

УДК 628.9.041

В. А. ИСКРИН

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ЭВОЛЮЦИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Аннотация. В статье представлена информация о разных поколениях светодиодных ламп для освещения и сделан выбор самых эффективных по техническим характеристикам и экономическим соображениям.

Ключевые слова: светодиод, люминофор, COB, filament.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Важной проблемой для строительной отрасли является вопрос освещения, высокое качество которого необходимо для повседневной жизни и работы человека. И потребность снижать затраты энергетических ресурсов вынуждает научное сообщество развивать идеи, искать удачные решения и оптимизировать уже имеющиеся технологии.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ доступных публикаций показывает недостаточную изученность вопроса ввиду того, что светодиодное освещение в массовом производстве является новым явлением, так как высокая цена долгое время замедляла процесс внедрения. Даже высокоразвитые зарубежные страны не смогли внести светодиодное освещение в повсеместное использование.

ЦЕЛИ

Изучить развитие такого явления как светодиодное освещение, применение которого может повысить отдачу при тех же или меньших затратах на устройство и поддержание освещения.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Первое известное сообщение об излучении света твердотельным диодом было сделано в 1907 году британским экспериментатором Генри Раундом из Маркони Лабс. Раунд впервые открыл и описал электролюминесценцию, обнаруженную им при изучении прохождения тока в паре металл – карбид кремния (карборунд, SiC), и отметил жёлтое, зелёное и оранжевое свечение на катоде.

В 1961 году Роберт Байард и Гари Питтман из компании Texas Instruments открыли и запатентовали технологию инфракрасного светодиода.

Первый в мире практически применимый светодиод, работающий в световом (красном) диапазоне, разработал Ник Холоньяк в Университете Иллинойса для компании General Electric в 1962 году. Холоньяк, таким образом, считается «отцом современного светодиода». Его бывший студент, Джордж Крафорд, изобрёл первый в мире жёлтый светодиод и улучшил яркость красных и красно-оранжевых светодиодов в 10 раз в 1972 году. В 1976 году Т. Пирсол создал первый в мире высокоэффективный светодиод высокой яркости для телекоммуникационных применений, специально адаптированный к передаче данных по волоконно-оптическим линиям связи.

Светодиоды оставались чрезвычайно дорогими вплоть до 1968 года (около \$200 за штуку), их практическое применение было ограничено. Исследования Жака Панкова в лаборатории RCA привели к промышленному производству светодиодов; в 1971 году им был получен первый синий светодиод.

Компания «Монсанто» была первой, организовавшей массовое производство светодиодов, работающих в диапазоне видимого света и применимых в индикаторах. Компании «Хьюллет-Паккард» удалось использовать светодиоды в своих ранних массовых карманных калькуляторах.

В начале 1990-х Исама Акасаки, работавший вместе с Хироси Аmano в университете Нагоя, а также Сюдзи Накамура, работавший в то время исследователем в японской корпорации Nichia Chemical Industries, смогли изобрести дешевый синий светодиод (LED) [3]. За открытие дешевого синего светодиода им троим была присуждена Нобелевская премия по физике в 2014 г. Синий светодиод, в сочетании с зеленым и красным, дает белый свет с высокой энергетической эффективностью, что позволило в дальнейшем создать, среди прочего, светодиодные лампы и экраны со светодиодной подсветкой. В 2003 году, компания Citizen Electronics первой в мире произвела светодиодный модуль по запатентованной технологии непосредственно вмонтировав кристалл от Nichia на алюминиевую подложку с помощью диэлектрического клея по технологии Chip-On-Board. Различают два типа светодиодов: индикаторные и осветительные.

Осветительные LED

Эти светодиоды применяются при освещении помещений и улиц в составе фонарей, автомобильных фар, светодиодных лент и т. д. В связи с этим обладают большой мощностью, высокой интенсивностью излучения, и выпускаются только в белом цвете в корпусах для поверхностного монтажа.

Обычно производятся две разновидности, различающиеся цветовой температурой: cool white (холодный белый) и warm white (теплый белый).

Поскольку кристаллов, излучающих белый свет, в природе не существует, при производстве осветительных светодиодов прибегают к различным технологиям смешения трех базовых цветов (RGB). От способа их сложения зависит цветовая температура получаемого белого света.

Одним из способов получения белого свечения является покрытие излучающего кристалла тремя слоями люминофора, причем каждый слой отвечает за свой базовый цвет. Другой метод состоит в нанесении двух слоев люминофора на кристалл голубого цвета. Сам термин «Люминофор» произошел от латинского «lumen» – свет и греческого «phoros» – несущий. Под действием различного рода возбуждений данное вещество начинает светиться. Для создания белых светодиодов используется желтый люминофор – это модифицированный иттрий-алюминиевый гранат, легированный трехвалентным церием. Таким образом достигается спектр люминесценции с максимумом длины волны 530..560 нм. Чтобы получить светодиод с холодным светом в люминофор присаживают добавки галлия, а с теплым – гадолиния. В отличие от люминесцентных ламп используемый в светодиодах люминофор имеет больший срок службы, и старение люминофора определяется в основном температурой. Старение имеет влияние не только на яркость светодиода, но и на оттенок его свечения. При сильной деградации люминофора появляется синий оттенок свечения. Это связано с изменением свойств люминофора и с тем, что спектр становится более близким к естественному излучению светодиодного кристалла. После внедрения технологии remote phosphor (слой люминофора начали изолировать) влияние температуры на скорость деградации люминофора снизилось.

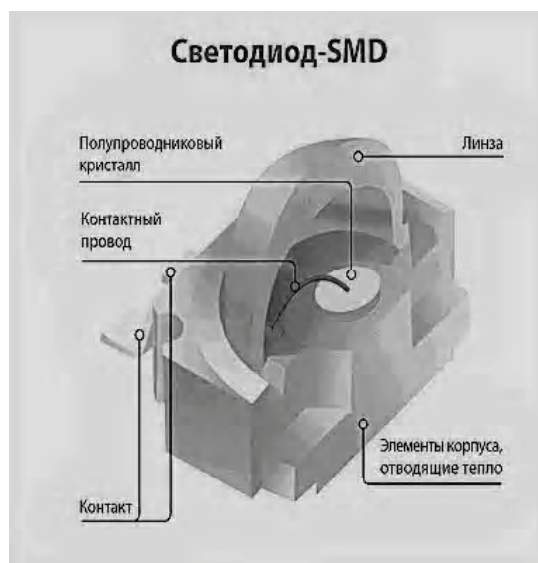


Рисунок 1 – Конструкция лампы SMD LED.

Осветительные SMD LED

Большинство осветительных светодиодов также выпускаются в корпусах SMD. В отличие от индикаторных, характеризуются большей мощностью и производятся только в белом цвете. На рисунке 1 представлен вид конструкции светодиодной лампочки SMD с линзой.

Основная область применения SMD – светодиодные ленты и лампы, переносные фонари, фары автотранспорта. При этом они дают довольно направленное излучение (порядка 100...130°), поэтому при освещении больших территорий приходится использовать большое количество этих LED для равномерной засветки площади. Конструктивно осветительные SMD представляют собой покрытый люминофором

излучающий кристалл на теплоотводящей подложке, обычно медной или алюминиевой. Встречаются как разновидности с линзой, так и без нее.

COB светодиоды

Большое распространение получили светодиоды типа COB (Chip On Board, чип на плате). По сути, это интеграция большого количества (обычно несколько десятков) кристаллов SMD в одном корпусе, которые потом покрываются люминофором.

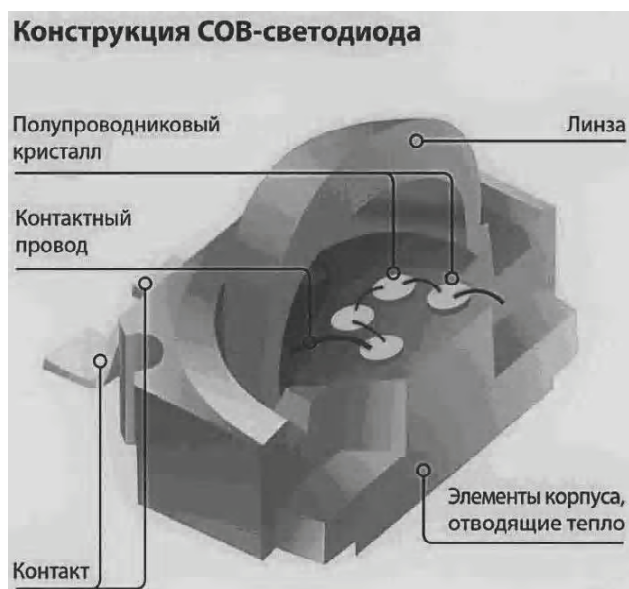


Рисунок 2 – Конструкция COB-светодиода.

COB используются только для освещения. Их световой поток на порядок больше, чем у одиночных SMD. Однако следует учесть, что эти светодиоды не подойдут для создания узконаправленного излучения ввиду большого угла рассеяния светового потока. При этом создать абсолютно ненаправленное излучение тоже не получится – угол рассеяния светодиодов менее 180°. На рисунке 2 наглядно представлена конструкция простейшего COB-светодиода до покрытия общим люминофором.

Кристаллы светодиодов при технологии COB расположены гораздо ближе друг к другу, чем при использовании SMD-светодиодов. Плотность размещения может достигать 70 кристаллов на 1 см. К тому же они имеют общее покрытие люминофором. Поэтому COB-матрица светится равномерно. Ключевым моментом, долгое время не позволявшим реализовать технологию на практике, была необходимость нанесения на подложку очень тонкого равномерного слоя адгезивного материала. На подложку нужно нанести слой «клея»

определенной толщины. Если слой будет слишком тонким, то кристалл «отклеится». А если слишком толстым, то будет недостаточным тепловой контакт между кристаллом и подложкой.

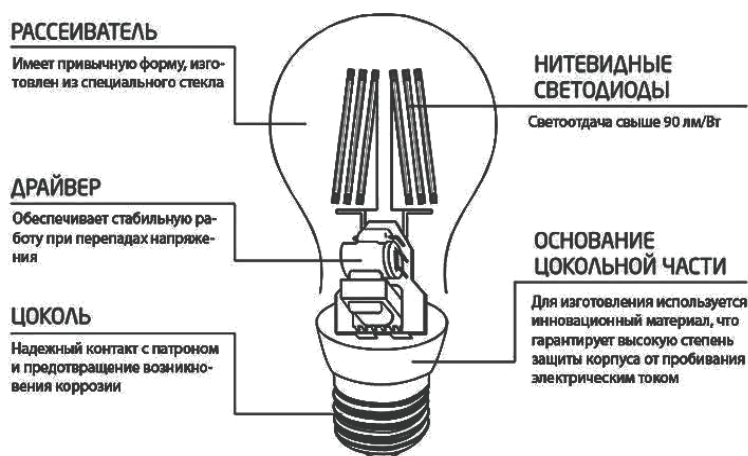


Рисунок 3 – Конструкция светодиодной лампы Filament led.

контра и фосфорной смеси (люминофором). Готовые филаменты помещаются в колбу со специальным газом, состав которого производители обычно держат в секрете – как правило, это гелий или смесь газов на его основе. Такая конструкция позволяет «избавиться» от громоздкого радиатора, типичного для других светодиодных ламп и необходимого им для охлаждения. Газ в колбе эффективно отводит тепло от диодов, которые и без того греются меньше, чем в обычной led-лампе, из-за своего

Filament Led

Она состоит из 4 основных частей: светодиодные стержни; стеклянная колба; металлический цоколь; плата драйвера. Иногда в конструкции дополнительно присутствует основание цокольной части, как это представлено на рисунке 3.

Основное отличие – технология производства. Считается, что ранее ее опробовали при разработке дисплеев для мобильных устройств. На прозрачную подложку из стекла или сапфира наносится светодиодная нить с синими и иногда красными микродиодами, затем все это сверху покрывается смолой из сили-

маленького размера. В цоколе лампочки находится небольшая плата с электронной схемой драйвера, необходимая для преобразования напряжения из переменного в постоянное. Это помогает избежать пульсации светодиодов, вредной для человеческого глаза. Благодаря такому преобразователю, коэффициент пульсации можно снизить до 2 % – притом, что пульсация обычной лампочки накаливания может достигать и 20 % [4].

МСОВ

Crystal Ceramic МСОВ – новая технология светодиодных ламп. В этой технологии решили проблему с толщиной слоя адгезивного материала, сделано это было при использовании метода магнетронного распыления. Основной особенностью является то, что МСОВ матрицы состоят из последовательно соединенных синих светодиодов малой мощности. Далее матрицы соединяют последовательно в необходимое количество по мощности и заливают люминофором, что и позволяет получить равномерный свет. На данный момент существует три вида исполнения МСОВ диодов – на алюминиевой подложке, керамической и стеклянной [5].

В таблице приведены характеристики светодиодных ламп разных поколений собранные в результате анализа электронных источников.

Таблица – Технические характеристики светодиодных ламп разных поколений

Тип лампы	Мощность, ватт	Световая отдача, Лм/Вт	Температура света, кельвины	Срок службы, часы	Цена, руб./шт
Светодиодная лампа (SMD LED)	3...30	100...120	до 6 400	50 000	80...200
Филаментная лампа (Filament LED)	4...8	116...150	до 4 500	30 000	200...300
Светодиодная лампа (МСОВ)	3...100	100...150	до 4500	50 000–300 000	100...200

*Примечание: Цены указаны для ламп мощностью 7...9 Вт.

ВЫВОДЫ

Светодиодные лампы SMD LED одиночные и не дают такой световой поток, как у других поколений, филаментные лампы невыгодны по экономическим причинам, а также из-за хрупкости стеклянной части, по совокупности технических и экономических соображений наиболее выгодным вариантом являются светодиодные лампы последнего поколения типа МСОВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юнович, А. Э. Светодиоды как основа освещения будущего [Текст] / А. Э. Юнович // Светотехника. – 2003. – № 3. – С. 2–7.
2. Янович, А. Э. Современное состояние и тенденции развития светодиодов и светодиодного освещения [Текст] / А. Э. Юнович // Светотехника. – 2007. – № 6. – С. 13–17.
3. Давиденко, Ю. Н. Высокоэффективные современные светодиоды [Текст] / Ю. Н. Давиденко // Современная электроника. – 2004. – № 1. – С. 36–43.
4. Что такое филаментные лампы Томича (led filament)? [Электронный ресурс]. – [Б. м. : SvetodiodInfo.ru]. – Режим доступа : <https://svetodiodinfo.ru/voprosy-o-svetodiodax/led-filament.html>.
5. Надежин, А. Crystal Ceramic МСОВ – новая технология светодиодных ламп. [Электронный ресурс]. – [Б. м. : Nanonewsnet.ru]. – [2004–2014]. – Режим доступа : <http://www.nanonewsnet.ru/news/2016/crystal-ceramic-mcob-novaya-tekhnologiya-svetodiodnykh-lamp>.

Получено 24.05.2018

В. О. ИСКРИН

ЕВОЛЮЦІЯ СВІТЛОДІОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті представлено інформацію про різні покоління світлодіодних ламп для освітлення і зроблений вибір найефективніших за технічними характеристиками і економічними міркувань.

Ключові слова: світлодіод, люмінофор, COB, filament.

VASILY ISKRIN
EVOLUTION OF LED LIGHTING
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article presents information on different generations of LED lamps for lighting and makes the choice of the most effective for technical characteristics and economic reasons.

Key words: LED, phosphor, COB, filament.

Искрин Василий Алексеевич – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: искусственное освещение, светодиодное освещение, применение светодиодов в городском хозяйстве.

Искрін Василь Олексійович – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: штучне освітлення, світлодіодне освітлення, застосування світлодіодів в міському господарстві.

Iskrin Vasily – student, Urban Construction and Economy Department, Donbas National Academy of Construction and Architecture. Scientific interests: artificial lighting, LED lighting, application of light-emitting diodes in a city economy.