

DOI: 10.33942/sit1701

УДК 628.9

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДОВ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА ДЛЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Азамжан уулу А.*магистрант МУИТ, Кыргызстан, г. Бишкек, ул. Анкра 1/17, тел: 0312-44-9903, ruslan.kg.77@mail.ru*

Аннотация: Работа посвящена теме использования светодиодов в качестве источников света для светотехнических изделий. Рассматриваются исторические аспекты развития технологии изготовления светодиодов, делается обзор современной продукции основных производителей. Приводятся описания и обсуждаются результаты сравнения светодиодов с широко используемыми источниками света. Результаты показывают, что СИД являются перспективными для применения в системах освещения.

Ключевые слова: освещение, диод, лампа, электроэнергия, энергопотребление, светоотдача, светодиод, свет, энергия, эффективность

APPLICATION OF LEDS AS LIGHT SOURCES FOR LIGHTING PRODUCTS

Azamgan uulu A.*graduate student, INUIT, Bishkek, st. Ankara 1/17, phone: 0312-44-9903, ruslan.kg.77@mail.ru*

Abstract: Working on the theme of using LEDs as a light source for lighting products. The historical aspects of the manufacture of LED technology, provides an overview of current products major manufacturers. Descriptions and discuss the results of the comparison with light-emitting diodes are widely used light sources. The results show that LEDs are promising for use in lighting systems.

Keywords: lighting, diode, lamp, electric power, power consumption, light output, LED, light, energy, efficiency

Светодиоды – это приборы, излучающие свет, изготовленные с применением полупроводниковых материалов. Благодаря механизму полупроводимости и сопутствующей ему рекомбинации в месте контакта двух полупроводников с разными типами проводимости светодиоды превращают электрический ток, по ним протекающий, в свет, без дополнительных преобразований. Термин «рекомбинация» по отношению к физике полупроводников означает исчезновение пары свободных носителей противоположного заряда с выделением энергии. Светодиоды обозначаются короткой аббревиатурой буквами кириллицы – СД (светодиод), или СИД (светоизлучающий диод), или же латинскими буквами LED (Light Emitting Diode – с английского «светоизлучающий диод»). Как делают светодиоды Светодиоды – это кристаллы, выращенные или нарощённые из химических элементов на основе полупроводников и помещённые в специальный для каждого вида светодиодов корпус.

Технологии изготовления светодиодов разнятся в зависимости от вида светодиода. Изготавливают светодиоды с добавлением различных химических элементов – полупроводников, неполупроводниковых металлов и их соединений и легирующих, то есть придающих составу определенные характеристики, примесей. Процесс изготовления светодиодов выглядит, примерно, следующим образом: Пластины, служащие в качестве подложки будущих кристаллов светодиодов, помещают в специальную герметичную камеру. Такие пластины изготовлены из

удобных для наращивания светодиодов материалов, например, из искусственного сапфира, у которого подходящая для этого кристаллическая решетка. После того, как пластину помещают в герметичную камеру, эту камеру заполняют смесью газообразных химических веществ на основе полупроводников и легирующих добавок. Внутренность такой камеры начинают нагревать. В процессе этого нагрева химические элементы, находящиеся до этого в газообразном состоянии, осаждаются на пластине. Процесс длится несколько часов и за это время на подложке наращивается несколько десятков слоев общей толщиной лишь несколько микрон. Отличие в толщине пластины до и после наращивания не различимо на глаз. Затем с помощью трафарета на пластину напыляются золотые контакты, после чего ее разрезают на мельчайшие части. Каждая такая часть – это отдельный кристалл светодиода со своими контактами.

Размеры ее очень малы, и разглядеть ее в деталях можно лишь под микроскопом. На следующем этапе готовые кристаллы вставляют в корпус и по необходимости покрывают слоем люминофора. Какой именно корпус и какое именно количество кристаллов в него вставят зависит от того, где и как данный светодиод будет использоваться в дальнейшем. Все светодиоды отличаются друг от друга как отпечатки пальцев – нет двух идентичных по своим характеристикам светодиодов. Поэтому на следующем этапе происходит сортировка светодиодов по двум-трем сотням параметров, для того чтобы отобрать наиболее близкие друг другу по мощности, форме, цветовой температуре и другим характеристикам светодиода. Затем светодиоды проверяют на работоспособность на испытательных стендах, а лишь затем из них изготавливают светодиодные лампы, ленты или используют в других сферах применения. Виды светодиодов Существует много видов светодиодов. Прежде всего светодиоды разделяются по применению. В основном по применению светодиоды подразделяются на два вида – индикаторные светодиоды и осветительные светодиоды. Еще светодиоды подразделяются по способу монтажа на монтажную плату.

Индикаторные и осветительные светодиоды монтируются разными способами.

Индикаторные светодиоды Индикаторные светодиоды обычно относятся к DIP типу светодиодов (Dual In-line Package) или называется по-другому – DIL (Dual In-Line – англ. двойное размещение в линию). Также этот способ монтажа именуется РНТ (Plating Through Holes – англ. через отверстие платы). К индикаторным можно отнести и светодиоды типа – Super Flux (обычно переводят как сверхяркие), называемые также – пиранья. Это светодиоды различных цветов в квадратном прозрачном корпусе с четырьмя выводами. Используются такие светодиоды в автомобилях, световой рекламе, декоративной подсветке. Индикаторные светодиоды, как понятно из их названия, используются для индикации работы различных приборов и аппаратов. К примеру, огонек на панели телевизора – это работа индикаторного светодиода.

Индикаторные светодиоды, излучающие невидимый глазу инфракрасный свет, применяются в пультах дистанционного управления. Также индикаторные светодиоды применяются в автомобилях. светофорах, для подсветки LED мониторов и экранов.

Отдельно выделяются OLED (Organic Light Emitting Diode), так называемые органические светодиоды, на основе действия которых осуществляется не просто подсветка жидкокристаллических экранов, а полностью работа OLED мониторов и телевизоров. Осветительные светодиоды Для освещения применяют светодиоды, излучающие белый свет. Обычно они подразделяются на излучающие холодный белый, просто белый и теплый белый цвета. Для получения излучения белого света применяется RGB технология (см. Цветовая температура светодиодов). Пожалуй, это наиболее дешевый и распространенный метод, но при его использовании ухудшается

индекс цветопередачи светильников, то есть при таком освещении изменяются для зрительного восприятия цвета освещаемых предметов. Другой метод получения белого света заключается в том, что светодиод, излучающий невидимый глазу ультрафиолет, покрывается тремя видами люминофора, излучающими при их возбуждении голубой, зеленый и красный цвета. При смешении этих цветов опять-таки получается излучение белого света. В третьем варианте на голубой светодиод наносят два вида люминофора, излучающих желтый и зеленый или красный и зеленый цвета, в результате чего и получают белый свет. Во втором и в третьем вариантах получается этакая модификация люминесцентной лампы. По способу монтажа осветительные светодиоды бывают SMD типа (Surface Mounted Device – англ. прибор, монтируемый на поверхность). SMD светодиод состоит из подложки, которая может играть роль теплоотвода, если изготавливается из соответствующих материалов, например, алюминия или меди. На подложке располагается кристалл светодиода, припаянный своими контактами к контактам корпуса, в котором заключена подложка. Сверху кристалл закрыт линзой или люминофором, в зависимости от применения диода. И уже на контакты корпуса подается напряжение, когда SMD светодиод вмонтирован в прожектор, в потолочный светильник, на светодиодную лампу или светодиодную ленту. На подложке могут располагаться один, два или три светодиода и соответствующее количество выводов контактов опять-таки в зависимости от того, как светодиод будет применяться. Кроме SMD типа существуют светодиоды COB типа (Chip On Board – англ. чип на плате). На одной плате-подложке, служащей теплоотводом, припаявается большое количество кристаллов, и все они покрываются сплошным слоем люминофора соответствующего состава. Получается один большой светодиод с соответствующей яркостью. Такая технология позволяет упростить и удешевить изготовление светодиодных ламп, а также получить большой световой поток с меньшей площади по сравнению с SMD светодиодами. Светодиоды COB удобно использовать для освещения, для чего они практически и так используются. SMD же светодиоды могут применяться не только для освещения, но и как индикаторные или декоративные. Лампа на SMD светодиодах более ремонтно пригодна – можно заменить один перегоревший светодиод, а в лампе на COB светодиодах придется заменить всю плату-подложку. К тому же лампы на COB светодиодах дают простор для действий недобросовестных производителей – покупатель не может визуально определить количество кристаллов и соотнести их с заявленными характеристиками лампы. Характеристики светодиодов Основные характеристики светодиодов – это рабочий ток, напряжение, мощность, световой поток, сила света (эффективность), цветовая температура, габариты и угол рассеивания. Рабочий ток светодиодов Светодиоды работают только от определенной силы тока. Эта характеристика наиболее важна для работоспособности светодиода.

Если светодиод рассчитан на рабочий ток в 0,02А, то даже небольшое превышение этой величины приведет к быстрой деградации светодиода и выходу его из строя. Чуть более высокое превышение силы тока ведет к мгновенному перегоранию светодиода. Рабочий ток светодиодов различен – более мощные светодиоды работают на более высоком токе. В светодиодных лампах и светильниках установлены драйвера, дающие именно ту величину тока, которая нужна для светодиодов, установленных в этих приборах. Если же требуется подключить светодиод отдельно, то необходимо знать характеристики этого светодиода, чтобы ограничить ток соответствующим драйвером, токоограничивающим резистором или конденсатором. Напряжение светодиодов Рабочее напряжение светодиодов зависит от полупроводников и других химических элементов, использованных при изготовлении этих светодиодов. Так как

применение разных типов материалов для изготовления существующих видов светодиодов ведет к излучению света различных цветов, то рабочее напряжение можно определить по цвету светодиода. Или, говоря другими словами, светодиоды разных цветов имеют разное рабочее напряжение. Для питания светодиодных лент и светильников обычно используются драйвера, дающие на выходе 12 вольт постоянного тока. Если запитывать от такого источника питания цепочку из последовательно соединенных светодиодов с рабочим напряжением 3 вольта, исключив в этом примере падение напряжения на токоограничивающем резисторе, то такая последовательная цепь может состоять только из четырех светодиодов. Пятый светодиод, если включить его в эту цепь, работать не будет. Каждый из светодиодов, грубо говоря, забирает из 12 вольт питания по 3 вольта. Эту характеристику светодиода называют напряжением падения. В данном случае у каждого из светодиодов напряжение падения составляет 3 вольта. Другими словами, падение напряжения – это напряжение, возникающее на выводах светодиода при протекании через него прямого рабочего тока. Эту характеристику иногда и называют рабочим напряжением светодиода. Хотя, строго говоря, таких характеристик, как напряжения питания или рабочее напряжение, у светодиода, как и у любого диода, нет. А есть лишь такие понятия, как падение напряжения и рабочий ток. Мощность светодиодов Мощность светодиода зависит от его рабочего тока и падения напряжения на нем. Падение напряжения разных светодиодов колеблется в диапазоне, примерно, 1,5 – 4 вольта. Рабочий ток индикаторных и маломощных светодиодов обычно составляет 15 – 20 мА. Ток мощных осветительных светодиодов может быть 150, 350, 750 мА и доходить до 1А. При этом необходимо помнить, что применение для светодиодов такого большого тока ведет к их чрезмерному нагреву, быстрой деградации и выходу из строя. Во избежание этого при питании светодиодов большим током, для повышения их яркости, должна использоваться хорошая система охлаждения. Для этого применяются достаточно массивные радиаторы из алюминия или даже меди, а в некоторых случаях принудительный обдув воздухом с помощью вентилятора- кулера. Хорошее охлаждение светодиодов при их работе на большом токе снижает риск потери их работоспособности, но не исключает его совсем. Чтобы определить мощность светодиода необходимо умножить напряжение на силу тока. Если взять максимальные для светодиодов 4 вольта и 1 ампер, мы получим самый мощный светодиод мощностью 4 Ватта. Причем это будет осветительный светодиод, работающий от тока с нехарактерной, искусственно завышенной для светодиодов силой. Поэтому нужно понимать, что, если разговор идет о 10 ваттном или даже 100 ваттном светодиоде, то имеется в виду лампа или светильник, состоящие из нескольких штук или десятков штук светодиодов. Или же речь идет о светодиодной сборке, например, COB типа.

Иными словами, 100 кристаллов- светодиодов, каждый мощностью 1 Ватт, припаиваются на единую плату и заливаются слоем люминофора. Так и получается светодиод мощностью 100 Ватт. Световые характеристики светодиодов – световой поток, освещенность, световая отдача и угол рассеивания Осветительные светодиоды испускают более мощный световой поток при том же или меньшем потреблении электрической энергии, что и другие источники освещения. Соответственно освещенность лампами и светильниками на светодиодах какого-либо пространства более велика, чем освещенность лампами накаливания, люминесцентными и другими такой же или большей мощности. Естественно и световая отдача осветительных светодиодов лучше, то есть они дают большее количество люмен (единиц светового потока) на каждый ватт своей мощности. С этими характеристиками светодиодных

ламп и светильников могут поспорить лишь натриевые газоразрядные лампы низкого и высокого давления и, в какой-то мере, люминесцентные лампы. Но надо понимать, что все эти отличные качества светодиодов имеют широкий разброс в зависимости от типов светодиодов и качества их изготовления. Такая же характеристика светодиодов как угол рассеивания света отличает их от других источников излучения меньшей величиной этого угла. Угол рассеивания различных ламп без отражателя – 360° , то есть они освещают окружающее пространство во все стороны более или менее равномерно.

Угол рассеивания одного осветительного светодиода может составлять $15-120^\circ$. Для расширения угла рассеивания применяется рассеивающая линза. Если же требуется узкий угол рассеивания светодиода, к примеру, для точечного – акцентного освещения, то применяется линза собирающая – сужающая луч света. Пучок света, испускаемый светодиодом, неравномерен по яркости в пределах угла рассеивания. Он наиболее ярк в центре и снижает яркость по мере приближения к краям этого угла.

Для достижения угла рассеивания в 360° делаются светодиодные сборки из множества светодиодов, светящих в разные стороны, к примеру, такие как светодиодные лампы типа «кукуруза». Цвета светодиодов. Цветовая температура светодиодов Цвета светодиодов могут быть самыми разнообразными – от основных цветов до их оттенков. Если мы говорим об индикаторных DIP светодиодах, то цветовая температура не зависит от цвета корпуса светодиода. Цвет корпуса светодиода лишь показывает каким цветом будет светить данный светодиод. Цвет свечения, то есть цветовая температура, зависит от материалов, из которых изготовлен светодиод. Применение различных полупроводников, легирующих добавок и других химических элементов, а также разнообразные технологии производства позволяют получить светодиоды с различной цветовой температурой. Есть множество видов светодиодов в прозрачном корпусе, цвет свечения которых можно определить, лишь включив светодиод. Существуют также двухцветные светодиоды, с двумя контактами, как и у одноцветного светодиода – анодом и катодом. Смена цветов в них происходит при смене полярности питания. Трехцветные с двумя анодами и общим катодом объединяют в себя два кристалла разных цветов. В зависимости от того, на какие контакты подается питание, светодиод горит одним или другим цветом. А при включении обоих цветов от их смешения получается третий цвет. Наиболее распространено объединение красного и зеленого светодиодов, при смешении дающих желтый цвет. Светодиоды RGB типа (Red – красный, Green – зеленый, Blue – синий), как явствует из их названия, состоит из трех кристаллов, по отдельности дающих красный, зеленый и синий цвета. При смешении этих цветов через линзу получают белый свет, применяемый для освещения. Такие светодиоды могут быть устроены так, чтобы при управлении через контроллер они могли давать каждый цвет по отдельности или, при смешении цветов, давать все другие оттенки спектра. Например, четырехпиновый индикаторный светодиод с тремя катодами для каждого кристалла отдельно и одним общим плюсовым выводом – анодом работает по такому принципу.

Достоинства и недостатки светодиодов как источников освещения
Достоинства осветительных светодиодов
1. Малое потребление электрической энергии. Получение примерно тех же световых характеристик, что и у других источников освещения достигается с меньшим расходом электроэнергии.
2. Заявленный производителями долгий срок службы в диапазоне, примерно, от 30 000 до 100 000 часов. Это от 3,5 до 11,5 лет при постоянной работе или от 10 лет до 34 лет при работе 8 часов в сутки.
3. Высокая светоотдача. Светодиоды, в зависимости от типа, дают от 10 до 250 люменов светового потока на каждый ватт своей мощности.
4. Отсутствие ядовитых паров ртути.

Недостатки осветительных светодиодов

1. Очень высокая цена у качественных светодиодов от известных производителей. Низкие фактические характеристики у некачественных светодиодов от неизвестных производителей и при этом недостаточно низкая цена по сравнению с лампой накаливания.

2. Гарантия известных производителей на качественные светодиоды от 3 до 5 лет в отличие от заявленного срока службы – до 11 лет при постоянной работе. Срок же окупаемости качественной светодиодной лампы – 5 лет.

3. Эффект высокочастотного мерцания при использовании дешевых светодиодных сборок за счет экономии на системе электропитания.

4. Для питания светодиодов необходимо применять драйвера или другие источники питания. А для стабильной и долгой службы светодиодов необходимо применять качественные, а значит дорогие источники питания.

Гарантийный срок службы этих источников питания может быть и ниже, чем срок службы светодиодов, что значительно удорожает их обслуживание.

5. Применение диммеров -регуляторов для изменения освещенности возможно не для всех видов светодиодных ламп. Устройство этих регуляторов более сложно, чем устройство регуляторов для ламп накаливания, а значит они более дорогие. Иногда значительно более дорогие.

6. Существуют светодиоды, излучающие белый свет с разной цветовой температурой, примерно, от 3 500 – до 7 000 К. Маркетинговые названия – теплый белый свет, белый свет, холодный белый свет – не всегда точно соответствуют фактическим характеристикам. Поэтому многим людям реальный свет светодиодной лампы может быть неприятен и действует на них раздражающе.

7. Малый угол рассеивания. Светодиоды дают направленный свет и для получения привычной освещенности может понадобиться большее количество светильников.

8. Не существует двух одинаковых светодиодов, с одинаковыми характеристиками. Если несколько десятков или даже сотен однотипных ламп накаливания или ламп других видов, при включении будут светить совершенно одинаково, то со светодиодами все совсем не так. Все световые характеристики одинаковых светодиодов чуть-чуть различаются, соответственно различаются и собранные из них светодиодные лампы.

При включении в сеть каждая лампа будет излучать свет отличный по своим параметрам от остальных однотипных светодиодных ламп. Световой поток, освещенность, цветовая температура и другие характеристики будут немного различны даже в одной партии ламп одного производителя. Если же при замене перегоревших ламп будут использованы лампы из другой партии и тем более другого производства, то различия в их свечении будут еще более бросаться в глаза. Получается что добиться равномерного и одинакового освещения с помощью светодиодов очень проблематично.

9. По поводу нашумевшего отказа от ламп накаливания в пользу светодиодов. Если повсеместно запретить лампы накаливания и применять для освещения только светодиоды для экономии электроэнергии, то электрокомпании просто повысят цену на электроэнергию, чтобы не терять прибыли. А мы будем потреблять меньше, и платить больше и при этом дополнительно покупать дорогие светодиодные лампы. Светодиоды – чрезвычайно полезные и интересные источники света. Их применение в большинстве случаев оправданно, а в некоторых случаях просто необходимо. Но

заменить все остальные осветительные устройства они не в состоянии и должны применяться в наших домах наряду с ними.

Литература

1. Волконский В.А. *Ценовые и финансовые проблемы топливно-энергетического комплекса* / В.А. Волконский, А.И. Кузовкин; Ин-т народнохоз. прогнозирования РАН, Ин-т микроэкон. – М.: Наука, 2008. – 254 с.
2. *Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия* / А. Н. Дмитриев, И. Н. Ковалев, Ю. А. Табунчиков, Н. В. Шилкин. – Москва: АВОК- ПРЕСС, 2005. – 120 с.
3. *Экономика энергетики и управление энергопредприятием; Учебно-методическое пособие* / С. С. Чернов, Б. Н. Мошкин, Е. В. Малькова, П. В. Хвостенко. – НП «КОНЦ ЕЭС», 2009. – 104 с.
4. Садыков М.А., Барпиев Б.Б. *Анализ возобновляемых источников электроэнергии Кыргызской Республики. Вестник КГУСТА им. Н. Исанова*, 2016, No.3(53), с. 98–101
5. Садыков М.А. *Потенциал развития малой гидроэнергетики в Кыргызской Республике, Известия ВУЗов Кыргызстана*. 2016. № 6. С. 16-19.
6. Садыков М.А. *Современные светодиоды в светотехнических решениях. Наука и инновационные технологии*, 2017, Т.3, №2(3), с. 93-101.
7. *Развитие светодиодов [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: <http://www.ledinfo.ru/replace6.html>. – Дата доступа: 26.10.2006.
8. *LED Art – вопросы – ответы [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: <http://www.ledart.ru/faq.htm>. – Дата доступа: 19.01.2007.
9. Галюк, Е. *Светодиоды: за и против* / Е. Галюк // *Иллюминатор – журнал световых решений*. – 2006. – № 1(21).
10. Авилов-Карнаухов Б.Н. *Основные закономерности потребления электроэнергии в промышленной энергетике. Изв. вузов. Электромеханика*. - 1991. -№11.-С. 46-49.