интересные модели светодиодов.

Ряд таких моделей будет рассмотрен в следующем разделе статьи.

### ОБЗОР НОВЫХ МОДЕЛЕЙ СВЕТОДИОДОВ LUXEON КОМПАНИИ PHILIPS LUMILEDS

Компания Philips Lumileds регулярно обновляет модельный ряд своих светодиодов.

Одной из новинок компании стали светодиоды Luxeon TX в компактном корпусе 3737 (см. рис. 1). Отличительными особенностями новинки являются высокая плотность светового потока, невысокое типовое значение напряжения, равное 2,8 В, а также низкое тепловое сопротивление, составляющее 3°C/Вт. Светодиод оптимизирован для использования в промышленных системах освещения, основные требования которых – высокие светотехнические характеристики и световая отдача [9, 10].

Основные характеристики светодиодов Luxeon TX компании Philips Lumileds представлены в таблице 1.



Рис. 1. Мощный светодиод Luxeon TX

Другой новинкой компании Philips Lumileds стала серия светодиодов Luxeon Q, представленных на рисунке 2. Новая серия светодиодов Luxeon Q изготавливается на основе кристаллов синего цвета свечения, разработанных компанией в феврале 2014 года. Конструкция корпуса светодиодов Luxeon Q обеспечивает более высокий коэффициент вывода света из кристалла, а в кристалле реализуется более эффективное преобразование электрического тока в излучение, т.е. более высокий КПД. Благодаря двум указанным факторам эти светодиоды имеют высокую световую отдачу, особенно на высоких токах. Размеры корпуса светодиодов

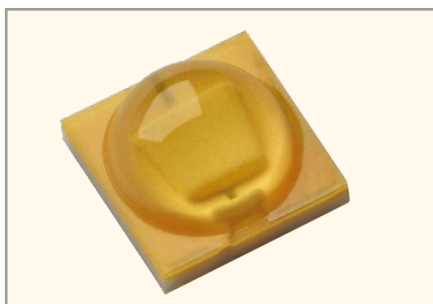


Рис. 2. Мощный светодиод Luxeon Q

Luxeon Q составляют 3,5 × 3,5 мм. Длина волны излучения этих приборов лежит в синем диапазоне видимого спектра, что соответствует максимуму спектра возбуждения люминофора. Синий свет

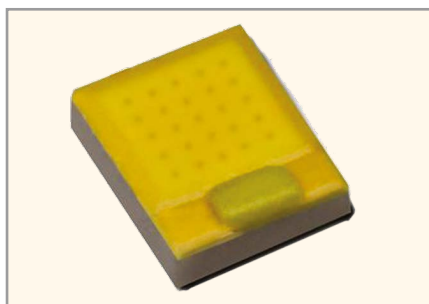


Рис. 3. Мощный светодиод Luxeon Z ES

кристалла частично используется для преобразования в жёлто-зелёное свечение люминофора, и в результате сложения двух указанных сигналов получается белый цвет. Усовершенствован-

ная технология эпитаксиального роста кристаллов, корпус, обеспечивающий улучшенный коэффициент вывода излучения, а также оптимизированный коэффициент преобразования вместе обеспечивают одно из самых высоких значений световой отдачи в отрасли.

Светодиоды Luxeon Q выпускаются в диапазоне цветовой температуры от 2700 до 5700 К. У белых светодиодов с более тёплым свечением минимальный индекс цветопередачи (CRI) равен 80, тогда как у светодиодов с температурой свечения 4000 К и выше минимальное значение CRI равно 70. Точность координат цветности этих светодиодов при производстве соответствует 3- и 5-шаговому эллипсу МакАдама. При этом основное назначение Luxeon Q – обеспечить большой световой поток при высокой эффективности (световой отдачи) и, таким образом, снизить себестоимость люмена.

Основные характеристики светодиодов Luxeon Q компании Philips Lumileds представлены в таблице 2.

Светодиоды серии ES, пополнившие семейство Luxeon Z (см. рис. 3), предназначены для ламп направленного света, разрабатываемых на основе светодиодов взамен устаревающих технологий. В первую очередь, новые светильники будут использоваться для освещения гостиниц и торговых площадей, где уже сейчас становится необходимым осуществлять управление цветом свечения [9, 10].

Светодиоды имеют компактные размеры корпуса, составляющие 1,6 × 2,0 мм, и выпускаются в модификациях с кристаллом синего свечения и комбинации такого кристалла с люминофором, преобразующим излучение в белый цвет. В последнем случае однородность цвета обеспечивается в пределах 1-, 3- и 5-шагового эллипса МакАдама.

Оценки специалистов компании говорят о том, что отсутствие куполообразной первичной линзы у корпуса обеспечивает на 10–15% лучшие характеристики цвета в зависимости от угла обзора по сравнению с куполообразной конструкцией.

Основные характеристики светодиодов Luxeon Z ES представлены в таблице 3.

Пожалуй, самой оригинальной новинкой стал новый тип светодиодов Luxeon Flip Chip (см. рис. 4), выведенный недавно на рынок компанией Philips Lumileds. Основное преимущество данного типа светодиодов состо-

Таблица 1. Основные характеристики мощных светодиодов Luxeon TX

Цветовая температура, К	Угол, °	Максимальный ток, mA	Напряжение, В (при 700 mA, Tj = +85°C)	Минимальный CRI	Световой поток, лм (при 700 mA, Tj = +85°C)		Код заказа
					мин.	тип.	
3000	120	1000	2,80	70	230	245	L1T2-3070000000000
4000				70	250	269	L1T2-4070000000000
5000				70	260	275	L1T2-5070000000000
5700				70	260	275	L1T2-5770000000000
6500				70	260	275	L1T2-6570000000000
2700				80	200	216	L1T2-2780000000000
3000				80	210	227	L1T2-3080000000000
3500				80	220	238	L1T2-3580000000000
4000				80	230	247	L1T2-4080000000000
5000				80	230	247	L1T2-5080000000000
2700				85	170	186	L1T2-2785000000000
3000				85	180	197	L1T2-3085000000000
3500				85	190	208	L1T2-3585000000000
4000				85	200	217	L1T2-4085000000000
5000				85	200	217	L1T2-5085000000000
2700				90	160	175	L1T2-2790000000000
3000				90	170	188	L1T2-3090000000000

Таблица 2. Основные характеристики мощных светодиодов Luxeon Q

Цвет	Угол, °	Максимальный ток, mA	Напряжение, В (при 700 mA, Tj = +85°C)	Минимальный CRI	Цветовая температура, К	Световой поток, лм (при 350 mA, Tj = +85°C)		Код заказа
						мин.	тип.	
Тёплый белый	120	1200	2,93	80	2700	80	100	L1Q0-2780
				80	3000	90	102	L1Q0-3080
Естественный белый				80	3500	90	106	L1Q0-3580
				70	4000	110	123	L1Q0-4070
Холодный белый				70	5700	110	123	L1Q0-5770

Таблица 3. Основные характеристики мощных светодиодов Luxeon Z ES

Цвет	Угол, °	Максимальный ток, mA	Напряжение, В (при 700 mA, Tj = +85°C)	Минимальный CRI	Цветовая температура, К	Световой поток, лм (при 700 mA, Tj = +85°C)		Код заказа
						мин.	тип.	
Тёплый белый	120	1200	2,85	80	2700	160	175	LXZ2-2780-Y
				90	2700	110	135	LXZ2-2790-Y
				80	3000	160	180	LXZ2-3080-Y
90				3000	120	145	LXZ2-3090-Y	
Естественный белый				80	3500	170	190	LXZ2-3580-Y
				80	4000	180	195	LXZ2-4080-Y
				70	4000	190	210	LXZ2-4070
Холодный белый				70	5000	200	215	LXZ2-5070
				70	5700	200	215	LXZ2-5770

ит в отказе от использования проволоки для термокомпрессионной сварки, используемой для соединения контактов кристалла с выводами корпуса. Эта проволока не только является возможной причиной отказа светодиода, но и ограничивает значение плотности протекающего через него тока.

До появления новой конструкции, предложенной компанией Philips Lumileds, бескорпусные кристаллы Flip Chip были недостаточно прочными, что ограничивало возможность их применения.

Теперь же у производителей светильников имеется возможность не только устанавливать данные корпусированные кристаллы в светильники традиционным способом, но и самостоятельно подбирать люминофор и корпус для таких светодиодов в соответствии с требованиями того или иного применения.

Компания Philips Lumileds стала первым производителем, который разрабатывает и поставляет светодиоды в корпусах CSP, размеры которых, по сути, те же, что и у кристаллов. Площадь основания светодиода Luxeon Flip Chip ком-

пании Philips Lumileds почти совпадает с площадью кристалла. Единственное различие состоит в присутствии контактных площадок на основании светодиода, которые оптимизированы под стандартный процесс монтажа светодиода. Квантовый выход излучения кристалла такой конструкции размером  $1 \times 1$  мм составляет от 56 до 61% в зависимости от длины волны [9, 10].

Основные характеристики светодиодов Luxeon Flip Chip компании Philips Lumileds представлены в таблице 4.

Также стоит отметить обновление серии Luxeon CoB (см. рис. 5). Спустя лишь несколько месяцев после анонса светодиодных модулей Luxeon CoB, компания Philips Lumileds заявила о повышении их эффективности на 10%. Это означает, что данные продукты сегодня являются самыми эффективными светодиодными модулями.

Специалистам компании Philips Lumileds потребовалось лишь три месяца, чтобы увеличить производительность изделий Luxeon CoB на 10%. Световая отдача данных обновлённых светодиодных модулей может достигать значения 130 лм/Вт.



Рис. 4. Мощный светодиод Luxeon Flip Chip

Приведём для примера несколько значений. Световой поток светодиодного модуля тёплого белого цвета с диаметром области излучения 9 мм составляет 2200 лм, а его световая отдача – 100 лм/Вт; световой поток аналогичного модуля холодного белого цвета составляет 2500 лм, а световая отдача – 105 лм/Вт.

Обновлённые светодиодные модули Luxeon CoB выпускаются в диапазоне цветовой температуры от 2700 до 5700 К, минимальный коэффициент цветопередачи (CRI) в зависимости от модели равен 70, 80 или 90.

Основные характеристики светодиодных модулей Luxeon CoB приведены в таблице 5.

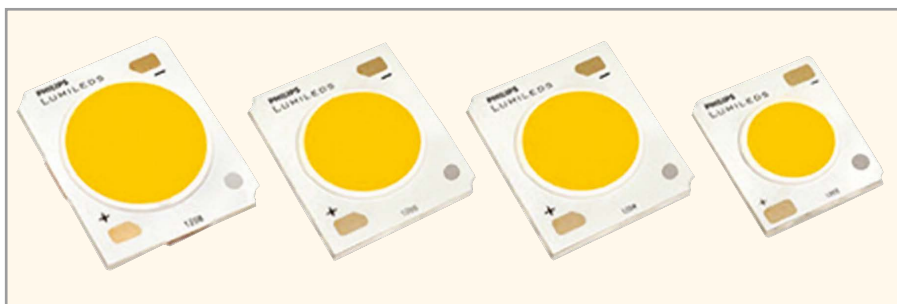


Рис. 5. Светодиодный модуль Luxeon CoB

Небольшие размеры областей излучения модулей, диаметры которых составляют 9, 13 или 15 мм, позволяют создавать компактные светильники с достаточно высокой яркостью пучка, благодаря чему можно уменьшить себестоимость решений, например сократив затраты на дополнительную оптику.

Преимущество обновлённых светодиодных модулей проявляется не только в оптических характеристиках, но и в более эффективном отводе тепла от активной области кристалла, который обеспечивает печатная плата на металлической основе. В результате размеры радиаторов можно сократить на 40%, либо повысить надёжность осветительной системы, не меняя размеры теплоотвода [10, 14].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Рассмотренный обзор новинок линейки светодиодов компании Philips

Lumileds показывает, что данная компания, являющаяся одним из лидеров светодиодного рынка, эффективно развивает свою технологию производства светодиодов. Специалисты компании в разное время были в числе основных разработчиков сначала технологии GaP и его соединений, а затем и GaN и его твёрдых растворов.

Стоит отметить огромный вклад разработчиков компании Philips Lumileds в продвижение идеи светодиодного освещения – возможность использовать светодиоды в качестве источников света в осветительных приборах.

В настоящее время специалисты компании Philips Lumileds, принявшие эстафету у своих предшественников, продолжают разрабатывать интересные продукты, оставаясь среди лидеров светодиодного рынка. Достаточно чёткая сегментация светодиодов данной компании под определённые направления светотехники делает их весьма

привлекательными для разработчиков светодиодных осветительных систем.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Юнович А.Э. Светодиоды на основе гетероструктур из нитрида галлия (GaN) и его твёрдых растворов. Светотехника/ 1996. Вып. 5/6. С. 2–7.
2. Туркин А.Н. Нитрид галлия (GaN) как один из перспективных материалов в современной оптоэлектронике. Компоненты и технологии. № 5. С.176–180. 2011.
3. Туркин А.Н. Полупроводниковые светодиоды: история, факты, перспективы. Полупроводниковая светотехника. № 5. С. 28–33. 2011.
4. Туркин А.Н. Обзор развития технологии полупроводниковых гетероструктур на основе нитрида галлия (GaN). Полупроводниковая светотехника. № 6. С. 44–47. 2011.
5. Золина К.Г., Кудряшов В.Е., Туркин А.Н., Юнович А.Э. Спектры люминесценции голубых и зелёных светодиодов на основе многослойных гетероструктур InGaN/AlGaIn/GaN с квантовыми ямами. ФТП. 1997. Т. 31. № 9. С. 1055–1061.
6. Туркин А.Н., Юнович А.Э. Измерения мощности излучения голубых и зелёных InGaN/AlGaIn/GaN светодиодов с помощью фотопреобразователей из аморфного кремния. Письма в ЖТФ. Т. 22. Вып. 23. С. 82–86. 1996.
7. Светодиоды и их применение для освещения / Под общей редакцией акад. АЭН РФ Ю.Б. Айзенберга. Московский Дом Света. 2012. 280 с. М. Знак. 2012.
8. Туркин А.Н. Светодиоды Lumileds: прошлое, настоящее, будущее. Полупроводниковая светотехника. № 2. С. 6–9. 2012.
9. Матешев И., Муленкова А., Туркин А., Шамков К. Мощные светодиоды Philips Lumileds – от истоков до новинок рынка. Современная электроника. № 6. С. 24–29, 2013.
10. Матешев И., Муленкова А., Туркин А., Шамков К. Обзор новых светодиодных продуктов компании Philips Lumileds. Полупроводниковая светотехника. № 5. С. 30–32. 2013.
11. Шуберт Ф.Е. Светодиоды. М. ФизМат-Лит. 2008.
12. Юнович А.Э. Ключ к синему лучу или о светодиодах и лазерах, голубых и зелёных. Химия и жизнь. № 5–6. С.46–48. 1999.
13. Тринчук Б.Ф. Светосигнальная аппаратура на светодиодах. Светотехника. № 5. С. 6–11. 1997.
14. Дорожкин Ю., Матешев И., Туркин А. Светодиодные модули серии СХА компании Cree. Полупроводниковая светотехника. № 1. С. 36–39. 2013.

Таблица 4. Основные характеристики мощных светодиодов Luxeon Flip Chip компании Philips Lumileds

Длина волны, нм		Максимальный ток, мА	Напряжение, В (при 350 мА, Tj = +85°C)	Выходная оптическая мощность, мВт (тип.)	Код заказа
мин.	макс.				
440	445	1050	2,9	500	LHDF-RB10300005000
445	450			500	LHDF-RB10400005000
450	455			500	LHDF-RB10500005000
455	460			450	LHDF-RB10600004500

Таблица 5. Основные характеристики светодиодных модулей Luxeon CoB компании Philips Lumileds

Цвет	Угол, °	Максимальный ток, мА	Напряжение, В (при ном. токе, Tj = +85°C)	Номинальный ток, мА	Минимальный CRI	Цветовая температура, К	Световой поток, лм (при ном. токе, Tj = +85°C)		Код заказа	
							мин.	тип.		
Тёплый белый	100	600	36	300	80	2700	1000	1100	LHC1-2780-1203	
							1500	1650	LHC1-2780-1204	
							2000	2200	LHC1-2780-1205	
							3000	3300	LHC1-2780-1208	
							3000	1050	1150	LHC1-3080-1203
							3000	1550	1725	LHC1-3080-1204
							3000	2100	2300	LHC1-3080-1205
							3000	3100	3450	LHC1-3080-1208
Естественный белый	100	600	36	300	80	4000	1080	1200	LHC1-4080-1203	
							1620	1800	LHC1-4080-1204	
							2160	2400	LHC1-4080-1205	
							3240	3600	LHC1-4080-1208	

