

Вадим Смирнов | smirnov@prosoft.ru
 Андрей Туркин | turkin@prosoft.ru

Sharp LED — и мощно, и ярко

Введение

В последние годы светодиоды стали особенно популярны. Об их особенностях и преимуществах написано много статей, постоянно ведутся дискуссии о возможностях и перспективах замены ими ламповых источников света. Одновременно с этим стоит отметить, что на сегодняшний день до конца не сложилось четкое понимание возможностей применения светодиодов. Поэтому ситуация на рынке светодиодных решений скорее напоминает броуновское, чем поступательное движение.

Инновации на стыке технологий

Понятие светодиода (СД, Light-emitting diode, LED) означает полупроводниковый диод, излучающий свет при прохождении через него электрического тока. Если ток протекает через *p-n*-переход в прямом направлении, то носители заряда (электроны и «дырки») рекомбинируют с излучением фотонов. Область *p-n*-перехода называется активной областью светодиода, а процесс излучения света при протекании электрического тока носит название электролюминесценции. Цвет свечения светодиода определяется длиной волны излучения, которая зависит от химического состава материала активной области (связана обратной зависимостью с шириной запрещенной зоны E_g полупроводника) [1]. Излучаемый свет лежит в узком диапазоне спектра, поэтому в определенных пределах можно считать излучение кристалла светодиода монохроматическим [1].

Корпуса светодиодов изготавливаются из различных материалов и разной формы, с выводами или для поверхностного монтажа. В корпусе могут находиться один или несколько кристаллов (однокристалльные и многокристалльные светодиоды), соединенных в группы параллельно или последовательно — с индивидуальными выводами для подключения. Также существуют светодиоды, корпуса которых представляют собой печатную плату на стеклотекстолитовой, алюминиевой или керамической основе, на которую монтируются один или несколько кристаллов. Плата имеет отверстия для монтажа, контактные площадки или разъемы для электрического соединения. Здесь же могут быть смонтированы компоненты драйвера питания. Такие

изделия можно назвать светодиодными модулями или матрицами.

Современные светодиоды условно подразделяются по потребляемой мощности на несколько основных групп: индикаторные, сверхъяркие и мощные.

Индикаторные светодиоды — это компактные приборы с относительно небольшой силой света (до 100 мкд). Номинальный ток около 20 мА. Обычно они выпускаются в стандартном корпусе с диаметром основания 3 или 5 мм. Применяются, как правило, в оптических индикаторах.

Сверхъяркие (англ. High Brightness LEDs, HB-LEDs) светодиоды обычно изготавливаются на основе полупроводниковых кристаллов малого и среднего размера (от 200×200 мкм до 500×500 мкм). Они имеют достаточно высокие светотехнические характеристики (сила света до 10 кд, средний световой поток в белом цвете порядка 20–30 лм и более). Рабочий диапазон токов от примерно 20 мА до 150–200 мА. Изделия могут быть выполнены в стандартном корпусе с выводами (диаметр основания 3, 5 или 10 мм) или в корпусе для поверхностного монтажа (SMD-светодиоды). Сверхъяркие светодиоды имеют широкий спектр применений: световая реклама, дорожные светофоры и указатели, автомобильная светотехника, экраны, мобильные телефоны и т. д.

Мощные светодиоды имеют самые крупные кристаллы и наибольшие значения светового потока (более 50 лм/Вт для белого цвета). Потребляемая мощность в номинальном режиме (ток 350 мА) составляет около 1 Вт. Допускается применение при токах 500 и 700 мА, повышение рабочего тока позволяет увеличить световой поток, при этом наблюдается уменьшение световой отдачи. Мощные светодиоды выпускаются в корпусе для поверхностного монтажа (SMD-корпусе). Основное их применение — различные виды освещения: архитектурное, аварийное и эвакуационное, общее.

О светодиодах как о перспективных источниках излучения заговорили во второй половине 90-х годов прошлого века, когда специалисты японской фирмы Nichia создали первые светодиоды синего и зеленого цвета свечения на основе гетероструктур из нитрида галлия (GaN) и его твердых растворов [1, 2]. Почти сразу этими же исследователями были созданы светодиоды белого цвета свечения, в которых синий GaN-кристалл покры-

вался люминофором на основе алюмоиттриевого граната [1, 2]. Именно это время можно считать началом развития светодиодных устройств и внедрения светодиодов в различные сферы человеческой деятельности, до этого светодиоды использовались в основном для индикации. Уже в середине 1997 г., к празднованию 850-летия Москвы, в столице России в пределах Садового кольца заменили 1000 старых ламповых светофоров новыми светодиодами.

Новый этап развития светодиодов стартовал в начале 2000-х, когда известные корпорации Philips (Нидерланды) и Hewlett Packard (США) образовали компанию Lumileds, разработавшую первые мощные светодиоды. В их основе использовались большие кристаллы (1×1 мм), номинальный рабочий ток составлял 350 мА, а потребляемая мощность немного превышала 1 Вт. Светоотдача первенцев составляла 25 лм/Вт в холодном белом цвете. Эта величина более чем в два раза превысила среднее значение световой отдачи ламп накаливания, что позволило начать замену устройств на лампах накаливания устройствами на таких приборах. В основном это происходило в декоративном и прикладном освещении.

С началом этого века рынок светодиодов стал расти очень быстрыми темпами. По оценкам многих экспертов, в 2007 г. объем мирового рынка сверхъярких светодиодов (с показателем силы света выше 100 мкд) составил \$4,2–4,6 млрд (по другим оценкам — \$6 млрд). В 2000 г. сверхъяркие светодиоды занимали около 42% всего мирового рынка светодиодов (LED), а в 2004 г. — уже более 57%. До 2008 г. рынок развивался очень неравномерно. Так, среднегодовые темпы роста в 2000, 2002 и 2003 гг. достигали 50% — благодаря значительной активности в секторе мобильных приложений (мобильные телефоны, цифровые камеры, КПК и т. д.). Как только рынок мобильных приложений начал насыщаться, рост рынка сверхъярких светодиодов стал менее существенным [3]. Согласно данным американской исследовательской организации Strategies Unlimited, в 2006 г. рынок вырос на 6%, а в 2007 — на 10–11%. Этому способствовал спрос на светодиоды в Азии, связанный со световым оформлением объектов для Олимпийских игр 2008 г. в Пекине [3]. В четвертом квартале 2008 г. наметились тенденции снижения темпов роста рынка, особенно в сегменте автомобильной промышленности и мобильных телефонов [3]. В связи с неблагоприятной экономической обстановкой в 2009 г. Strategies Unlimited ожидал сокращение рынка



Рис. 1. Модуль MiniZeni мощностью 6,7 Вт, 3000 К

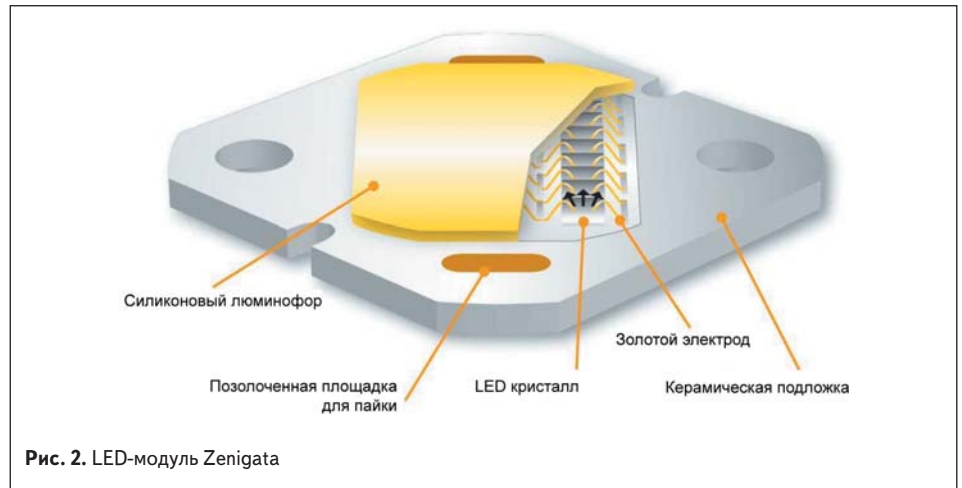


Рис. 2. LED-модуль Zenigata

светодиодов на 5%, а в 2010 г. уже возобновление роста. Несмотря на влияние глобального экономического спада, прогресс способствует росту спроса на светодиоды и изделия на их основе, в основном благодаря использованию светодиодов в жидкокристаллических панелях и дисплеях, автомобильной промышленности и, конечно, прогрессирующей популярности полупроводникового освещения. Согласно прогнозам экспертов, в 2013 г. объем мирового рынка светодиодов составит \$12,4 млрд при среднегодовом темпе роста, равном 19,3% [3].

Однако во всех статьях и отчетах речь идет в основном о единичных сверхъярких и мощных светодиодах и почти ничего не говорится о светодиодных модулях или матрицах, которые уже упоминались выше. Эти новые продукты достаточно трудно отнести к той или иной группе в предложенной выше классификации, они могут соответствовать как сверхъярким, так и мощным светодиодам. Данные изделия стоит рассмотреть подробнее, поскольку они достаточно интересны и имеют некоторые привлекательные для применения в освещении особенности. Одна из них — меньшая яркость, т. е. сила света с единицы светящейся поверхности. Как следствие, при использовании светодиодных модулей в качестве источников света возможен меньший эффект ослепления. Вторая важная особенность светодиодных модулей — улучшенные тепловые характеристики, что достигается за счет увеличения площади, занимаемой кристаллами на плате. Компания Sharp одна из первых стала уделять особое внимание развитию направления светодиодных модулей. На примере ее разработок рассмотрим особенности и перспективы применения данного типа продукции.

Развитие светодиодной линейки Sharp для общего освещения

Компания Sharp продолжила развитие своей светодиодной линейки сверхъярких модулей, добавив к каждой из серий Zenigata 3,6 и 6,7 Вт по три новых модуля с цветовой температурой 2700, 3000 и 4000 К. Эти LED-кластеры обладают увеличенным индексом цветопередачи Ra (более 85) и призваны «залатать брешь»

в предложении модулей с теплой белой гаммой цветов, наиболее востребованных в освещении жилых помещений. Таким образом, на момент написания статьи Zenigata представлена 7-ю моделями с температурой от 2700 до 6500 К в линейках с мощностью 3,6 и 6,7 Вт. Новым продолжением многокристалльной идеологии в производстве LED-модулей стала серия MiniZeni (рис. 1). При разработке конструкции модуля ставилась задача получить продукт с похожими на Zenigata характеристиками, но при некотором уменьшении (на 44%) светодиодного кластера в габаритах, чтобы его можно было использовать в светильниках с ограниченной площадью монтажа светоизлучающего компонента. Модули MiniZeni также выпускаются в сериях 3,6 и 6,7 Вт с максимальной светоотдачей 200 и 400 лм соответственно.

Конструктивно модуль Zenigata представляет собой керамический квадрат со стороной 18 мм (рис. 2). Наличие технологии по производству керамических подложек позволило Sharp отказаться от сложного процесса посадки кристаллов на многокомпонентную эвтектическую прослойку и ограничиться простым термоклеем со специально подобранным температурным режимом.

В то же время Sharp использовал ряд приладок, выравнивающих коэффициенты объемной и поверхностной теплопроводности металлизированной керамической подложки и кристалла. На практике такая совместимость означает возможность применения Zenigata в уличных светильниках, эксплуатируемых в экстремальных климатических условиях. В результате термоциклирования в таких изделиях возникают значительные механические нагрузки на светоизлучающие компоненты. В случае установки многокристалльной структуры на алюминиевую подложку разница в линейных механических деформациях между ней и кристаллом могла бы приводить к повреждению изделия вплоть до отрыва кристалла от основания. Sharp заранее предусмотрел и предотвратил такую опасность, используя керамическую структуру, что сделало возможным применение таких LED-модулей в светотехнических изделиях для уличной эксплуатации.

Еще одним шагом к расширению рынков сбыта послужило максимальное упрощение

монтажа LED-модулей на шасси светильника: достаточно в корпусе высверлить 2 отверстия под крепление винтами M2,5, припаять два провода от драйвера питания к контактным площадкам модуля и закрепить винтами сам модуль, предварительно покрыв тонким слоем термопасты его тыльную сторону. Еще проще монтируются модули MiniZeni: для их фиксирования в конструкции светильника достаточно термоклея.

Являясь инновационной компанией, Sharp не мог оставить в стороне и рыночный сегмент LED мощностью от 0,5 до 1,5 Вт. Здесь предложение фирмы фокусируется вокруг отметки 0,5 Вт и представлено в виде линейки DoubleDome с SMD-корпусом и размерами 2,8×2,8 мм (рис. 3).

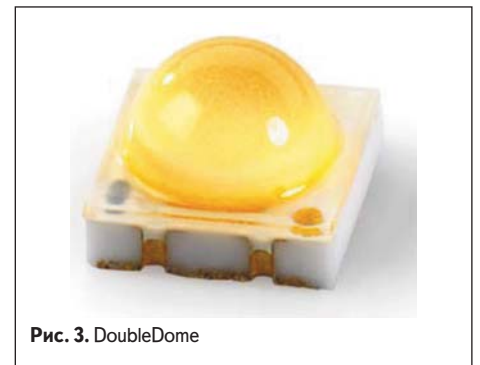


Рис. 3. DoubleDome

Керамический корпус из нитрида алюминия (AlN) венчает куполообразная силиконовая линза первичной оптики, обеспечивающая диаграмму направленности светового потока в 120°. Продукты DoubleDome имеют увеличенный индекс цветопередачи CRI до 85 и светоотдачу до 90 лм/Вт. Благодаря минимальным требованиям к теплоотводу и высоким параметрам светоизлучения эти малогабаритные изделия идеально подходят для компактных светильников в торговых и производственных помещениях, а также для систем уличного освещения. А их массовое применение в системах задней подсветки серийно выпускаемых ЖК-телевизоров обеспечивает высокие параметры наработки на отказ и низкую себестоимость в производстве.

В дальнейшем планируется создание модулей Zenigata кластерами повышенной мощ-



Рис. 4. Рефлектор DFO



Рис. 5. Коллиматорная линза ideaLED со средней шириной КСС



Рис. 6. Линза Strada-CC-DD для DoubleDome

ности (до 10 Вт), а также дополнение предложения модулей MiniZeni и DoubleDome новыми продуктами с цветовой температурой от 2700 К до 6500 К.

Вторичная оптика для Sharp LED

Светодиодные изделия Sharp не нуждаются в дополнении вторичной оптикой. Их конструктив и технологическое решение самостоятельно обеспечивают угловое распределение силы света в 120°. Данная светотехническая задача была решена компанией уже на этапе оценки перспектив производства многокристалльных LED-модулей для общего освещения. Массив из множества светодиодных кристаллов, рассредоточенных по относительно большой площади подложки, обеспечивает широкую диаграмму направленности. Характерную неоднородность освещения, концентрические световые



Рис. 7. Cindy-MZEN рефлекторы для MiniZeni



Рис. 8. Линза Flare-B-DD для DoubleDome

круги, свойственные другим производителям аналогичных по идеологии кластеров, Sharp устранил собственными технологическими наработками по селекции кристаллов и оптимизации их размещения на подложке.

Тем не менее зачастую светотехническое изделие должно не просто предоставлять максимально широкую диаграмму свечения, но и обеспечивать определенную форму диаграммы, например форму «бабочки» для уличного светильника или остронаправленный луч света с ореолом в определенном угловом размере для прожектора. Здесь Sharp предлагает воспользоваться продуктами своих партнеров — фирмы Diffractive Optics (рис. 4) из Гонконга и итальянского производителя ideaLED (рис. 5).

Эти компании, специализирующиеся на конструировании и производстве вторичной оптики, производят для Sharp коллиматорные линзы с угловым распределением силы света 20–60° по уровню 0,51vmax, рефлекторы различной формы, а также диффузоры с микролинзовой структурой для модулей Zenigata и MiniZeni. С недавних пор к этому дуэту присоединилась компания LEDIL со своими наработками Strada (рис. 6), Cindy (рис. 7), Flare (рис. 8) и т. д. [4].

Кроме того, компания ideaLED производит так называемую инкапсулированную Zenigata (рис. 9). Изделие представляет собой LED-модуль Zenigata в полностью герметизированном корпусе со степенью защиты IP65, готовый к применению, например, в условиях повышенной влажности бортовых систем освещения.

Вся гамма вторичной оптики для Sharp LED позволяет конструкторам светотехнических изделий решать самые нетривиальные задачи.



Рис. 9. Инкапсулированная Zenigata



Рис. 10. Драйверы HEP

Драйверы питания для Sharp LED

Светодиодные компоненты Sharp Zenigata, как и большинство сверхъярких LED, питаются стандартным для этого класса изделий током 350 или 640 мА, в зависимости от потребляемой мощности. Такая унификация позволяет воспользоваться многими из представленных на рынке драйверов питания различных производителей, однако Sharp рекомендует изделия тайваньского производителя HEP и свои собственные наработки



Рис. 11. Лампочки Sharp со стандартным цоколем

в этой области. Дело в том, что если для рыночной ниши 350 мА предложение самое широкое, то для токов 640 мА необходимо было разрабатывать специальный драйвер, работающий к тому же в расширенном температурном диапазоне и с повышенной защитой от пробоя. Разумеется, можно использовать представленные на рынке драйверы 700 мА, однако такой ток хотя и удовлетворяет условиям по электропитанию, однако выходит за рамки номинального, рекомендованного производителем.

HEP предлагает несколько моделей LED-драйверов с током 640 мА (рис. 10), в том числе с двойной изоляцией и классом защиты III. А Sharp предпринимает самостоятельные попытки в разработке драйверов питания, и в скором будущем нам предстоит оценить их усилия в этой области. Компания уже имеет опыт разработки и производства LED-лампочек на Sharp Zenigata и MiniZeni в компактных корпусах с цоколями E27, E14 (рис. 11). Встроенные в них компактные драйверы питания зарекомендовали себя как надежные и долговечные.

Литература

1. Шуберт Ф. Е. Светодиоды / Пер. с англ. М.: ФизМатЛит. 2008.
2. Гужов С., Полищук А., Туркин А. Концепция применения светильников со светодиодами совместно с традиционными источниками света // СТА. 2008. № 1.
3. High-Brightness LED Market Review and Forecast. Strategies Unlimited. Report OM-50. 10th Edition. 2009.
4. Sharp Innovating Forum LED Lighting. February 24/25. 2010.