

В докладе приведено описання досліджень світотехнічних параметрів сверхъярких светодиодов. Приведены результаты нескольких исследований. Анализируется эффективность применения сверхъярких светодиодов, использование этих источников света в различных целях. Также в докладе представлены преимущества и недостатки светодиодов различных производителей.

УДК 628

С. П. Приказчик, асп
Харьковская национальная академия городского хозяйства

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВЕТОДИОДОВ

Светодиоды, как источники света охватывают в наше время все больше областей применения. Те свойства, которые они приобрели за последние годы, выводят их в лидеры среди других источников света. Но при всех преимуществах светодиодов и светодиодных систем освещения существует ряд вопросов, не правильное решение которых, ведет к ухудшению качества работы, как отдельных полупроводниковых источников света, так и осветительных систем на их основе. В результате иногда теряется одно из главных преимуществ этих источников света – срок службы, а также других выходных параметров.

Когда говорят о преимуществах светодиодов по сравнению с традиционными источниками света, как правило, срабатывает стереотип о ста тысячах часов, экономичности, надежности и т.п. На самом деле все гораздо сложнее. Во-первых, если речь идет о мощном полупроводниковом источнике света (полупроводниковой лампе), недостаточно просто иметь надежный и эффективный кристалл. В реальных условиях эксплуатации более 50% ресурса лампы зависит от того, как этот кристалл скорпусирован. Пластмассовый корпус, медное теплоотводящее основание, пластиковая линза (описанная конструкция представлена на рис.1) – стандартный набор элементов светодиодных ламп большинства производителей – отнюдь не способствуют максимальному использованию ресурса кристалла. Например, пластиковая линза для белых и синих светодиодных ламп становится причиной снижения светового потока за счет ее помутнения под влиянием излучения УФ-диапазона. Эвтектическая посадка кристалла на медное основание приводит к тому, что при низких температурах резко возрастает количество вышедших из строя приборов из-за растрескивания кристалла под действием термоудара. Пластмассовый корпус не позволяет эффективно рассеивать дополнительное тепло в окружающую среду (увеличивается тепловое сопротивление переход – окружающая среда). Во-вторых, типовая эффективность приборов многих производителей находится на уровне 20-30 лм/Вт, что значительно ограничивает области применения таких устройств. Пример устройства светодиода представлен на рис. 1.

Ситуация начала изменяться три года назад, когда на рынок светодиодных ламп пришел новый игрок – Cree Lighting. Компания Cree предложила потребителю уникальные изделия в металлокерамических корпусах с линзой из кварцевого стекла, обладающие в 2-3 раза большей эффективностью. Это, с одной стороны, привело к значительному снижению цен на серийную продукцию других производителей, а с другой стороны, подвигло ближайших конкурентов – Lumileds, Nichia – к интенсификации собственных исследований.

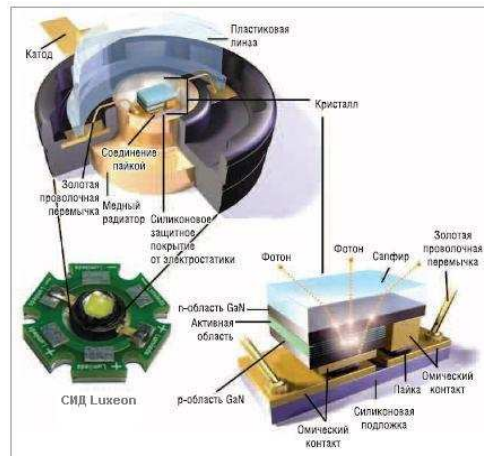


Рис.1 – Сверхъяркий светодиод на алюминиевой подложке.

Компания «Прософт», дистрибьютор компании Cree Lighting в России, провела исследования полупроводниковых ламп Cree в период 2003-2006 гг., которые показали, что за указанный период непрерывной работы снижение светового потока у кристалла 465 нм (основной кристалл для белых светодиодных ламп) составило 3%.

Исследования в области светоизлучающих полупроводниковых структур на основе нитрида галлия, активно проводимые в США и Японии в течение последних лет, позволили вплотную приблизиться к эре «холодного» энергосберегающего света.

Ведущими производителями мощных светодиодных источников света являются Cree Lighting, Nichia, Lumileds Lighting, Epistar, Osram (частично использует кристаллы компаний Lumileds и Cree), а также Seoul Semiconductor и Edixeon, использующие кристаллы компании Cree.

Исследуя каждый конкретный светодиод, помимо его технических характеристик, совсем немаловажно знать на основе кристалла какого производителя он изготовлен.

Как правило, знание этого обстоятельства, сразу ответит на многие вопросы опытному пользователю светодиодами еще до рассмотрения им технических данных этих источников. Очень часто под маркой одной и той же фирмы намеренно поставляют светодиоды различных производителей ряда стран, которые не всегда строго выдерживают конструктивные и технологические требования. Соответственно параметры таких светодиодов не всегда соответствуют паспортным данным.

Однако любая наука базируется на исключительно объективных сведениях. Получение их – довольно непростое дело. Во внимание нужно брать лишь физические величины, цифры, показания приборов и сравнительные характеристики на их основе.

При исследовании светодиодов различных производителей необходимо все образцы исследовать по одинаковой методике, при одинаковых условиях и с максимально возможным количеством измеряемых параметров. Помимо величин, изменяющихся в зависимости от прямого тока через кристалл, поддающихся моделированию или измерению (световой поток или сила света – люмен – Амперная характеристика, ВАХ, зависимость координат цветности от прямого тока и т.д.), есть и такие, как например, срок службы, необратимая деградация и т.п., которые не могут быть достоверно установлены в зависимости от изменения вышеуказанного параметра. Значения этих характеристик возможно косвенно предположить исходя из определения степени близости условий работы кристаллов при различных токах к условиям их работы на нормируемом производителем токе и нормируемым при этом токе срокам службы. А также, анализируя поведение спектральных и фотометрических характеристик излучения при боль-

ших токах, можно достаточно точно судить о «здоровье» кристалла, светодиода в целом и его возможном потенциале.

Необходимость данных таких исследований возникает при моделировании новых конструкций светодиодных устройств, учитывающих возможность работы кристаллов при больших плотностях тока, прогнозов ухода параметров при колебаниях температуры окружающей среды.

Было проведено исследование некоторых параметров светодиодов разных компаний-производителей. Для этого было разработано устройство, позволяющее поочередно включать светодиоды и регулировать величину подводимого к светодиоду тока. Исследования проводились для светодиодов двух компаний Edixeon и Luxeon. Из светодиодов компании Edixeon был взят светодиод серии K, из номенклатуры светодиодов компании Luxeon было принято решение взять светодиод серии Rebel. Конструкция обоих диодов представляла собой светодиод на алюминиевой подложке. В светотехнической лаборатории было проведено измерение силы света светодиодов при различных значениях тока (0,35А; 0,7А; 1А) и с различными углами излучения. Некоторые результаты исследования приведены на рис. 2. Полученные данные мы могли сравнивать только в случае без применения вторичной оптики, так как оптика для светодиодов одного производителя не может применяться для светодиодов других производителей. По результатам данного исследования были рассчитаны кривые силы света осветительных приборов на основе исследуемых светодиодов. Расчетные кривые силы света некоторых осветительных приборов приведены на рис. 3.

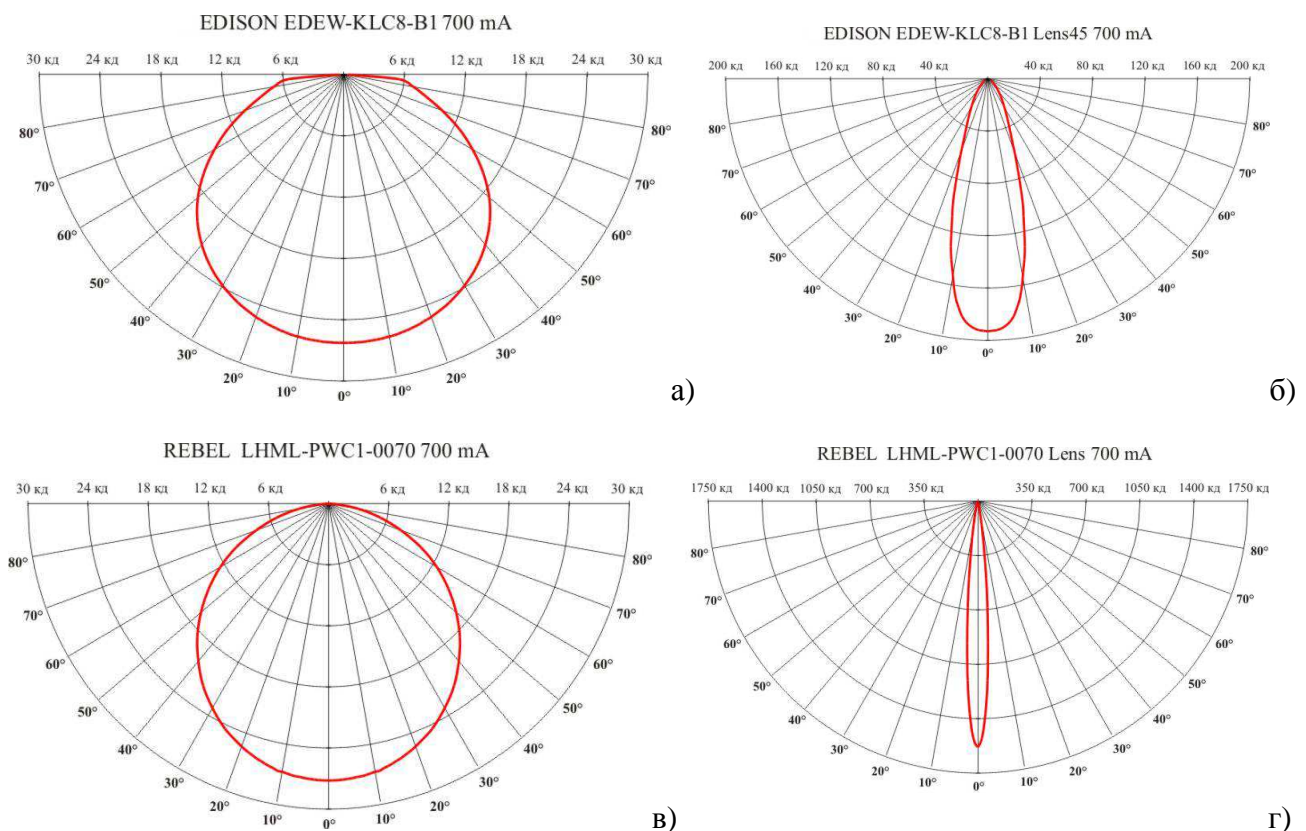


Рис. 2 – Результаты исследований: светодиод компании Edixeon без вторичной оптики (а) и применением линзы 45° (б); светодиод компании Luxeon без вторичной оптики (в) и применением линзы (г) – подключенные на 0,7А.

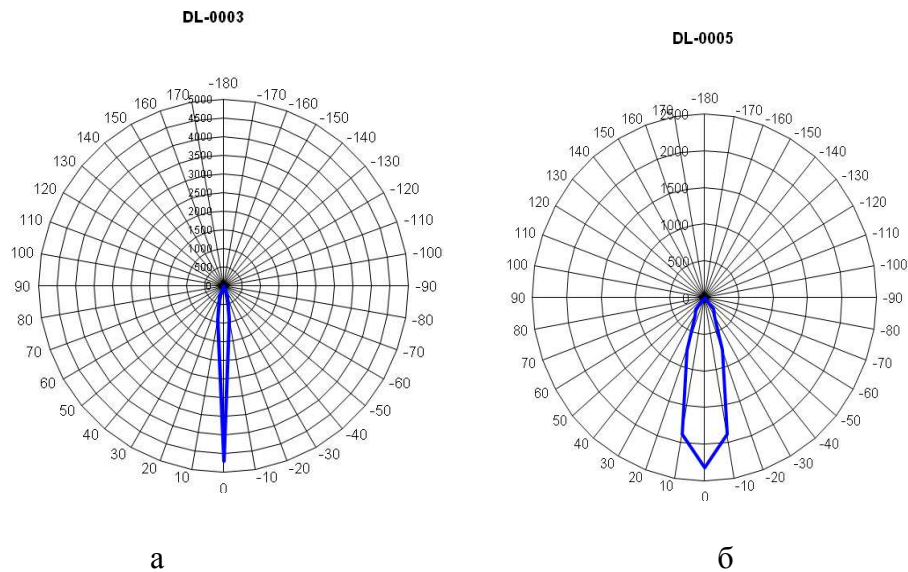


Рис.3 – Расчетные КСС осветительных приборов: DL-0003 – 3 светодиода (линза 25°) и DL-0005 – 12 светодиодов (линза 45°)

При тех же значениях тока (0,35А; 0,7А; 1А) с помощью измерительного прибора «Люксметр» проведены замеры освещенности плоскости, перпендикулярной осевой линии излучения светодиода. Угол излучения светодиода составлял 140°. Расстояния от светодиода до плоскости были выбраны следующие: 0,3м; 0,6м; 0,9м; 1,2м; 1,5м. Полученные замеры пересчитали для каждого значения тока в процентном соотношении к максимальному значению – при расстоянии до плоскости 0,3м. По результатам проделанной работы видно, что для обоих светодиодов, при всех возможных величинах тока, на расстоянии до плоскости 0,6м плотность светового потока уменьшилась до 20-30%. Дальнейшее увеличение расстояния до плоскости показало, что плотность светового потока плавно уменьшается с 20-30% (0,6м) до 6-8% (1,5м) у светодиода компании Edixeon серии К. А вот у светодиода Luxeon серии Rebel при переходе с расстояния 0,6м на расстояние 0,9м произошел скачок величины плотности светового потока с 20-25% до 8-10% от максимального значения.

Также с помощью термопары с вторичным блоком, подключенной к электронному вольтметру марки UT70A, были произведены замеры температуры подложки указанных светодиодов при токе 0,7А и 1А. В ходе исследования выяснилось, что период установления стабильной температуры подложки составляет 30-40 минут. При токе 0,7А температура подложки светодиода Rebel составила 39°C, а светодиода серии К - 36°C. При токе 1А температура подложки светодиода Rebel составила уже 45°C, а светодиода серии К - 41°C.

Результаты этих исследований показывают, что в процессе работы светодиоды разных производителей ведут себя по-разному. Поэтому прежде чем применить какие-либо светодиодные источники света, необходимо досконально изучить поставленную задачу и зная результаты исследований светодиодов выбрать те, которые дают результаты наиболее приемлемые в конкретной задаче.

Разработана методика исследования цветовых параметров светодиодов. Для этого был создан макет экспериментальной установки, который состоит из блока с кассетами, в которые вмонтированные избирательные светофильтры и фотометрической сферы, у входного отверстия расположен приемник излучения. Экспериментальная установка дает возможность широтно-импульсного регулирования светового потока светодиодов. Объектом исследования был взят ряд светодиодов красного цвета, выб-

ранных из одной партии. Были произведены измерения цветовых характеристик светодиодов с применением различных светофильтров при различных длительностях импульса. Среди примененных светофильтров были основные (красный, зеленый, синий) и дополнительный (корректирующий и красно-зеленый). Измерения цветовых характеристик и расчет координат цвета светодиодов проводились в условной колориметрической системе. Перевод координат из условной системы в систему XYZ осуществлялся по общепринятой методике. Коэффициенты для перехода определяются с помощью светофильтров или светодиодов с известными координатами цвета. Координаты цветности также определяли по общепринятой методике.

Координаты опорного светодиода составили следующие значения: $x=0,69$; $y=0,3$. Координаты исследуемого светодиода составили следующие значения: $x=0,7$; $y=0,29$. Из проведенного исследования видно, что светодиоды могут отличаться по цветности свечения. Поэтому для применения в одном осветительном приборе нескольких светодиодов, необходимо исследовать цветность их свечения и подбирать светодиоды с одинаковыми координатами цветности.

На системном уровне преимущества полупроводниковых источников света зависят от конкретного использования. Так, например, в аварийном освещении полупроводниковые источники света приходится сравнивать с компактными люминесцентными лампами. По светоотдаче оба источника света практически эквивалентны, однако благодаря низкому питающему напряжению светодиодных ламп КПД преобразования при питании от аккумуляторной батареи оказывается значительно выше, что позволяет увеличить время непрерывной работы или уменьшить размеры и стоимость батареи. При серийном производстве полупроводниковый светильник может оказаться еще и практически эквивалентным по стоимости люминесцентному источнику, обеспечивая при этом в 2-3 раза больший ресурс.

А при использовании светодиодов в общем освещении там, где нужен большой световой поток, они значительно уступают по экономической целесообразности линейным люминесцентным лампам, энергосберегающим и металлогалогенным лампам. Однако существуют и другие факторы, увеличивающие экономическую целесообразность применения светодиодов и позволяющие делать светильники с недоступными для других источников света характеристиками:

- Полезный световой поток в процентном отношении к общему световому потоку у светодиодных светильников значительно выше, чем у светильников с люминесцентными и энергосберегающими лампами. Следствием вышесказанного является возможность уменьшить полный световой поток, а следовательно и потребляемую мощность у LED светильника по сравнению со светильниками с люминесцентными или энергосберегающими лампами (при одинаковой освещенности освещаемой поверхности).
- Низкий уровень излучения в УФ-диапазоне. Это свойство имеет большое значение там, где важно обеспечить сохранность во времени освещаемых предметов (освещение картин, фотографий, старинных предметов). Остаточный уровень УФ излучения люминесцентного светильника с защитной пленкой оказался значительно выше, чем у LED светильника.
- Возможность легко подобрать светодиоды белого свечения необходимой цветовой температуры от 3000 К до 10000 К (так как производятся светодиоды белого цвета свечения, имеющие до 8 градаций оттенков белого света).
- Разнообразие и компактность вторичной оптики позволяет делать светодиодные светильники с оптимальными светотехническими характеристиками.

- Небольшие размеры светодиодных светильников позволяют устанавливать их в местах недоступных для других светильников, что может сделать их менее заметными, уменьшить ослепляемость. Небольшие размеры, очень большой срок службы и высокая виброустойчивость облегчает изготовление антивандального исполнения, что в ряде случаев очень важно
- Высокая электробезопасность LED светильников связана с тем, что питание осуществляется от низковольтных источников постоянного напряжения через драйверы, имеющие встроенную защиту от короткого замыкания. Это дает возможность использовать их в специальном исполнении там, где требуется повышенная пожаробезопасность, взрывобезопасность, а также в помещениях с повышенной опасностью поражения электрическим током.
- В холодильных установках (хранилищах), где температура ниже 18°C – светодиоды устойчивы к холоду и влаге.

Однако все это имеет значение только в случае, если используются светильники, в которых правильно рассчитан тепловой баланс и не допускается перегрев светодиодов, т.к. у светодиодных кристаллов при превышении предельно допустимой для них температуры резко усиливается деградация (уменьшение светового потока, изменение цветности) и уменьшается срок службы.

Высокая долговечность этих источников света, стойкость к ударам и механическим нагрузкам, низкое энергопотребление, возможность гибкого управления световыми характеристиками делают их особенно привлекательными для ответственных применений на производстве, транспорте, в горнодобывающих и других отраслях промышленности, как в качестве автономных компактных источников света, так и светильников, устанавливаемых в труднодоступных местах, например, в тоннелях и на мачтах городского освещения. В ряде применений такие преимущества, как взрывобезопасность и экологичность (отсутствие ртути и других тяжелых металлов) являются решающим аргументом в пользу полупроводникового источника света. Вообще, во многих странах проблема утилизации люминесцентных ламп делает актуальным перевод на полупроводниковые источники света не только специального, но и уличного освещения.

Исходя из всего вышесказанного для более качественного использования полупроводниковых источников света и систем освещения на их основе необходимо тщательное изучение параметров существующих светодиодов, а также новых светодиодных разработок различных компаний-производителей. При разработке новых светодиодных конструкций (систем освещения, отдельных осветительных приборов) необходимо учитывать полученные в ходе исследований результаты. А значит необходимо подбирать светодиоды с одинаковой цветностью свечения для цветных светодиодов, а для белых диодов – с одинаковой цветовой температурой и параметрами наиболее подходящих к поставленной задаче. Необходимо свести влияние существующих недостатков светодиодов на работу и срок эксплуатации готовых конструкций к минимуму. Необходимо усовершенствовать методы диагностики параметров светодиодов и приборов на их основе, разработать приборы для оперативного контроля параметров этих источников света. Разработана методика контроля цветовых характеристик светодиодов методом компарирования.

Литература

1. «Прософт» формирует рынок полупроводниковой светотехники. // Компоненты и технологии, №7, 2006. – С.14-16.
2. www.expomir.com/docs/led_svet.doc
3. www.expomir.com/?page=s_led_use

4. www.screens.ru

5. Паспортные данные серий светодиодов Luxeon, Edixeon.

ДОСЛІДЖЕННЯ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СВІЛОДІОДІВ

С.П. Приказчик

В доповіді приведений опис досліджень світлотехнічних параметрів надяскравих світло діодів. Наведені результати деяких досліджень. Аналізується ефективність використання цих джерел світла у різноманітних цілях. Також у доповіді представлені переваги та недоліки різних виробників світло діодів.

THE INVESTIGATIONS OF LIGHT-ENGINEERING PARAMETERS OF LIGHT-EMITTING DIODES

S.P. Prikazchik

The description investigations light-engineering parameters of superbright light-emitting diodes are presented in the report. The results of some investigations are reduced. Efficiency of application superbright light-emitting diodes, use of these light sources in the various purposes is analyzed. Also the advantages and the deficiency of superbright light-emitting diodes by different producer are presented in the report.