

Хартмут Пошманн (Hartmut Poschmann), к. т. н. | h.poschmann@arcor.de
Перевод: Андрей Новиков | andrej.novikov@uni-rostock.de

Светодиодные лампы

на пути к массовому рынку

В настоящее время все мы являемся свидетелями уникального события: на смену электрической лампе накаливания, одной из старейших в применении электрического тока, постепенно приходит полностью электронное решение в виде светодиодных ламп. Тем не менее процесс замены дешевых массовых ламп накаливания протекает не без проблем. Весь мир занимается упрощением конструктивных решений светодиодных светильников. Все стремятся сократить расходы до такой степени, чтобы новые изделия перестали создавать впечатление элемента роскоши и превратились в такой же недорогой и массовый продукт, как «лампочка Ильича». Наблюдая за процессом поиска решений, инженеры могут многое перенять для своей собственной работы.

Светодиоды в качестве способа освещения получили большое развитие в 2009 г. В 2010-м они снова были в центре внимания, так как светящийся шар на Таймс Сквер в Нью-Йорке в этом году был впервые полностью освещен при помощи энергосберегающих светодиодных лампочек компании Philips. Североамериканская маркетинговая компания iSuppli ожидает в 2013 г. по сравнению с 2009-м увеличение реализации светодиодов приблизительно в два раза, особенно из-за набирающего обороты перехода на осветительные приборы с мощными светодиодами.

Специалисты iSuppli прогнозируют резкое увеличение использования светодиодов в повседневности, например в качестве замены ламп накаливания [1]. По мнению Джэгдиша Ребелло, директора и главного аналитика североамериканской маркетинговой компании, в ближайшие три года светодиодная промышленность покажет темпы прироста в размере двузначных чисел.

Двукратное увеличение рынка

Компания iSuppli ожидает, что рынок классических светодиодов нормальной силы излучения в ближайшие годы даже немного сократится, в то время как спрос на светодиоды с большой силой излучения благодаря их широкой области применения ожидает сильный рост. Таким образом, к 2013 г. прогнозируется увеличение продаж светодиодов во всем мире до \$14,3 млрд, что соответствовало бы увеличению приблизительно в два раза по сравнению с \$6,7 млрд в 2009 г. Маркетинговая компания Displaybank приводит почти такие же цифры, как и iSuppli (\$5,08 млрд в 2007 г., \$6,9 млрд в 2009 г. и \$14,2 млрд в 2013-м). На представленном Displaybank гра-

фике развития можно увидеть, что светодиоды, используемые для освещения и подсветки экранов телевизоров, к 2013 г. будут составлять большую часть всех находящихся в употреблении LED [1]. Рынок светодиодов, используемых для освещения, вырастет с 730 млн продуктов, произведенных в 2007 г., до 7,28 млрд в 2013-м, что означает средний ежегодный прирост в 47%. Что касается товарооборота, то он увеличится с \$410 млн до \$1,97 млрд в 2013 г. (т. е. в среднем на 30% в год).

Маркетинговая компания Fuji Keizai рассчитала, что в Японии доля используемых для освещения светодиодов в объеме всего LED-рынка возрастет в четыре раза с 2008 по 2012 г. В начале указанного периода она составляла 3% с ¥13,3 млрд (около €100 млн). В 2012 г. рынок светодиодов, используемых для освещения, должен возрасти до ¥57,8 млрд (около €400 млн) и таким образом занять 12% от общего рынка LED [12]. По сравнению с цифрами, приведенными компанией iSuppli, это говорит о том, что светодиодное освещение в Японии в ближайшие годы будет особо активно развиваться.

Прежде всего, рост ожидается потому, что очень яркие светодиоды с большим световым потоком будут все больше употребляться в вариантах освещения следующего поколения. В моделях со световой эффективностью более 100 лм/Вт светодиоды будут доминировать на рынке осветительных приборов. Специалисты по изучению рынка исходят из того, что светодиодные источники света начиная с 2010 г. всерьез нацелятся на общий рынок освещения предприятий и жилых домов. При этом область применения светодиодных ламп будет постоянно расширяться.

Philips претендует на премию правительства США

Компания Philips использовала такую удобную возможность, как светящийся шар на Таймс Сквер, чтобы прорекламировать Ambient LED PAR 30 Long neck — версию встроенных в шар светодиодных лампочек для конечных потребителей и таким образом продвинуться вперед на рынке сбыта новых светодиодных ламп. Кроме того, компания активно участвует в конкурсе на получение премии от Министерства энергетики США за создание первой по-настоящему высококачественной светодиодной альтернативы 60-Вт лампе накаливания (LED light globe). Соответствующая лампа находилась в этом году на третьем месте в списке 50 лучших изобретений 2009 г. (рис. 1). Четвертое место занял продукт, который, как и светоди-

одная лампа, способствует экономии энергии на предприятиях и в домашнем хозяйстве: беспроводной «умный» прибор измерения и управления потреблением энергии (EnergyHub Dashboard, Smart Thermostat) для электрического тока или газа [2].

Компания Philips, представив светодиодную альтернативу обычной 60-Вт лампе накаливания, в сентябре прошлого года первая в мире подала заявку на получение премии «Яркий завтрашний свет» (Bright Tomorrow Lighting Prize, L Prize), учрежденную Министерством энергетики США [3]. Призовая сумма составляет \$10 млн. Для получения премии потенциальная альтернатива лампе накаливания, основанная на светодиодах, должна соответствовать, в том числе, требованиям по эффективности, потреблению энергии и цвету освещения. Министерство энергетики США при этом сознательно задало высокую планку. Несмотря на то, что светодиодные источники света уже давно вышли на рынок, понадобилось около 16 мес., прежде чем хотя бы одна компания решилась на участие в конкурсе.

Высокие требования к победителю

В соответствии с требованиями для получения премии светодиодная альтернатива лампе накаливания должна иметь световую эффективность не меньше 90 лм/Вт, расход мощности меньше 10 Вт и световой поток, по крайней мере соответствующий потоку, излучаемому обычной 60-Вт лампой накаливания. Эти требования на первый взгляд не кажутся слишком завышенными, и на рынке уже представлены

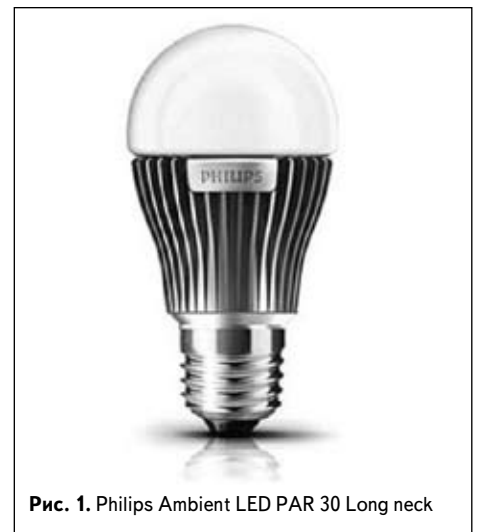


Рис. 1. Philips Ambient LED PAR 30 Long neck

коммерческие продукты, имеющие схожие характеристики.

По словам Нильса Хаферкемпера, специалиста в области светотехники Технического университета г. Дармштадт, современные светодиоды, в техническом паспорте которых стоят характеристики 100 лм/Вт, не достигают этого значения при монтаже в систему [4]. В случае с лампами Retrofit можно рассчитывать на рабочую температуру +80 °С, из-за чего номинальная эффективность в 100 лм/Вт опускается до реальной в 70 лм/Вт.

В других аспектах требования L Prize также высоки. Например, они касаются индекса цветопередачи (Colour Rendering Index, CRI), который показывает, насколько естественными остаются цвета от источника излучения. Показатель 100 является идеальным, и лампы накаливания частично его достигают. По словам г-на Хаферкемпера, светодиоды с 90 лм/Вт достигают в настоящее время индекса цветопередачи ~70. Требования к потенциальному победителю премии L Prize значительно более высокие, CRI должен составлять как минимум 90. Серьезным барьером являются также требования к цветовой температуре с граничными значениями 2700–3000 К, установленные Министерством энергетики США (рис. 2). По словам экспертов в области светотехники, эти параметры хотя и могут быть уже достигнуты, однако эффективность таких ламп при этом намного ниже эффективности светодиодов с холодным белым светом. В исследованных недавно светисточниках с необходимой областью цветовой температуры, которые в скором времени появятся на рынке, световая эффективность составляет всего 40–50 лм/Вт. Таким образом, организаторы конкурса действительно предъявляют высокие требования к светодиодной альтернативе 60-Вт лампе накаливания.



Рис. 2. Идеальное представление Министерства энергетики США о светодиодной лампе

Огромный потенциал энергоэффективности

Компания Philips уверена, что ее продукт соответствует и даже превосходит все критерии, обозначенные премией L Prize (это, в частности, утверждает Руди Провоост, генеральный директор Philips Lighting). Так ли оно на самом деле, покажут многочисленные тесты, проводимые независимыми лабораториями. Таким образом, борьба за \$10 млн еще вовсе не завершена. Конкурс продолжается, и Джим Бродерик, менеджер программы Solid-State Lighting Министерства энергетики США, надеется увидеть в дальнейшем

среди номинантов малых и больших производителей. Потенциал экономии энергии, который ожидается благодаря использованию светодиодных ламп, соответствующих всем требованиям организаторов этого «соревнования», будет огромен. В соответствии с данными Министерства энергетики, лишь в США ежегодно продаются 425 млн 60-Вт ламп накаливания, замена которых на полупроводниковые источники освещения позволит экономить ежегодно до 34 ТВт электричества.

Конкурс на L Prize был объявлен еще в мае 2008 г., однако на данный момент Philips пока что является единственным претендентом на премию. При этом речь идет о самой простой из трех категорий соревнования. Также объявлен конкурс (для участия в котором пока не подано ни одной заявки) на альтернативу галогенной лампе, причем здесь требования еще более высоки. Кроме того, ждут также изобретения «ламп XXI века». В данном случае до сих пор даже не определены конкретные требования к продукту.

Азия усиливает конкуренцию Philips

Уже начиная с 2010 г. можно ожидать, что компании Philips составят конкуренцию в области создания ламп с мощными светодиодами некоторые производители из Азии. С середины 2009 г. в прессе почти ежемесячно появляются сообщения о создании новых ламп: на «тропу войны» вышли Toshiba, Sharp, ROHM, NEC Lighting Ltd. of Japan, Ecorica Inc., IRIS Ohyama Inc., Panasonic, Samsung. Это только японские потенциальные производители светодиодных ламп, которые начиная с 2009 г. выступают в роли конкурентов и пытаются поделить японский рынок. При этом Toshiba проявляет активность дольше других — начиная с 2007 г.; за ней следует Sharp (с 2008 г.).

В июне 2009 г. в специализированной прессе появились сообщения, что японский концерн Sharp разработал первый образец светодиодной лампы для стандартных патронов [5]. Компания изобрела специальное дистанционное управление и встроила в светодиодную лампу сенсор, чтобы пользователь мог индивидуально регулировать силу света (яркость, постепенное приглушение), а также цветовую температуру. Кроме того, пользователь может за несколько секунд изменить цвет белого света на один из семи вариантов (рис. 3). Понятно, что оптимальные установки света зависят от психологии, личного комфорта, режима экономии энергии, а также от времени суток и года. Светодиодная альтернатива 60-Вт лампочке имеет световой поток, равный 560 лм. Указывается длительность ее эксплуатации в 40 000 часов, на данный момент является самым высоким показателем в мире.

Японская компания ROHM в рамках выставки Green Device 2009, проходившей 28–30 октября 2009 г. в городе Йокохама, также представила образец светодиодной лампы E26-LED (рис. 4). В нее встроены 50 светодиодных мини-модулей PSML2 размером 4,5×2,0×0,6 мм. Некоторые модули расположены в лампе в форме двойного кольца, чтобы также излучать боковой свет. Это сделано для того, чтобы по возможности добить-

ся таких характеристик излучения в помещении, какие имеют лампы накаливания [6].

Диаметр, длина и вес светодиодных ламп составляют 55 мм, 110 мм и 120 г. ROHM изготовила три различных образца: лампу дневного света с цветовой температурой 7000 К, лампу дневного света с цветовой температурой 5400 К и лампу с теплым белым светом с 2760 К. Световая энергия составляет соответственно 521, 451 и 371 лк (рис. 5). Лампа дневного света



Рис. 3. Светодиодная лампа компании Sharp



Рис. 4. Светодиодная лампа компании ROHM



Рис. 5. Светодиодные лампы компании ROHM в сравнении

с 7000 К расходует 7 Вт и является такой же яркой, как и 40-Вт лампа накаливания. Стоимость изделий должна быть установлена с учетом цен конкурентов начиная с 2009 г. Далее мы поясним, что конкретно это означает.

Компания Toshiba еще далека от L Prize

В октябре 2009 г. Toshiba Lighting & Technology также объявила о создании светодиодной лампы, которая, по словам изготовителя, имеет световую мощность, схожую с 60-Вт лампой накаливания [7, 8] (рис. 6). При этом светодиодная лампа расходует только 8,7 Вт. Есть вариант как с теплым белым, так и с естественным белым светом; длительность эксплуатации составляет 40 000 ч (так же, как и у лампы компании Sharp), что уже значительно превышает требуемое по условиям конкурса значение в 25 000 ч. Несмотря на то, что Toshiba убеждена в качестве своего продукта, новая коммерческая модель пока еще не может составить конкуренцию в конкурсе изделию Philips. В частности, индекс цветопередачи является недостаточным. Модель компании Toshiba с естественным белым светом имеет CRI, равный 70. По словам Нильса Хаферкемпера, это типичное на сегодня значение. Несколько лучшее значение относительно цвета имеет светодиодная лампа Toshiba с теплым белым светом, ее индекс цветопередачи равен 80. Тем не менее при мощности 8,7 Вт она имеет световой поток лишь 600 лм. На ее примере можно четко проследить технические проблемы, которые еще предстоит разрешить.

Вместо того чтобы использовать для 40-Вт светодиодных альтернатив LED-корпуса фирмы Nichia (как это до сих пор было), Toshiba разработала собственный вариант, позволяющий получить в полтора раза более высокую силу света [9]. Световая эффективность более



Рис. 6 Светодиодная лампа компании Toshiba

мощной светодиодной лампы с естественным белым светом составляет, по данным компании, 93 лм/Вт. Цена соответствует мощности: ¥9135 (около €70) за шт. Президент компании Toshiba Lighting & Technology Шиничи Цунекава подчеркивает, что до сих пор не существует какой-либо другой 8,7-Вт светодиодной лампы со световой мощностью в 810 лм. Однако данный продукт не может составить конкуренцию другим по цене. Компания ставила своей целью уже в 2009 г. продать около 70 000 таких светодиодных ламп.

Sharp использует проверенные наработки

В конце декабря 2009 г. компания Sharp объявила о намерении использовать свой опыт в разработке и изготовлении высококачественных LED для задней подсветки жидкокристаллических модулей телевизоров (например LED Aquos) в разработке и производстве светодиодных источников света. Подобное следует ожидать и от Samsung, и от LG Electronics. Обе компании уже используют применяемые в ЖК-телевизорах светодиодные индикаторы питания для освещения. Компания Sharp также представила два новых типа светодиодов, один из которых базируется на мощном светодиоде задней подсветки ЖК-мониторов телевизоров. Они будут предлагаться производителям ламп в двух видах:

- отдельный светодиод в варианте микрочипа для поверхностного монтажа (три типа, подходящих для освещения в плоском варианте);
- готовый к использованию мини-модуль (Zenigata LED devices) (в шести вариантах), подходящий для точечного излучателя (Spot Lighting) и ламп в форме груши.

Более подробную информацию можно найти в официальном пресс-релизе компании Sharp [10].

В случае с модулями Zenigata несколько светодиодных чипов были смонтированы на один носитель, залиты прозрачным материалом и дополнительно еще другим герметиком, в который для повышения световой эффективности был добавлен флуоресцирующий материал. Таким образом компания Sharp достигла в отдельных светодиодных чипах светового потока 38 лм при входной мощности всего 0,5 Вт. Индекс цветопередачи — 85. Один вариант модуля Zenigata имеет более 10 светодиодных чипов с относительно низкой выходной мощностью, что позволило уменьшить его размеры с 18×18×2 мм (предыдущая модель) до 15×12×1,6 мм. Поэтому он подходит для ламп с цоколями E26 и E17. При входной мощности в 6,7 Вт и CRI 87 достигается световой поток в 410 лм. С такими показателями уже недалеко до требований, обозначенных Министерством энергетики США. Диапазон рабочих температур светодиодов и модулей —30...+100 °С.

Борьба за низкие цены и доли рынка

Компания Sharp готовилась начать серийный выпуск светодиодных источников света с 25 де-

кабря 2009 г. В соответствии с чем планировалось производить ежемесячно 10 млн отдельных светодиодных чипов для поверхностного монтажа и 800 000 модулей Zenigata. Чипы будут продаваться за ¥70 (около €0,5) за штуку, а модули Zenigata по цене от ¥800–1200 (около €6,50–8,50). Когда Sharp удастся повысить объемы производства мощных LED и таким образом одновременно снизить их стоимость, станет возможным более активный выход на рынок светодиодных источников освещения с LED-чипами и модулями. Тогда компания сможет стать прямым конкурентом уже находящихся на рынке и активно работающих иностранных производителей мощных LED-чипов для ламп, таких как Samsung, LG и Philips [11].

Компания Philips Lightings в специализированной прессе¹ объявила о том, что они не боятся конкуренции, поскольку самого начала при разработке новых осветительных приборов выбрали комплексный подход к реализации проектов. Начиная с разработки светодиодных чипов, создания готовых светодиодных модулей и ламп и заканчивая управляющими ИС, системами ламп и приборами управления энергией — все делается в одном месте, чего нельзя сказать о конкурентах. Это позволяет Philips оптимизировать расходы внутри одной и той же цепочки.

Если читать сообщения для прессы отдельных японских и иностранных концернов в хронологическом порядке, можно быстро потерять и четкое представление о бурных событиях, происходящих в этом новом сегменте рынка. Однозначным остается только представление о том, что на японском рынке светодиодных ламп, достаточно закрытом для иностранных фирм, из-за большого числа компаний-производителей должна разворачиваться активная ценовая борьба (таблица). Что и происходит на самом деле. Вернемся еще раз к первым производителям светодиодных ламп в Японии — концернам Toshiba и Sharp. На их примере четко видно, что цены на светодиодные лампы в настоящее время определяются не настоящими затратами на их изготовление, а ситуацией на рынке и политикой компаний.

Из публикации в журнале *Nikkei Electronics Asia* за декабрь 2009 г. видно, насколько сильно упали цены в Японии на светодиодные лампы за последние 18 мес., прежде всего из-за конкурентной борьбы двух вышеназванных концернов. Они заставляли друг друга снижать цены (рис. 7):

- После неудачной первой попытки со светодиодной отражательной лампой в 2007 г. Toshiba в марте 2009-го выпустила на рынок новую светодиодную лампу, эквивалентную 40-Вт лампе, при этом заявив на нее рекомендуемую производителем цену (manufacturer suggested retail price, MSRP) в ¥10 500 (около €75) и розничную цену (street price) ¥8 000 (около €57). Так как, например, ее форма и размеры точно соответствовали эквивалентной по мощности лампе накаливания, этот продукт представлял собой революционный этап развития.
- Компания Sharp, вышедшая на рынок светодиодной продукции лишь в 2008 г., в июне

¹ Lighting Giant Philips Starts Revolution, <http://www.alighting.com.cn/news/view/395.html>

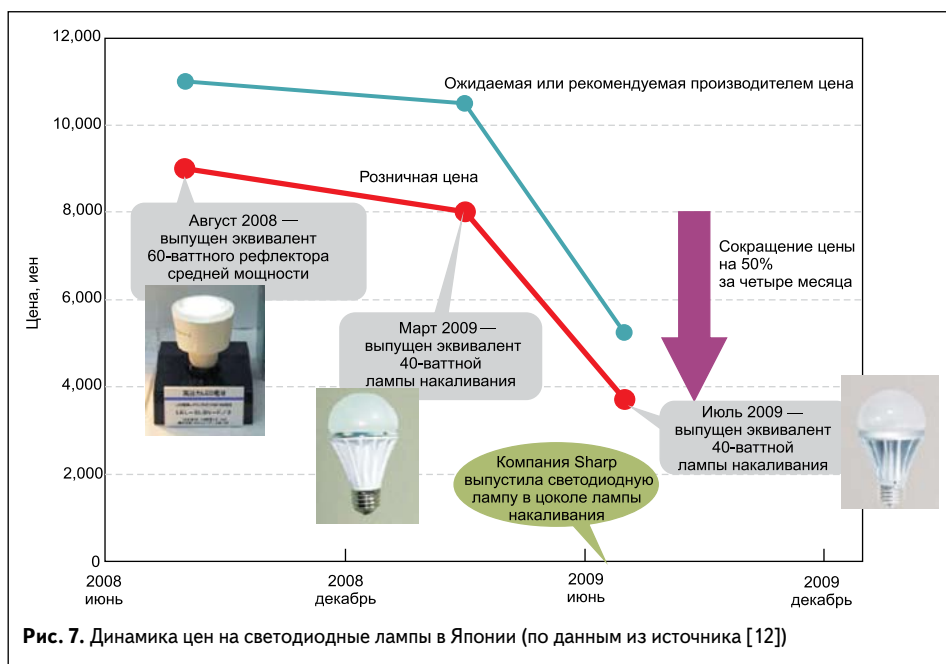


Рис. 7. Динамика цен на светодиодные лампы в Японии (по данным из источника [12])

2009-го выпустила первую светодиодную лампу, эквивалентную 60-Вт, по розничной цене в ¥4000 (около €28, т. е. в два раза дешевле изделия компании Toshiba) и вызвала тем самым взрывную волну в области производства электроники.

- Под внешним давлением Toshiba Lighting & Technology менее чем через две недели после Sharp выпустила светодиодную лампу, эквивалентную 60-Вт, по рекомендуемой производителем цене ¥5000 (около €35) и розничной цене ¥4000 (около €28). Таким образом, стоимость светодиодной лампы снизилась в два раза всего лишь за четыре месяца.
- Компания Escogica Inc., вышедшая на рынок светодиодных ламп лишь в апреле 2009 г., снизила цену на свои продукты в течение трех месяцев с ¥7200 (около €51) до ¥3780 (€27).
- Японская IRIS Ohyama Inc. продавала свой продукт сразу за ¥3980 (около €28,4).

Компания NEC Lighting Ltd. также выпустила в августе 2009 г. светодиодную лампу по соответствующей условиям рынка цене, вслед за ней Panasonic в октябре 2009-го в свою очередь также приняла условия рынка.

Sharp объяснила заявленную в июне 2009 г. низкую цену тем, что это была стратегия компании, обусловленная поздним выходом на рынок светодиодных ламп. Светодиодные лампы имеют срок эксплуатации в 40 раз больше, чем обычные лампы накаливания, поэтому и цена на эквиваленты 60-Вт лампам была также установлена выше в 40 раз. Ясно, что в данном случае для компаний речь шла не о доходе, а в первую очередь об определенной доле на рынке в буду-

щем. Специалисты придерживаются мнения, что в ближайшие месяцы не будет дальнейшего снижения цен, так как сначала должен быть решен ряд технических вопросов.

Снижение расходов

Обусловленные политикой компаний цены на светодиодные лампы не соответствуют возникшим во время разработки и производства реальным затратам, которые и до сих пор еще не окупились. Перед производителями стоит задача снизить все еще очень высокие расходы постепенно до такого уровня, чтобы светодиодные лампы стали для потребителей доступным массовым продуктом, и производители остались в плюсе. Поэтому компании активно работают над оптимизацией материалов, конструкций и процессов производства, а также над улучшением параметров светодиодных чипов. В настоящий момент в принципе перепроверяется все, что может оказать влияние на качество и затраты. Чтобы светодиодные лампы смогли действительно полностью прийти на смену лампам накаливания, необходимо, например, улучшить яркость света. Кроме того, нельзя забывать, что светодиодные лампы должны быть лучше вышедших сейчас на рынок флуоресцентных ламп, что пока еще не достигнуто.

В источнике [13] на примере различных изготовителей светодиодных ламп детально описано, в каком направлении проводятся работы по оптимизации материалов и конструкций, чтобы в итоге обеспечить высокоэффективное производство с низкими затратами.

Компания Toshiba Lighting & Technology в 2009 г. в новой серии светодиодных ламп изменила следующие параметры и свойства по сравнению с предыдущим поколением:

- перестала окрашивать алюминиевый корпус лампы;
- перестала использовать декоративные кольца;
- отказалась от материала-наполнителя при монтаже модулей напряжения в заднюю часть лампы, сделанную из полимера;
- проредила компоненты-носители схемы для получения большего места под монтаж силового модуля, чтобы упростить его конструкцию;
- заменила FR4-ПП силового модуля на ПП с бумажно-фенольным наполнителем;
- уменьшила толщину стенок алюминиевого корпуса;
- понизила количество светодиодных чипов на субстрате с шести до трех, увеличив при этом их силу света и уменьшив таким образом расход мощности лампы, а также тепловыделение, что, в свою очередь, позволило отказаться от наполнителя, предназначенного для отвода тепла.

Несмотря на то, что некоторые изменения могут показаться тривиальными, по мнению менеджера компании Toshiba в сумме они способствуют значительной экономии материала и времени изготовления, что позволяет сократить расходы на производство светодиодных ламп. Однако существуют и противоположные мнения представителей японской электронной промышленности.

Компания ROHM пытается сократить затраты за счет инноваций в корпусировании светодиодов и делает это иначе, чем конкуренты. Так, она использует комплекты из 400 маломощных светодиодных чипов, каждый с площадью контактирования 1,6×0,8 мм² и мощностью в 0,1 Вт. Такие производители, как Toshiba, идут по противоположному пути: они используют комплекты высокомоощных LED в 1 Вт или больше, так как придерживаются тенденции к сокращению числа монтируемых светодиодных чипов. По такому же принципу происходит повышение степени интеграции микросхем.

ROHM может своим способом производить на высокопродуктивных монтажных установках недорогую массовую светодиодную продукцию с большими допустимыми погрешностями параметров отдельных чипов, при этом погрешности параметров массовой светодиодной продукции статистически компенсируются за счет большого числа чипов. Компания не хочет использовать мощные светодиодные чипы до тех пор, пока их цена значительно не снизится. Монтаж большого числа чипов с различной ориентацией выгоден еще и потому, что из-за абсолютно разных направлений излучения чипов можно отказаться от привычного использования дополнительной рассеивающей свет линзы (диффузора). Еще одно преимущество состоит в небольших затратах на охлаждение.

Японские ученые считают, что при использовании еще более мощных светодиодов в лампах естественные возможности охлаждения будут исчерпаны через один-два года [13].

Таблица. Сравнение некоторых ключевых параметров 60-Вт светодиодных ламп компаний Sharp и Toshiba

Параметр	Производитель	
	Sharp	Toshiba Lighting & Technology
Потребляемая мощность, Вт	7,5	6,9
Световой поток, лм	560	565
Цена, ¥/€	3980 / ~28,43	3880 / ~27,7
Выход на рынок	11.06.2009	22.06.2009
Эффективность, лм/Вт	74,7	81,9

Возрастающие потери тепла микрочипов в будущем станут одним из наиболее критических факторов, поскольку автоматически приводят к использованию более дорогих материалов, выдерживающих более высокую тепловую нагрузку. Кроме того, это приведет к сокращению срока эксплуатации светодиодных ламп. А монтаж корпусов мощных светодиодов преимущественно на субстраты с металлической основой ведет к проблемам равномерного отвода тепла. Поэтому ведется поиск новых высокоэффективных субстратов.

Так, японская компания Denki Kagaku Kogyo KK разработала Advanced Grade Solid-bump Process (AGSP) субстрат с улучшенными теплоотводящими свойствами. Часто используемые до сих пор керамические носители, при использовании которых серебряные пасты наносятся на нитрид алюминия, требуют больших затрат в производстве. Хотя носители AGSP имеют меньшую теплопроводность, чем керамические, из-за невысокой стоимости их изготовления они являются хорошей временной альтернативой.

Необходимо стремиться к улучшению параметров светодиодных чипов, в том числе за счет изменения их структуры и монтажа, а также за счет использования новых материалов. Недавно найденное для повышения эффективности светового излучения решение основывается на нанесении слоев нитрида галлия (GaN) на носитель. Компания OSRAM Opto Semiconductors создает такие структуры на сапфировых субстратах.

В источнике [13] описаны и другие направления, по которым ведется работа для создания более дешевых светодиодных ламп. Например, японская компания Scivax Corrogation использует технологию нанопечати для малозатратных процессов травления, а Mitsubishi применяет m-plane GaN для повышения эффективности излучения светодиодных чипов.

Развитие рынка светодиодных ламп в Японии

Названные выше многочисленные технические проблемы на пути к получению высокоэффективных светодиодных ламп заставляют задуматься, насколько быстро перестанет использоваться лампа накаливания — во всем мире и в частности в Японии. Развитие рынка в направлении использования энергетически значительно более эффективных светодиодных ламп обусловлено прежде всего низкой энергоэффективностью ламп накаливания. Так же как и учреждения Евросоюза, японские государственные организации (Министерство экономики, торговли и промышленности и Министерство окружающей среды) потребовали, чтобы производство и продажа ламп накаливания были прекращены к 2012 г. Промышленность Японии действует соответствующим образом и информирует общественность о сроках прекращения выпуска продукции. Флуоресцентные энергосберегающие лампы все больше приходят на место ламп накаливания. Тем не менее, по мнению японцев, это временный процесс, так как в ближайшие десять лет светодиодные лампы станут все более привлекательными, не в последнюю очередь благодаря энергетическим преимуще-

ствам и плюсам относительно их применения по сравнению с другими видами ламп. Они имеют, как уже упоминалось ранее, совершенно новые потребительские свойства. Томيو Ори, генеральный директор LED Devices Development Center, Lighting Manufacturing Business Unit of Panasonic Electric Works Co., считает, что к 2012 г. по технологии производства и экономичности светодиоды догонят и частично обгонят флуоресцентные лампы [12].

В Японии недавно был пересмотрен закон, касающийся рационального использования энергии. Правительство призывает обратиться ко все увеличивающимся возможностям светодиодных источников в освещении общественных заведений, таких как магазины, торговые дома, рестораны и др., включая рекламу. Тот, кто уже видел ночное «море света» в Токио, хорошо понимает данную проблему. Другие пользователи освещения, такие как ЖКХ, автозаправочные станции, заводы и прочие, где требуется установка осветительных приборов на большой высоте, с чем связана большая стоимость их замены, скоро убедятся в преимуществах светодиодного освещения по сравнению с флуоресцентными лампами, поскольку они выходят из строя не так быстро и могут выдерживать постоянные низкие температуры. Для изготовителей холодильников и морозильных камер светодиодные осветительные приборы также представляют собой интересную альтернативу.

Уже более половины участников проведенного в Японии опроса (58,5%) считают, что они готовы в применении светодиодного освещения, если соотношение цены и качества будет убедительным [12]. Преимуществами также считаются небольшой вес LED-источников освещения и их небольшие размеры.

В ближайшие годы убедиться в этом будет несложно. Если посмотреть на практическое применение, то оказывается, что эффективность излучения светодиодов постоянно растет. В соответствии с дорожной картой Японской ассоциации светодиодов (JLEDS) 2008 г., высокоэффективные светодиоды дневного света уже в 2009 г. должны были показать светоотдачу 120 лм/Вт, а к 2015 г. достигнут 150 лм/Вт. Согласно мнению специалистов из промышленности, в число которых входит Норихиде Ямада, вице-президент отдела Japan Business компании Philips Lumileds Lighting, эти значения станут реальностью уже через два-три года, то есть даже раньше. Компанией уже были достигнуты 120–130 лм/Вт, и актуальной целью является 150 лм/Вт. Однако при этом должны быть также созданы условия для серийного производства.

При этом нельзя не учитывать, что потери электропитания, тепловые эффекты и другие факторы снижают общую эффективность излучения осветительного прибора примерно на 30–50%. Тем не менее уже сейчас появились светодиодные лампы со светоотдачей системы в 80 лм/Вт и выше. Так как высокочастотные флуоресцентные лампы имеют 100 лм/Вт, светодиодные лампы их уже практически догнали. Компании Toshiba Lighting & Technology удалось повысить эффективность излучения с 68 лм/Вт (белый свет) до 81,9 лм/Вт в 2009 г., то есть на 20%, в течение одного года. Если

темпы развития сохранятся, то показатель в 100 лм/Вт будет получен уже в 2011–2012 гг.

Развитие мирового рынка

Вице-президент компании Philips Lighting г-н Деннеман проинформировал о том, что Philips занимается реализацией трехэтапного плана по сокращению расхода энергии [14]:

1. Замена во всем мире традиционных осветительных приборов высокоэффективными источниками света и обеспечение их «экологического» использования.
2. Поддержка использования твердотельных осветительных приборов, таких как светодиодные лампы.
3. Развитие новых применений.

В соответствии с данной программой первый этап замены источников света проводится постепенно совместно с другими производителями световых приборов: сначала происходит переход со старых источников освещения, таких как классические люминесцентные лампы и лампы накаливания, на флуоресцентные энергосберегающие, а затем следует переход на высокоэффективные флуоресцентные источники света.

Международное энергетическое агентство (International Energy Agency, IEA) придерживается мнения, что около 26% расхода энергии во всем мире связано с использованием ламп накаливания. В связи с этим первый этап является очень сложным для всех участников. Второй этап с использованием осветительных приборов с мощными светодиодами будет происходить параллельно, но с некоторой задержкой. Здесь, как и в Японии, следует ожидать, что с 2012 г. начнется постепенный переход в глобальную эру светодиодного освещения. ●

Примечание. Оригинал статьи опубликован в журнале *PLUS (Produktion von Leiterplatten und Systemen, Германия, 2010, № 2)*.

Литература

1. www.isuppli.com, www.evertiq.com/news/14715
2. www.time.com/time/specials/packages/completelist/0,29569,1934027,00.html
3. www.lightingprize.org
4. www.lichttechnik.tu-darmstadt.de
5. www.smarthouse.com.au/Automation/Lighting/U4W3T6Q9
6. http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20091029/177103/
7. www.tlt.co.jp/tlt/index_e.htm
8. http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20091001/175915/
9. www.nichia.com
10. www.sharp-world.com/corporate/news/091218_1.html
11. http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20091224/178872/
12. <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20091126/178024/>
13. <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20091126/178025/>
14. <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20091029/177084/>