

⚡

В работе рассматриваются вопросы разработки светодиодных источников света и перспективы их использования в коммунальном хозяйстве городов.

⚡

УДК 628.9.041

Л.А. Назаренко, докт. техн. наук,
А.С. Литвиненко, канд. техн. наук,
В.Н. Полищук, канд. техн. наук,
*Харьковская национальная академия
 городского хозяйства*

В.Н. Борщев, докт. техн. наук,
А.М. Листратенко, канд. техн. наук,
Я.Я. Костышин, А.П. Старченко
*Государственное предприятие Научно-
 исследовательский технологический
 институт приборостроения*

В.Н. Житный
 Фирма «КомТех»

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ГОРОДОВ

1. Введение

Повышенное внимание исследователей к разработке и изучению светодиодов обусловлено не только уже достигнутыми их уникальными характеристиками, но и теми темпами, с которыми улучшаются эти параметры.

Уже сейчас можно говорить о реальности и перспективности использования светодиодов (СД) как в светосигнальных устройствах, средствах отображения информации, декоративном освещении, включая архитектурное и ландшафтное, в световой рекламе, так и в обычных осветительных приборах, особенно для местного освещения на общественном транспорте, в местах общего пользования ЖКХ (лифты, лестничные площадки и т.д.).

Использование СД в общем освещении, начиная с внутреннего (офисы, торговые центры, подземные парковки и гаражи) и кончая уличным, не принесло пока ожидаемых результатов, хотя примеры такого использования СД есть. Оценивая сегодняшнюю ситуацию, можно сказать, что процесс разработки и внедрения полупроводниковых источников света находится в начальной стадии. Попытки внедрения светодиодных источников света в общее освещение предпринимаются отдельными энтузиастами и не имеют пока масштабных реализаций. Это связано с не заинтересованностью потенциальных потребителей (городских властей, застройщиков, эксплуатирующих организаций). Не заинтересованность обусловлена как присущим в таких ситуациях консерватизмом, так и связью с неясностью предложений для потребителя (отсутствие реальных экономических расчетов, способных показать комплексный экономический эффект и реальные сроки окупаемости).

Несмотря на это, продолжаются интенсивные исследования, связанные как с разработкой мощных светодиодов, так и с решением задач, связанных с разработкой световых приборов на основе СД. Такие разработки проводятся и в Харькове (кафедра светотехники и источников света ХНАГХ, Государственное предприятие Научно-

исследовательский технологический институт приборостроения, фирма «КомТех» и др.)

Целью настоящей публикации является популяризация возможностей осветительной техники на основе светодиодов, ознакомление (в том числе потенциальных потребителей) с новыми разработками в этой области, выпускаемой продукцией, а также показать возможный экономический эффект, связанный с переходом на новые источники света коммунальных служб города.

2. Содержание работы

Светодиодная техника развивается по нескольким направлениям. Основной подход (на данный момент) при выборе схемно-конструктивных решений основан на разработке световых приборов на базе светодиодов, не прибегая к значительным технологическим перестройкам производства. Имеется в виду разработка и выпуск светодиодных ламп. Основное назначение светодиодных аналогов ламп – замена ламп накаливания в различных светотехнических приборах.

Они наиболее экономичны. Светодиоды и светодиодные лампы находят применение практически во всех областях светотехники, за исключением освещения производственных площадей, но и там могут успешно использоваться в аварийном освещении. Светодиодные лампы незаменимы в дизайнерском освещении благодаря их чистому цвету, а также в светодинамических системах. Они незаменимы там, где дорого обходится частое обслуживание, где необходимо экономить электроэнергию, где высокие требования по электробезопасности.

Светодиодные лампы по техническим характеристикам могут отличаться:

- количеством светодиодов;
- габаритными размерами;
- типом цоколя;
- цветом свечения;
- напряжением питания;
- током питания;
- потребляемой мощностью;
- яркостью излучения (силой света);

При этом основными преимуществами светодиодных ламп являются:

- низкое энергопотребление (в 100 раз меньше обычных ламп накаливания);
- долгий срок службы (100000 часов, или 11 лет, что в 100 раз дольше ламп накаливания);
- надежность в эксплуатации, вибростойкость и ударостойкость;
- экологическая чистота;
- яркий насыщенный цвет;
- легкость управления в динамическом режиме;
- слабое тепловыделение;
- рабочий диапазон температур $-30...+75$ градусов.

Перечисленные достоинства светодиодных ламп предопределили их успешное применение в декоративной уличной и интерьерной подсветке, создании иллюминаций, системы сигнализации. При этом лампы в уличном исполнении содержат защитный прозрачный колпак из поликарбоната, а в интерьерном – без него.

Фирма «КомТех» имеет опыт разработки и изготовления светодиодных ламп для установки в существующие дорожные светофоры, кабины лифтов, шахтный головной светильник и др. Известно, что у светодиодов характеристики светимости, срок службы зависят от уровня и стабильности протекающего через них тока. Поэтому разработке и изготовлению устройств питания светодиодов (драйверов) было уделено особое внима-

ние. При разработке учитывался тот фактор, что первичный источник может быть, как переменного, так и постоянного тока при самых разных значениях входного напряжения, от 2,4 В постоянного тока в шахтном головном светильнике до 220 В переменного тока в транспортных светофорных объектах. Кроме изделий светодиодной техники параллельно разрабатываются системы управления. Контроллер дорожный СТ4.01 предназначен для управления светофорными объектами регулирования дорожного движения. Отличительная особенность этого контроллера, это ведение журнала событий, который позволяет определить дату и время нештатных ситуаций во время работы контроллера. При необходимости контроллер может комплектоваться цифровой системой двухсторонней связи с каналом передачи данных и разговорной речи.

На кафедре светотехники и источников света ХНАГХ разработана конструкция источника света (сумматора) на основе светодиодов, суммирующая излучение многих светодиодов и направляющая его вдоль одной линии. Разработанная конструкция основывается на свойстве зеркальной эллипсоидной поверхности отражать любой луч, прошедший через один из фокусов эллипсоида в направлении, при котором он обязательно пройдет через второй фокус, а, отразившись второй раз от эллипсоидной поверхности, луч снова пройдет через первый фокус и т.д., каждый раз прижимаясь к большой оси эллипсоида вращения до тех пор, пока полностью не сольется с ней [1,2].

В конструкции можно использовать излучающие кристаллы разной цветности. Управляя включением светодиодов, можно получать на выходе устройства излучение разной цветности и интенсивности.

Устройство может найти применение при разработке сигнальных прожекторов и прожекторов для декоративной подсветки, при разработке мощных и узконаправленных светофоров (например, железнодорожных), в качестве источника света при конструировании полноцветных светодиодных экранов, при разработке наружного освещения и т.д.

Второе направление развития светодиодной техники - разработка и изготовление светодиодных модулей на гибких и гибко-жестких носителях быстро набирает темпы во всем мире, следуя за ростом популярности изделий на их основе. Главными потребителями этой продукции являются, прежде всего, автомобильная промышленность, а также средства освещения в рекламных световых конструкциях, для маркировки направлений и контуров, например, лестниц, углов и т.д. Гибкий или гибко-жесткий светодиодный модуль представляет собой готовую к подключению подложку с теплоотводом, на которой установлены или только группы светодиодов или группы светодиодов с драйверами, элементами стабилизации и защиты от перенапряжения. Сегодня потребители имеют возможность выбора между большим количеством производителей гибких и гибко-жестких светодиодных модулей, предлагающих широкий ассортимент светодиодной продукции в области от близкой ультрафиолетовой до дальней инфракрасной. Разработки ведутся и в Государственном предприятии Научно-исследовательский технологический институт приборостроения.

Конструктивно светодиодные модули формируются на основе гибкого алюминий-полиамидного носителя, выполняющего одновременно функции гибкой основы, механического и электрического соединения светодиодных кристаллов, электрической изоляции токоведущих шин и выводов, эффективного теплоотвода и минирефлекторов, которые выполняются из алюминиевой фольги той же самой гибкой основы для каждого светодиодного кристалла отдельно (рис.1).

Кристаллы светодиодов устанавливаются на алюминиевые носители с помощью точечной ультразвуковой сварки. Это позволяет отказаться от клеевых соединений кристаллов светодиодов с гибкими платами, упростить технологию сборки, обеспечить высокую теплопроводность соединений и эффективный отвод тепла от кристаллов в

процессе эксплуатации, согласовать работу материалов с различными ТКЛР и обеспечить высокую надежность работы и долговечность светодиодных модулей под воздействием большого количества термоциклов (включений-выключений).

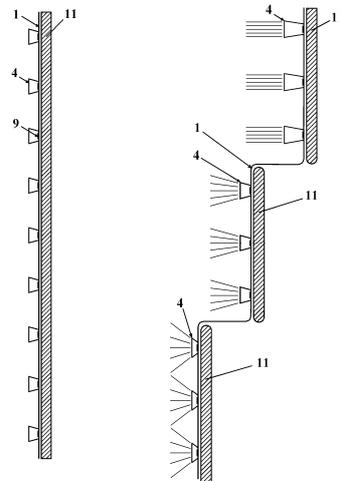


Рис. 1. Схематическое изображение сечения гибкого светодиодного модуля, установленного на различных вариантах поверхностей: 1 - гибкая коммутационная плата; 4 - светоизлучающий светодиодный прибор; 9 - кристалл светодиода; 11 - теплопроводящее основание

Изготовление рефлекторов-коллиматоров для светодиодных кристаллов из зеркалок на коммутационной гибкой плате и формирование в них первичных оптических систем из оптически прозрачных материалов обеспечивает повышение коэффициента заполнения светодиодных модулей, повышение интенсивности излучения светодиодных приборов и концентрации светового потока. Этот технический результат обеспечивается за счет того, что высокая теплопроводность сварных соединений и эффективный отвод тепла от каждого светодиодного кристалла позволяет значительно уменьшить значения теплового сопротивления между кристаллами светодиодов и теплоотводящим основанием, существенно улучшить температурные и оптические характеристики светодиодных приборов в предлагаемых гибких и гибко-жестких светодиодных модулях, что особенно важно для модулей с мощными светодиодными кристаллами (рис.2).

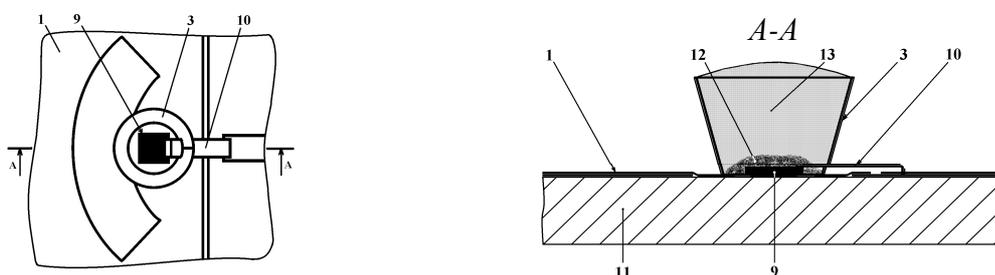


Рис.2. Фрагмент модуля со светоизлучающим светодиодным прибором:

1 - гибкая коммутационная плата; 3 - рефлектор-коллиматор; 9 - кристалл светодиода; 10 - гибкий вывод коммутационной платы к фронтальному электроду светодиода; 11 - теплопроводящее основание; 12 - органический люминофор; 13 - оптически прозрачная кремнийорганическая композиция

Кроме того, разработанные конструктивы обеспечивают возможность изготовления рефлекторов-коллиматоров со значительно меньшей (3–4 раза) эффективной

площадью светоизлучающей поверхности по сравнению с размерами полимерных линз и габаритными размерами любых аналогов светодиодных приборов для поверхностного монтажа, а также получать различные диаграммы направленности светового излучения, в том числе с малыми углами рассеивания световых потоков, что легко достигается заданной геометрией разверток для минирефлекторов-коллиматоров. Применение органических люминофоров и кремнийорганических композиций в первичной оптике светодиодных приборов позволяет формировать излучение белого света, а также обеспечить высокую температурную стабильность и долговечность за счет защиты светодиодных кристаллов от влаги и коррозии [3, 4].

Разработка предусматривает создание широкого ряда конструкций коммерчески доступных бытовых полупроводниковых светильников на светодиодных модулях с высоким качеством освещения, специальным антивандальным исполнением и существенным преимуществом перед традиционными лампочками по сроку службы, экологической безопасности и экономии энергии. Для практического применения наши разработки предлагается использовать в объектах жилищно-коммунального хозяйства. К таким объектам можно отнести:

1. Лестничные клетки (площадки, пролеты, марши).
2. Лифты.
3. Номерные знаки домов и указатели названий улиц.
4. Квартиры.
5. Парадные вестибюлей и фойе.
6. Комнаты для дежурных смен.
7. Конторы и другие помещения с постоянным или длительным пребыванием людей.
8. Здания общественного назначения (школы, дошкольные детские учреждения, больницы, кинотеатры и т.п.).
9. Освещение дорог и улиц.

Кроме того, светодиодные модули могут быть использованы в автономных светильниках, в фонарях систем освещения автотранспорта, а также в оборудовании световой рекламы.

Экономический эффект от внедрения светильников на основе светодиодов рассмотрим на примере применения светильников со светодиодами для освещения лестничных клеток, лифтов и номерных знаков домов в г. Харькове.

Жилищный фонд, находящийся в коммунальной собственности г. Харькова состоит из почти 8000 жилых домов различной этажности. Общее количество этажей в этих домах составляет более 33500. Если в среднем считать, что каждый дом имеет три подъезда, то количество лестничных клеток составит приблизительно 100000. В настоящее время для освещения каждого пролета лестниц используется один светильник мощностью, как правило, 40 Вт. Светильники работают все темное время суток, т.е. около 5000 часов в год. За год каждый светильник с лампой накаливания потребляет около 200 кВт.ч. Даже при замене светильников с лампами накаливания 40 Вт на светильники с светодиодами 10 Вт (при этом светильник будет потреблять в год 50 кВт.ч.) годовая экономия электроэнергии составит ≈ 15 млн. кВт.ч. или 3,75 млн. грн. (при существующем тарифе ≈ 25 коп. за 1 кВт.ч.). Применение светильников со светодиодами в коридорах, холлах и т.п. может увеличить эту цифру еще в 2-3 раза.

Для освещения кабин лифтов отечественного производства в жилых домах используются исключительно лампы накаливания мощностью $40 \div 60$ Вт.

Экономия электроэнергии на каждый лифт в год при замене ламп накаливания на светодиодные светильники составит почти 200 кВт.ч. в год. В жилых домах города Харькова установлено около 6500 лифтов. Годовая экономия электроэнергии при заме-

не ламп накаливания в лифтах на светодиоды составит $\approx 1,3$ млн. кВт.ч. или 325,0 тыс. грн. (при существующем тарифе 25 коп. за 1 кВт.ч.).

Применение светодиодов в домовых указателях существующей конструкции позволит снизить потребление электроэнергии как минимум в 10 раз. При этом годовая экономия на один указатель составит около 300 кВт.ч. в год (для освещения номерных знаков, как правило, используется 1-2 лампы накаливания). При замене ламп накаливания на светодиодные системы годовая экономия электроэнергии в 8000 домов, находящихся в коммунальной собственности г. Харькова, составит около 2,4 млн. кВт.ч. или $\approx 600,0$ тыс. грн. (при существующем тарифе 25 коп. за 1 кВт.ч.).

Таким образом, экономия только при замене ламп накаливания на светодиодные системы для освещения лестничных клеток, лифтов и номерных знаков в г. Харькове будет ежегодно составлять почти 4,7 млн. грн. (экономия более 18,0 млн. кВт.ч. электроэнергии в год). Это позволит существенно снизить расходы городского бюджета на освещение (в 2007 г. расходы на освещение в г. Харькове составили – около 30 млн. грн.).

Очевидно, что расширение областей применения светодиодных осветителей, в том числе для освещения улиц и дорог в г. Харькове, позволит увеличить экономию электроэнергии и снизить затраты на освещение еще в несколько раз. При этом не стоит забывать о высокой вандалоустойчивости светодиодных систем и экономии на их обслуживании.

Заключение

Светодиоды уже давно и прочно вошли в нашу жизнь и широко применяются в различных областях, в основном, как элементы сигнальных устройств, средств отображения информации, декоративном освещении, включая архитектурное и ландшафтное, в световой рекламе.

Всё чаще светодиоды находят применение и в обычных осветительных приборах, особенно для местного освещения на общественном транспорте, в местах общего пользования ЖКХ (лифты, лестничные площадки и т.д.).

Светодиодная техника развивается по нескольким направлениям. Одно из них основано на разработке световых приборов на базе светодиодов, не прибегая к значительным технологическим перестройкам производства. Имеется в виду разработка и выпуск светодиодных ламп для замены ламп накаливания в различных светотехнических приборах. Второе направление развития светодиодной техники - разработка и изготовление светодиодных модулей.

В Харькове есть ряд предприятий успешно занимающихся разработками в области светодиодных источников света.

Одиночные светодиодные устройства и светодиодные кластеры, предлагаемые к разработке и внедрению, потенциально позволят создать новый ряд промышленных приборов полупроводниковой светотехники с энергетической эффективностью до 150 – 200 лм/Вт, со значительно меньшей массой (3 ÷ 4 раза), надежностью, значительным сроком эксплуатации и конкурентоспособной ценой.

Внедрение светодиодных источников света в ЖКХ г. Харькова принесет серьезную экономическую прибыль городу, а также будет стимулировать создание в регионе промышленного производства коммерчески доступных приборов полупроводниковой светотехники и светотехнической электроники.

Авторы приглашают светотехнические компании и компании, работающие в рекламном бизнесе и не имеющие своего микроэлектронного производства к сотрудничеству по разработке и производству серийных устройств полупроводниковой светотехники и светотехнической электроники.

Литература

1. А.С. Литвиненко, О.В. Прусихин // Український метрологічний журнал.-2002. - вип. 2. – с. 48-50.
2. А.С. Литвиненко, О.В. Прусихин, А.С.№171706 СССР. Устройство для сложения интенсивностей нескольких лазеров.
3. Н.В.Замирец, В.Н.Борщев, А.М.Листратенко, В.А.Антонова, Л.П.Семенов, М.А.Проценко, И.Т.Тымчук Аллюминиевая «Chip on flex» (COF) технология в радиационном приборостроении // Технология приборостроения – 2007. 2.– С.3 – 9.
4. Патент Украины на изобретение № 83968 от 26.08.2008 «Способ изготовления гибкого светодиодного модуля».

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДАХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА В КОМУНАЛЬНОМУ ГОСПОДАРСТВІ МІСТ

Л.А. Назаренко, А.С. Литвиненко, В.М. Поліщук, В.Н. Борщов, А.М. Лістратенко,
Я.Я. Костишин, А.П. Старченко, В.Н. Житний

В роботі розглядаються питання розробки світлодіодних джерел світла та перспективи їх використання в комунальному господарстві міст.

PROSPECTS OF USE OF LIGHT-EMITTING DIODE LIGHT SOURCES IN THE MUNICIPAL SERVICES OF CITIES

L.A. Nazarenko, A.S. Litvinenko, V.N. Polishchuk, V.N. Borshchev, A.M. Listratenko,
Y.Y. Kostishen, A.P. Starchenko, V.N. Zhitnyj

In this report is considered the problem of design, light emitting diodes and perspective their using in municipal economy of cities.