

СОВРЕМЕННАЯ СВЕТОТЕХНИКА

№1 (02)

Март 2010 года

Городское уличное освещение

стр. 4 **Как снизить стоимость**
светодиодных светотехнических устройств

стр. 18 **Светодиодные светильники**
в задачах архитектурного освещения

стр. 70 **Как правильно осветить**
рабочее место в офисе?

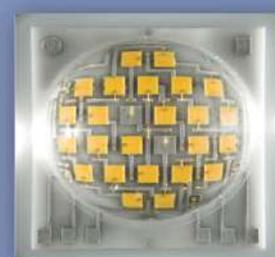
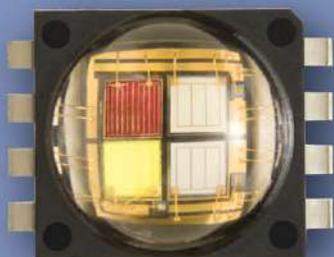


www.cree.com

THE LIGHTING REVOLUTION



○ Мощные светодиоды CREE класса XLamp



- Световая эффективность более 130 лм/Вт
- Световой поток до 490 лм на кристалле
- Цена менее 30 копеек за люмен

◇ Наружное освещение

◇ Архитектурно-декоративная подсветка

◇ Внутреннее освещение

◇ Автономные осветительные системы

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902
E-mail: msk@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403
E-mail: spb@compel.ru

 **Компэл**
www.compel.ru

Конференция «Новая электроника России – 2010»

электроника
медиагруппа

Михаил Симаков, генеральный директор, медиагруппа «Электроника»

Леонид Чанов, главный редактор, медиагруппа «Электроника»

Евгений Андреев, главный редактор журнала «Встраиваемые системы»

Валерий Манушкин, главный редактор журнала «Современная светотехника»

Константин Прилипко, главный редактор журнала «Производство электроники»

30 сентября 2010 г. в Москве медиагруппа «Электроника» проводит третью Всероссийскую конференцию «Новая электроника России» (НЭР). Эта конференция существенно отличается от традиционных мероприятий, проводимых медиагруппой. Ее участники не будут вникать в тонкости применения тех или иных компонентов и решений или особенностей организации производственных процессов — для этого мы организуем специальные конференции, посвященные наиболее насущным проблемам российской электроники.

Цели конференции НЭР заключаются в ином. Сегодня частные компании, в большинстве своем, разобщены — их представители явно недостаточно контактируют, обмениваются опытом, что, несмотря на жесткую конкуренцию, в конечном итоге выгодно всем сторонам, и, тем более, практически не пересекаются со специалистами министерств и ведомств. Именно поэтому одну из задач конференции мы видим в том, чтобы создать профессиональную среду общения компаниям — активным участникам российского рынка электроники.

Во время конференции, в культурных беседах могут завязаться взаимовыгодные знакомства, которые позволят сэкономить немалые средства на разработку и производство. Зачем, к примеру, разрабатывать дорогостоящий блок, тратить на это ресурсы, если у другой компании уже есть готовое решение?

По нашим приблизительным оценкам, сегодня в финансовом исчислении примерно 50–70% рынка отечественной электроники составляет Госзаказ. Цифра весьма значительная. Однако не будем греха таить — известно, что Госзаказ зачастую представляет собой завуалированное средство поддержки госпредприятий и позволяет им кое-как свести концы с концами.

В то же время, многие компании не получают вовсе или получают лишь в малой степени государственное финансирование. Поэтому еще одна задача конференции НЭР — привлечь потенциальных инвесторов и заказчиков. И те, и другие, как показывает наш опыт, охотно посещают подобные встречи.

Цели конференции заключаются еще и в том, чтобы показать возможности развития инновационного предпринимательства на российском и мировом рынках электроники. Предоставить достижения и возможности наиболее прогрессивных российских компаний — разработчиков и производителей электроники.

И, как обычно, будут вручены премии НЭР в ряде номинаций.

- Инновационный лидер;
- На острие технологий;
- Глобальный бизнес;
- Вызов года;
- Признание экспертов;
- Премия журнала «Встраиваемые системы»;
- Премия журнала «Производство электроники»;
- Премия журнала «Современная светотехника»;

– Премия журнала «Электронные Компоненты».

Лауреатов первых четырех премий выберут участники конференции. Обладателя премии «Признание экспертов» выберет жюри и, наконец, лауреатов премии журналов, издаваемых медиагруппой «Электроника», определит их редколлегия.

Среди участников конференции Вы сможете встретить:

- Представителей государственных организаций, в сферу интересов которых входит развитие отечественной электроники;
- Руководителей и собственников российских компаний — разработчиков и производителей электроники;
- Руководителей и менеджеров российских системных интеграторов и дистрибьюторов электроники;
- Представителей российских и зарубежных инвестиционных компаний;
- Представителей частного бизнеса.

Масштаб предстоящего события вызвал еще одно изменение в планах нашей медиагруппы: традиционный ежегодник «Новая Электроника России» будет выпущен в свет уже после одноименной конференции. Большая часть материалов ежегодника будет посвящена участникам конференции, наиболее интересным проектам и прогнозам развития отечественного рынка и, конечно, лауреатам премии НЭР.

Мы с благодарностью примем все предложения, касающиеся организации конференции НЭР, в том числе и по выбору компаний-номинантов премии НЭР.

По всем вопросам участия в конференции обращайтесь по адресу: d.baraveva@ecomp.ru, тел: +7 (495) 741-7701 (Динара Бараева).



Коллеги! Я рад представить вам первый номер журнала в 2010 году. Тема номера — Городское уличное освещение. Пожалуй, сейчас это самая животрепещущая тема в светотехнике, это следствие тех перемен, что произошли в минувшие месяцы.

Главная новость, обсуждаемая светотехническим сообществом — это анонс серийных белых светодиодов со светоотдачей более 130 лм/Вт, параметр, достигнутый лидирующими в этой области компаниями. Во многом, событие было ожидаемо, все ждали преодоления этого технологического и отчасти психологического барьера.

Практически все конкурентные преимущества светодиодов и светильников на их основе ранее сводились на «нет» из-за их низкой энергоэффективности. Для сравнения, лампы ДНаТ, освещающие большинство улиц Москвы, дают на выходе 130 люмен на ватт. Мои прогнозы — 2010 год станет переломным, если не сказать революционным, в мире светотехники.

Рынок наружного уличного освещения имеет колоссальный потенциал. Кроме того, было четко сказано на самом высоком уровне: «Светодиодам быть!». Поэтому сейчас только ленивый не осваивает энергосберегающие LED-технологии. А внедрить их в ЖКХ и выиграть крупные тендеры с соответствующими бюджетами хотят, к сожалению, даже ленивые. И здесь мы сталкиваемся с российской действительностью, чему свидетельством Научно-технический совет по светодиодам в жилищно-коммунальном хозяйстве, прошедший недавно в ООО «Мосэнергосбыт». Для меня этот день был потерян, поскольку я не узнал ничего нового — лишь выслушал очередную порцию рекламных прокламаций. Поразило другое. Компании, поочередно выступавшие с трибуны, зная, для чего они пришли в этот зал, на мой взгляд, даже не постарались убедить членов НТС в том, что их светильники самые лучшие. Я ждал такой информации, как: формирование защитного угла, формирование требуемой КСС, информацию о психологии восприятия света светодиодных ламп и светильников, и то, как все это решено в их изделиях (за это огромное спасибо Александру Полищуку). Однако почти все доклады гласили примерно следующее: «мы самые лучшие, вот экономические расчеты окупаемости». Да поймите же (для тех, кого обидело все вышесказанное): никому не нужны паровозы 19-го века с электродвигателем вместо котла. Меняется все — конструкция, материалы, принципы работы...

Совсем недавно я спросил своего австрийского коллегу, светотехника: а каким, на твой взгляд, наиболее эффективным способом можно осветить здание в темное время суток? Ответ заставил меня серьезно призадуматься об уровне профессионализма и гибкости мышления зарубежных специалистов. «Одним из наиболее энергоэффективных способов был вариант использования уже имеющегося освещения в офисном здании. Мы использовали всего 1—2% от яркости установленных в нем ламп. Получилось эффектно, динамично и чрезвычайно дешево в плане потребления электроэнергии. В разы экономичнее, нежели освещать все здание снаружи мощными проекторами».

Валерий Манушкин,
главный редактор

Редакция

**Руководитель проекта
«Современная светотехника»
и главный редактор**

Валерий Манушкин

ответственный секретарь

Марина Грачёва

редакторы:

Елизавета Воронина

Виктор Ежов

Екатерина Самкова

Владимир Фомичёв

редакционная коллегия:

Леонид Чанов

Евгений Долин

Борис Рудяк

Владимир Фомичёв

реклама:

Антон Денисов

Ольга Дорофеева

Елена Живова

распространение и подписка:

Марина Панова

Василий Рябишников

вёрстка, дизайн:

Александр Житник

Михаил Павлюк

директор издательства:

Михаил Симаков

КОМПАНИИ:

производители, дистрибьюторы,
поставщики

Конкур электрик ЗАО 44

Компэл ЗАО 2-я обл.

КонтрактЭлектроника . . . 4-я обл.

Предприятие Остек ЗАО . . . 48а

Политекс 000 41

Светотроника 48б

Адрес издательства: Москва, 115114,
ул. Дербеневская, д. 1, п/я 35;
Санкт-Петербург, Большой проспект В.О.,
д. 18, лит. А; тел.: (495) 741-7701;
факс: (495) 741-7702;
тел./факс: (812) 336-53-85;

эл. почта: elecom@ecomp.ru, www.elcp.ru

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА:

Мир электроники
(Самара): 443080, г. Самара, ул. Революционная, 70, литер 1; тел./факс: (846) 267-3139, 267-3140; e-mail: info@eworld.ru,
www.eworld.ru.

Радиоэлектроника
620107, г. Екатеринбург, ул. Гражданская,
д. 2, тел./факс: (343) 370-33-84, 370-21-69,
370-19-99; e-mail: info@radioel.ru,
www.radioel.ru.

ЭЛКОМ
(Ижевск): г. Ижевск, ул. Ленина, 38, офис
16, тел./факс: (3412) 78-27-52, e-mail:
office@elcom.udmlink.ru,
www.elcompany.ru.

ЭЛКОТЕЛ
(Новосибирск): г. Новосибирск, м/р-н Горский, 61; тел./факс: (3832) 51-56-99,
59-93-31; e-mail: info@elcotel.ru,
www.elcotel.ru.

Издательство «Электроника инфо»
(Минск): 220015, г. Минск,
пр. Пушкина, 29 Б;
тел./факс: +375 (17) 251-6735; e-mail:
electro@bek.open.by,
electronica.nsys.by.

IMRAD
(Киев): 03113, г. Киев,
ул. Шутова, д. 9, оф. 211;
тел./факс: +380 (44) 495-2113, 495-2110,
495-2109;
e-mail: imrad@tex.kiev.ua,
www.imrad.kiev.ua

Подписано в печать
02.03.2010 г.

Учредитель:
ООО «ИД Электроника».
Тираж 990 экз.

Изготовлено
ООО «Группа Море». г. Москва,
Хохловский пер., д. 9
Тел.: +7 (495) 917-80-37

СОДЕРЖАНИЕ

#1, 2010

РЫНОК

4 Паула Доу

Как снизить стоимость светодиодных светотехнических устройств

9 Алексей Ковш, Владислав Бугров, Максим Однолюбов

В поисках внутреннего рынка: российские светодиодные технологии

14 Юрий Трофимов

Как занять место под светодиодным солнцем? Постулаты развития светодиодной техники

ПРИМЕНЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

18 Алексей Никитин

Светодиодные светильники в задачах архитектурного освещения. Часть 1

24 Игорь Евдасев

Коэффициент использования светового потока LED светильников. Мифы и реальность

28 Игорь Елисеев

Проблема выбора мощных светодиодов в процессе разработки светотехнического устройства

31 Рафаил Тукшаитов, Риннат Нуруллин

Сравнительная оценка эффективности светодиодных и газоразрядных светильников

РАЗРАБОТКА И КОНСТРУИРОВАНИЕ

34 Андреас Белявны

Направлять или отражать: вот в чем вопрос. Выбор оптимальной оптической конфигурации

38 Александр Балашов

Типовая методика расчёта светильника на основе светоизлучающих диодов

42 Михаил Коротков

Согласованная система защиты цепей для светодиодной техники

ПРИМЕНЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

45 Александр Иванов

Технология напыления тонких пленок

49 Антон Булдыгин

Инструменты расчёта параметров мощных светодиодов компании Future Lighting Solution

СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ СВЕТОТЕХНИКИ

52 Рич Розен

Методы регулировки яркости для импульсных драйверов светодиодов

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ

56 Дмитрий Зубков

Рабочий эталон измерения усредненной силы света светодиодов

ГОТОВЫЕ РЕШЕНИЯ

59 Сергей Кюреган

Рациональный потребитель платит вовремя и в полном объеме

62 Симоне Мариотте

Преимущества и недостатки LED –светильников для освещения магазинов

69 Вилфрид Пол

Уличные светильники в Амстердаме

70 Кристиан Бартенбах, Верена Бартенбах

Как правильно осветить рабочее место в офисе?

Как снизить стоимость светодиодных светотехнических устройств

Паула Доу (Paula Doe),
пишущий редактор, SEMI

Те методы повышения эффективности производства, благодаря которым снизилась стоимость полупроводников за последние 30 лет, позволят сверхъярким светодиодам (СИД) выйти на рынок осветительных приложений общего применения, считает президент SEMI Стэн Майерс (Stan Myers). Стоимость производства СИД можно также значительно снизить за счет сотрудничества компаний в рамках стратегического плана развития отрасли.

Возможно, к 2015 г. стоимость производства осветительных средств на светоизлучающих диодах снизится на 70%. К такому выводу пришли участники двух совещаний, состоявшихся в Министерстве энергетики США, на которых рассматривались вопросы совершенствования производства твердотельных осветительных устройств (Solid-State Lighting, SSL). Большая доля этого снижения будет достигнута за счет уменьшения примерно на 85% стоимости корпусированных СИД, составляющей на текущий момент около 40% стоимости светильников.

Такого грандиозного снижения стоимости, по всей вероятности, можно достичь в т.ч. за счет кооперации в рамках стратегического плана развития отрасли и реалистичной модели учета общих затрат, поэтому компаниям, уча-

ствующим в цепочке поставок, следует просчитать, куда целесообразнее приложить свои усилия.

Недавно Министерство энергетики США выпустило первый проект плана по технологиям производства сверхъярких СИД и ОСИД (OLED), основу которого составили итоги дискуссий представителей отраслевых компаний. Этот план касается развития производства SSL, а также аккумулирует наиболее ценный опыт и возможности совершенствования и сотрудничества между участниками рынка. «Совместными усилиями мы установили основную структуру стоимости, благодаря чему нам удалось лучше понять, в каком направлении работать», — заключил Фред Уэлш (Fred Welsh), Radcliffe Advisors, консультант при Министерстве энергетики и один из организаторов встречи.

В следующем году Министерство энергетики планирует обновить этот план, а также продолжить работу над повышением отдачи от инвестиций в совершенствование производства. Такой подход позволил бы сообществу отраслевых производителей определить неэффективные оборудование и технологии, а также лучше оценить роль выгодной цены в решении той или иной проблемы. Том Морроу (Tom Morrow), вице-президент Международной ассоциации SEMI, заявил, что ей уже удалось оптимизировать работу компа-

ний в других сегментах рынка и пригласил все заинтересованные стороны к диалогу с целью оказания взаимной поддержки в усилиях.

ВЗГЛЯД ПОСТАВЩИКОВ ОБОРУДОВАНИЯ

В настоящее время производство сверхъярких СИД с помощью запатентованных технологий на основе 3-дюймовых пластин и с производительностью порядка 50 пластин в час, ограниченным выходом годных и сравнительно небольшим временем безотказной работы оборудования во многом схоже с состоянием полупроводникового производства образца 1975-го г.

С тех пор удалось снизить стоимость полупроводниковых изделий в 4 млн раз за счет повышения эффективности производства и благодаря увеличению размера пластин на 30–50% каждые 10–15 лет.

Светодиодный сегмент рынка быстро прогрессирует. Эффективность СИД увеличилась в 1,5–2 раза, а их светоотдача — примерно в 4–6 раз благодаря более высокому управляющему току. Остальные причины такого роста связаны с повышением производительности труда и коэффициента загрузки. На рисунке 1 представлен прогноз относительной стоимости осветительного оборудования, а на рисунке 2 — прогнозируемая от-

Совещания по вопросам совершенствования производства SSL

В 2009 г. Министерство энергетики США провело два семинара, посвященных вопросам совершенствования производства твердотельных осветительных устройств (SSL). Эти мероприятия состоялись в рамках новой инициативы, направленной на повышение совместимости и качества продукции, а также способствующей снижению стоимости за счет повышения эффективности производства. Более чем 350 участников — производителей кристаллов, осветительных приборов, компонентов — обсуждали вопросы, связанные с применением материалов, оборудования, а также другие факторы, влияющие на качество и стоимость SSL. Участники первого совещания, состоявшегося в Фэйрфаксе, определили основные препятствия и рекомендации по снижению стоимости и повышению качества SSL-продукции. На состоявшемся в Ванкувере мероприятии обсуждался черновой вариант стратегического плана, который отразил взгляд участников отрасли на развитие производства твердотельных осветительных устройств.

носительная стоимость корпусированных СИД.

В настоящее время схемы для сверхъярких СИД достигают размера 5 мкм и ниже и начинают соответствовать требованиям серийного производства MEMS-систем и тонкопленочных головок, что позволяет перейти от контактных установок совмещения и экспонирования к проекционному литографическому оборудованию. Вероятно, при этом будут достигнуты те же объемы выпуска продукции и использоваться средства контроля, что и в полупроводниковой индустрии.

Однако степперы (установки совмещения и последовательного шагового мультишлицирования) слишком дорогостоящи и не подходят для решения задач производства светодиодов. По этой причине производители желают использовать заказные средства. Что препятствует их желанию? Энди Гаврилюк (Andy Hawryluk), рук. техн. отд. Ultratech, заявляет: «До сих пор у нашей компании не было стимулов создать установку для нескольких заказчиков. Надеемся, что после появления промышленных стандартов Ultratech станет продавать большое количество установок».

Производители полупроводникового оборудования утверждают, что имеются реальные способы значительно повысить выход годных и производительность труда, что позволит снизить стоимость SSL (см. рис. 3). Это станет возможным за счет освоения опыта других тонкопленочных производств и разработки оборудования, специально предназначенного для данного сегмента, а также благодаря современным средствам управления технологическим процессом и уровню производительности.

«Суммарная стоимость реализации эпитаксиальной технологии должна снизиться в 3 раза, и мы уже знаем, как этого добиться», — сказал Джим Дженсон (Jim Jenson), вице-президент отд. MOCVD (химическое осаждение из паровой фазы металлоорганических соединений), компания Veeco Instruments. Он заявил, что достигнут определенный успех в усовершенствовании сложного и многочасового процесса выращивания тонких пленок.

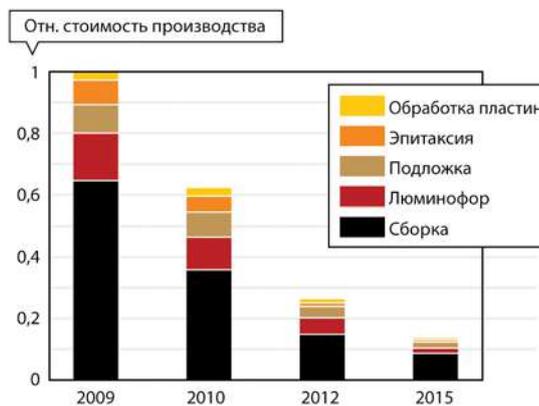


Рис. 1. Прогноз стоимости СИД-светильников и потенциал ее снижения
Источник: DOE Manufacturing Workshop

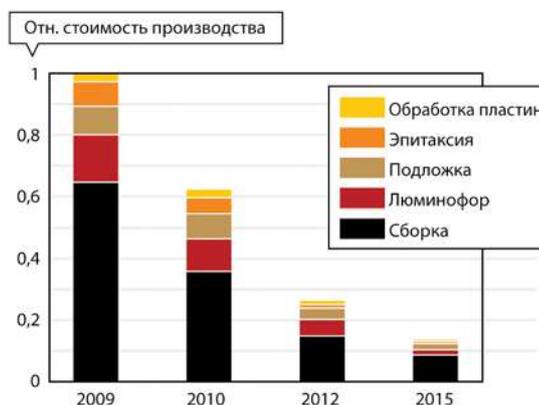


Рис. 2. Прогнозируемая стоимость корпусированных СИД и потенциал ее снижения



Рис. 3. Прогноз стоимости производства твердотельных осветительных устройств на 2010 г., Pareto

Так, удалось добиться большей однородности пленок и воспроизводимости результатов, оптимизировать геометрию потока, улучшить управление температурным режимом и архитектуру системы, ускорить время обработки и оптимизировать объем серии, несмотря на то, что, возможно, потребуются несколько лет, чтобы наладить массовое производство продукции на основе этих достижений.

Другой наиболее важной возможностью, рассматриваемой не

только уже присутствующими на рынке, но и новыми поставщиками, является разделение эпитаксиального процесса на отдельные этапы, каждый из которых оптимизирован в соответствии с требованиями к различным слоям. Получение толстой GaN-пленки требует технологии HVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy — хлоридно-гидридная газофазная эпитаксия), для реализации которой необходимо массовое производство HVPE-реакторов. Напри-

мер, компания Oxford Instruments недавно заявила о первой такой установке для одновременного выращивания пленок на нескольких подложках.

Пэт Лэйми (Pat Lamey), нач. отд. развития нового бизнеса в области экологических решений, компания Applied Materials, также заявил о достигнутых успехах по реализации решений на основе технологии MOCVD. Его компания сосредоточила усилия на комбинации широко используемых MOCVD-технологий и «технологии, о которой писали десятки лет, но никогда не применяли в производстве».

По мнению Лэйми, более совершенная организация управления технологическим процессом является основой повышения выхода годных СИД и снижения их стоимости, т.к. это определяющий фактор повышения эффективности производства. «У сегмента твердотельных осветительных устройств имеется потенциал для значительного роста в ближайшие пять лет. Чем быстрее нам удастся внедрить методы производства и управления, известные из других производств, тем быстрее мы выведем продукцию на рынок, — считает Лэйми. — Стратегический план развития приносит эффективную помощь, особенно с тех пор как индустрия СИД стала переходить с 2-дюймовых на 100-мм подложки».

Вероятно, наибольших результатов в повышении эффективности производства удастся достичь тогда, когда удастся привлечь нескольких производителей полупроводников, знакомых с очень хорошо организованным управ-

лением производства серийно выпускаемой продукции. «Клиентская база развивается, по мере того как в наш сегмент рынка приходят новые игроки из полупроводниковой промышленности, — считает Лэйми. — Их появление окажет огромное воздействие на производственную технологию».

Ричард Соларц (Richard Solarz), ст. директор технол. отд., корпорация KLA-Tencor Corp., видит возможность двукратного снижения стоимости производства за счет совершенствования методов контроля дефектов и анализа их возникновения — именно того, в чем в настоящее время испытывает недостаток производство СИД. Используемые в производстве полупроводников средства обнаружения мелких дефектов в кремнии не годятся для производства СИД. Например, эти инструменты не в состоянии отличить нежелательные микроуглубления или прорастающие дислокации в сапфире от частиц, не имеющих отношения к дефектам. Кроме того, данные методы не позволяют отсортировать готовые кристаллы по представляющим интерес параметрам качества. Инструменты, применяемые при входном контроле качества поверхности несмонтированной пластины или пленки в производстве жестких дисков, не сопрягаются с инструментами для обнаружения дефектов пластины на основе изображения и созданными для контроля качества корпусирования кристалла. Это обстоятельство затрудняет оперативное отслеживание дефектов и обнаружение причин их возникновения.

«Осознав, в чем заключаются основные потребности в средствах обнаружения дефектов у многих производств СИД, мы установили, какие меры следует предпринять для удовлетворения этих потребностей, — заявил Соларц. — Мы надеемся снизить стоимость производства в два раза». По его мнению, существует и другая возможность повысить выход годных, но только в том случае, если ведущим отраслевым компаниям удастся достигнуть согласия по некоторым вопросам. Например, существуют полярные мнения в отношении необходимости использования цветных мониторов с высоким качеством воспроизведения. В этих условиях, заявляет Соларц, компании KLA-Tencor трудно придти к однозначному выводу о востребованности на рынке конкретных средств диагностики.

Энди Гаврилок также считает, что имеются все возможности по двукратному снижению стоимости литографии за счет перехода от использования литографических установок к 1× степерам, которые обеспечивают лучшую производительность и стоимость владения. Используемые в настоящее время установки фотолитографии с зазором начинают испытывать трудности с фокусированием и износом масок при работе с большими часто деформирующимися пластинами. Перекос 4-дюймовой пластины, как правило, достигает 100 мкм, а 6-дюймовой — до 200 мкм. Ultratech разрабатывает новую модель 1× проекционно-го степера на базе платформы, изначально применявшейся в проектировании силовых по-

Oxford Instruments выпускает HVPE-установку CrystalFlex

Компания Oxford Instruments в мае 2009 г. анонсировала выпуск новой установки Crystal Flex для хлоридно-гидридной газофазной эпитаксии (HVPE). Новый HVPE-реактор спроектирован для поточной загрузки пластин и гарантирует высочайшую степень контроля эпитаксиального роста высококачественных бездефектных монокристаллов GaN, AlGaIn, AlN.

Установка Crystal Flex объединяет ключевой опыт компании Oxford Instruments в проектировании и производстве высококачественного оборудования и технологические основы HVPE-процессов компании Technologies and Devices International.

Установка, предназначенная для проведения научно-исследовательских работ, а также для полномасштабного производства нитридов, обеспечивает устойчивость технологического процесса, воспроизводимость и применение оптимальных исходных материалов. Гибкая конфигурация реактора позволяет выращивать нитриды разной толщины для производства твердотельных осветительных, РЧ- и силовых устройств. Кроме того, новый реактор дополняет уже существующий ряд технологий, специально предназначенных для рынка сверхъярких СИД. Компания Oxford Instruments более 10 лет является основным поставщиком для индустрии сверхъярких СИД.

лупроводников, MEMS-систем и тонкопленочных головок, а затем перепроектированной под нужды СИД-производства. Выпуск этой установки, предназначенной для более эффективной работы с перекошенными пластинами, планируется на середину 2010 г.

Компания EV Group видит возможность повышения светоотдачи СИД путем структурирования поверхности с помощью нанопечати для извлечения большего количества света. Большинство производителей изучает этот метод, несмотря на то что стоимость материалов и производительность по-прежнему вызывают вопросы, сообщает Пол Линднер (Paul Lindner), исполнительный директор отд. технологий.

Оптическая система или корпусирование на уровне подложки кристалла также значительно позволяют снизить стоимость производства. «Большие пластины и технология корпусирования на базе подложки весьма перспективны, — утверждает Линднер, говоря о появлении на рынке 6-дюймовых пластин. — Мы очень внимательно следим за происходящим в этом направлении». Если бы удалось за счет таких пластин добиться высокого выхода годных и снизить стоимость производства, повысилась бы эффективность процесса присоединения выводов на уровне пластин с захватом и биннингом на завершающем этапе. Вероятно, можно было бы также воспользоваться технологией создания КМОП-датчиков изображения для реализации процессов печати оптических линз.

Производители СИД предупреждают производителей полупроводников о том, что СИД — отличные от кремниевых устройства, в отношении которых основные положения о масштабировании, размере пластины, управления выходом годных и о процессе автоматизации не должны обязательно быть применимы. Например, мощный стандартный СИД является, за некоторыми исключениями, отдельным устройством площадью около 1 мм². Значение кремниевых пластин большого диаметра становится скромнее на фоне установки

МОСVD, которая уже позволяет получать крупные партии небольших пластин.

ВЗГЛЯД ПОСТАВЩИКОВ МАТЕРИАЛОВ

Крупнейшие производители ЖКД, которые ускоренно переходят на серийный выпуск сверхъярких СИД задней подсветки для собственных нужд, начинают использовать 4-дюймовые сапфировые пластины вместо широко распространенных 2-дюймовых подложек. Достаточно серьезно прорабатывается вопрос о применении 6-дюймовых пластин в ближайшие два-три года. Установку для эпитаксиального выращивания можно легко приспособить для загрузки, например, двенадцати 4-дюймовых пластин вместо более сорока 2-дюймовых.

ставщики считают, что благодаря большому объему продукции и некоторым соглашениям по стандартам стоимость все же удастся снизить.

Вполне вероятно, что для повышения выхода годных следует производить обработку сапфировой поверхности, а первый GaN-слой — наносить отдельно. Чтобы достичь лучшей производительности и повысить выход годных, следует уменьшить плотность дефектов, для чего, в свою очередь, необходимо снизить рассогласование параметров решетки и степень термического несоответствия между подложкой и слоями СИД. По мнению Кита Эванса (Keith Evans), президента Кума Technologies, объемный GaN позволяет добиться впечатляющих показателей эффективности (см.



Рис. 4. Прогноз тенденции совершенствования подложки СИД
Источник: Кума Technologies

Это позволит несколько повысить выход годных за счет уменьшения суммарной площади краев, более подверженных дефектам. Однако значительный прирост годных достигается за счет обработки меньшего количества мелких элементов.

Санил Пахтак (Sunil Pahtak), вице-президент отд. проектирования, компания Rubicon Technology, утверждает, что 4-дюймовые сапфировые пластины получат широкое распространение в 2010 г. Он также заметил, что уже появились опытные партии 6-дюймовых пластин, а их серийный выпуск ожидается к 2011–2012 гг. За два года компания Rubicon отгрузила более 30 тыс. 6-дюймовых подложек с полупроводниковым эпитаксиальным слоем. Цены на большие пластины выглядели угрожающе, по сравнению с 10-долл. ценами на 2-дюймовые сапфировые пластины, но по-

рис. 4), однако до сих пор не накоплен достаточный опыт применения этого материала. В то же время возникла настоятельная потребность немедленно решить этот вопрос.

Первым таким решением, на которое стоит обратить самое серьезное внимание, является структурированный сапфир. За счет структурирования поверхности с помощью жидкого и сухого травителя повышается качество верхних эпислоев, и увеличивается светоотдача, но до сих пор этот эффект не изучен. Кроме того, первые эксперименты показали, что благодаря нанесению AlN на поверхность структурированного сапфира повысилась яркость СИД и стал более однородным спектр излучения. По мнению Эванса, эти результаты также могут способствовать снижению стоимости, т.к. отпадает необходимость в некоторых этапах МОСVD: по-

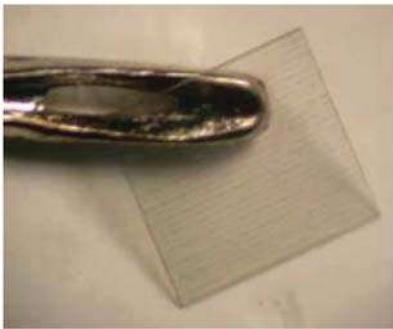


Рис. 5. Отделенная от подложки GaN-фольга
(Публикуется с разрешения компании Goldeneye)

крытая нитридом алюминия сапфировая подложка быстрее нагревается до необходимой температуры и не требует использования буферного слоя, благодаря чему можно сразу перейти к фазе высокотемпературного осаждения нитрида галлия, а объем выпуска изделий вырастает. Поставки таких подложек ожидаются в 2010 г.

Существует и более радикальный вариант, при котором на сапфировое основание наносят нитрид галлия. Затем основание удаляется, а полученную GaN-фольгу используют для выращивания слоев СИД. В компании Goldeneye выращивают 30-мкм слой GaN с помощью технологии HVPE, а затем его удаляют с поверхности лазером. Тонкие GaN-пленки площадью около 1 см² (см. рис. 5) можно быстро нагреть и охладить, благодаря чему цикл эпитаксиального роста занимает 30 мин, по заявлению Скотта Циммермана (Scott Zimmerman), вице-президента отд. технологий, компания Goldeneye. Эта компания только недавно получила первую установку, специально перепроектированную под быстрые циклы.

Европейский научно-исследовательский консорциум IMEC в настоящее время разрабатывает

средства контроля над термическим несопадением между кремниевой подложкой и слоем GaN, отслеживая его рост и устраняя напряжения. «Наилучший способ добиться снижения стоимости производства — использовать структуру «нитрид галлия — кремний», — считает Марианна Джермэйн (Marianne Germain), руководитель проекта, IMEC. — Только у кремниевых пластин относительно большой диаметр и низкая стоимость». IMEC заявляет об уменьшении дефектов примерно до того уровня, что у сапфировых подложек, за счет использования нескольких промежуточных слоев AlGaIn и нитрида кремния (SiN) между кремниевой подложкой и GaN.

ЛИТЕРАТУРА

1. Paula Doe. Supply Chain Maps a Path to Bringing Down the Cost of LED Lighting//LEDs Magazine. Nov-Dec 2009.

До лампочки

Каждый пятый россиянин не намерен отказываться от ламп накаливания

Многие россияне возражают против законодательного запрета использования всем привычных ламп накаливания и замены их энергосберегающими. Таковы итоги исследования Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ).

Напомним, что запрет на производство и оборот ламп накаливания будет введен в России предположительно с 2011 года. И 49 процентов опрошенных считают это недопустимым. Однако 62 процента все-таки позиционировали себя законопослушными гражданами и планируют вовремя перейти на энергосберегающие лампы.

Эта позиция характерна практически в равной степени для жителей всех населенных пунктов (62—65%), за исключением обеих столиц (49%). Готовность перейти на энергосберегающие лампы также наиболее характерна для россиян моложе 34 лет (68—70%) и обеспеченных респондентов (71%). В группе респондентов, уже пользовавшихся энергосберегающими лампами, перейти на них полностью готовы 73% опрошенных, а среди тех, кто не имеет такого опыта, — только 49%.

Среди тех, кто считает недопустимым законодательный запрет на производство и продажу ламп накаливания, главным образом, столичные жители (63%) и малообеспеченные россияне (56%). 37% наших сограждан придерживаются иной точки зрения и считают, что такое ограничение вполне допустимо. Это мнение наиболее свойственно жителям малых городов (42%) и обеспеченным респондентам (53%).

Почти каждый второй россиянин, или 52% опрошенных, имеет опыт использования энергосберегающих ламп. Больше всего — 74% — таких респондентов в Москве и Санкт-Петербурге. 45 процентов опрошенных никогда ими не пользовались. В основном это сельские жители (55%), пожилые (64%), малообразованные и малообеспеченные россияне (70 и 54% соответственно).

Впрочем, несмотря на запреты, часть россиян не намерена отказываться от лампочек Ильича. Каждый пятый опрошенный (21% опрошенных) планирует после введения запрета все же продолжать использовать привычные лампы, закупив их в прок. Эту стратегию предпочитают в первую очередь

столичные жители (37%), респонденты старше 45 лет (26—27%) и малообеспеченные россияне (25%).

Кстати, Евросоюз еще с сентября 2009 года запретил магазинам 27 государств — членом ЕС закупать 100-ваттные лампы накаливания. К 2016 году европейцы планируют полностью отказаться от устаревших классических лампочек. По оценкам экспертов, европейские семьи сократят в результате свои расходы на электричество на 25—50 евро в год даже с учетом более высокой стоимости новых ламп.

Как это ни странно, но экономных европейцев такая перспектива тоже не порадовала. Многие из них бросились скупать классические лампы. Так, продажи 100-ваттных ламп в немецких магазинах взлетели осенью более чем на 300%. Основные аргументы европейцев против энергосберегающих ламп звучат так: лампы эти тусклые, бездушные, искажают цвета, содержат вредную для здоровья ртуть и некрасиво смотрятся даже в современных люстрах.

В поисках внутреннего рынка

Российские светодиодные технологии

Компания «Оптоган» является вертикально интегрированным производителем светодиодных чипов и светодиодов по собственным запатентованным технологиям. Компания имеет линейку производства, включая эпитаксиальное выращивание, в Германии, и в настоящий момент осваивает массовое производство светодиодов и светодиодных чипов в России. Запуск первого цикла производства в Санкт-Петербурге запланирован на III-й квартал 2010 года. Компания также разрабатывает собственные модели светодиодных светильников и начинает их выпуск во II-м квартале 2010 в кооперации с российскими производственными партнерами

Наша компания родилась и развивалась по принципу классического высокотехнологического стартапа (start up), т.е. компании, строящей свою бизнес-модель, и создающую конечный продукт, на основе собственных (желательно запатентованных) идей. В начале 2000-х годов у нас появилось много решений, как улучшить работу светодиодных чипов за счет нового дизайна полупроводниковых гетероструктур, а также благодаря специальным методам их эпитаксиального выращивания. Именно в этих областях мы и являемся специалистами, имея достаточно богатый опыт работы как в мировых научных центрах, включая Физико-технический институт (ФТИ) им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, так и в зарубежных компаниях, занимающихся разработкой и производством изделий оптоэлектроники.

Естественно тут же встал вопрос об инвесторах. В то время в России с нулевым уровнем инвестиций в высокие технологии, а также с отсутствием центров с современным оборудованием создать компанию, претворяющую в жизнь подобные идеи, было нереально. Мы нашли венчурных

инвесторов в Финляндии, где и была в 2004 г. основана компания «Оптоган» (Optogan OY). Начальных небольших инвестиций хватило на аренду эпитаксиального оборудования в Техническом Университете Хельсинки, и мы начали проверять наши идеи. Результаты превзошли ожидания, и между инвесторами началась конкуренция за

дальнейшее право инвестировать в Оптоган. Такая ситуация очень выгодна для основателей, так как

позволяет избежать сильного размытия своей доли в компании, за счет более высокой валюации второго раунда инвестиций по сравнению с первым. В итоге, мы без проблем получили второй раунд финансирования и начали динамично развиваться.

Каким высоким не был бы интерес со стороны венчурных капиталистов, развитие производственных компаний в сфере полупроводниковой оптоэлектроники часто подразуме-

В 2000-х годах в России с нулевым уровнем инвестиций в высокие технологии, создать оптоэлектронную компанию с нуля было нереально



Алексей Ковш, к.ф.-м.н., директор по развитию бизнеса Optogan

Соосновал Optogan в 2004 году, служил компании в должности члена совета директоров, пока полностью не перешел на операционную деятельность в конце 2009.

2003—2009 Chief Technical Officer в компанию Innolume, являющуюся производителем полупроводниковых лазеров, стоял у истоков этой компании и вывел ее с нуля в мирового лидера. Интернациональный опыт управления в оптоэлектронике, включая Тайвань, Германию и Калифорнию.

Более 400 научных публикаций, имеет самый высокий индекс цитируемости по версии Scopus среди молодых ученых российского происхождения в области физики твердого тела.

Закончил ту же кафедру и защитился в том же году, что и Владислав.



Владислав Бугров, к.ф.-м.н., управляющий директор Optogan

Соосновал Optogan в 2004 году, развивал компанию в должности вице-президента по развитию бизнеса и интеллектуальной собственности.

Опыт организации хай-тек бизнеса с нуля.

С 1994 года занимался развитием технологии GaN для светодиодных применений как в мировых исследовательских центрах, так и в лидирующих светодиодных компаниях, автор основополагающих работ по светодиодным технологиям.

Автор основополагающих работ по технологии GaN, начиная с 1994 года.

Закончил кафедру оптоэлектроники СПбГЭТУ (ЛЭТИ), возглавляемую академиком Ж.И. Алферовым, защитил диссертацию к.ф.-м.н. в 1999 в ФТИ им А.Ф. Иоффе.



Максим Однблюдов, к.ф.-м.н., генеральный директор Optogan

Соосновал Optogan в 2004 году, развивал компанию в должности вице-президента по операциям и технологиям вплоть до конца 2008.

Опыт организации хай-тек бизнеса с нуля.

До основания Optogan получил широкий опыт разработки технологии полупроводниковых оптоэлектронных приборов в мировых научных центрах, а также при работе в лидирующих компаниях по производству светодиодов на основе GaN.

Автор многочисленных работ по физике твердого тела, в том числе и в журнале Phys. Rev. Letters.

Закончил Кафедру Оптоэлектроники СПбГЭТУ (ЛЭТИ), возглавляемую академиком Ж.И. Алферовым, защитил кандидатскую диссертацию в 1998 в ФТИ им А.Ф. Иоффе.

вает поддержку государства в виде предоставления выгодных финансовых условий на покупку оборудования, либо через концепцию инкубатора, либо через выгодные кредиты.

Университетское оборудование хорошо на начальном этапе проверки идей, proof-of-concept, однако при выходе на заказчиков необходимо иметь собственную производственную линейку. Оборудование стоит слишком дорого, в то время как венчурные фонды не хотят «зарывать» свои деньги в нем. В особенности, такая проблема существует в венчурном бизнесе в Европе, в котором финансовых средств на порядок меньше, чем в США.

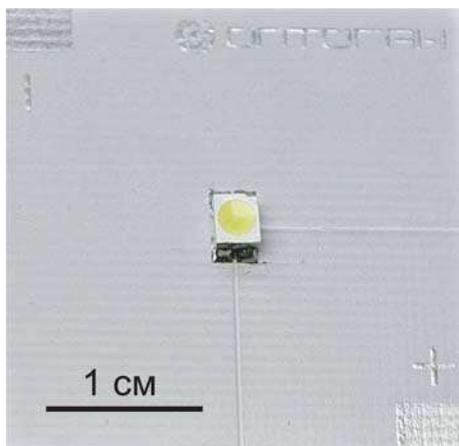
ний, работающих в этом центре, 4 имеют российские корни, в том числе и фирма «Иннолюм» (Innolume), также созданная выходцами из ФТИ им. А.Ф. Иоффе. Город же, таким образом, способствует решению проблемы безработицы, которая возникла в 80-е годы в результате закрытия здесь сталелитейных и пивоваренных производств. Сейчас в нашей немецкой компании Optogan GmbH, входящей в группу компаний «Оптоган», мы про-

Инвестиции в оборудование завода с производительностью, увеличенной 10-кратно, возрастают всего лишь в три раза, а себестоимость падает в полтора-два раза

ственной серии. Однако, очевидно, что для того чтобы выпускать светодиоды по конкурентной цене необходимо иметь большую фабрику. В полупроводниковом бизнесе это называется economy of scale, экономика масштаба. Наилучший пример — кремниевая промышленность, по законам которой сейчас начинает развиваться и светодиодная индустрия, выходя на внушительные объемы. При строительстве завода с производительностью, большей в 10 раз (количество чипов, например, DRAM), инвестиции в оборудование возрастают всего лишь в три раза, при этом себестоимость падает в полтора, а иногда и в два раза.

В 2007 году, когда наш продукт был протестирован несколькими крупными компаниями, занимающимися созданием светодиодной подсветки, перед нами встал вопрос о дальнейшем развитии. Идея строительства большой фабрики под боком у Осрама (Osram), одного из основных мировых производителей светотехники, не вызвала ни у нас, ни у венчурных инвесторов большого энтузиазма. Идея двигаться в сторону Китая мгновенно грозила утечкой технологии, где через пару лет на соседней улице появился бы похожий завод.

В итоге, мы начали переговоры в России. Нас сразу привлек тот факт, что в отличие от Европы, где повсеместно внедряются энергосберегающие лампы, Россия представляет собой при правильном маркетинговом подходе очень интересный рынок для использования светодиодного освещения. Отсутствие системы утилизации ртутно-содержащих ламп, позволяет рассчитывать даже на лучшую динамику рынка светодиодного освещения, чем в развитых странах. Сейчас становится понятно, что мы не ошиблись. В 2008 году финансовая группа «Онексим» полностью выкупила венчурных капиталистов (финские и датский фонды) и частично выкупила менеджмент/основателей компании. Менеджменту



а)



б)



в)

Рис. 1. Светодиоды, производимые группой компаний «Оптоган»: а) характерные размеры светодиода; б) и в) светодиоды, смонтированные в модули

В 2005 году мы решили эту проблему, найдя государственную поддержку в Германии, в Дортмунде, где существует специальная программа запуска инновационных стартапов (MST-factory): привлекаются группы ученых, проекты которых обеспечены финансированием, и государство предоставляет им возможность приобрести оборудование. В настоящее время из 15 компа-

изводим светодиодные чипы и пилотно-промышленные партии светодиодов. Пример светодиодов «Оптоган», смонтированных на специальных модулях, показан на рис. 1.

На сегодняшний день уровень нашей технологии соответствует мировым лидерам. Недавно мы получили эффективность наших светодиодов 110 люмен/Вт в старшем разряде из производ-

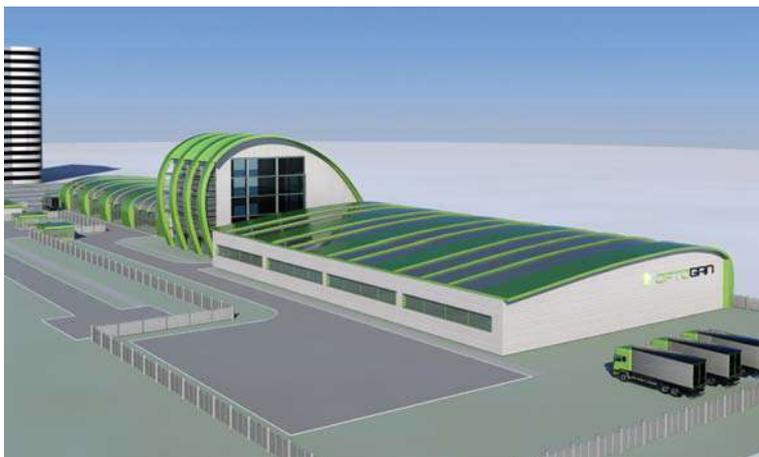


Рис. 2. Макет завода «Оптоган» по производству светодиодов в особой экономической зоне в г. Стрельна под Санкт-Петербургом

было предложено остаться во главе компании и в июле 2009 года, получив дополнительные инвестиции от РоснаноТех и Республиканской Инвестиционной Компании республики Саха (Якутия) компания «Оптоган» начала активно наращивать свою операционную деятельность в России.

Планы акционеров, точки зрения возврата инвестиций, очень амбициозные, но, на наш взгляд, они оправданы за счет применения наших конкурентных технологий и ноу-хау, а также за счет растущего спроса на светодиоды на российском рынке. В III-м квартале 2010 года мы открываем производственную линейку корпусирования светодиодов в Санкт-Петербурге, и выведем на рынок до 30 млн светодиодов в месяц, причем мощности завода уже забронированы под внешние заказы от производителей подсветки (backlighting). Светодиодные чипы будут по-прежнему производиться в Германии, но к концу 2011 г. мы запустим полный цикл производств под Санкт-Петербургом в Свободной Экономической Зоне в г. Стрельна (см. рис. 2) — начиная с эпитаксиального роста пластин и заканчивая изготовлением разнообразных светодиодных светильников.

Наше уникальное положение на российском рынке будет определяться тем, что все производство строится «с нуля». Для этого приобретается самое современное и самое высокопроизводительное оборудование (например, см. рис. 3). Массовое производство светодиодов позволит уронить цены, и, мы убеж-

дены, что наша продукция помимо серьезного технологического преимущества будет также конкурентно способной по цене. Мы строим high-tech производство в соответствии со всеми современными бизнес-процессами, которые индустрия высоких технологий оптимизировала на протяжении последних 40 лет.

Сейчас компания «Оптоган» активно набирает специалистов, в том числе и иностранных. Например, директор по производству, недавно пришедший в «Оптоган», в свое время управлял тремя фабриками Инфинеон (Infineon) — лидирующей немецкой компании в области электроники, образованной около десяти лет назад концерном Сименс (Siemens).

Отсутствие системы утилизации ртутных ламп в России, позволяло рассчитывать даже на лучшую динамику рынка светодиодного освещения, чем в развитых странах. Уже сейчас мы понимаем, что не ошиблись

Ему очень интересен этот проект, интересно заниматься развитием производства в России.

Группа компаний «Оптоган», как уже упоминалось выше, обладает полной цепочкой производства светодиодов, а также светильников на их основе, которые будут также собираться на нескольких



Рис. 3. Промышленная установка по росту светодиодных гетероструктур на основе GaN способом эпитаксиального осаждения из газовой фазы методом разложения металло-органических химических соединений

российских профильных предприятий. Для каждого шага цепочки «Оптоган» предлагает и реализует патентно-защищенные решения, основанные на оригинальных научных и инженерных разработках (рис. 4).

Несмотря на позитивную, на наш взгляд, рыночную ситуацию, а также выгодное позиционирование компании, как вертикально-интегрированного производителя, с сильными акционерами, основной упор в нашей бизнес-модели мы делаем на превосходство нашей технологии создания светодиодного чипа над конкурентами. В чем оно состоит?

Главная проблема светодиодов — ограничение по максимальному току, который может через него пропускаться. С увеличением тока эффективность преобразования электрической энергии в световую резко снижается. Это в основном обусловлено паразитными процессами безызлучательной рекомбинации носителей заряда на дефектах кристаллической структуры GaN — ростовых дислокациях (РД). Ростовые дислокации возникают при эпитаксиальном росте пленок нитрида галлия на подложках, сильно несогласованных с ним по параметру решетки, например сапфира или карбида кремния. Важнейшей научно-практической задачей, решением которой занимались и продолжают заниматься сотрудники «Оптоган», является изучение фундаментальных механизмов зарождения, эволюции и подавления РД в светодиодных гетероструктурах. В результате в компании «Оптоган» была сначала разработана теоретическая модель, позволяющая описывать



Рис. 4. Полная технологическая цепочка «Оптоган» по производству светодиодных светильников

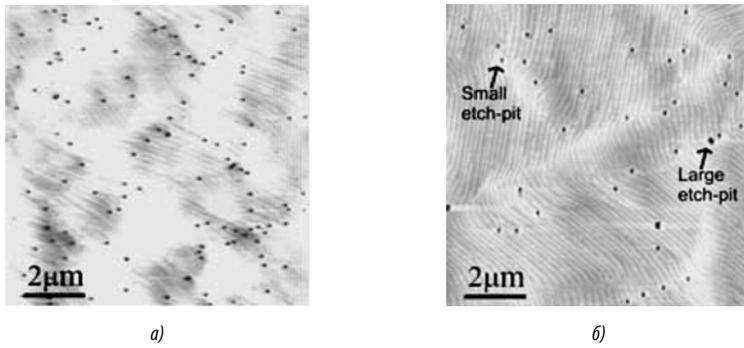


Рис. 5. Атомно-силовая микроскопия (AFM) поверхности GaN буферных слоев, выращенных: по обычной технологии (а), по многостадийной технологии «Оптоган» (б) [2]. Видно снижение числа ямок травления, связанных с ротовыми дислокациями

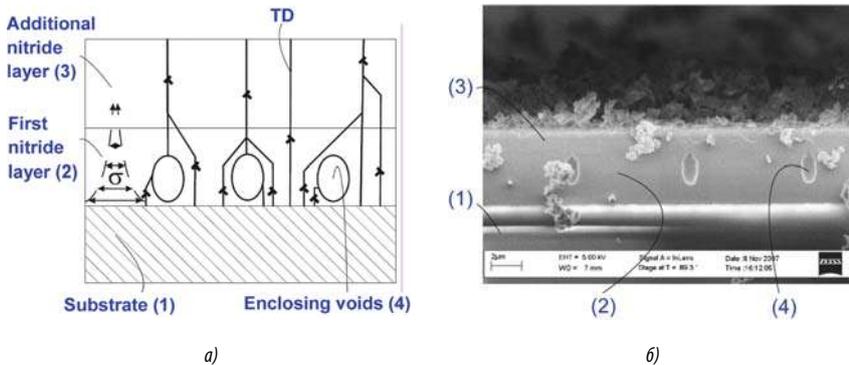


Рис. 6. Схема (а) и поперечный разрез (б) механически устойчивого низко-дислокационного пористого GaN буферного слоя на тонкой сапфировой подложке, полученного по технологии «Оптоган».

эволюцию плотности РД в зависимости от толщины эпитаксиальной пленки GaN с учетом управляемого изменения наклона РД путем контроля режимов роста пленки [1].

Предсказано, что управление параметрами модели позволяет достичь уменьшения плотности РД вплоть до $2,0 \cdot 10^7$ см⁻² для пленок микронной толщины, в то время как обычно достижимая плотность РД составляет

$10^8 \dots 10^9$ см⁻². На основании развитого теоретического подхода в компании «Оптоган» была предложена новая экспериментальная многоступенчатая схема роста пленок GaN [2, 3], которая отличается эффективностью и простотой реализации. В частности, данная схема может быть реализована без дорогостоящих технологических операций, связанных с остановками и повторными запусками технологического про-

цесса. В результате наблюдаемая в эксперименте [2] плотность РД оказывается порядка $5,0 \cdot 10^7$ см⁻² (см. рис. 5), что соответствует предсказаниям модели. Такая плотность РД оказывается достаточной нижней границей для многих оптоэлектронных приборов, выполненных с использованием светодиодов «Оптоган».

Другим существенным аспектом создания качественных GaN подложек и буферных слоев является снижение уровня механических напряжений. В компании «Оптоган» предложен новый метод снижения напряжений, основанный на создании зарациваемых пустот (микро- и нанопор) в полупроводниковой структуре с помощью контролируемого травления и последующего изменения режимов роста нитридных слоев (рис. 6). Наличие пор в буферном слое GaN позволяет попутно улучшить выход света из светодиодных чипов «Оптоган» за счет эффективного изменения показателя преломления подложки. Еще одним способом, предложенным «Оптоган» для более полного вывода света из светодиодной гетероструктуры, является введение специально-

Нами предложен новый метод снижения механических напряжений, основанный на создании зарациваемых пустот (микро- и нанопор) в полупроводниковой структуре

го слоя для диффузного рассеяния. Важными составляющими в развитии технологий «Оптоган» оказываются усилия, направленные на управление физическими процессами в так называемом рабочем слое гетероструктуры и на оптимизацию протекания тока в светоизлучающем чипе. Обе эти технологии защищены многими национальными патентами, а в первом случае ещё и недавно полученным Европейским патентом EP 1903619B1 «Semiconductor heterostructure».

В итоге, технологии «Оптоган» позволяют нам получать значительную рабочую эффективность све-

тодиодов как у мировых лидеров (на сегодня 110 лм/Вт) на стандартных плотностях токов. Отличительной же особенностью является то, что через чипы, выращенные по нашей технологии, мы можем пропускать токи с более высокой плотностью, по сравнению с чипами конкурентов без насыщения световой мощности, т.е. при сохранении тех же высоких значений эффективности. Так, например, через чип размером 13 mil (0,33 мм) вместо стандартных 20...30 мА мы можем пропускать в два раза большие токи без существенной потери эффективности. Важным также является тот факт, что пониженная плотность ростовых дислокаций позволяет нам также избегать ускоренной деградации чипов на повышенных плотностях тока. В итоге, это означает, что мы можем получать большее количество люмен с одного квадратного миллиметра нитрида галлия. Соответственно в нашем светильнике, рассчитанном на определенное количество люмен, а еще правильнее люкс, будет использоваться меньшее количество светодиодов, либо то же количество, но меньших размеров. В итоге, мы достигаем меньшей стоимости люмен. Именно «копейка-за-люмен» (dollar per kilolumen) — это тот параметр, который определяет массовое проникновение светодиодных решений в осветительные системы общего пользования.

Необходимо еще раз отметить, что компания «Оптоган» уделяет большое внимание защите технологий, защите интеллектуальной собственности. Нам удалось пройти это «минное поле», создать патентную базу — запатентовать технологии выращивания гетероструктур и создания из них чипов. Мы не нарушаем прав мировых производителей по всей цепочке производства. Нами было получено заключение freedom-to-operate от ведущей американской юридической фирмы, специализируемой в области патентных технологических споров.

Все вышеперечисленные, а также оставшиеся «за кадром» идеи, которые были реализованы в технологиях «Оптоган», объясняют привлекательность нашей компании для начальных венчурных инвестиций из Финляндии

и Дании. Важно, что инвестиции были получены без каких-либо протекций от весьма прагматично настроенных западных фондов. В компании «Оптоган» увидели сильную инженерную и управленческую команду, которой можно было доверить деньги, а также — наши инвесторы увидели рынок и перспективную технологию. В итоге, они значительно умножили свои инвестиции. Новые акционеры ставят перед нами те же задачи.

Как у любой компании, имеющей среди акционеров финансовые группы, миссией компании является максимальный возврат инвестиций посредством вывода

Ситуация со светодиодами уникальна тем, что выход на конечного потребителя чрезвычайно короток

компании на публичный рынок. Для выполнения данной миссии мы видим необходимость создания профессиональной и здоровой светодиодной индустрии в России, и мы призываем всех игроков к консолидации усилий. Ни для кого не секрет, что нашим основным конкурентом в ближайшем будущем станут производители светодиодов и светильников на их основе из Юго-Восточной Азии и прежде всего из Китая. И это очевидно, что нам желательно получить определенную поддержку со стороны государства. Нам часто говорят, что, так как в России нет производителей светодиодов, о каком протекционизме может идти речь. Мы приводим в пример компанию «Светлана-Оптоэлектроника», которая уже давно и успешно работает на этом рынке, а также наше собственное производство светодиодов в России, которое вот-вот начнет функционировать. Две компании — это уже множественное число, а это значит, что индустрия формируется. Компании, производящие светодиодные светильники, тоже являются участниками этой индустрии, и чем их больше, тем нам лучше. Наша совместная политика должна быть направлена на возможность их ограждения от жестокой конкуренции с Востока.

Если посмотреть на светодиодную тематику еще с немного более высокой отметки, то становится очевидным ее уникальное положение на российском ландшафте нанотехнологий. Компаниям, которые разрабатывают и производят чипы, наноматериалы и т.д. очень сложно найти внутренний российский рынок, потому что нет конечного потребителя, нет соответствующих индустрий вверх по цепочке производства: практически нет бытовой электроники, нет компаний, производящих телекоммуникационное и вычислительное оборудование, практически нет машиностроения. Со светодиодами уникальная ситуация в том, что выход на конечного потребителя чрезвычайно короток. Нанотехнологии эпитаксиального выращивания, светодиоды, и вот они уже под потолком в каждом офисе и в фонарях на каждой улице. Мы используем наше глубокое знание фундаментальных законов квантовой механики, и уже сегодня оно вот-вот найдет свое применение в каждом российском доме.

Мы не видим сейчас проблем со сбытом светодиодных светильников, мы видим проблемы с быстрым налаживанием эффективной кооперации между компаниями, относящимися к различным стадиям светодиодного производства и развитием деловой конкуренции между игроками зарождающегося рынка твердотельного освещения. А это именно то, к чему нужно стремиться, чтобы создать динамичную и прибыльную российскую индустрию, способную противостоять агрессивному импорту.

ЛИТЕРАТУРА:

1. V.E.Bougrov, M.A.Odnoblyudov, A.E.Romanov, T.Lang, O.V.Konstantinov, Threading dislocation density reduction in two-stage growth of GaN layers, *Physica Status Solidi (a)* 203 (2006) R25.
2. T.Lang, M.A.Odnoblyudov, V.E.Bougrov, A.E.Romanov, S.Suihkonen, M.Sopanen, H.Lipsanen, Multistep method of threading dislocation density reduction in MOCVD grown GaN epilayers, *Physica Status Solidi (a)* 203 (2006) R76.
3. T.Lang, M.A.Odnoblyudov, V.E.Bougrov, S.Suihkonen, O.Svensk, P.T.Torma, M.Sopanen, H.Lipsanen, Reduction of threading dislocation density in Al_{0.12}Ga_{0.88}N epilayers by a multistep technique, *Journal of Crystal Growth* 298 (2007) 276.

Как занять место под светодиодным солнцем?

Постулаты развития светодиодной техники

Для начала хотелось бы коротко рассказать об истории и опыте нашей организации, которые позволяют оценивать состояние рынка светодиодной техники и дают нам право формулировать постулаты ее дальнейшего развития.

История Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси (ЦСОТ НАН Беларуси) началась еще в 1977 году, когда в Институте электроники НАН Беларуси начали проводиться разработки в области измерительных оптоэлектронных преобразователей (рис. 1) с использованием GaAlAs-светодиодов, к тому же времени относятся и первые исследования в области светодиодных мнемонических индикаторов и дисплеев. В 1993 году начались разработки светодиодных подсветок для жидкокристаллических индикаторов, а в 1999 году появились первые светодиодные осветительные устройства. В 2001 году совместно с российской компанией «Лайтмастер» были разработаны первые в СНГ светодиодные RGB-прожекторы с управлением по протоколу DMX512. В 2003 году совместно с российской компанией «Кванд» был реализован первый в мире проект полностью светодиодного освещения VIP-салонов самолетов. Тогда в салоне самолета было установлено несколько типов светодиодной осветительной и декоративной техники, включая основное освещение, общей мощностью 2 кВт. В 2004 году был создан первый осветительный прибор на светодиодах для наружного освещения — 60 Вт осветитель пешеходной зоны, совмещенный с дорожным знаком «пешеходный переход» с эффектом анимации. Все пешеходные переходы от Орши до Бреста были оснащены такими осветителями, и они работают до сих пор. В 2006—2007 гг., опять же

впервые в мире, был реализован проект полностью светодиодного освещения VIP-вагона железнодорожного транспорта.

Несколько слов об экономических предпосылках создания в Республике Беларусь программы развития светодиодной техники. По данным Министерства энергетики Беларуси в настоящее время 18% всего энергобаланса страны расходуется на освещение, что составляет около 6 млрд. кВт·ч. или в денежном выражении — около 600 млн. долл. США. К примеру,

в 2006 году для освещения мест общего пользования только в одном из восьми районов двухмиллионного города Минска было израсходовано 460 тыс. долл. США. По причине чрезмерного расхода электроэнергии в мае 2009 года в Минске и других городах страны проводились профилактические отключения освещения улиц в ночное время суток.

Мы взялись подсчитать потенциальную возможность экономии электроэнергии в стране и направили в соответствующие ведомства и областные центры Беларуси анкеты с вопросами о реальном потреблении электроэнергии. Собранная информация позволила на уровне правительства говорить о низкой эффективности применяемых источников света и доказывать необходимость решения вопро-

сов энергосбережения. Была предложена схема развития светодиодной техники, предусматривающая три этапа. Первый этап — сборка светодиодной светотехнической продукции с использованием импортных светодиодов и комплектующих. На втором этапе будет организована сборка светодиодов на основе

импортных кристаллов, пластин. И только на третьем этапе будет налажен выпуск отечественных светодиодов, включая эпитаксию и чип-процессинг.

18% всего энергобаланса Беларуси расходуется на освещение, что составляет около 6 млрд. кВт·ч. или 600 млн. долл. США

Стратегия развития светодиодной техники в Беларуси является пошаговой: если на первом этапе будут достигнуты позитивные результаты, то можно будет переходить к сборке светодиодов на покупных чипах. В случае устойчивого положительного эффекта после первых двух этапов можно будет перейти к эпитаксии и чип-процессингу. Это все прокаликурировано, оценены затраты, в результате чего сделан вывод о том, что Беларусь может занять свое место под светодиодным солнцем.

Какая же продукция планируется к выпуску в Республике Беларусь? Основные два направления производства — светодиодные уличные светильники и светодиодные тепличные облучатели. Здесь важно заметить, что в настоящее время имеет смысл



Юрий Трофимов,
led.trofimov@gmail.com

К.т.н., директор Республиканского научно-производственного унитарного предприятия «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной Академии наук Беларуси»

с 1977 г. – Полупроводниковые оптоэлектронные преобразователи с использованием GaAlAs светодиодов, мнемонические индикаторы, дисплеи;



с 1993 г. – Светодиодные подсветки для ЖКИ;



с 1999 г. – Светодиодные осветительные устройства;



2001 г. – первые в СНГ светодиодные RGB прожекторы с управлением по DMX512;



2003 г. – Первый в мире проект 100% светодиодного освещения VIP салонов самолетов;



2004 г. – первый осветительный прибор для наружного освещения;



2006-2007 - Первый в мире проект 100% светодиодного освещения VIP вагонов железнодорожного транспорта;



Рис. 1. Иллюстрированная история центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси

заниматься преимущественно технологическим светом. Если рассматривать систему уличного освещения, то бесспорный приоритет имеют туннельные осветители, которые используются двадцать четыре часа в сутки. Максимальный энергетический и экономический эффект может быть достигнут в результате применения светодиодного освещения в теплицах. Это, как минимум, восемьдесят процентов экономии, а для некоторых культур и значительно больше.

Чтобы занять место под «светодиодным солнцем» выпускаемая продукция должна характеризоваться высокими технико-экономическими показателями. С этой целью в нашей организации проводятся исследования по оптимизации эффективности светодиодных светильников. Как известно КПД светильника (η_{LED}) определяется

произведением трех коэффициентов: КПД оптической системы (η_{op}), КПД блока питания и управления (η_{el}) и коэффициента тепловых потерь (η_{th}) светового потока из-за повышения температуры светодиода:

$$\eta_{lamp} = \eta_{LED} \eta_{el} \eta_{op} \eta_{th}, \quad (1)$$

Если не оптимизировать каждый коэффициент, то при их перемножении получаешь в лучшем случае КПД порядка пятидесяти—семидесяти процентов.

Второй важный момент — это утилизация светодиодного света. Как правило, в современных светодиодных приборах этому вопросу не уделяется должного внимания. Специалистам практически неизвестны научные исследования, посвященные тому, насколько много света от натриевых или любых других источни-

ков света расходуется на освещение соседних зданий, тротуаров, парков. Если же заняться оптимизацией использования света, то, используя качественную оптику можно довести коэффициент утилизации до 85—90 %. Это очень сложная стратегическая задача, и светильников такого класса пока не существует.

Кроме того, для достижения высоких технико-экономических показателей необходимо учитывать ряд условий или постулатов светодиодной техники, которые, к сожалению, в настоящее время большинством производителей не учитываются или сознательно искажаются, что приводит к дискредитации в глазах потенциальных потребителей всего направления светодиодной светотехники.

Первое условие или постулат создания качественной светодиодной техники звучит так: **«Проверяйте технические характеристики светодиодной элементной базы, используя для этого качественную измерительную технику»**. В нашей организации имеется уникальный (по своей комплектации и метрологическим возможностям) в Восточной Европе комплекс для измерения светодиодов, светодиодных модулей и дисплеев. Измерение характеристик светодиодов, представленных на рисунке 2, показало, что в большинстве случаев по уровню светового потока светодиоды не соответствуют бинам, заявляемым производителем. Причина несоответствия заключается как в маркетинговой политике, так и в методиках разбиновки. Измерять светодиоды при производстве и разбиновке, придавая этому процессу не только качественный, но и количественный характер, производителю невыгодно. Обычно заводская разбиновка светодиодов занимает несколько секунд: на светодиод подается кратковременный импульс тока и измеряется его характеристика, величина которой позволяет отнести светодиод к тому или иному бину. Естественно, при таких условиях измерений бины светодиодов, присвоенные производителем, будут существенно отличаться от рабочих характеристик светодиодов, хотя бы по той причине, что при



Рис. 2. Исследованные образцы светодиодов¹

тестировании светодиод не находится в тепловом равновесии.

Второй постулат: «Срок гарантии должен быть больше периода окупаемости». В настоящее время на рынке в основном предлагаются светильники с гарантией один год. В то же время согласно экономическим расчетам период окупаемости уличного светильника при действующих ценах на светодиодную технику и тарифе на электроэнергию в лучшем случае составляет 3–5 лет.

На наш взгляд не менее важным моментом, который практически никто не учитывает, является воздействие окружающей среды на работоспособность светильника в выключенном состоянии. Если работа светильника и его основных компонентов, включая светодиоды, во включенном состоянии, деградация светодиода от протекающего тока, от температуры хоть как-то изучается, то исследования по поводу того, как деградируют светодиоды в условиях постоянного (длительного) нахождения светильника на солнце, как деградируют блоки питания, полимерные покрытия, герметики, оптика — практически не проводятся. А между тем известны результаты исследований, согласно которым большинство

полимерных красок, нанесенных на качественно проанодированные алюминиевые детали, через 5–7 лет под воздействием солнечной радиации и вредных примесей, содержащихся в окружающей среде, практически полностью разрушаются, выгорают и растрескиваются, что ведет к выходу из строя светодиодного светильника. Большинство корпусов светодиодных уличных светильников имеет развитое оребрение, которое будучи ана-

Большинство корпусов уличных LED светильников выполнены без учета основополагающих принципов теплового дизайна

логом «черного тела», практически полностью поглощает всю солнечную радиацию, и приводит к нагреву корпуса светильника, особенно в яркий солнечный день, до 130°C и выше. К сожалению, большинство светильников выполнены без четкого понимания основополагающих принципов теплового дизайна. Отсюда третий важный постулат: «Корпус светодиодного светильника во многом определяет надежность изделия».

Следующий постулат выведен нами на основе анализа патентной информации и конструктивных особенностей светильников. Формулируется он так: «Для эффективного охлаждения светодиодного светильника на каждый ватт потребляемой электрической мощности светильника требуется тепловой радиатор массой от 0,08 до 0,1 кг, при условии, что в светильниках не применяются улучшенные системы охлаждения». Благодаря данному постулату у специалиста и потребителя появляется возможность судить о качестве светодиодного изделия. В частности, если вам предлагают 100 Вт уличный светильник массой менее 8 кг, то очевидно, что в его конструкции должны использоваться усовершенствованные способы отведения тепла, например, тепловые трубы. В противном случае такой светильник не обеспечит долговременную надежность изделия, и его характеристики с течением времени существенно деградируют.

Пятый постулат развития светодиодной техники формулируется следующим образом: «Для светодиодного тепличного освещения необходимы регламенты выращивания растений». К сожалению, в последнее время производством светодиодных теплиц начали заниматься большое количество непрофильных компаний. При этом тепличные облучатели поставляются «как есть», продавец не дает регламентов того, как с помощью его изделия можно вырастить ту или иную сельскохозяйственную культуру, зелень или декоративные растения, как контролировать сроки созревания плодов, а также есть ли подтвержденная гарантия окупаемости установки. В отличие от большинства других производителей мы используем научно-практический подход к светодиодному тепличному освещению: в работе участвуют не только конструктора светодиодной техники, но и специалисты смежных знаний: физики и биофизики, ботаники и аграрии. Эти работы начаты более пяти лет назад, и в настоящее время у нас имеются

Границы бина по световому потоку, указанные производителями, и измеренные значения светового потока образцов при номинальном токе					
Образец	Сд1	Сд2	Сд3	Сд4	Сд5
Граница бина, лм	90...100	100...120	82...130	107...114	91...118,5
Световой поток, лм	89,7	90,6	100,2	100,3	80,1

¹ Данная статья не является заказной PR-акцией, поэтому соответствие светодиодов их условному обозначению (Сд1—Сд5) не показано.

наработки по использованию светодиодных облучателей для выращивания карликовой пшеницы и салата для космических применений, создан биотехнологический комплекс, в котором светодиодные излучатели различных конструктивов используются для разработки регламентов выращивания некоторых видов растений (рис. 3).

Еще один постулат: «**Давайте сообщать правду!**» Одна уважаемая фирма выпустила люминесцентную лампу с указанием, что срок ее службы составляет шесть лет, а на обратной стороне упаковки уточнение: «срок службы шесть лет при работе около 2,7 часов в день». Или вот пример PR-акции другой светотехнической компании: «Высокая эффективность, низкие затраты на обслуживание, исключительная надежность продукции...», а ниже дополнение: «Конструкция корпуса позволяет проводить замену драйвера и светодиодных модулей без демонтажа светильника». Получается, что конструктор, разрабатывая светильник, заведомо знает, что использует некачественные драйвер и светодиоды, которые по истечении определенного времени необходимо будет заменить на новые. Это совершенно неприемлемо, так как замена дорогостоящих компонент светильника ставит крест на окупаемости светильника и дискредитирует светодиодную технику в целом. Для того чтобы исключить подобный обман потребителя необходимо понимать, что светодиодный светильник — должен быть практически необслуживаемым и «вечным» изделием, которое по истечении срока службы просто заменяется на новый светильник. Только при таких условиях потребитель может достичь реальной 3–5 кратной самоокупаемости изделия.

Итак, как же найти свое место под светодиодным солнцем? Здесь хотелось бы сформулировать постулат — золотое правило для игроков рынка: «**При серийном выпуске светодиодной продукции необходимо иметь устойчивые каналы обеспечения светодиодами**». К сожалению, в последнее время работа через коммерческие организации — поставщики светодиодов, затрудняет получение хорошего

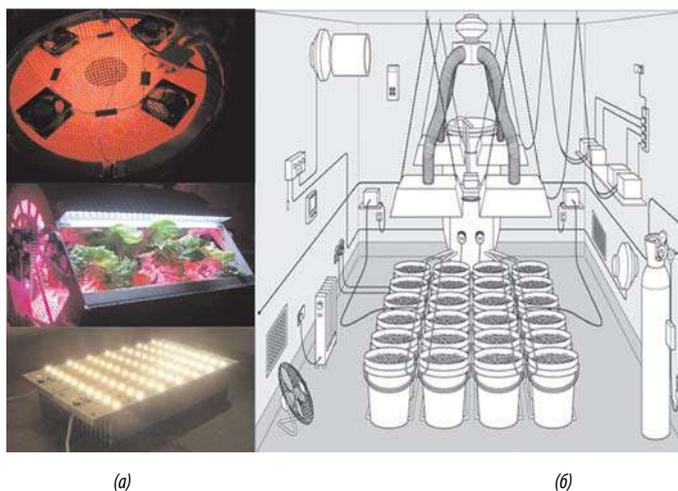


Рис. 3. Светодиодные облучатели для прототипов космических оранжерей (а) и аналог светодиодной теплицы (б)



результата. Беда в том, что дистрибуторы не всегда обладают техническими знаниями нужного уровня.

И еще один вывод, который мы сделали: «**Работа через компании, которые наряду с поставками светодиодов сами занимаются разработкой светодиодной техники и, следовательно, являются потенциальными конкурентами, не всегда эффективна**». Такие компании всегда могут отследить объемы закупаемых вами светодиодов и комплектующих, и в ответ-

ственный момент прекратить эти поставки либо увеличить их стоимость. Таким образом, для успешной работы на рынке светодиодной техники необходимо иметь независимые каналы поставки светодиодной элементной базы, желательно напрямую от производителя, либо самим контролировать процесс производства светодиодов.

Если мы эти вопросы будем решать сообща, то результат, несомненно, будет достигнут, и светодиодное солнце будет светить всем.

Максимально допустимая температура хранения некоторых компонентов светодиодных светильников

Наименование компонента	Температура хранения, °С
Светодиоды	-30...85
Блоки питания	≤85
Оптика	≤95
Защитные покрытия (полимерные)	≤90

Светодиодные светильники в задачах архитектурного освещения

Часть 1

Андрей Никитин

Полупроводниковое освещение, использующее в качестве источников света светодиоды, является достаточно новым направлением светотехники. Ознакомившись с несомненными достоинствами светодиодных светильников, кто-то прорабатывает вопрос о целесообразности их производства, кто-то пробует использовать готовые изделия других производителей в своих проектах. В предлагаемой статье сделана попытка обозначить, на что следует обратить внимание как при выборе готовых светильников для проекта, так и при выборе отдельных компонентов для собственной разработки. Однако, учитывая тот факт, что светодиодная светотехника находит применение в самых разнообразных приложениях, каждое из которых обладает своей спецификой, в предлагаемой статье рассматривается только одно направление — светильники для архитектурного освещения.

АРХИТЕКТУРНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ИЛИ АРХИТЕКТУРНАЯ ПОДСВЕТКА

Просматривая сайты или каталоги различных производителей светодиодных светильников, приходишь к выводу, что у каждого из них есть своя классификация и свои критерии отнесения конкретного изделия к тому или другому классу. Поэтому попытаемся определить то, что мы будем понимать под термином «архитектурная подсветка» или, по крайней мере, договоримся, что будем иметь в виду под этим термином в рамках данной статьи.

Любые светильники (не только светодиодные) эксплуатируются либо внутри помещений, либо вне помещений, т.е. на улице, под открытым небом. Соответственно, возникает деление на внутреннее

и наружное освещение (в англоязычной терминологии — indoor и outdoor). Разумно предположить, что архитектурная подсветка относится исключительно к наружному освещению хотя бы потому, что схожие по функциям светильники, устанавливаемые внутри помещений, относят к интерьерному освещению.

В зависимости от назначения наружное освещение предлагается разделить на четыре основных направления:

- уличное освещение;
- архитектурная подсветка;
- световая реклама;
- ландшафтное освещение.

Остановимся подробнее на каждом из них.

Уличное освещение. Это освещение автодорог, улиц, тротуаров, дворов, парков и т.д. Основная задача — обеспечить необходимый уровень освещенности на поверхности земли в вечернее и ночное время. Светильники для освещения улиц называются уличными фонарями. Технические средства для решения этой задачи достаточно специфичны и заслуживают отдельного анализа, поэтому мы не станем рассматривать уличные светильники.

Архитектурная подсветка. Основная функция не утилитарная, а декоративно-эстетическая: создать оригинальный облик здания в темное время суток; выгодно подчеркнуть его основные элементы, архитектурные формы и пропорции; создать респектабельный вид и т.д., т.е. не осветить, а именно подсветить. Архитектурная подсветка позволяет освещать и прилегающую территорию, но задача обеспечить необходимый уровень освещенности на поверхности земли в вечернее и ночное время как таковая не ставится

или, по крайней мере, не является основной.

Световая реклама. Безусловно, к наружному освещению световая реклама имеет самое непосредственное отношение. Но не к освещению улиц и не к архитектурной подсветке — у нее свои задачи и специфические технические средства (в т.ч. светодиодные) для их решения. Разумно принять этот вид освещения за отдельное направление, не имеющее отношения к архитектурному освещению, и оставить за рамками данной статьи.

Ландшафтное освещение (парки, зеленые зоны). Это своеобразное сочетание уличного и архитектурного освещения. От уличного этому типу освещения досталась утилитарная задача — в вечернее и ночное время должно быть достаточно светло. В то же время дизайн светильников обязан быть изысканнее, чем у уличных фонарей. От архитектурного освещения досталась часть технических средств (прожекторы, тротуарные светильники) и немало методологии (подсветка уникального дерева имеет много общего с подсветкой скульптурных сооружений). Характерная особенность ландшафтного освещения — необходимость более тщательной проработки эстетической, художественной составляющей проекта.

Безусловно, данная классификация имеет достаточно «спорных территорий» и «нейтральных полос». Например, праздничная иллюминация — вроде и сегмент небольшой, и включается всего несколько раз в году, а в классификацию не попадает.

Поначалу договоримся о том, что в рамках данной статьи мы будем понимать под архитектурной подсветкой и, соответственно,

для решения каких задач мы будем рассматривать определенные технические средства. Обозначим эти задачи:

- подсветка как отдельных зданий, так и архитектурных комплексов;
- подсветка тротуаров и дорожек (имеются в виду светильники, «запрессованные» в тротуар);
- подсветка фонтанов;
- подсветка мостов;
- подсветка скульптурных сооружений.

СТЕПЕНИ ЗАЩИТЫ СВЕТИЛЬНИКОВ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Светильники для архитектурной подсветки установлены под открытым небом, т.е. они должны удовлетворять определенным, достаточно жестким, требованиям по климатическим условиям (в частности, температурным) и иметь достаточный уровень защиты от попадания пыли и влаги, что мы рассмотрим ниже. Все эти условия являются необходимыми — если они не реализованы, то речь может идти только об интерьерной подсветке помещений.

Степень защиты светильников от воздействий окружающей среды определяется в соответствии со стандартом ГОСТ 14254-96 и обозначается кодом IP (ingress protection) с указанием двух цифр, первая из которых характеризует защиту светильника от проникновения твердых образований (пыли), а вторая — от попадания воды. Светильники подразделяются:

- а) по степени защиты от проникновения твердых образований на:
 - IP0x — специальная защита отсутствует;
 - IP1x — защита от проникновения твердых тел размером более 50 мм;
 - IP2x — защита от проникновения твердых тел размером более 12 мм;
 - IP3x — защита от проникновения твердых тел размером более 2,5 мм;
 - IP4x — защита от проникновения твердых тел размером более 1 мм;
 - IP5x — полная защита от проникновения пыли не обеспечена, но это не нарушает нормальную работу изделия (пылезащищенное изделие);
 - IP6x — полная защита от проникновения пыли (пыленепроницаемое изделие).
- б) по степени защиты от проникновения воды на:
 - IPx0 — специальная защита отсутствует;
 - IPx1 — защита от вертикально падающих капель воды;
 - IPx2 — защита от вертикально падающих капель воды, когда корпус отклонен на угол до 15°;
 - IPx3 — защита от воды, падающей в виде дождя (под углом 60° к вертикали);
 - IPx4 — защита от сплошного обрызгивания (со всех сторон);
 - IPx5 — защита от водяных струй (с любого направления);
 - IPx6 — защита от сильных водяных струй (с любого направления);
 - IPx7 — защита от воздействия при временном (непродолжительном) погружении в воду;
 - IPx8 — защита от воздействия при продолжительном погружении в воду (герметичное изделие).

Соответственно, светильники со степенью защиты ниже IP54 однозначно не могут применяться в задачах наружного освещения (в частности, в архитектурной подсветке). В зависимости от конкретных условий применения, требования к степени защиты могут повышаться (например, для подводных светильников — это только IP68), а также могут вводиться дополнительные требования (например, по механической прочности для светильников, монтируемых в тротуар).

Отметим, что стандарт ГОСТ 14254-96 представляет собой аутентичный текст международного стандарта МЭК 529:1989. Следовательно, коды IP стандарта МЭК 529:1989 полностью соответствуют кодам IP, принятым в СНГ.

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О ПРИМЕНЕНИИ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В СВЕТИЛЬНИКАХ

Для единства терминологии оговорим, что под источником света мы понимаем лампу или, в случае использования светодиодов, — светодиодный модуль. Под светильником — законченное изделие, предлагаемое конечному пользователю.

Безусловно, светодиодные источники света имеют существенно более короткую историю, по сравнению с архитектурной подсветкой как таковой. Тепловые (лампы накаливания) и газоразрядные источники света (люминесцентные лампы, лампы высокого давления) использовались, используются и будут использоваться в дальнейшем как источники света в светильниках архитектурной подсветки. Многие производители для одного и того же корпуса светильника предлагают различные модификации, ориентированные на разные источники света (например, на лампы накаливания, компактные люминесцентные или ртутные лампы, светодиодные) или на их различные исполнения (под цоколь E27 или E14).

Сегодня светодиодные источники света развиваются в двух направлениях. Первое — светодиодные модули OEM, т.е. светодиоды, установленные на печатную плату с драйвером или без. Модули устанавливаются в светильник производителем, в дальнейшем не подлежат замене, т.е. являются неотъемлемой частью изделия. Второе — светодиодные лампы со стандартным цоколем (например, E27, GU10, MR16) или форм-фактором (T5, T8, T10). Эти светодиодные лампы позиционируются как

СВЕТОДИОДЫ



嘉源光电
G-NOR



国星光电
NATIONSTAR



ProLight Opto
Technology Corporation



EVERLIGHT
LIGHTING FOREVER



Macroblock

ДРАЙВЕРЫ

Большой выбор
источников питания для светодиодов

8-800-333-01-73

звонок бесплатный

www.radiodetali.ru

прямая замена более традиционных типов ламп. Причем, в случае ламп со стандартным цоколем, светильник при продаже не комплектуется лампой, а сама лампа в процессе эксплуатации может быть заменена на аналогичную или совместимую лампу.

В первом случае каких-то сложностей или проблем не ожидается. Вариант квалифицированной (в кавычках или без) замены светодиодного модуля не рассматриваем, поскольку он не является штатным в оговоренных условиях эксплуатации светильника.

Со вторым случаем сложнее. К примеру, в светильнике предполагалось использовать лампу накаливания мощностью 60 Вт с цоколем E27. При необходимости лампу можно поменять на аналогичную лампу накаливания. Возможна лишь одна сложность — световой поток такой лампы может, в зависимости от производителя, варьироваться в пределах 450...900 лм. Худшее, что может произойти, — это необходимость подбирать лампу по световому потоку. И только.

Но, допустим, что конечный пользователь обладает широтой мышления и решил «перейти на светодиодное освещение», заменив штатную лампу на светодиодную с цоколем E27. Светить она будет, но необходимо учесть два соображения.

1. Пусть цоколь стандартный (E27), но в светодиодных лампах (в отличие от ламп накаливания) может сильно различаться диаметр колбы (30...100 мм) и, соответственно, количество установленных светодиодов. Даже в рамках конкретного диаметра 50 мм число светодиодов варьируется в пределах 18–40. Белые светодиоды в ламповом корпусе диаметром 5 мм — продукция более чем массовая. Число их производителей не поддается даже приблизительной оценке. Значения ключевого параметра — силы света — могут быть самыми разными. Заранее предсказать значение светового потока и сопоставить его с прототипом нет никакой возможности.

2. Лампа накаливания излучает во всех направлениях (угол излучения равен 360°). Светодиод излучает в пределах строго опре-

деленного телесного угла (для ламповых — 10...120°). Как будет выглядеть кривая силы света (графическое изображение зависимости силы света от направления его распространения) «обновленного» светильника, предсказать заранее невозможно, если, конечно, не считать прогнозом утверждение «она будет совершенно не похожа на прототип».

Есть и другие нюансы, но и перечисленных соображений достаточно для понимания того факта, что прямой замены на светодиодные лампы в архитектурной подсветке не происходит.

Подведем итог. Функциональное назначение светильника, за редким исключением, предполагает использование какого-то определенного типа источника света. В той же мере один и тот же корпус можно применять в нескольких модификациях светильников, одинаковых по внешнему виду, но различных по используемому источнику света и, следовательно, по внутренней «начинке» (электронным схемам, установочным элементам и пр.). Светотехнические характеристики таких светильников будут также существенно зависеть от источника света. Например, в домашнем освещении лампу накаливания можно без отрицательных последствий заменить на компактную люминесцентную лампу. В архитектурной подсветке замена одного типа источника света на другой недопустима, даже в том случае, если по механическим и электрическим параметрам такая замена возможна.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ СВЕТИЛЬНИКОВ АРХИТЕКТУРНОЙ ПОДСВЕТКИ

Мы отмечали, что различные производители предлагают самые разнообразные классификации светильников. При этом основные признаки классификации: по функциональному назначению, по светотехническим характеристикам, по месту установки, по конструктивным признакам — могут смешиваться во всех мыслимых комбинациях. Например, полноцветные светильники, светильники заливного света и подводные светильники. Во избежание хаоса сформулируем три вопроса.

1. Что именно мы намереваемся подсветить или осветить.

2. С какой точки, или где и каким образом светильник будет установлен.

3. Как именно мы собираемся осветить объект.

Что мы намереваемся осветить. Рассмотрим наиболее простой случай — архитектурное здание. Не особенно упрощая, можно выделить три следующих типа объектов:

– вертикальная плоскость, или, условно говоря, «стена» (например, стена, колонна, ограда, бордюр, купол здания, т.е. любая поверхность, которая расположена вертикально или под наклоном).

– горизонтальная поверхность, или «пол», недоступный для освещения снизу. Это пол, дорожка, лестница, по которым ходят люди. Это, например, газон по которому воспитанные люди не ходят, или карниз, подоконник, нижняя плоскость ниши, по которым, как правило, ходят не все люди.

– горизонтальная поверхность, или, условно, «потолок», недоступный для освещения сверху. Это навес, потолок арки, верхняя плоскость ниши и т.д.

С какой точки освещать. В первую очередь, светильник можно расположить на самом здании или вне его. Например, для того чтобы осветить или подсветить стену, светильник можно расположить:

– на самой стене. Его можно непосредственно укрепить на стене, встроить в стену, вынести на консоль (в первом случае весь светильник находится вне стены; во втором — большая его часть находится в стене).

– на «потолке». Светильник укреплен на потолке или встроены в него. Вынос на консоль нецелесообразен.

– на «полу». Аналогично — светильник укреплен на полу или встроены в него.

– Внешнее размещение:

– светильник установлен в относительно удаленной точке на поверхности земли. Свет направлен с наклоном вверх.

– светильник установлен на соседнем здании или на столбе, мачте (например, осветительный фонарь). Свет можно направить с наклоном вверх, вниз

или горизонтально, в зависимости от возможностей и поставленной задачи.

- светильник подвешен на тросе. Свет направлен вертикально вниз.

Как именно мы намереваемся осветить объект. Возможные варианты, с функциональной точки зрения: равномерная заливка поверхности светом; формирование яркого пятна на определенном архитектурном элементе; локальная подсветка фрагмента и т.д. С практической точки зрения, это ответы на вопросы:

- какой уровень освещенности необходимо создать на освещаемой поверхности;

- какую площадь необходимо осветить, какую форму должен иметь «рисунок» на поверхности;

- каким цветом освещать объект;

- необходимы ли динамические световые эффекты (например, смена цветов, изменение уровня освещенности, стробоскопические эффекты).

Промежуточный вывод. Большинство производителей старается классифицировать изделия по конструктивному признаку и способу установки. Однако в большинстве случаев имеются различные варианты применения конкретного светильника, в соответствии с которой, возможно, решается не одна функциональная задача. Давайте рассмотрим конкретные типы светильников и обозначим те задачи, которые можно решить с их помощью.

СВЕТОДИОДНЫЕ ПРОЖЕКТОРЫ

Под прожектором в светотехнике принято понимать световой прибор, перераспределяющий свет лампы. При этом используется рефлектор (зеркальная или зеркально-линзовая оптическая система), которая концентрирует световой поток лампы в ограниченном пространственном угле. Или, другими словами, изменяет диаграмму направленности источника света, создавая направленный пучок света.

Применительно к светодиодным светильникам сказанное выше, в целом, справедливо. Однако светодиоды как источники света обладают определенной особенностью, нехарактерной

для ламп традиционного типа. Повторим: традиционные лампы излучают свет во всех направлениях (угол излучения равен 360°), а светодиод — в пределах строго определенного телесного угла. Мощные светодиоды (а именно они, как правило, применяются в светодиодных светильниках) имеют угол излучения около 120° (точнее, $100...130^\circ$, в зависимости от конкретной модели и конкретного производителя). Следовательно, нет необходимости в применении рефлектора как отражающей свет системы.



Рис. 1. Основные варианты исполнения светодиодных прожекторов



Рис. 2. Примеры возможного применения светодиодных прожекторов

Для создания направленного света ($5...50^\circ$) используется вторичная оптика. Но это уже не рефлекторы, а коллиматоры, т.е. линзы, собирающие свет в узкий пучок. Заметим, что в оптике коллиматор — это устройство, формирующее узкий параллельный пучок лучей света. В «светодиодных» терминах пучок света не параллельный, а расходящийся (хотя и в пределах узкого угла). Производители вторичной оптики для светодиодов выпускают и рефлекторы, но в прожекторах используются главным образом коллиматоры.

Для создания широкоугольного (те же 120°) заливающего света вторичная оптика не используется вообще. Формирование пучков света с углом излучения $50...100^\circ$ в светодиодных прожекторах — задача нетривиальная. Для вторичной оптики — слишком широкие углы, а для мощных светодиодов — наоборот, слишком узкие. Решения есть, но повторим, для светодиодных про-

жекторов формирование углов излучения $50...100^\circ$ не является типовым решением.

С точки зрения размещения, прожектор — прибор универсальный: с минимальными затратами фантазии его можно установить как на освещаемом здании (на стене, потолке, полу), так и вне его (на соседнем здании, на мачте, на поверхности земли, подвесить на тросе). Таким образом, при желании прожекторы можно отнести к настенным, потолочным и другим светильникам.

Если исходить из функционального назначения, то прожектор должен освещать значительную по размерам поверхность или формировать яркое, акцентированное пятно на освещаемой поверхности значительных размеров. Таким образом, единственный критерий, по которому светодиодный светильник можно отнести к категории прожекторов — это мощность или, точнее, величина излучаемого светового потока. Его нижний предел можно оценить 500 лм (будет обосновано ниже).

На рисунке 1 приведены три типовых варианта исполнения светодиодных прожекторов, а именно:

- А — круглый (в англоязычных источниках — round);

- Б — прямоугольный (panel);

- С — линейный (profile или linear). Для прожекторов данного типа также общеупотребительным является термин wall-washer

(хотя иногда к этому типу относят и тип panel).

Примеры возможного применения приведены на рисунке 2:

– А – формирование ярких, акцентированных пятен на стене здания. Предложенное решение – прожекторы направленного света типа round (в принципе, тип panel также допустим).

– Б – преимущественно внешнее освещение памятника архитектуры. Прожекторы направленного света (round и panel) расположены на соседнем здании, на мачтах. Прожекторы заливного света, освещающие здание в целом, размещены в пределах ограды на поверхности земли. Отличительная особенность подобных проектов – нежелательность размещения светильников на освещаемом здании.

– В – комплексная подсветка фасада здания. Верхняя кромка здания и стена третьего этажа

светильниками, встроенными в тротуар.

Таким образом, круглые прожекторы используются для формирования пятна, линейные – для подсветки контура, прямоугольные являются более универсальными, однако, как правило, имеют большие габариты.

Прожекторы выпускаются в монохромном и полноцветном исполнении. Монохромные прожекторы обычно включают в свою номенклатуру белый цвет (с градацией по цветовой температуре: холодный, теплый и, иногда, нормальный); красный; синий; зеленый; редко желтый и еще реже – оранжевый. Полноцветные прожекторы используют либо тройку светодиодов (красный, синий, зеленый – как на приведенном рисунке) с отдельным управлением или полноцветные светодиоды (красный, синий, зеленый в одном корпусе).

проявляться, в первую очередь, в разном размере пятен), а, с другой стороны, выставляет такие размеры световых пятен, которые дают наилучший эстетический эффект на конкретном объекте.

Полноцветные прожекторы, практически без исключений, имеют возможность диммирования по каждому каналу и управляются по одному из традиционных протоколов (например, DMX или DALI). Фактически, они позволяют не только выставить произвольный цветовой оттенок, но и его интенсивность, а также создавать динамические сценарии управления цветом.

Угол излучения и вторичная оптика, его определяющая. Строго говоря, все значения в диапазоне 5...50° с шагом в 5° не являются экзотическими. Но в большинстве случаев номенклатура конкретного производителя оптика включает три-четыре модификации по каждому изделию. Соответственно, конкретный производитель прожектора также не предложит более широкий ряд модификаций. То есть, в принципе, можно найти прожектор с любым углом излучения, но у конкретного производителя выбор большим не будет.

Число используемых светодиодов в монохромных прожекторах варьируется от 8 до 40. Соответственно, если принять световой поток 1-Вт белого светодиода равным примерно 60 лм, то для светильника из восьми диодов световой поток составит 480 лм (собственно, из этих соображений выше и была названа цифра 500 лм). Существенно ли это?

Обратимся к рисунку 3, на котором представлены три варианта светильников, безусловно, относящихся к одной конструктивной линии: тип А (макси) – 36 светодиодов, тип Б (миди) – 12 и тип В (мини) – 3 светодиода. Вариант А – безусловно, прожектор; вариант В, несмотря на конструктивную схожесть, – не более чем настенный светильник для локальной подсветки локального архитектурного элемента (световой поток примерно 180 лм). Вариант Б – промежуточный: для локальной подсветки он из-



Рис. 3. Варианты светильников в одном конструктивном исполнении

подсвечиваются линейными прожекторами, расположенными один за другим. Стены первого и второго этажа подсвечиваются светильниками с поверхности тротуара, а скульптурные элементы – светильниками, установленными на балконе второго этажа.

– Г – практически вся подсветка крыши и этажей, начная со второго, реализована с использованием отдельных линейных прожекторов, установленных на стене между этажами. Подсветка ниш первого этажа –

Монохромные прожекторы управляются либо дискретно (включен или выключен), либо имеют вход управления интенсивностью излучения (диммирование). Даже если в проекте не используется динамическое изменение яркости, то диммирование так или иначе позволяет регулировать уровень излучения и, следовательно, размер светового пятна непосредственно «по месту». Это, с одной стороны, нивелирует разбежку между отдельными светильниками (а она будет



Рис. 4. Прожектор для уличного освещения

быточен, при использовании в качестве прожектора для конкретного места он может быть уместнее, чем вариант А.

Другая ситуация представлена на рисунке 4. С одной стороны, представлены прожекторы прямоугольного типа, излучающие белый свет и имеющие по 36 светодиодов (с линзами и без). С другой стороны, производитель позиционирует их в т.ч. как уличные светодиодные светильники, т.е. допускает их применение в другой области. Чуть более 2000 лм для уличного освещения — не большая цифра, но если в конкретных случаях нормативные требования по освещенности удовлетворяются, то этого значения вполне хватает. Диммирование тоже лишним не будет — можно управлять интенсивностью света в зависимости от времени года, времени суток, уровня естественного освещения, например.

Иными словами, граница между прожекторами и настенными (потолочными) светильниками, прожекторами и уличными светильниками весьма и весьма условна. Критерием может быть только значение светового потока, однако значения нижнего и, тем более, верхнего предела относительны.

Некоторые требования к материалам и конструкции. Корпус в подавляющем большинстве случаев — алюминий или нержа-

вующая сталь. Так или иначе, это металл, стойкий к воздействию коррозии. В линейных прожекторах часто используют готовый профиль ребристого радиатора, который закрывается с торцов боковой крышкой с герметизирующей прокладкой. В прожекторах panel и round типичное решение — «коробка» из алюминия (литье под давлением), которая закрывается с лицевой стороны металлической крышкой с защитным стеклом. Часто используются декоративная панель, в которой прорезаны отверстия, оставляющие открытыми только светодиоды и линзы. Какого-то функционального назначения эта панель не несет, но на лицевой стороне платы могут быть установлены электронные компоненты, возможен монтаж проводами и т.д. По сути, панель закрывает «технологию» от глаз потребителя.

Защитное стекло выполняется из прозрачного и ударопрочного материала (например, из поликарбоната или полиметилметакрилата). Отметим, что стык между стеклом и корпусом должен быть герметизирован, что достигается либо с помощью прокладки из прорезиненного материала, стойкого к климатическим воздействиям, либо за счет герметика.

Конструкция крепления прожектора к поверхности крепления может быть различным. Требуемое направление света задается с помощью регулиро-

вочных винтов. Обычно необходимо обеспечить поворот в пределах $-90...90^\circ$, если прожектор крепится к стене, но если он крепится к вынесенной консоли, то, возможно, потребуются поворот и на большие углы. Источник питания и светодиодный драйвер, как правило, размещены внутри прожектора. Провода выводятся либо через герметизированный разъем (в варианте А на рисунке провод и разъем не показаны), либо проходить по опоре (как в вариантах Б и В).

Категория защиты от воздействий окружающей среды обычно не хуже, чем IP65. В отдельных случаях (например, установка прожектора на потолке навеса или на верхней поверхности достаточно глубокой ниши, т.е. там, где прямое воздействие дождя исключено, — можно применить исполнение IP64).

Во второй части этой статьи, которая в силу известных ограничений на объем публикуемых материалов появится в следующем номере журнала, будут рассмотрены различные типы светильников (настенные, встраиваемые, потолочные) и круг решаемых ими задач, а также такие важные для разработчика вопросы как выбор элементной базы и поставщика.

Все грани экономии



Энергосберегающие лампы экономят бюджет и приносят пользу окружающей среде.

Компания Paulmann предлагают разнообразные по цвету и форме декоративные колбы для энергосберегающих ламп, ассортимент которых удовлетворит даже самых взыскательных покупателей. Комбинация современного и стильного светильника от компании Paulmann и энергосберегающей лампочки с декоративной колбой будет оптимальна и с технической и с эстетической точки зрения.

Небольшие энергосберегающие лампы различной мощности с максимальным уровнем энергосбережения (класс А) и патронами E14, E27 могут сочетаться с большим рядом

моделей декоративных колб. Сменные колбы могут иметь вид шара, свечи, могут быть наклонной или изогнутой формы. Золото, атлас или декоративная трубка, похожая на бамбук, цвета травы или опала. При замене лампочки, меняется только ее база, что, несомненно, удобно и экономично. В случае, если потребитель желает изменить внешний вид светильника, можно просто выбрать новое декоративное стекло или плафон, ассортимент которых так же достаточно широк.

000 «ПАУЛМАН»
(495) 410-2595
(495) 410-2440
www.paulmann.ru

Коэффициент использования светового потока

уличных LED-светильников

Да, темп развития светодиодных технологий, который часто любят характеризовать таким параметром как рост световой отдачи, впечатляет. Средний прирост этого показателя для серийно выпускаемых светодиодов за последние пять лет составляет около 13...15 лм/Вт в год. Однако, на сегодняшний день световая отдача светодиодов, применяемых в серийных уличных светильниках еще не превысила этот показатель для натриевых ламп высокого давления — самого распространенного источника света для уличного освещения. Тогда в чем энергоэффективность светодиодных светильников?

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СВЕТИЛЬНИКА

Для оценки энергоэффективных свойств осветительного прибора необходимо провести анализ по четырем параметрам:

- 1) световая отдача источника света;
- 2) КПД светильника;
- 3) электрический КПД светильника (потери в блоке питания, ПРА);
- 4) коэффициент использования светового потока.

Световая отдача светодиодов не превышает этот показатель для традиционных источников света в уличных светильниках, поэтому для экономии электроэнергии необходимо, чтобы значения остальных параметров были больше чем у существующих осветительных приборов.

В двух словах отметим, что КПД блока питания светодиодов и ПРА для газоразрядных ламп примерно одинаковы и равны для большинства образцов 80—85%.

КПД самого светильника (отношение светового потока светильника к световому потоку

источников света) зависит от материалов отражателей, рассеивателей и линз. В существующих светильниках с газоразрядными лампами и светодиодных применяются однотипные материалы, поэтому получить выигрыш более 10—20% в КПД практически не реально. Заметим, что КПД уличного светильника с натриевой лампой высокого давления для большинства образцов довольно высокий. Например, светильники ЖКУ28-150-001, ЖКУ21-150-003, ЖКУ15-150-101Б и др. объединения Galad имеют КПД более 74%. При улучшении этого показателя на 20% получим значение 89%, что сопоставимо с коэффициентом пропускания защитных стекол и рассеивателей из полиметилметакрилата, поликарбоната, стекла [1]. В этом случае мы получаем светильник, светораспределение которого формируется расположением самих светодиодов без дополнительных отражателей, линз, ограждающих конструкций защитного угла, что для уличного светильника крайне проблематично.

Экономия электроэнергии в 20%, которая в лучшем случае получается по трем рассмотренным выше параметрам, не позволит обосновать затраты на установку светодиодных светильников. Здесь «на помощь» продавцам светодиодных светильников пришел последний параметр: коэффициент использования светового потока. Этот коэффи-

циент показывает долю светового потока светильников, которая преобразуется в освещенность (плотность светового потока) расчетной поверхности и характеризует эффективность светораспределения (кривой силы света) осветительного прибора. Для идеальной кривой силы света (КСС) он равен единице, т.е. 100% светового потока светильника преобразуется в освещенность расчетной поверхности.

ИДЕАЛЬНАЯ И РЕАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ СИЛЫ СВЕТА СВЕТИЛЬНИКОВ

Сила света — это пространственная плотность светового потока точечного источника, т.е. осветительного прибора (источника света) геометрические размеры, которого значительно меньше расстояния до освещаемой поверхности [2, 3]. Распределение силы света источника в пространстве (называют фотометрическим телом) представляется трехмерной моделью, а ее сечение продольной плоскостью, на которой расположен сам источник, принято называть КСС для данной плоскости сечения.

КСС светильника обычно принято показывать в полярной системе координат, а характерные плоскости сечения обозначаются азимутальными углами. Ориентация неосесимметричного светильника принимается такой, чтобы главная поперечная плоскость совпадала с плоскостями C_0-C_{180} , проходящими через



Евдасев Игорь, к.т.н.

В 1998 году закончил УО «Белорусский государственный университет транспорта», инженер-электромеханик. Опыт работы 10 лет.

Сегодня Заведующий научно-исследовательской лабораторией «Системы электроснабжения транспорта», доцент кафедры «Электрический подвижной состав», эксперт-энергоаудитор. Участвовал в энергетических обследованиях систем освещения предприятий железнодорожного транспорта (более 50 объектов).

азимутальные углы 0 и 180, а главная продольная плоскость — с плоскостями C_{90} — C_{270} . При этом узел крепления светильника к кронштейну (для консольных светильников) расположен в плоскости C_{270} .

При идеальной КСС по критерию использования светового потока светильника, освещаемая поверхность должна иметь абсолютно равномерную освещенность, а на краях этой поверхности освещенность снижается до нуля. Например, для случая плоской площадки, над которой параллельно ей в центре располагается световой проем светильника, можно записать систему аналитических выражений идеальной КСС

$$I_{(C;\gamma)} = \frac{I_{(0;0)}}{(\cos \gamma)^3}, \text{ при } 0 \leq \gamma \leq \gamma_{\text{пред}};$$

$$I_{(C;\gamma)} = 0, \text{ при } \gamma_{\text{пред}} \leq \gamma;$$

$$\gamma_{\text{пред}} = \arctg \frac{L}{2H \cos C},$$

$$\text{при } 0 \leq C \leq \arctg \frac{B}{L}; \quad (1)$$

$$\gamma_{\text{пред}} = \arctg \frac{B}{2H \sin C},$$

$$\text{при } \arctg \frac{B}{L} \leq C \leq 90,$$

где $I_{(C;\gamma)}$ — сила света светильника в азимутальном угле C и полярном γ , кд; $I_{(0;0)}$ — сила света светильника по оптической оси, кд; γ — полярный угол, град.; $\gamma_{\text{пред}}$ — предельный полярный угол соответствующий краю освещаемой площадки, град.; L — длина площадки (размер в плоскости C_0 — C_{180}), м; B — ширина площадки (размер в плоскости C_{90} — C_{270}), м; H — высота светового проема светильника над площадкой, м; C — азимутальный угол, град.

Реальные кривые силы света осветительных приборов отличаются от идеальной, что обусловлено трудностью создания формы отражателя, линзы и рассеивателя для переформирования фотометрического тела источника света в направленное светораспределение, которое описывается системой (1). Для такого переформирования КСС требуется многократное переотражение внутри светильника, что ведет к потерям излучения и снижению его КПД. Поэтому при разработке светильника с определенным

светораспределением находят компромисс между КПД и соответствием КСС идеальной.

КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА

Метод коэффициента использования светового потока является одним из базовых ручных технологий в проектной практике. Обычно этот метод применяют для расчета средней освещенности расчетных поверхностей в помещениях [3].

В настоящей работе, интерес представляет не непосредственное применение этого метода для проектирования, а оценка с его помощью эффективности использования светильников с различной КСС.

Преобразуя основную расчетную формулу метода можно определить коэффициент использования светового потока [3]

$$\eta_{\text{оу}} = \frac{E_{\text{ср}} A_{\text{р}} K_{\text{з}}}{N \Phi_{\text{сн}}}, \quad (2)$$

где $E_{\text{ср}}$ — средняя освещенность расчетной поверхности, лк; $A_{\text{р}}$ — площадь расчетной поверхности, м²; $K_{\text{з}}$ — коэффициент запаса по световому потоку; N — число светильников в осветительной установке; $\Phi_{\text{сн}}$ — световой поток одного светильника, лм.

Применение только одного коэффициента использования светового потока не позволяет рационально подобрать КСС светильника, так как при излучении им в очень узком телесном угле весь световой поток преобразуется в освещенность на рабочей поверхности, но часть этой поверхности просто не будет освещена. Поэтому дополнительно необходимо применять критерий, который также учитывает равномерность распределения освещенности по расчетной поверхности.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для сравнения коэффициентов использования уличных светильников со светодиодами и натриевыми лампами высокого давления была сделана выборка из консольных светильников ЖКУ торговой марки GALAD (16 единиц) и светодиодных светильников XLight™ (11 единиц), ООО «Фокус» (3 единицы), LEDEL (2 единицы), Elgo Lighting Industries (1 единица). Всего рассмотрено 17 единиц уличных

светодиодных светильников. Выборка светильников формировалась по принципу участия компаний в реальных проектах и доступности технической информации.

Для нахождения средней освещенности расчетной поверхности была использована программа DIALux 4.6. Выбор программы обоснован ее обширным применением в проектной практике.

Моделирование проводилось для квадратной расчетной площадки с одним светильником, расположенным по середине одной из сторон, и для «улицы» (прямоугольника с отношением сторон 1/16) с рядом светильников, расположенных с одной стороны с шагом 25 и 40 м.

Данные по фотометрии светильников приняты на основании сформированных файлов ies производителями этой продукции и представленными на 1.12.2009 г. на сайтах компаний.

КВАДРАТНАЯ ПЛОЩАДКА

Результаты определения коэффициентов использования светового потока для квадратной расчетной площадки представлены в таблице 1. Этот коэффициент является необходимым, но не достаточным для оценки эффективности КСС. Поэтому в таблице 1 также указаны результаты расчета отношения максимальной освещенности на площадке к средней, которое характеризует равномерность освещенности в соответствии с требованиями СНиП 23-05-95.

Из таблицы 1 видно, что для квадратной площадки только 12 процентов светодиодных светильников имеют коэффициент использования светового потока выше, чем у светильников с газоразрядными источниками света. Наибольшие коэффициенты использования светового потока светодиодных светильников превысили аналогичные для ЖКУ в 1,1 раза и составили:

– 0,20 для ADVISION S615R/WO при высоком подвесе (отношение $B/H = 0,8$);

– 0,36 для XLD-ДКУ06-72-220-Л(Sb)-01-WHC-220-SV при низком подвесе (отношение $B/H = 1,4$).

От 24 до 29 процентов светильников со светодиодами имеют коэффициенты использования светового потока ниже, чем у ЖКУ.

РАСЧЕТНАЯ ПЛОЩАДКА «УЛИЦА»

Результаты определения коэффициентов использования светового потока и неравномерности освещения для улицы представлены в таблице 2.

Для улицы шириной в три полосы примерно 30–35 процентов светодиодных светильников имеют коэффициент использования светового потока выше, чем у светильников с газоразрядными источниками света. Наибольшие

коэффициенты использования светового потока светодиодных светильников превысили аналогичные для ЖКУ в 1,2–1,28 раза и составили:

- 0,74 для ADVISION S615R/WO при высоком подвесе (отношение В/Н = 0,8);
- 0,80 для ADVISION S615R/WO при низком подвесе (отношение В/Н = 1,4).

Этот же светильник показал наихудшие результаты по коэф-

фициенту Е_{макс}/Е_{ср} среди светильников со светодиодами.

От 29 до 47 процентов светильников со светодиодами имеют коэффициенты использования светового потока при расчетной площадке «улица» ниже, чем у светильников с газоразрядными лампами.

КРИТЕРИЙ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНОЙ КСС СВЕТИЛЬНИКА ПРИ НОРМИРОВАНИИ МИНИМАЛЬНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

Выше изложенный материал по выбору эффективной КСС относился к варианту, когда нормируется средняя освещенность расчетной поверхности. Однако, существуют также варианты, когда нормируется минимальная освещенность на объекте, например, открытые площадки спортивных сооружений, территории железнодорожных объектов (перезды, пассажирские платформы, складские территории и т.д.) и др.

Для этих случаев целесообразно путем подстановки в формулу (2) минимальной освещенности расчетной поверхности Е_{мин} и отношения средней освещенности к минимальной Z получить критерий эффективности КСС по минимальной освещенности

$$\eta_{\text{н}} = \frac{\eta_{\text{оу}}}{Z} = \frac{E_{\text{мин}} A_p K_z}{N \Phi_{\text{сн}}}, \quad (3)$$

где Е_{мин} — минимальная освещенность на расчетной поверхности, лк; Z — отношение средней освещенности поверхности к минимальной.

Критерий η_н является комплексным и учитывает как эффективность использования светового потока светильника, так и неравномерность освещенности площадки. Значения критерия для светодиодных светильников и ЖКУ при ширине улицы в три полосы и шаге опор 25 м представлены в таблице 3.

Аналогично результатам анализа светильников по коэффициенту использования светового потока для улицы шириной в три полосы результаты сравнения по коэффициенту η_н показывают, что примерно 30–35 процентов светодиодных светильников имеют указанный коэффициент выше, чем у светильников ЖКУ.

Наибольшие коэффициенты η_н светодиодных светильников пре-

Таблица 1		
Значение коэффициентов	Доля светильников, %	
	ЖКУ	Светодиодных
<i>При отношении ширины площадки к высоте подвеса 0,8</i>		
Коэффициент использования светового потока:		
меньше 0,12	–	29
от 0,12 до 0,18	100	59
больше 0,18	–	12
Коэффициент Е _{макс} /Е _{ср} :		
меньше 3	100	100
от 3 до 5	–	–
больше 5	–	–
<i>При отношении ширины площадки к высоте подвеса 1,4</i>		
Коэффициент использования светового потока:		
меньше 0,24	–	24
от 0,24 до 0,33	100	64
больше 0,33	–	12
Коэффициент Е _{макс} /Е _{ср} :		
меньше 3	87	88
от 3 до 5	13	12
больше 5	–	–

Таблица 2		
Значение коэффициентов	Доля светильников, %	
	ЖКУ	Светодиодных
<i>При отношении ширины площадки к высоте подвеса 0,8</i>		
Коэффициент использования светового потока:		
меньше 0,42	–	47
от 0,42 до 0,57	100	24
больше 0,57	–	29
Коэффициент Е _{макс} /Е _{ср} :		
а) при шаге опор 25 м:		
меньше 3	100	100
от 3 до 5	–	–
больше 5	–	–
а) при шаге опор 40 м:		
меньше 3	100	100
от 3 до 5	–	–
больше 5	–	–
<i>При отношении ширины площадки к высоте подвеса 1,4</i>		
Коэффициент использования светового потока:		
меньше 0,54	–	29
от 0,54 до 0,66	100	36
больше 0,66	–	35
Коэффициент Е _{макс} /Е _{ср} :		
а) при шаге опор 25 м:		
меньше 3	69	76
от 3 до 5	31	24
больше 5	–	–
а) при шаге опор 40 м:		
меньше 3	–	18
от 3 до 5	94	70
больше 5	6	12

высыли аналогичные для ЖКУ в 1,5–2,5 раза и составили:

- 0,44 для Xlight XLD-Кобра-120-WHC-TSB при высоком подвесе (отношение В/Н = 0,8);
- 0,38 для Xlight XLD-Кобра-120-WHC-PRB при низком подвесе (отношение В/Н = 1,4).

В целом можно отметить, что часть светодиодных светильников имеют лучшее распределение светового потока с точки зрения равномерности освещенности и в случае нормирования минимальной освещенности на площадке с их помощью можно добиться экономии электроэнергии от 40 до 60%.

КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА БЛИЗКИЙ К 100% ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Такую или аналогичную строку можно прочесть во многих сравнениях уличных светильников с газоразрядными лампами и светодиодами, например, на сайте ЦЕРС Групп (<http://zers-group.ru/plugins/content/content.php?content.68>).

Как показывает представленный выше анализ, теоретически такой высокий коэффициент использования светового потока возможен, но практические результаты куда скромнее. Для расчетной площадки «улица» наилучшие коэффициенты использования светового потока светодиодных светильников превысили аналогичные для светильников с традиционными источниками света в 1,2–1,28 раза и достигли только 74–80 %. При этом наилучшей оказалась КСС светильника ADVISION S615R/WO, которая представлена на рисунке 1. Согласно техническим характеристикам этого светильника (http://elgo.ru/files/docs/Advision_S615R.pdf) КСС формируется при помощи алюминиевых отражателей и его КПД составляет 79,9 %.

В целом за счет более высокого КПД и коэффициента использования светового потока на «улице» по сравнению с правильно подобранным светильником ЖКУ этот образец может сэкономить примерно 29% электроэнергии. Это лучший результат из 17 рассмотренных образцов. Поэтому вполне можем признать, что для уличного освещения замена све-

тильников с натриевыми лампами высокого давления мощностью 250 Вт на светодиодные светильники мощностью менее 195 Вт мероприятие технически не обоснованное.

МАРКЕТИНГОВЫЕ МИФЫ О СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКАХ

Уличные светодиодные светильники имеют коэффициенты использования светового потока меньше указываемых 90–100% производителями и продавцами. При этом указанный коэффициент для 29–47% светильников со светодиодами ниже аналогичного для светильников с традиционными газоразрядными лампами.

На сегодняшний день замена светильника с натриевой лампой высокого давления мощностью 250 Вт на светодиодный светильник менее 195 Вт технически не обоснована, т.е. наибольшая экономия электроэнергии при такой замене может составить не более

30%. В двух из трех случаев подобных замен экономия электроэнергии будет равна нулю, или возможен перерасход электроэнергии.

Наилучшего энергоэффективного результата в уличной осветительной установке с технической и экономической точки зрения можно достичь только путем профессионального проектирования, которое должно обосновать какой из источников света в конкретной ситуации лучше применить: газоразрядную лампу или светодиод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варфоломеев, Л.П. Элементарная светотехника/Под ред. Ю.Б. Айзенберга. — М.: Знак, 2008. — 220 с.
2. Щепина, Н.С. Основы светотехники: Учебник для техникумов /Н.С. Щепина. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 344 с.
3. Справочная книга по светотехнике/Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. — М.: Знак, 2006. — 972 с.

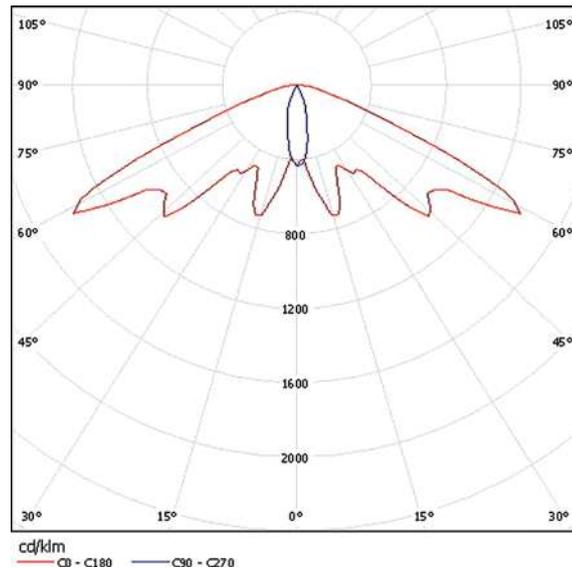


Рис. 1. КСС светильника ADVISION S615R/WO

Значение коэффициентов	Доля светильников, %	
	ЖКУ	Светодиодный
<i>При отношении ширины площадки к высоте подвеса 0,8</i>		
Коэффициент $\eta_{л.}$:		
меньше 0,19	–	6
от 0,19 до 0,30	100	65
больше 0,30	–	29
<i>При отношении ширины площадки к высоте подвеса 1,4</i>		
Коэффициент $\eta_{л.}$:		
меньше 0,11	–	41
от 0,11 до 0,15	100	24
больше 0,15	–	35

Проблема выбора мощных светодиодов

в процессе разработки светотехнического устройства

Игорь Елисеев,
руководитель направления полупроводниковой светотехники

Обширный и постоянно расширяющийся ассортимент мощных осветительных светодиодов на рынке полупроводниковой светотехники порождает проблему выбора. Разработчикам и производителям осветительных приборов становится все сложнее разбираться в этом многообразии. Как выбрать оптимальный вариант? На какие характеристики светодиода следует ориентироваться в процессе выбора? На эти и другие вопросы постарался ответить автор данной статьи.

Мощный светодиод для систем освещения, появившийся лишь в начале этого века, переживает в настоящее время, пожалуй, самый бурный период своего развития. Всего несколько лет назад количество производителей мощных светодиодов исчислялось буквально единицами, а ассортимент их продукции насчитывал максимум несколько десятков изделий. Теперь в распоряжении разработчиков полупроводниковых источников света имеются десятки тысяч наименований

осветительных светодиодов, и это количество непрерывно растет. Ассортимент одной только компании CREE в категории мощных светодиодов превышает тысячу наименований.

Вполне естественно, что при таком широком ассортименте разработчики сталкиваются с проблемой выбора. В большинстве случаев для разработчика не вполне очевидно, какими критериями руководствоваться и какие параметры светодиодов анализировать в процессе проектирования изделия для выбора оптимального варианта. Попробуем разобраться в этих вопросах.

Прежде всего, требуется понять, что является критерием выбора при разработке светотехнических изделий на базе светодиодов. Для этого следует определиться с тем, что является конечной целью разработки. В общем случае целью любого проекта является *конкурентоспособный* коммерческий продукт. Чтобы он стал *конкурентоспособным*, необходимо, чтобы он обладал определенным набором *потребительских характеристик*. К таким характеристикам

относятся качество, срок службы, технические параметры и стоимость готового изделия. Понятно, что при выборе светодиода следует стремиться к тому, чтобы обеспечить наилучший набор потребительских характеристик. Это и является критерием выбора. То есть, необходимо подобрать такой светодиод, который обеспечил бы высокое качество, долгий срок службы, требуемые технические параметры (в первую очередь, заданную величину светового потока) и низкую стоимость разрабатываемого изделия.

Следуя этим принципам, первым делом следует сократить область поиска, ограничившись только теми производителями мощных светодиодов, которые зарекомендовали себя как поставщики продукции высокого качества.

На следующем шаге выбираются светодиоды, удовлетворяющие условию по продолжительности срока службы. Срок службы светодиодов определяется как время, в течение которого интенсивность свечения падает до 70% от первоначальной величины. Как известно, это время напрямую зависит от температуры кристалла. Поэтому на данном этапе также определяется максимально допустимая температура кристалла светодиода. На рисунке 1 представлены графики зависимости интенсивности свечения от времени при различных значениях температуры кристалла для светодиодов CREE. В соответствии с этим графиком, если, например, срок службы светодиода должен быть не менее 50 тыс. ч, то рабочая температура кристалла не должна превышать 90°C. Соответственно, система охлаждения светодиода должна быть рассчитана таким образом, чтобы рабочая температура кристалла для всех возможных условий эксплуатации не превышала заданной величины.

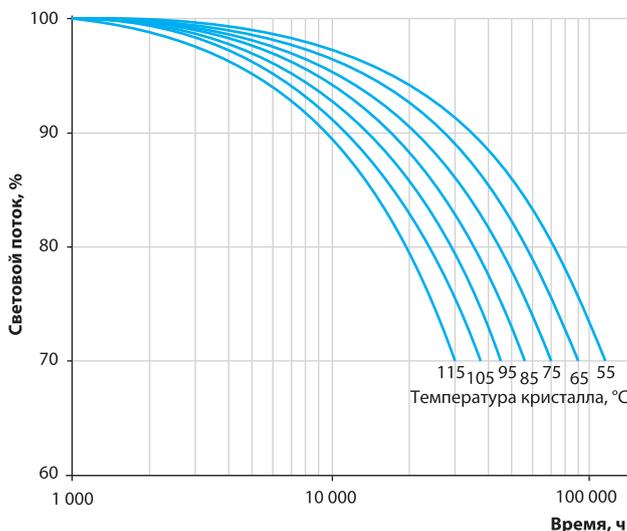


Рис. 1. Зависимость интенсивности свечения от времени при различных значениях температуры кристалла для светодиодов CREE

Итак, мы определили группу светодиодов, удовлетворяющих условиям по качеству и продолжительности срока службы, а также определили допустимую величину рабочей температуры кристалла (это ключевой параметр, на основании которого будут рассчитываться остальные характеристики разрабатываемого изделия). Теперь из этой группы приборов надо выделить те, которые обеспечат необходимую величину светового потока при условии минимальной стоимости. Для этого следует выяснить, какие светодиоды и при каких режимах работы обеспечат минимальную «стоимость света» (то есть минимальное соотношение цена/люмен). Поэтому, для дальнейшего изложения материала нам потребуются конкретные примеры.

Предположим, что на предыдущем этапе мы выбрали светодиоды CREE следующих серий — XP-C, XP-E, XP-G, MC-E и MX-6. В этой группе минимальную стоимость (но и минимальные значения светового потока) имеют светодиоды серии XP-C. А самые дорогие в этой группе (но при этом имеющие максимальную эффективность) — светодиоды серии XP-G (по сравнению с ценой на кристалл в случае 4-кристалльных MC-E). Наша задача выяснить, какой из этих светодиодов и в каком режиме обеспечит минимальную стоимость люмена. Для определенности выберем из каждой серии по нескольким позициям с максимальными значениями по световому потоку и работающим в одном диапазоне цветовых температур. Пусть нас интересуют светодиоды холодного белого свечения с интенсивностью от 80 лм при токе 350 мА. В таблице 1 перечислены позиции, выбранные нами для исследования, с некоторыми условными ценами (для нашего гипотетического примера реальные цены не требуются, т.к. нам важно знать только соотношение цен для разных позиций).

Судя по данным в таблице 1, лучшая стоимость 1 лм у позиции XPCWHT-L1-0000-00B03 (0,0181 у.е./лм), а худшие показатели — у светодиодов серии XP-G. Но на самом деле это не так! В таблице приведены дан-

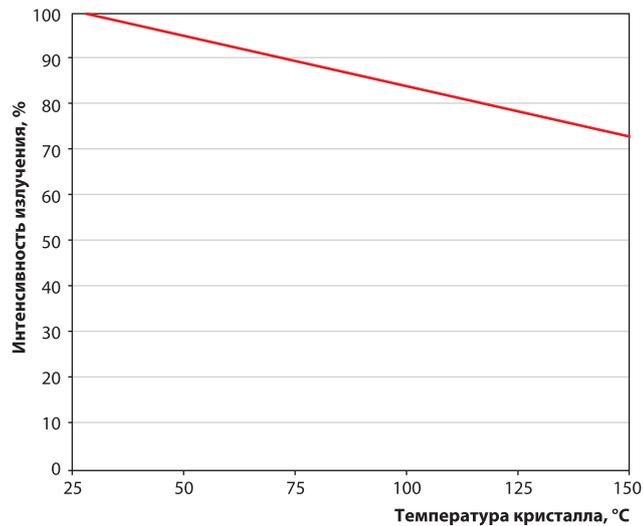


Рис. 2. Зависимость интенсивности свечения от температуры кристалла для светодиодов серии XP-G

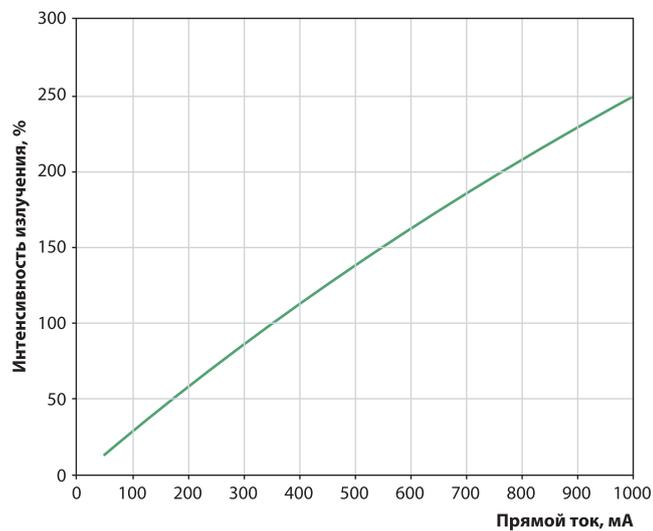


Рис. 3. Зависимость интенсивности свечения от величины прямого тока для светодиодов серии XP-G

Таблица 1. Условные цены некоторых изделий при максимальном значении светового потока

Наименование	Световой поток, лм (при 350 мА и 25°С)	Цена, у.е.
XPCWHT-L1-0000-00903	80,6	1,5
XPCWHT-L1-0000-00A03	87,4	1,6
XPCWHT-L1-0000-00B03	93,9	1,7
XPCWHT-L1-0000-00C03	100	2,0
XPEWHT-L1-0000-00B03	93,9	2,6
XPEWHT-L1-0000-00C03	100	2,7
XPEWHT-L1-0000-00D03	107	2,8
XPEWHT-L1-0000-00E03	114	3,3
XPGWHT-L1-0000-00E53	114	3,9
XPGWHT-L1-0000-00F53	122	4,1
XPGWHT-L1-0000-00G53	130	4,5
XPGWHT-L1-0000-00H53	139	5,0
MCE4WT-A2-0000-000K03	370	9,6
MCE4WT-A2-0000-000M03	430	11,9
MX6AWT-A1-0000-000C53	114	2,1
MX6AWT-A1-0000-000D53	122	2,3

ные только для одного значения тока (350 мА), причем для температуры 25°С. В реальных условиях температура кристалла будет намного выше, что приведет к снижению величины светового потока. А при повышении тока через светодиод вырастет интенсивность излучения, что приведет к улучшению соотношения цена/лм. Поэтому никаких однозначных выводов по этим данным делать нельзя. Необходимо провести более детальное исследование с учетом реальной температуры кристалла и на разных значениях рабочего тока.

Зададим рабочую температуру кристалла равной 90°С (как отмечалось выше, при такой температуре срок службы светодиода будет порядка 50 тыс. ч). На рисунке

Таблица 2. Результат расчета светового потока для различных значений тока через светодиод

Наименование	Световой поток, лм			
	350 мА	500 мА	700 мА	1000 мА
ХРСWHT-L1-0000-00903	68,5	92,5		
ХРСWHT-L1-0000-00A03	74,3	100,3		
ХРСWHT-L1-0000-00B03	79,8	107,8		
ХРСWHT-L1-0000-00C03	85,0	114,8		
ХРЕWHT-L1-0000-00B03	79,8	107,8	131,7	
ХРЕWHT-L1-0000-00C03	85,0	114,8	140,3	
ХРЕWHT-L1-0000-00D03	91,0	122,8	150,1	
ХРЕWHT-L1-0000-00E03	96,9	130,8	159,9	
ХРGWHT-L1-0000-00E53	96,9	130,8	159,9	242,3
ХРGWHT-L1-0000-00F53	103,7	140,0	171,1	259,3
ХРGWHT-L1-0000-00G53	110,5	149,2	182,3	276,3
ХРGWHT-L1-0000-00H53	118,2	159,5	194,9	295,4
МСЕ4WТ-A2-0000-000K03	314,5	424,6	518,9	
МСЕ4WТ-A2-0000-000M03	365,5	493,4	603,1	
МХ6AWТ-A1-0000-000C53	96,9			
МХ6AWТ-A1-0000-000D53	103,7			

Таблица 3. Действительные значения стоимости 1 лм

Наименование	Стоимость люмена, у.е./лм			
	350 мА	500 мА	700 мА	1000 мА
ХРСWHT-L1-0000-00903	0,0219	0,0162		
ХРСWHT-L1-0000-00A03	0,0215	0,0160		
ХРСWHT-L1-0000-00B03	0,0213	0,0158		
ХРСWHT-L1-0000-00C03	0,0235	0,0174		
ХРЕWHT-L1-0000-00B03	0,0326	0,0241	0,0197	
ХРЕWHT-L1-0000-00C03	0,0318	0,0235	0,0193	
ХРЕWHT-L1-0000-00D03	0,0308	0,0228	0,0187	
ХРЕWHT-L1-0000-00E03	0,0341	0,0252	0,0206	
ХРGWHT-L1-0000-00E53	0,0402	0,0298	0,0244	0,0161
ХРGWHT-L1-0000-00F53	0,0395	0,0293	0,0240	0,0158
ХРGWHT-L1-0000-00G53	0,0407	0,0302	0,0247	0,0163
ХРGWHT-L1-0000-00H53	0,0423	0,0313	0,0256	0,0169
МСЕ4WТ-A2-0000-000K03	0,0305	0,0226	0,0185	
МСЕ4WТ-A2-0000-000M03	0,0326	0,0241	0,0197	
МХ6AWТ-A1-0000-000C53	0,0217			
МХ6AWТ-A1-0000-000D53	0,0222			

2 изображен график зависимости интенсивности излучения от температуры кристалла для светодиодов серии ХР-G. Судя по этому графику, при повышении температуры до 90°C интенсивность снижается примерно на 15%. Приблизительно такое же соотношение наблюдается для других светодиодов СREE белого свечения. Поэтому можно принять для всех светодиодов из таблицы 1 поправочный коэффициент, учитывающий температуру кристалла, равным 0,85.

Посмотрим, как зависит интенсивность излучения светодиода от величины прямого тока. На рисунке 3 показана данная зависимость для светодиодов серии ХР-G. Как видно из графика, при повышении прямого тока с 350 мА до 1000 мА величина светового потока увеличивается в 2,5 раза.

С учетом этих данных можно рассчитать реальные величины светового потока при температуре кристалла 90°C для различных значений тока через светодиод. Для расчетов выберем следующие значения токов: 350; 500; 700 и 1000 мА. Эти величины являются максимальными значениями для различных серий (например, для ХР-G это 1000 мА, для МХ-6 — 350 мА). Полученные данные сведены в таблицу 2.

Наконец, теперь мы можем получить действительные значения стоимости 1 лм, поделив цены светодиодов на значения интенсивности свечения из таблицы 2. Результаты представлены в таблице 3.

Согласно данным таблицы 3, у нас есть два явных «лидера» по показателю «стоимость люмена» — ХРСWHT-L1-0000-00B03 при токе 500 мА и ХРGWHT-L1-0000-00F53

при 1000 мА. Выбор между ними зависит от того, какую величину светового потока должно иметь конечное устройство. Если речь идет о значениях в 100...200 лм, следует выбрать ХР-С; при больших значениях предпочтительнее ХР-G. Действительно, для светильника на 200 лм выгоднее взять два светодиода ХР-С по 1,7 у.е., чем один ХР-G по 4,1 у.е. Но уже для светильника на 250...260 лм ситуация становится прямо противоположной — дешевле использовать один ХР-G вместо трех ХР-С.

Разумеется, себестоимость конечного продукта не ограничивается стоимостью одних только светодиодов. Как показывает практика, обычно именно светодиод выступает в качестве ценообразующего элемента, внося наиболее значительный вклад в себестоимость всего изделия. Поэтому использование изложенной выше методики подбора светодиода по принципу минимальной «стоимости света» в большинстве случаев будет вполне оправдано и позволит сократить себестоимость готового изделия в целом. Проверим это утверждение на простом примере. Из таблицы 2 видно, что два светодиода ХРGWHT-L1-0000-00F53 при токе 1000 мА дают такой же световой поток, как один МСЕ4WТ-A2-0000-000K03 при 700 мА. Допустим также, что в готовом изделии должна использоваться вторичная оптика. Тогда в случае МС-Е потребуются только одна линза, а в варианте на ХР-G — две. Возникает логичное предположение, что при использовании МС-Е можно получить меньшую себестоимость за счет экономии на стоимости линзы. Если принять стоимость линзы за 1,3 у.е., то стоимость решения на ХР-G составит $2 \cdot (4,1 + 1,3) = 10,8$ у.е., а решение на МС-Е будет стоить $9,6 + 1,3 = 10,9$ у.е. Это значит, что решение на светодиоде серии ХР-G, который обеспечивает минимальную стоимость люмена, все же дает лучший результат.

В общем случае, для выбора наилучшего варианта, скорее всего, придется просчитать стоимость различных вариантов решений на нескольких светодиодах с лучшими показателями по стоимости люмена.

Сравнительная оценка эффективности светодиодных и газоразрядных светильников

В настоящее время целый ряд фирм и их дистрибьюторов [1–5] выпускают информационные бюллетени, предлагающие и рекламирующие светодиодные лампы и светильники для внутреннего и наружного освещения. Производители люминесцентных и газоразрядных ламп также не отстают как в рекламе, так и в улучшении определяющих характеристик своей продукции.

ВВЕДЕНИЕ

В этих условиях потребитель стоит перед реальной дилеммой, каким источником света следует отдать предпочтение. Сделать правильный их выбор действительно не просто по ряду весомых причин [6]. К ним следует отнести разброс необходимой информации по разным источникам; отсутствие систематизации сведений и унифицированной формы представления технических характеристик; недостаточная уверенность в достоверности приводимых параметров; отсутствие обоснований, по которым изделия отдельных фирм по тем или иным важным показателям многократно превосходят таковые многих других компаний; неидентичный «масштаб» представляемых показателей и т.д.

Сложившееся положение является следствием отставания разработки методологических, методических и метрологических основ светотехники, критериев качества и нормативов светильников [7, 8].

СВЕТООТДАЧА СВЕТОДИОДНЫХ И ГАЗОРАЗРЯДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Одним из наиболее объективных и простых в понимании, с нашей точки зрения, показателей, пригодным для проведения сравнительной оценки энергетической эффективности разных типов светильников, является их светоотдача, измеряемая в лм/Вт. Вместе с тем, во многих каталогах приводится светоотдача не све-

тильников, а только самих источников света.

Согласно результатам проведенных вычислений светодиодные лампы и светильники разной конструкции у ряда фирм имеют светоотдачу в пределах 22...70 [9], 53...76 [5], 45...80 [2], 67...93 [1], 20...100 [3, 11] и 112 лм/Вт [10]. При анализе данных многих источников выявляется, что у целого ряда светильников разных фирм, выполненных на маломощных СД, светоотдача в среднем находится на уровне 60...80 лм/Вт [1, 3, 4], а на мощных (одноваттных) — 40...60 лм/Вт [2, 5, 9]. Отдельные изделия этих же фирм, очевидно, в силу их несовершенства имеют очень малую светоотдачу.

Руководствуясь данными [11, 12], казалось, можно обеспечить светоотдачу светильников даже на уровне 112...116 лм/Вт. Решая обратную задачу с внесением поправки на КПД светильника, получим, что в этих конструкциях должны были бы использоваться СД со светоотдачей порядка 140...160 лм/Вт. Это позволяет допустить, что приводимые значения световых потоков светильников получены простым суммированием таковых СД. Если за основу взять светоотдачу высокоэффективных светодиодов на уровне 80...100 лм/Вт, то светильники с такой элементной базой должны иметь светоотдачу только на уровне 70...80 лм/Вт.

В отличие от светодиодных светильников, оценить непо-

средственно светоотдачу газоразрядных светильников невозможно в силу отсутствия в литературе необходимых данных. Для этого следует иметь сведения об оптико-электронном КПД. Определение данного показателя можно выполнить по методике [14], для чего требуется одновременно иметь данные о коэффициентах передачи светового потока оптической системы ($K_{св}$) и активной мощности светильника ($K_{акт. мощ}$).

Установив эти два показателя и перемножив их значения, можно было бы найти КПД светильника. Однако на практике его непосредственное вычисление остается невозможным по той причине, что в отдельных отечественных каталогах приводят лишь значения коэффициента передачи светового потока светильника, ошибочно именуемого КПД, а в некоторых зарубежных — параметры (мощность системы и мощность лампы или мощность системы и потери на балласте), позволяющие вычислить только коэффициент передачи активной мощности.

Проведенные вычисления на основе разрозненных данных каталогов разных фирм показывают, что максимальные значения КПД для маломощных светильников составляют 0,4...0,5, а для мощных — не более 0,7...0,8.

Из обобщения данных ряда источников [15–20] следует, что светоотдача люминесцентных ламп (ЛЛ) находится в пределах



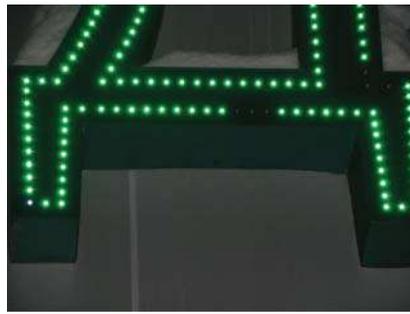
Рафаил Тукшаитов,
проф., засл. деятель
науки РТ, зав. кафедрой
«Светотехника и медико-
биологическая электроника», КГЭУ



Ринат Нуруллин,
засл. изобретатель РТ,
доц. каф. «Светотехника
и медико-биологическая
электроника», КГЭУ



а)



б)



в)

Рис. 1. Вывеска кафе «Бона Фиде»: а) в букве «К» на общем виде не работает один модуль; б) на двух участках буквы «Д» не работают по два модуля, слева деградирован один светодиод; в) снизу справа в букве «Н» деградирован один модуль из светодиодов

80...90 лм/Вт, а у отдельных марок [27–30] достигает 95...104 лм/Вт. Внеся поправку на максимальное значение КПД для соответствующих типов светильников и взяв их равными 0,5 и 0,8, получим, что светоотдача люминесцентных светильников составляет приблизительно 65...75 лм/Вт.

В настоящее время также представляется интерес провести сравнительную оценку светодиодных светильников и с другими типами газоразрядных ламп. Согласно [16, 21], максимальная светоотдача современных металлогалогенных (МГЛ) и натриевых (НЛ) ламп фирм Phillips, Osram, BLV составляет, соответственно, 80...120 и 100...170 лм/Вт, а у отдельных из них — даже 150...190 лм/Вт. С учетом максимальных значений КПД (0,8 и 0,7) данных типов газоразрядных светильников их светоотдача находится, соответственно, в пределах 65...95 и 70...120 лм/Вт. Из сопоставления светоотдачи высокоэффективных металлогалогенных, натриевых и светодиодных светильников следует, что у данных газоразрядных светильников она выше, соответственно, на 20 и 50%.

СРОК СЛУЖБЫ СВЕТОДИОДНЫХ И ГАЗОРАЗРЯДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Сроки службы приводимых в каталогах светодиодных светильников значительно отличаются друг от друга. Так, фирма Kaipis приводит срок службы всех светодиодных ламп и светильников равным 20 тыс. ч [13], фирма Philips — до 50 тыс. ч при 50–70% сохранении светового потока [33], а Ortoled указывает срок службы в пределах от 30...50 тыс. при использовании маломощных светодиодов [1].

Для мощных светодиодных светильников последний разработчик избегает указывать срок службы изделий, поскольку для него этот вопрос, по-видимому, еще остается открытым. При той же элементной базе отечественные фирмы Ledel и «Квант» приводят срок службы светильников с одноваттными по мощности светодиодами до 100 тыс. ч [13, 23].

Согласно [11], до 5% преобразователей питания для мощных светодиодов типа Luxeon выходят из строя через 5 тыс. ч. Экстраполируя эти данные, можно предположить, что срок их службы при 20–30% отказах составляет не более 15–15 тыс. ч. Исходя из этого, средний срок службы светильников на основе мощных СД не будет превышать 15–20 тыс. ч. При использовании светильников с маломощными светодиодами их срок службы можно принять равным порядка 30 тыс. ч, т.е. около 10 лет.

Для более объективного представления о сроках службы разных светодиодных светильников целесообразно присмотреться к состоянию эксплуатируемых светодиодных устройств (см. рис. 1).

Таким образом, средний срок службы светодиодных светильников многих производителей реально ограничен 15–30 тыс. ч, или 5–10 годами.

В отношении определения срока службы газоразрядных светильников существуют разные подходы, в зависимости от типа используемых ламп. Срок службы люминесцентных ламп обычно оценивается по снижению светового потока на ту или иную величину. Даже один и тот же разработчик в одном случае определяет срок службы ЛЛ при

снижении потока на 30, в другом — на 50, а в третьем — на 10% [20].

Срок службы многих ЛЛ составляет 20–40 тыс. ч [17–20], а у отдельных модификаций достигает 60–90 тыс. ч [15, 20]. Вопрос точного определения срока службы остается открытым, т.к. он зависит от характера спада светового потока, надежности лампы, качества ПРА, интервалов ее ежесуточной эксплуатации и числа циклов включения.

Что касается последнего показателя, то мы обнаружили лишь три источника с указанием допустимого числа циклов включения источников света. В первом из них [25] информация о предельном числе циклов включения равному 4 тыс. приведена фирмой INC лишь на упаковке компактной люминесцентной лампы, а во втором этот показатель равен уже 100 тыс. [19]. Согласно данным Philips, срок службы ЛЛ составляет 40 тыс. ч при ее эксплуатации 12 ч в сутки и включении не более 3 раз [37]. Отсюда следует, что допустимое число циклов включения этой лампы составляет не более 10 тыс. Такие разноречивые данные, когда параметр одного светильника отличается от другого в 25 раз, не позволяют получить достаточно полного представления о сроке его эксплуатации.

Поскольку срок службы ЭПРА, по одним данным, достигает 50 тыс. ч [11], а по другим — 30 тыс. ч [19], срок службы люминесцентных светильников, очевидно, должен ограничиваться, прежде всего, надежностью ЭПРА.

Применительно к МГЛ срок службы определяется по отказу 50% ламп выборки генеральной совокупности [20]. Руководствуясь данными каталогов ведущих

фирм производителей светотехнической продукции [25, 30, 32], можно принять, что срок службы МГЛ составляет порядка 10–15 тыс. ч и определяется ресурсом работы горелки.

Поскольку эксплуатация данных ламп осуществляется совместно с пускорегулирующими и зажигающими устройствами, срок службы которых составляет 20–30 тыс. ч [19], а отдельных ЭПРА — до 40 тыс. ч, верхний предел срока службы самого светильника ограничен непосредственно ресурсом МГЛ. По этой причине срок его службы можно принять равным также 10–15 тыс. ч.

Натриевые лампы низкого и высокого давления для уличного и дорожного освещения имеют срок службы, соответственно, до 10–25 тыс. ч [32]. Срок их службы в целях безопасности рекомендуется выбирать равным сервисному [16]. Поскольку он соизмерим со сроком службы ЭПРА, то можно принять, что средний срок службы натриевых светильников будет порядка 20 тыс. ч.

Таким образом, можно принять срок службы светодиодных и люминесцентных светильников равным 15–30 тыс. ч; металлогалогенных — 10–15 тыс. ч, а натриевых — 10–20 тыс. ч.

ЦЕНА СВЕТИЛЬНИКОВ

Согласно анализу и обобщению данных прайс-листов ряда фирм, можно прийти к заключению, что цена маломощных светодиодных ламп с небольшим световым потоком (до 50–100 лм) на сегодня составляет 200–300 руб., а относительно мощных светодиодных светильников со световым потоком (до 8–15 тыс. лм) — 25–35 тыс. руб.

Среди всех типов светильников люминесцентные для внутреннего освещения остаются самыми дешевыми (порядка 1 тыс. руб.) и достаточно долговечными. Цена светильников, укомплектованных металлогалогенной или натриевой лампами определяется, в основном, их конструкцией и составляет, соответственно, около 3 и 4 тыс. руб.

Цена светодиодного светильника почти прямо пропорциональна мощности его светового потока, что позволяет с достаточным приближением оценить стоимость одного люмена в 3–4 руб.

Это открывает возможность оперативной оценки стоимости разных светильников путем умножения значения светового потока на стоимость одного люмена.

Обобщенные сведения об основных параметрах разных типов светильников представлены в таблице 1.

Из нее следует, что люминесцентные светильники для внутреннего освещения являются наиболее экономичными и пока им нет альтернативы. Срок службы металлогалогенных и натриевых светильников в 1,5–2 раза меньше светодиодных, но по цене они в 6–8 раз дешевле. В то же время, если исходить из средней цены 1 Вт, то производство мощных светодиодных светильников будет обходиться в 20–30 раз дороже.

Представленный анализ не будет вполне завершенным, если не отметить, что световой поток светодиодных и люминесцентных светильников ограничен на сегодня 10–15 тыс. лм при их мощности не более 100–200 Вт, в то время как натриевые и металлогалогенные обеспечивают световой поток до 130–200 тыс. лм при потребляемой мощности, соответственно, на уровне 1000 и 2000 Вт [25, 30]. Дальнейшее повышение мощности светодиодных светильников ограничено, главным образом, их стоимостью и габаритными размерами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог Optoled. 2009. с. 31//www.optoled.com.tr.
2. Светодиодные лампы Bright Crystal. Каталог ООО «Световод». 2009. С. 8//www.leds.ru.
3. Информационные листы фирмы «Mason», 2009. С. 18//www.mason-led.com.
4. Каталог фирмы Ag Lighting. С. 17//www.aglaialite.com.
5. Led Based Systems (New Technologies LLC). Каталог фирмы «Марс-Медиа». С. 61//www.mars-media.ru.
6. А. Архипов. Вся правда о компактных люминесцентных лампах. Информационный бюллетень онлайн-журнала «Магазин свет». С. 16–20//www.magazine-svet.ru.
7. К. Миллер, Й. Оно. Измерение параметров светотехнических изделий со светодиодами// Светотехника. 2007. С. 40–42.
8. Р.Х. Тукшаитов. Вопросы, сдерживающие разработку и эксплуатацию различных светотехнических устройств. Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики. Сб. науч. тр. 7-ой Межд. науч.-техн. конф. Саранск: МГУ им. Н.П. Огарева. 2009. С. 108–113.
9. The Brightest Ideas in LED solutions. Каталог фирмы Kaipis. 2009. С. 20//www.kaipis.com.
10. Светильник уличный Sveteco. Информационный лист фирмы Ledel. 2009. с. 4//www.ledel.ru.
11. Новинки 2004–2005. Каталог фирмы Philips Lighting. с. 44//www.lighting.philips.ru.
12. Светодиодный дорожный светильник ELGO Adrisona фирмы ELGO Lighting Jnobistris. Информационный бюллетень онлайн-журнала «Магазин свет». С. 2//www.magazine-svet.ru.
13. Наружное освещение. Каталог фирмы Lighting Technologies. 2006. С. 50//www.etcom.ru.
14. Р.Х. Тукшаитов, В.Р. Сайфутдинова, Р.Р. Шириев, Н.В. Писклова. Разработка новой методики определения КПД осветительных приборов. Проблемы энергетики. 2009. — №№11–12. С. 104–109.
15. Источники света. Каталог ОАО «Лисма». С. 80//www.lisma-lighting.ru.
16. Превосходное освещение. Наружное освещение. Каталог фирмы Phillips Lighting Russia. 2009. С. 31//www.philips.ru.
17. Справочная книга по светотехнике. Под ред. Ю.Б. Айзенберга — 3-е изд. перераб. и доп. М.: 952 с.
18. Super light shining human civilization. Каталог фирмы Super. С. 31//www.super-lamps.com.
19. А.Г. Фомин. Энциклопедия света. Т.1. — М: Гармония света. 2006. 176 с.
20. Лампы и ПРА 2005. Каталог Philips Lighting. С. 399//www.lighting.philips.ru.
21. Источники света. Каталог фирмы GE lighting. с. 48//www.gelighting.com.
22. Новые продукты. Вып. 2 фирмы Phillips. 2008. с. 111.
23. www.cvant.ru.
24. www.inclighting.com.
25. Светильники. Каталог фирмы GE lighting. 2008. с. 229//www.gelighting.com/ru.
26. Пускорегулирующая аппаратура для люминесцентных, галогенных и газоразрядных ламп. Каталог фирмы Philips. с. 28//www.lighting.philips.ru.

Таблица 1. Приближенные значения основных показателей светильников

Тип светильника	Светоотдача, лм/Вт	Срок службы, тыс. ч	Цена, тыс. руб.	Предел мощности, Вт	Себестоимость 1 Вт, руб.
Светодиодный	50...80	15...30	30*	200	100...150
Люминесцентный	65...75	15...30	1	200	5...30
Металлогалогенный	65...95	10...15	4	2	2...30
Натриевый	70...120	10...20	3	1000	3...20

* Приближенная цена светильника со световым потоком на уровне 10...15 тыс. лм.

Направлять или отражать: ВОТ В ЧЕМ ВОПРОС

Выбор оптимальной оптической конфигурации

Андреас Белявны (Andreas Bielawny),
инженер-оптик, Brandenburg GmbH

При разработке оптических систем для осветительных приложений выбор прямой или непрямой конфигурации определяется рядом конкурирующих факторов и приоритетами решения. В статье рассматриваются преимущества и недостатки той и другой компоновки систем, а также даются практические рекомендации по оптимальному выбору, в зависимости от конкретного приложения.

Светоизлучающие диоды (СИД) — твердотельные источники света будущего — во многих аспектах отличаются от любых других традиционных источников света. Мы остановимся на одном из этих аспектов. СИД являются плоскостными источниками излучения. Располагаясь на подложке, кристалл излучает в полупространство. Следовательно, все светодиодные приложения можно разделить в целом на две группы с прямой и непрямой конфигурацией (см. рис. 1).

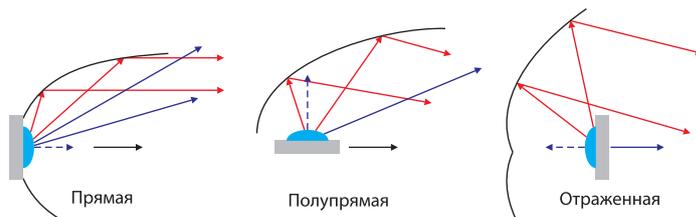


Рис. 1. В зависимости от того, как расположен отражатель по отношению к СИД, приложения делятся на соответствующие группы. Короткими стрелками указаны оптические оси источника света (пунктирные линии) и светильника (сплошные линии)

Прямая конфигурация. В прямой оптической конфигурации оптическая ось источника света параллельна главной оптической оси отражателя. При этом не требуется, чтобы они совпали. Кроме того, в некоторых случаях необходимо обеспечить прямую видимость источника света (в пределах требуемого углового диапазона излучения). В качестве наглядного примера использования прямой конфигура-

ции можно привести проектор, в котором для создания изображения используются асферические линзы. Оптические системы этой группы в значительной мере ограничивают зону видимости излучателя.

Непрямая конфигурация. В противоположность системам прямой конфигурации, в этих проектах источник света нельзя непосредственно увидеть — излучение полностью управляется отражателями произвольной формы. В исходном представлении непрямой конфигурации вектор оптической оси источника света противоположен вектору оптической оси отражателя.

Возможны также и промежуточные (полупрямые) конфигурации оптической системы.

Такая классификация относится в основном к приложениям с отражателем. В решениях, где применяются коллиматоры с оптическими элементами полного внутреннего отражения (TIR — total internal reflection),

проекторы и преломляющие системы, как правило, используется прямая конфигурация, и лишь в некоторых случаях — непрямая. Обычно разработчики не выбирают между этими конфигурациями, сообразуясь, в первую очередь, с определенными параметрами проекта, поскольку существуют ограничения на произвольное использование той или иной ориентации излучателя.

ВЫБОР

Выбор конфигурации во многих случаях не делается ментально — сначала следует решить вопрос о назначении проектируемого решения: будет ли это прожектор заливающего света, система уличного или общего освещения. Небольшой анализ разрабатываемого приложения позволяет понять, какую конфигурацию целесообразнее использовать. Для этого необходимо ответить на следующие вопросы.

- Имеются ли определенные ограничения на тип применяемых светодиодов?
- Каковы размеры и геометрия решения?
- Каковы средства управления светом?
- Что важнее для излучаемого светового потока: эффективность или соответствие кривой силы света?
- Требуется ли создать прямой световой поток? Следует ли его ограничить для видимости человеческим глазом? Каким образом это сделать?

ХАРАКТЕРИСТИКИ СИД

Несмотря на большое разнообразие мощных СИД, необходимо учесть два аспекта при выборе прямой или непрямой компоновки системы.

Во-первых, следует учесть тип первичной оптики. Важно понять, как этот выбор повлияет на параметры излучения светодиодов. При диффузном свете 50% потока испускается в передний конус с половинным углом 30° (числовая апертура 0,5). В результате отражатель (в прямой комбинации), не охватывающий другой угол в 30°, эффективно управляет только половиной светового потока (см. рис. 2). При использовании СИД торцевого излучения достигается иной результат.

При проектировании необходимо в точности учесть распре-

деление света: даже небольшие отклонения между различными способами задания параметров т.н. диффузных излучателей скажутся на освещении.

Во-вторых, размер СИД. Преимущество использования небольших кристаллов заключается в возможности обеспечить более точное управление светом и качеством формирования изображений (если они небольшого размера). В данном случае чем выше яркость излучения СИД, тем в большей мере его можно считать точечным источником. Однако не следует забывать о том, что в некоторых приложениях по архитектурному и особенно уличному освещению самый главный недостаток очень ярких СИД в том, что их свет ослепляет.

Наоборот, мощные светодиоды с невысокой яркостью не пригодны для приложений, в которых требуется точечный источник света. К этому типу диодов относятся преимущественно многокристалльные СИД, в которых применяются встраиваемые технологии, стандартные люминофоры с улучшенными параметрами или схожие технологические методы. Благодаря низкой яркости, эти диоды предпочтительно применять в системах прямой конфигурации, в случаях если нельзя скрыть излучатель. Эти светодиоды особенно хорошо подходят для городского и внутреннего освещения. Моделирование твердотельных излучателей в таком, например, программном обеспечении как LucidShare, позволяет быстро оценить, а также провести достаточно полный анализ различных источников света для оптимального выбора компонентов для проекта.

РАЗМЕРЫ

Конкретные размеры осветительной системы могут ограничить те возможности, которыми пользуется разработчик. Нередко внешние размеры решения инженеры узнают незадолго до того, как приступают к проектированию источника света. Осветительные установки с непрямой конфигурацией почти во всех случаях требуют большей глубины, а также внеосевого монтажа источников света или их установки в пределах оптического пути (при обратной ориента-

ции). Системы с прямой конфигурацией намного лучше пригодны при ограниченных размерах установки.

УПРАВЛЕНИЕ СЕТОВЫМ ПОТОКОМ

Как правило, в СИД применяется первичная оптика диффузного типа. Она позволяет собрать излучаемый диодом свет и сформировать из него луч, а вторичная оптика гомогенизирует излучение. Системы с прямой конфигурацией, генерирующие небольшие пучки света, обычно велики, что сводит на нет их первое преимущество: большая апертура позволяет проходить большему количеству света, что уменьшает долю отраженного от рефлектора потока. Большие системы с непрямой конфигурацией наилучшим образом обеспечивают управление световым потоком. При разработке осветительного приложения важно знать фактическое угловое распределение излучения СИД, особенно если требуется установить хорошее управление световым потоком. Эти аспекты значительно усложняют решение задачи.

ПРЯМОЙ ПОТОК ИСТОЧНИКА СВЕТА

Вопрос о том, следует ли использовать прямой поток света от СИД, рассматривается в зависимости от реализуемой картины распределения света — насколько полезными могут оказаться параметры излучения диода для конкретного приложения. Если они востребованы, прямое излучение источника света усиливает светотдачу системы за счет снижения потерь на отражение. Решение на основе только первичной оптики также может оказаться более экономичным. В методе, направленном на улучшение управления системы с прямым световым потоком, применяются небольшие линзы, непосредственно установленные на диоды и играющие вспомогательную роль для элементов первичной оптики. Эти линзы произвольной формы позволяют изменить распределение света таким образом, что в определенных случаях не требуются другие оптические элементы. Однако этот вопрос выходит за рамки обсуждения типов конфигураций системы с отражателем.

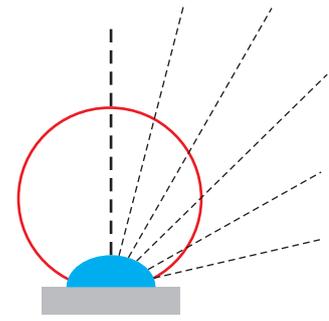


Рис. 2. При диффузном свете 50% потока испускается в передний конус с половинным углом 30°

ПРИМЕР УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОМ С ПОМОЩЬЮ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ОТРАЖАТЕЛЯ

Давайте сравним две установки с прямой ориентацией отражателя, изображенные на рисунке 3. Мы проведем виртуальный эксперимент с использованием программного обеспечения LucidShare, предназначенного для разработки оптических систем.

Оба отражателя ($R = 85\%$) глубиной 20 мм предназначены для создания идеально круглого пятна света. Они различаются диаметром основания: у первого из них он равен 20, у второго — 6 мм. Передние апертуры отражателей — 46 и 25 мм, соответственно. Оба приспособления используются в качестве отражателей света белого СИД Luxeon K2 TFFC, излучающего световой поток величиной около 85 лм. Одним из удобств моделирования оптической системы является возможность воспользоваться многими методами и средствами проведения анализа. Так, например, при анализе распределения силы света в каждой из конфигураций (см. рис. 4) становится очевидной роль управления световым потоком (прожектором). Верхние изображения показывают распределение света от рефлектора, а нижние — распределение прямого светового потока от источника однородного излучения с угловым размером, определяемым апертурой.

Величина прямого (неуправляемого) светового потока от диода с большим отражателем составляет около 50 лм, тогда как на долю отражателя приходится лишь 35 лм. Таким образом, он не управляет даже половиной

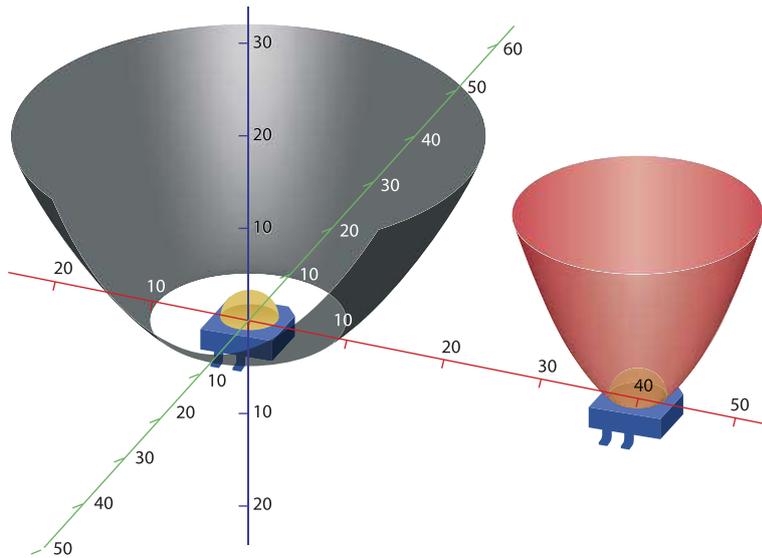


Рис. 3. Два параболических светодиодных отражателя с разными диаметрами основания ($d_1 = 20$ мм и $d_2 = 6$ мм), предназначенные для создания идеально круглого пятна света. Изображение получено с помощью САПР LucidShape, модель светодиода — Luxeon K2

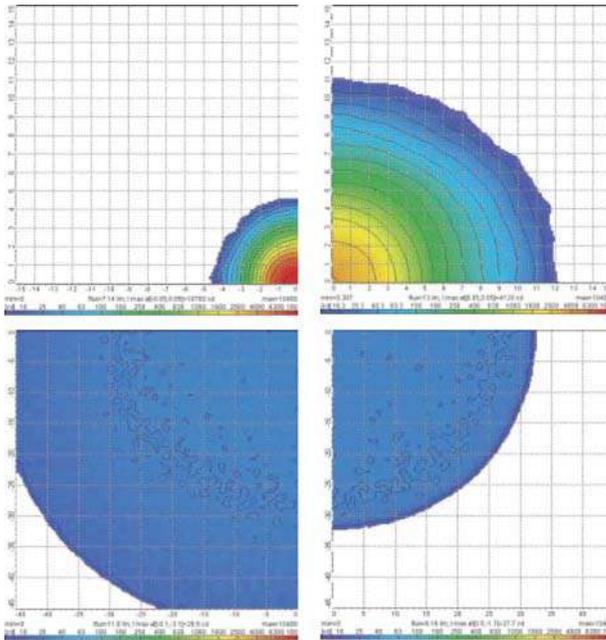


Рис. 4. Диаграмма распределения силы света, полученная при моделировании функций большого (слева) и малого (справа) отражателей в LucidShape UVData. Диаграммы распределения потока от отражателя (вверху) в диапазоне $\pm 15^\circ$ и от источника света (внизу) в диапазоне $\pm 45^\circ$

светового потока от диода K2. Соотношение между управляемой и излучаемой частями потока характеризует меру управления светом. Напротив, сила света прямого излучения небольшого прожектора составляет лишь 25 лм за счет небольшой апертуры: он управляет большей долей светового потока диода. Пучки света диодов, формируемые этими двумя отражателями, значительно различаются по угловым размерам и, соответственно, фокусирующие способности у этих устано-

вок разные. Сила света большого отражателя достигает примерно 10000 кд при управлении 41% излучения диода. Сила света малого отражателя составляет 4000 кд при управлении 70% потока. Эти базовые соотношения верны и в случае более сложных компонентов, например PS-отражателей, управляющих излучением отдельных сегментов установки.

ВИДИМОСТЬ ИСТОЧНИКА СВЕТА

В качестве наглядного примера, дающего представление об этой

характеристике, можно привести искусственное звездное небо на потолке в детской. Главная задача данного решения — создать визуальное впечатление на основе нескольких десятков или сотен маломощных светодиодов, которые должны быть различимы, как, например, в системе оповещения. Такое декоративное освещение должно быть приглушенным, а не ярким.

Напротив, при подсветке рекламы излучение направляется в сторону рекламного щита или стены. Главная цель в данном случае — создать однородное или комфортное освещение демонстрируемой поверхности.

Критерий видимости источника света непосредственно связан с его яркостью. Если проект требует исключить яркий свет, прямая конфигурация системы предпочтительна только в том случае, если это предусмотрено геометрией освещаемого пространства, например окружающей обстановкой и возможным положением наблюдателя. Важность этого аспекта зависит от яркости источника света.

Однако использование вторичной оптики не означает автоматического снижения яркости. Например, многократные отражения, неправильно созданные facets (границы) на отражателе или несоосно расположенный источник света могут привести к возникновению ярких пятен при определенных углах зрения. Картину распределения яркости отражателя можно воссоздать с помощью виртуальной трассировки лучей. Имея представление об этой картине при разных углах зрения, можно получить не только информацию об источнике света, но и об источниках рассеянного излучения.

На рисунке 5 представлена диаграмма яркости PS-отражателя. В частности, широкий ряд приложений, в которых применяется много источников света, а также системы внешнего освещения автомобилей требуют, чтобы излучаемый свет был однородным и не раздражал глаза.

УЛИЧНОЕ СВЕТОДИОДНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Одной из животрепещущих тем светотехники наших дней является уличное светодиодное

освещение. На примере этого приложения ясно видны преимущества и недостатки того или иного типа конфигурации: в настоящее время почти все системы уличного светодиодного освещения относятся к первой группе, что до некоторой степени продиктовано наличием на рынке готовых компонентов (в основном, это TIR-оптика и специальные отражатели). Несмотря на то, что выбор компонентов, не учитывающий особенностей оптической системы, существенно ограничивает возможности ее разработки, это довольно-таки распространенный случай.

Основой оптического решения для многих уличных фонарей на светодиодах составляют линзы или рефлекторы. К сожалению, такие инновационные оптические элементы по формированию направленного пучка света как TIR-коллиматоры, спячат, и потому нуждаются в доработке. Широкоугольные линзы (размером, например, 120°×60°), позволяющие установить в горизонтальной плоскости идентичные источники света с идентичной оптикой, похоже, станут решением этой проблемы. Излучатель-

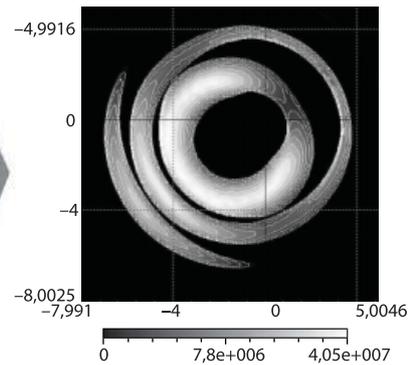


Рис. 5. Три профиля геометрической модели PS-отражателя (слева) в установке с прямой конфигурацией и угловым диапазоном $\pm 10^\circ$. Моделирование в LucidShape под тем же углом зрения показывает (справа), как видит светящийся рефлектор наблюдатель вне оптической оси

ная способность такой установки ниже, чем у СИД с оптикой для формирования направленного пучка. Таким образом, системы с широкоугольными линзами позволяют устранить один главный недостаток прямой компоновки, и в то же время обеспечивают требуемое управление световым потоком (например, в приложении по однородному освещению дороги). Возможно, в будущем для освещения продольных коротких и средних дистанций станут использоваться сложные линзы произвольной формы.

Системы с непрямой конфи-

гурацией обеспечивают лучшее управление световым потоком, и потому их рекомендуется выбирать для освещения улиц большой протяженности. Полупрямое гибридное решение, в котором прямые лучи освещают прилегающую к уличному фонарю площадь, а отражатель направляет свет под более широкими углами, сочетает в себе преимущества той и другой конфигураций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Andreas Bielawny. Direct or Indirect: That is the question for optical configurations//LEDs Magazine. September/October 2009.

Новый раздел на выставке «ЭкспоЭлектроника 2010» – «Полупроводниковая светотехника»

Данный раздел посвящен перспективному и быстро развивающемуся направлению светотехники — светодиодам.

В 1961 г. 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 компании General Electric в 1962 г. 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 г. В 1976 г. Т. Пирсол создал первый в мире высокоэффективный светодиод высокой яркости для телекоммуникационных применений,

изобретя полупроводниковые материалы, специально адаптированные к передачам через оптические волокна.

Светодиоды оставались чрезвычайно дорогими вплоть до 1968 г. (около 200 долл. за шт.), их практическое применение было ограничено. В данный момент светодиоды широко используются в уличном, промышленном, бытовом освещении, а также в уличных экранах, в бегущих строках, в подсветке ЖК-экранов, в качестве индикаторов и т.д.

На выставке «ЭкспоЭлектроника 2010» современные светодиоды, светодиодные кластеры и сборки представят ведущие мировые производители — Avago Technologies, Kingbright Electronic, Mornsun Guangzhou Science & Technology, Samsung LED, Sharp, OSRAM, Cree, Ledman, Mean Well, ON Semiconductor, Seoul Semiconductor, Luxeon и др. и их российские дистрибьюторы:

«Неон-ЭК», «СДС-Группа»/«Неон Найт», «Компэл», «Макро групп», «Прософт», «Авитон», «МТ-Систем», «Микро ЭМ», «Элтех», «Симметрон ГК», «Светотроника», «Политеко», «Дарт Электроникс», «Золотой Шар», «Петроинтрейд», «Реал Электроникс», «Радиотех Трейд», «Транзистор.ру», «Транслед», «Чип Селект», «ЮЕ-Интернейшл» и др.

На стендах данных компаний можно будет также ознакомиться с предложениями по поставке источников питания светодиодов, системам охлаждения светодиодов и пр.

Дополнительную информацию о выставке, актуальные планы павильонов, полный список участников, расписание деловой программы, а также дополнительный именной бейдж для прохода на выставку можно найти на сайте www.expoelectronica.ru.

Типовая методика расчёта светильника на основе светоизлучающих диодов

Александр Балашов,
инженер по применению, «Компэл»

Единожды запущенный механизм совершенствования и инноваций уже не остановить. Как на смену механизмам и транспортным средствам с гужевой тягой пришли паровые двигатели, а позднее двигатели внутреннего сгорания, так и совершенствование и применение инновационных технологий в разработке источников света (ИС) ведёт к успешному конкурированию полупроводниковых источников света с более традиционными и уже ставшими привычными за долгое время их использования.

Без систем искусственного освещения уже давно немислима нормальная жизнедеятельность современного человека — только представьте, что было бы без них. В настоящее время рынок производства светильников на основе светоизлучающих диодов (СИД) развивается большими темпами, причиной чего стал настоящий прорыв в разработке и производстве полупроводниковых кристаллов. Однако зачастую проектирование светильников идёт не по

совсем верному пути. Поэтому в этой статье я хочу затронуть аспекты расчёта осветительных систем на базе мощных светодиодов.

Приступая к расчёту светильника, как основанного на светоизлучающих диодах, так и с более традиционными ИС, необходимо сразу определиться с выбором нормируемых параметров. В установках искусственного освещения нормы предписывают обеспечить целый ряд качественных и количественных параметров. Количественные параметры нормируют значения минимальной или средней освещённости и энергопотребления. К параметрам качества относятся показатель ослеплённости, коэффициент пульсации, цилиндрическая освещённость и показатель дискомфорта в зависимости от типа помещения.

Целью нормирования освещения является создание световой среды, обеспечивающей комфортную и безопасную трудовую деятельность, безопасное передвижение транспорта и пешеходов, осуществление технологических процессов и нормальное функционирование систем видеонаблюдения и др. Наряду с этим, нормирование искусственного и естественного освещения обеспечивает эффективное использование электрических ресурсов и ресурсов внешнего светового климата.

Необходимо определиться с осветительными задачами, решаемыми рассчитываемым светильником, а именно, какое значение освещённости следует достичь на нормируемой поверхности, например офисного стола, пола спортивного зала (что весьма существенно зависит от функционального назначения зала и типа проводимых мероприятий), в складском помещении и пр.

После определения требуемого уровня освещённости возникает

искушение использовать наиболее яркие светодиоды. Однако все они имеют холодные оттенки, которые применимы далеко не во всех областях (особенно в осветительных приборах общественных и жилых зданий) из-за необходимости обеспечить психофизиологический комфорт. Это ощущение вызывается цветовыми характеристиками ИС — цветовой температурой и индексом цветопередачи. Согласно стандарту МКО (международная комиссия по освещению), все источники света делятся на три следующие группы по цветности излучения: тёплые: $T_{ц} \leq 3000$ К; средние (нейтральные): $T_{ц} = 3300 \dots 5300$ К; холодные: $T_{ц} \geq 5300$ К.

По степени качества цветопередачи источники света классифицируются на четыре группы, из которых по стандарту МКО для применения в общественных зданиях допускаются только следующие три:

Степень 1 отличная

1А $R_a = 90 - 100$.

1В $R_a = 80 - 89$.

Степень 2 хорошая

2А $R_a = 70 - 79$.

2В $R_a = 60 - 69$.

Степень 3 удовлетворительная

3 $R_a = 40 - 59$.

Зависимость между цветовой температурой источника света и комфортным уровнем освещённости приведена в номограмме Крюитгофа на рисунке 1. В общем случае этой зависимостью можно пользоваться при выборе цветности светодиода. При этом необходимо учесть цветовую отделку помещения, которая вносит большой вклад в финальное световое окружение. Эти данные находят своё отражение и в требованиях, предъявляемых СНиП 23-05-95 (см. табл. 1).

Итак, мы определились с нормой значения освещённости; например, минимальная освещённость рабочей плоскости

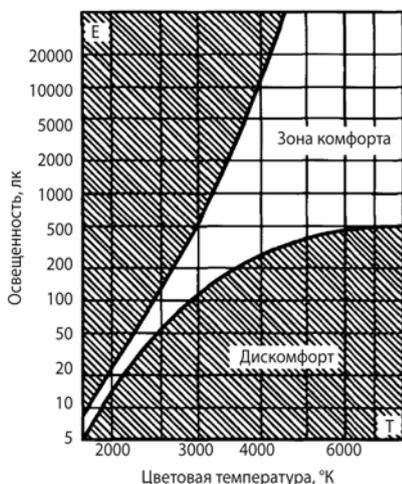


Рис. 1. Зависимость комфортного уровня освещённости от цветовой температуры источника света

офисного стола по европейским нормам должна составлять 500 лк, а цветовая температура — 3500...5000 К.

Мы установили значение освещённости на поверхности рабочего стола, но как определить, какое количество светодиодов следует заложить в светильник, и в каком режиме они должны работать? В настоящее время световой поток требуемого количества светодиодов очень часто привязывают к световому потоку уже используемых ламп, будь то ДРЛ, МГЛ или обычная ЛН. Этот подход является неверным по ряду причин. Первая и основная из них состоит в том, что светодиод, в отличие от лампы, излучает направленно в одну полусферу, тогда как все остальные источники являются более или менее изотропными с некоторыми допущениями. Для перераспределения светового потока в пространстве и увеличения КПД светильника применяют рефлекторы. В итоге КПД осветительных установок (ОУ) колеблется в большом диапазоне — 30—75%, вследствие больших потерь на переотражения внутри светильника (см. рис. 2). Поэтому при разработке светильника правильнее отталкиваться от обеспечения на поверхности или от реального светового потока и кривой силы света (КСС) светильника, на замену которому должен прийти новый, а не от светового потока применяемых в нём ламп.

Каждый светодиод обладает рядом характеристик, таких как светоотдача, максимальный рабочий ток, цветовая температура, тепловое сопротивление, максимальная температура р-п-перехода и

пр. Выберем светодиод XP-G нейтрального белого цвета от одного из лидеров индустрии полупроводниковых источников света — компании Cree. Этот светодиод отличается одними из лучших характеристик — световым потоком 130 лм при 350 мА, световой отдачей до 124 лм/Вт (а в холодном белом — 131 лм/Вт), рабочим током до 1000 мА, низким падением напряжения 3...3,3 В и тепловым сопротивлением всего 6°С/Вт.

Рабочее место в офисе ограничено рабочим столом, освещённость на поверхности которого должна достигать 500 лк. Окружение может быть освещено гораздо менее интенсивно (200 лк). Такое локализованное освещение позволяет значительно экономить электроэнергию. В общем случае, рабочее место укладывается в пятно диаметром 2 м. Угол излучения светодиода XP-G составляет 125°, при котором световой пучок с расстояния 2 м имеет диаметр около 8 м, что, несомненно, является очень большим зна-

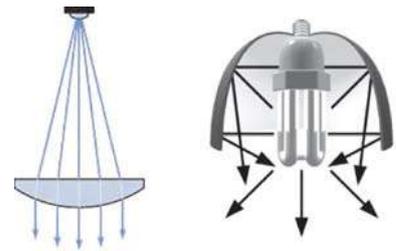


Рис. 2. Распространение света в разных ОУ

чением, при котором создаётся равномерное освещение, не выгодное ни с энергетической, ни с экономической точек зрения. Для трансформирования светового пучка необходимо применить вторичную оптику, которая создаст на уровне рабочей поверхности 0,7—0,8 м от пола при высоте потолка 3 м световое пятно диаметром около 2 м и позволит уменьшить общее количество СИД. Например, линзы производства финской компании Ledil с круглым (LXP-G) или квадратным (CXP-G) профилем с углом половинной яркости 46° (см. рис. 3)

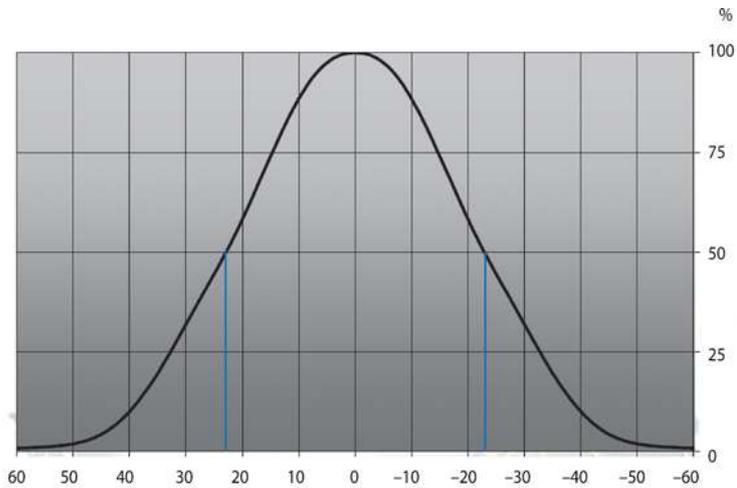


Рис. 3. Распределение интенсивности линзы CXP-W FA10708 Ledil

Таблица 1. Требования к спектральному составу ИС для освещения жилых и общественных зданий в СНиП 23-05-95

	Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность, лк	Минимальный индекс цветопередачи	Диапазон цветовой температуры, К
Магазины «Ткани», «Одежда»	Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению и выбор цвета	>300	90	3500...6000
Кабинеты рисования, выставочные залы, хим. лаборатории	Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению	>300 150...300	85 85	3500...5000 3500...4500
Торговые залы, обеденные залы, спортзалы	Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению		55 50 50	3500...5000 3000...4500
Кабинеты, рабочие комнаты, архивы	Требования к цветоразличению отсутствуют	>300 150...300 <150	55 50 45	2700...3500
Концертные залы, зрительные залы, вестибюли	Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению		80 55 50	2700...4500 2700...4200 3000...3500
Лифтовые холлы, коридоры, проходы Лестничные клетки, лифтовые холлы	Требования к цветоразличению отсутствуют	<150 <100	45	2700...3500 3000...3500

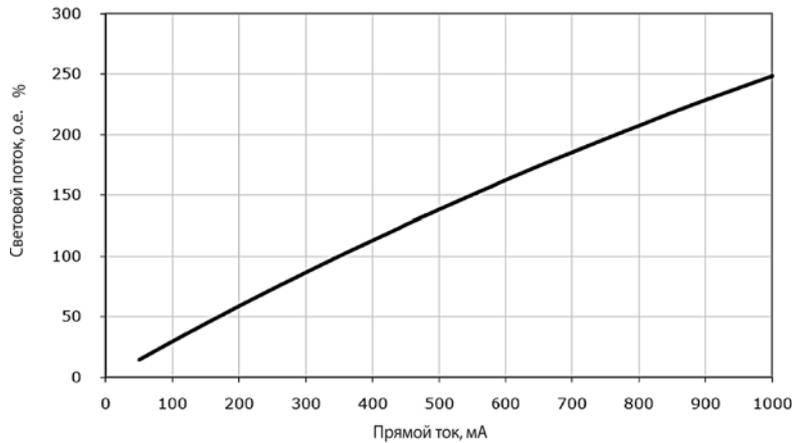


Рис. 4. Зависимость светового потока СИД от прямого тока

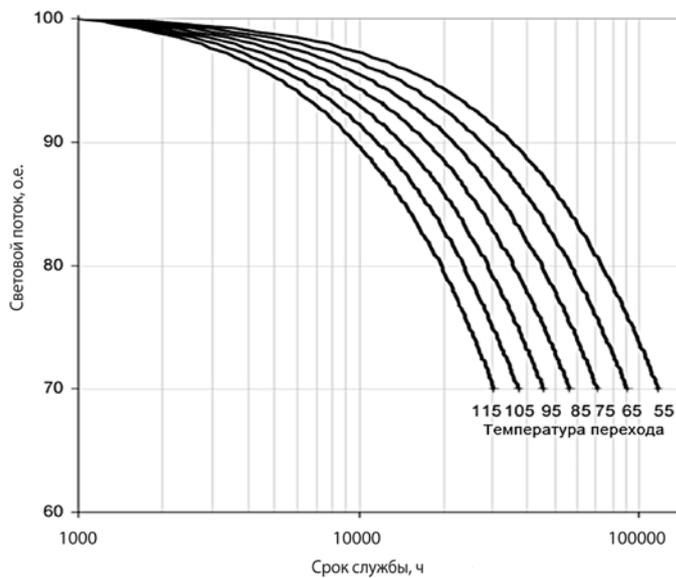


Рис. 5. Зависимость срока службы СИД от температуры p-n-перехода

прекрасно справятся с этой задачей.

Среднюю освещённость поверхности можно определить как отношение падающего светового потока на поверхность к её площади, откуда необходимый световой поток является произведением средней освещённости поверхности и её площади:

$$\Phi = E_{cp} A = E_{cp} \pi [h \operatorname{tg}(\alpha / 2)]^2,$$

где h — расстояние от рабочей поверхности до высоты установки светильника, α — угол половинной яркости вторичной оптики. Подставив в формулу приведённые ранее данные, получаем значение светового потока, приходящегося на рабочую плоскость, около 1500 лм. Чтобы привести эту величину к требуемому количеству

светодиодов, следует учесть несколько факторов, а именно:

- нелинейную зависимость светового потока СИД от прямого тока;
- падение светового потока СИД с ростом температуры;
- поглощение и рассеяние вторичной оптикой.

Выберем рабочую точку светодиода XP-G на уровне 700 мА, что составляет 70% от максимального рабочего значения. В таком режиме светодиод будет работать в 2-Вт режиме (точнее, 2,24 Вт), а световой поток одного светодиода достигнет 241 лм (см. рис. 4). Не стоит забывать, что эти значения действительны при температуре p-n-перехода 25°C, что при эксплуатации в реальных условиях недостижимо. Светодиод при прохождении через него электрического

тока неминуемо нагревается за счет внутреннего сопротивления и требует охлаждения для нормальной работы. Производители регламентируют различную максимальную рабочую температуру p-n-перехода (в основном, 125...150°C). Выбор рабочей температуры предполагает комплексное решение между более низкой температурой, а значит, увеличенными светоотдачей и сроком службы и затратами на охлаждение. Глядя на типичную зависимость срока службы мощных осветительных светодиодов Cree (см. рис. 5), видно, что регламентируемый срок службы 50 тыс. ч при падении излучаемого светового потока на 30% достигается при температуре перехода 90°C. При этой температуре световой поток вследствие нагрева кристалла снизится на 14,5% и составит 206 лм. Так, например, при температуре перехода 110°C падение светового потока относительно 25°C составит 19,1%, и его величина составит 195 лм.

Следующий элемент, непосредственно влияющий на световой поток светильника, — вторичная оптика. В её производстве используется оптически эффективный полиметилметакрилат, а производитель регламентирует пропускание оптики на уровне 90%, поэтому применение линз для формирования требуемого пятна рассеяния снизит световой поток светодиода до 185 лм.

Учтя эти факторы, а также то, что в угле половинной яркости 46° по уровню 0,5 линзы CXР-W FA10708 Ledil (см. рис. 3) заключено около 70% всего светового потока светодиода (в большой степени зависит от оптики), можно вычислить количество СИД, необходимых для создания на рабочей поверхности освещённости на уровне 500 лк. Остальные 30% обеспечит освещение окружающего пространства.

Таким образом, для нашей задачи достаточно 12 светодиодов XP-G, которые излучают световой поток 185 лм с учётом всех ослабляющих его факторов. Эти диоды работают на токе 700 мА при температуре p-n-перехода 90°C в комплексе со вторичной оптикой Ledil CXР-W FA10708, обеспечивающей угол половинной яркости 46°. Потребляемая мощность такого светильника составит 27 Вт. Она увеличится на 10—40%, в зависимости

от используемого источника питания, КПД которого разнится в широких пределах. К его выбору не следует относиться поверхностно, т.к. источник тока с высоким значением КПД обеспечит энергоэкономичность изделия, а не сведёт все преимущества светодиодного освещения практически на нет.

Поддержание заданной рабочей температуры перехода следует обеспечить радиатором, который сможет эффективно отводить выделяемое светодиодами тепло при температуре окружающей среды 30...35°C. Уже задавшись предельной температурой p-n-перехода, из формулы

$$T_{p-n} = T_a + R_{Tp} P_{\Sigma} (1 - \eta) + (R_{TLED} + R_{\Pi}) P_{LED} (1 - \eta)$$

получаем выражение для значения теплового сопротивления радиатора:

$$R_{Tp} = \frac{T_{p-n} - T_a - (R_{TLED} + R_{\Pi}) P_{LED} (1 - \eta)}{P_{\Sigma} (1 - \eta)}$$

где T_{p-n} — выбранная температура p-n перехода; T_a — расчётная рабочая температура окружающей среды; R_{TLED} — тепловое сопротивление СИД; R_{Π} — тепловое сопротивление перехода «точка пайки — печатная плата-радиатор», обычно составляет 0,2...0,5°C/Вт; P_{LED} — подводимая мощность к светодиоду $P_{LED} = UI$; η — КПД СИД. В настоящее время в массово выпускаемых изделиях он вплотную подошёл к 45%. При температуре перехода 90°C КПД снизится, поэтому для расчёта с запасом возьмём $\eta = 0,25$; P_{Σ} — суммарная подводимая мощность $P_{\Sigma} = UI_n$, n — количество СИД.

Подставив приведённые выше данные, получаем расчётное значение теплового сопротивления радиатора около 2°C/Вт.

Приведённая методика расчёта является оценочной, и позволяет определиться в выборе средств. В целом, расчёт светодиодного светильника схож с расчётом обычного, но следует принять во внимание те особенности, которыми обладает новый полупроводниковый источник света.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочная книга по светотехнике/Под ред. Ю.Б. Айзенберга. С. 74. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак. — 972 с: ил.

Крупная дистрибьюторская компания приглашает на работу:

«Инженера по применению полупроводниковой светотехники»

Требования:

Высшее техническое образование в области радиоэлектроники (оптоэлектроники).

ПК — уверенный пользователь.

Английский язык (технический письменный).

Опыт работы от 2-х лет в области разработок, применения или продаж устройств в светотехнической сфере. Желателен опыт коммерческой деятельности.

Личные качества: умение работать на результат, умение работать в многозадачном режиме, умение вести переговоры, умение работать самостоятельно и в команде.

2. Предложения по применению светотехнической продукции.

3. Участие в продвижении продукции (семинары, выставки, СМИ).

Условия работы:

График работы 5/2, с 8:30 до 17:30

Стартовый оклад — 40 000—70 000 руб. (по результатам собеседования).

Соц. пакет, ДМС

Карьерный рост, обучение.

Интересная работа, дружный коллектив

Контактная информация:

Тел. 234-77-57, факс 620-93-56

E-mail: job@compel.ru

Из-за плохого освещения в пермских школах и садах у детей ухудшается зрение

Специалисты Роспотребнадзора провели проверку и нашли уйму нарушений

Управление Роспотребнадзора по Пермскому краю в ноябре—декабре 2009 г. провело исследования освещенности в 77 школах и в 84 детских садах. Результаты просто удивляют. Оказывается, плохое зрение пермских детей — это не всегда наследственность, доставшаяся от родителей, а, как показала проверка, все чаще и чаще это результат плохого освещения в школах.

Ежегодно при проведении медицинских осмотров выявляется снижение остроты зрения у детей перед поступлением в школу порядка 8,0% случаев, у школьников — более 20,0%, — сказала сотрудник пресс-службы Управления Роспотребнадзора по Пермскому краю Ольга Шутова. — За последние 3 года

среди подростков ухудшение зрения возросло на 6%.

В 13,7% школах и в 34,0% детских садах искусственное освещение не соответствует требованиям. Специалисты Роспотребнадзора выяснили, что в Перми хуже всего освещены 16 школ, в них нарушены требования от 22,0 до 66,0% — это школы № 36 (66,0%), № 114 — (50,0%), «Лицей № 10» — (42,0%).

В детских садах дела обстоят еще хуже. — В 36 детских дошкольных учреждениях города удельный вес нестандартных замеров искусственной освещенности составил от 43,0% до 100% «Детский сад №6» — 100%, № 80 — 96,0%, — № 31, 121, 114 по 93,0%, — говорит Ольга Шутова.

Согласованная система защиты цепей

для светодиодной техники

Использование согласованной системы устройств для защиты светодиодов от короткого замыкания, перенапряжения и перегрузок цепей позволяет разработчикам уменьшить количество компонентов изделия, обеспечить его безопасность и надежность, соответствие требованиям регулятивных органов, а также снизить затраты на гарантийное обслуживание и ремонт.



Коротков Максим, support@circuitprotection.ru

магистрант СПбГЭТУ («ЛЭТИ») по направлению «Электроника и микроэлектроника». Профиль: «Нано- и микросистемная техника». Инженер по применениям ЗАО «Конкур электрик»

Светодиодные технологии быстро развиваются благодаря более совершенной конструкции микросхем и материалов, что способствует разработке более ярких, энергоэффективных и долговечных источников света, спектр практического применения которых довольно широк. Несмотря на растущую популярность технологии, производители светодиодной осветительной техники сталкиваются с необходимостью решить проблему повышенной чувствительности светодиодных источников света. Избыточное тепло или ненадлежащее применение может существенно повлиять на их срок службы и эксплуатационные характеристики.

Самовосстанавливающиеся полимерные устройства с положительным температурным коэффициентом (РРТС) демонстрируют свою эффективность во многих сферах применения светодиодного освещения. Как и обычные плавкие предохранители, они ограничивают ток после превышения заданных пределов. В то же время, в отличие от плавких предохранителей, устройства РРТС способны восстанавливаться после устранения неполадки и восстановления питания.

Разнообразные устройства защиты от перенапряжения, в т.ч. металлооксидные варисторы (MOV), устройства защиты от электростатических разрядов (ESD), а также усовершенствованные полимерные диоды Зенера применяются в согласованной схеме с устройствами РРТС для улучшения эксплуатационных характеристик и повышения надежности светодиодов.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Осветительный прибор, использующий лампу накаливания 60 Вт, излучает около 900 лм света и рассеивает 3 Вт за счет явления теплопроводности. Для сравнения, при использовании обычных светодиодов постоянного тока в качестве источника света для достижения тех же 900 лм потребуется около 12 светодиодов. Если V_F (прямое напряжение) равно 3,2 В, а ток — 350 мА, входная мощность на светодиодном осветительном приборе рассчитывается следующим образом:

$$P = 12 \cdot 3,2 \text{ В} \cdot 350 \text{ мА} = 13,4 \text{ Вт.}$$

Приблизительно 20% входной мощности преобразуется в свет, а 80% — в тепло; в зависимости от

различных факторов, это связано с неравномерностями подложки, с эмиссией фоонов, связующих и используемых материалов и т.д.

Из всего выделяемого светодиодом тепла 90% переносится за счет теплопроводности. Из таблицы 1 видно, что основным механизмом переноса тепла от места соединения светодиода является теплопроводность, поскольку конвекция и излучение составляют всего около 10% в общем объеме теплопередачи. Например, светодиод может выделить почти 10,72 Вт тепла ($13,4 \text{ Вт} \cdot 0,80$). Из него соединение выделяет 9,648 Вт ($10,72 \text{ Вт} \cdot 0,90$) тепла за счет теплопроводности.

Без соответствующего регулирования температуры тепло может снижать срок службы светодиода и влиять на излучаемый цвет. К тому же, поскольку драйверы светодиодов являются кремниевыми устройствами, они могут внезапно выйти из строя. Это обстоятельство вызывает необходимость применять отказоустойчивую резервную защиту от перенапряжения.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ЭФФЕКТ СОЕДИНЕНИЯ

Оптические свойства светодиода существенно изменяются в зависимости от температуры. Количество испускаемого диодом света уменьшается по мере повышения температуры соединения и, в некоторых технологиях, длина излучаемой волны изменяется вместе с температурой. Если ток возбуждения и температуру соединения не регулировать долж-

Табл. 1. Рассеивание тепла различными источниками света

Источник света	КПД	Светоотдача, лм/Вт	Тепловые потери, %		
			Излучение	Конвекция	Теплопроводность
Лампа накаливания	2	15	90	5	5
Люминесцентная лампа	15	90	40	40	20
Разрядные лампы высокой интенсивности	20	100	90	5	5
Светодиодные светильники	20	75	5	5	90

ным образом, эффективность светодиода может быстро снизиться, привести к уменьшению яркости и сокращению срока службы.

Другой характеристикой светодиода, связанной с температурой соединения, является прямое напряжение светодиода (см. рис. 1). Если для регулирования тока возбуждения используется только резистор цепи смещения, V_F падает по мере повышения температуры и увеличения тока управления. Это может привести к тепловому уходу, особенно для светодиодов высокой мощности, и к выходу компонента из строя. Обычно на практике для регулирования температуры соединения светодиода монтируются на печатных платах с металлическим сердечником, повышающим скорость теплопередачи.

Переходные процессы и перепады напряжения в сетях электропитания также могут снизить срок службы светодиода. Многие драйверы светодиодов восприимчивы к повреждениям, возникающим в результате ненадлежащих уровней напряжения постоянного тока и полярности. Выходы драйверов светодиодов могут также повредиться или разрушиться от короткого замыкания. Большинство драйверов светодиодов имеет встроенные предохранительные функции, в т.ч. тепловую защиту, а также функцию обнаружения разомкнутого или замкнутого накоротко светодиода. Вместе с тем, могут понадобиться дополнительные устройства защиты от перегрузок по току для предохранения интегральных микросхем и прочих чувствительных электронных компонентов.

ЗАЩИТА ВХОДА И ВЫХОДА ДРАЙВЕРА СВЕТОДИОДА

Светодиоды управляются постоянным током, причем прямое напряжение варьируется от менее чем от 2 до 4,5 В, в зависимости от цвета и тока. В прежние времена для ограничения тока управления светодиодами использовались резисторы, однако расчет светодиодной цепи на основе стандартного прямого напряжения, заданного производителем, может привести к перегреву драйвера светодиода.

Перегрев происходит, когда падение прямого напряжения на светодиоде уменьшается до величины, которая значительно

меньше стандартного заданного значения. В этом случае рост напряжения на драйвере светодиода может привести к увеличению суммарной мощности рассеивания корпуса драйвера.

В настоящее время в большинстве светодиодных приложений используются устройства преобразования электроэнергии и управления, обеспечивающие взаимодействие с различными источниками питания, например с сетью переменного тока, солнечной панелью или батареей для регуляции мощности, рассеиваемой от драйвера светодиода. Защита этих интерфейсных устройств от перегрузки по току и от перегрева часто выполняется с помощью самовосстанавливающихся устройств PPTC.

ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕГРУЗКИ ПО ТОКУ

Устройство PPTC при нормальных рабочих токах имеет низкое значение сопротивления. В случае перегрузки по току устройство переключается в состояние с высоким сопротивлением. Эта мера позволяет защитить оборудование при неисправности, уменьшив протекающий ток. Устройство остается заблокированным до устранения неполадки. После восстановления питания цепи устройство PPTC возобновляет протекание тока, восстанавливая нормальную работу цепи.

Устройства PPTC не могут предотвратить неисправность, но они быстро реагируют, ограничивая ток до безопасного уровня и препятствуя повреждению последующих компонентов. Кроме того, малые габариты устройств PPTC облегчают их применение в условиях ограниченного пространства.

На рисунке 2 представлена согласованная схема защиты импульсных источников питания (SMPS), а также входов и выходов

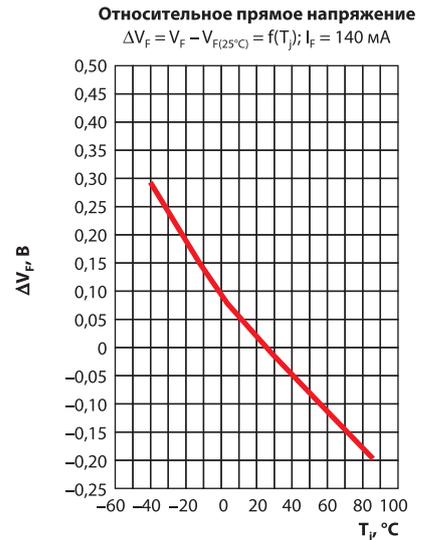


Рис. 1. Прямое напряжение падает по мере повышения температуры соединения

драйвера светодиода. Как показано в левой части рисунка, устройство PPTC, например PolySwitch™, можно установить последовательно с силовым входом для защиты от повреждений, вызванных коротким замыканием, перегрузкой цепей или неправильной эксплуатацией. Кроме того, установленный на входе металлооксидный варистор (MOV) обеспечивает защиту от перенапряжения в модуле светодиода.

Устройство PPTC можно также установить после варистора MOV. Многие производители оборудования предпочитают схемы защиты, сочетающие восстанавливающиеся устройства PPTC с предохранительной защитой на входе. В данном примере R1 является балластным резистором, применяемым в сочетании со схемой защиты.

Драйверы светодиодов могут повредиться из-за неправильной установочных уровней напряжения постоянного тока и полярности. Выходы также повреждаются или разрушаются от случайного короткого замыкания. Запитан-

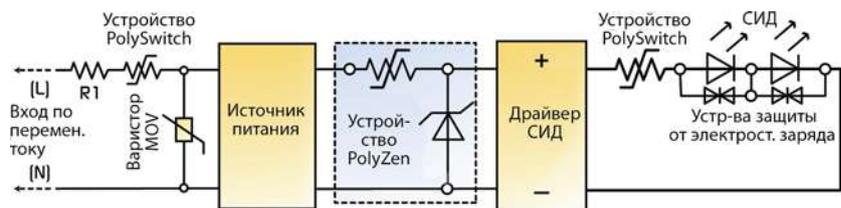


Рис. 2. Согласованная схема защиты с использованием устройств PPTC PolySwitch и варисторов MOV для импульсных источников питания (слева), а также устройства PolyZen, PolySwitch и устройства защиты от электростатических разрядов для входов и выходов драйвера светодиода (справа)

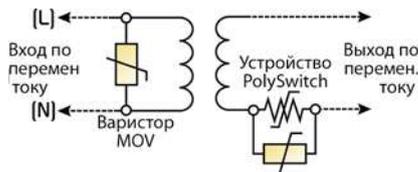


Рис. 3. Согласованная схема защиты источников питания класса 2

ные каналы также чувствительны к возникающему в переходных процессах перенапряжению, в т.ч. к импульсам электростатического разряда.

В правой части рисунка 2 показана согласованная схема защиты цепи драйвера и массива светодиодов. Установленное на входе драйвера устройство PolyZen™ выполняет также функцию ограничительного диода, позволяя разработчику избежать необходимости решать задачу об отводе значительного количества тепла. Разработанная компанией Tyco Electronics уникальная полимерная конструкция с прецизионным диодом Зенера обеспечивает защиту от переходных процессов, от напряжения обратного смещения и от перегрузки по току в одном компактном корпусе.

Как видно из рисунка 3, устройство PolySwitch PPTC на выходе драйвера обеспечивает защиту от повреждения из-за случайного короткого замыкания и прочих аномальных нагрузок. Чтобы полностью использовать возможности устройства PolySwitch, его термически связывают с металлическим сердеч-

ником печатной платы или с теплоотводом светодиода. Для предотвращения повреждения от электростатического разряда малогабаритные устройства PESD с низкой емкостью (обычно 0,25 пФ) устанавливаются параллельно светодиодам.

СООТВЕТВИЕ КЛАССУ 2 СТАНДАРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Использование источника питания класса 2 в системе освещения является важным фактором снижения затрат и повышения гибкости системы. В состав источников питания, имеющих определенные ограничения, — трансформатора или аккумулятора — могут входить защитные устройства, если их применение не ограничивает выходную мощность источников питания класса 2.

Источники питания без собственных ограничений имеют дискретное защитное устройство, которое автоматически прерывает выходной сигнал, если ток и мощность достигают заданного предела.

Разнообразные защитные устройства обеспечивают работу источников питания класса 2 для светодиодного осветительного оборудования. Из рисунка 3 видно, как метод согласованной схемы защиты с варистором MOV на входе переменного тока и устройство PolySwitch на ответвлении выходной цепи позволяют производителям обеспечить соответствие требованиям UL1310 п. 35.1 испытаний на перегрузку для переключателей и управляющих устройств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Самовосстанавливающиеся устройства PPTC способствуют защите от повреждений, вызываемых как перегрузками по току, так и сбоями при перегреве осветительного светодиодного оборудования. Устройства защиты от перенапряжения с металлооксидными варисторами позволяют производителям обеспечить соответствие ряду требований в области безопасности и возможность эксплуатации при больших токах, требуемое поглощение рассеиваемой мощности, а также быструю реакцию на перенапряжения, возникающие при переходных процессах.

Устройства защиты PESD способствуют защите от электростатических разрядов и обеспечивают низкую емкость, тогда как устройства PolyZen компании Tyco Electronics обеспечивают защиту от повреждений, вызванных использованием ненадлежащих источников питания, а также подавление перенапряжений при переходных процессах, защиту от напряжения обратного смещения и от повреждений от перегрузок по току.

ЛИТЕРАТУРА

1. Продукция Tyco Electronics (Raychem Circuit Protection). Применение в светодиодном освещении//Полупроводниковая светотехника. 2009. №1.
2. Raychem. Circuit Protection Products Catalog 2009.
3. К. Курышев. Элементы защиты по току и напряжению Raychem Circuit Protection в телекоммуникационных цепях. Пьеса о защите с оптимистическим финалом//Компоненты и технологии. 2005. №4.
4. К. Курышев Все, что вы хотели узнать о PolySwitch, но боялись спросить//Компоненты и технологии. 2006. №3.
5. К. Курышев, М. Коротков. PolySwitch серии LVR против перегрузок в цепях с напряжением 220 В//Компоненты и технологии. 2008. № 3.
6. www.circuitprotection.ru.

Tyco Electronics Raychem Circuit Protection

Первый русскоязычный сайт,
посвященный вопросам защиты по току
и напряжению www.CircuitProtection.ru

ЗАЩИТА ПО ТОКУ

- самовосстанавливающиеся предохранители PolySwitch™
- одноразовые предохранители (SMT)

ЗАЩИТА ПО НАПРЯЖЕНИЮ

- газоразрядники
- тиристорные элементы SiBar™
- электростатическая защита PESD
- варисторы

КОМБИНИРОВАННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЩИТЫ

- 2Pro™, AC2Pro
- PolyZen™

В настоящее время компания Tyco Electronics уделяет пристальное внимание вопросам защиты светодиодной продукции. Благодаря элементам PolySwitch, AC2Pro, PolyZen, PESD возможно осуществлять комплексную защиту источника питания, драйвера и самих светодиодных линеек как по напряжению и току (в т.ч. КЗ), так и от перегрева и статического пробоя.

ЗАО «Конкур электрик», 197342, Санкт-Петербург,
ул. Белоостровская, д. 28, офис 428
Тел.: (812) 441-36-38, 441-36-39, 496-20-63
Факс (812) 441-34-27

105484, Москва, ул. 16-я Парковая, д. 21, корп. 1, офис 413.
Тел./факс (495) 755-93-29

E-mail: info@konkurel.ru
www.CircuitProtection.ru

ЗАЩИЩАЙТЕСЬ!

Технология напыления тонких пленок

В настоящее время на производственных предприятиях микроэлектронной промышленности выявляется потребность в нанесении тонких металлических и диэлектрических пленок на различные поверхности. Тонкие пленки широко применяются в качестве упрочняющих, светоотражающих, проводящих и диэлектрических покрытий. Чаще всего данные виды работ ведутся в НИИ для получения и исследования новых перспективных материалов как для микроэлектронной промышленности, так и для устройств нанозлектроники.

Самое простое применение тонких пленок — декоративное — создание зеркал и покрытий для ювелирных изделий. Однако, в основном, покрытия малых толщин используются в НИИ для изучения электрических свойств новых материалов при формировании контактов; при нанесении резистивных и проводящих покрытий в промышленности и при изготовлении элементов интегральных микросхем в микроэлектронике; в создании светофильтров, отражающих и светопроводящих покрытий оптоэлектроники; современных литографических процессах.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР

В последние годы, благодаря интенсивным экспериментальным и теоретическим исследованиям, в технологии тонких пленок достигнут значительный прогресс. В зависимости от решаемой задачи, в распоряжении исследователей имеются различные методики получения образцов, гарантирующие воспроизводимые и стабильные характеристики конечного продукта.

Методы получения пленок подразделяются на физические (PVD — Physical Vapor Deposition), химические и промежуточные газофазные химические методы

(CVD — Chemical Vapor Deposition). Все методы нанесения пленок характеризуются такими параметрами как скорость получения покрытий и диапазон достигаемых толщин. Для PVD и CVD эти параметры, соответственно, обычно находятся в пределах 1...1000 мкм/ч и 0,01...10 (100) мкм. Для химических методов они составляют 100...1000 мкм/ч и 0,1...1000 мкм; для взрывных (детонационных) и плазменных методов — до 10...100 мм/ч и 0,1...10 мм, соответственно.

Процесс получения пленочных покрытий сопровождается рядом специфических явлений. Рост пленки происходит в два этапа: образование зародыша на поверхности подложки и рост зародыша. При взаимодействии двух атомов друг с другом между ними может возникнуть химическая связь. В результате атомы дольше остаются на поверхности и успевают присоединить следующий атом и т.д. Так образуются скопления адсорбированных атомов, более длительное время связанных с подложкой и имеющих тенденцию к дальнейшему росту, который происходит за счет присоединения мигрирующих по поверхности атомов, падающих атомов и более мелких кластеров. Таким образом, на поверхности формируется сеть объединенных кластеров, затем происходит их объединение, и образуется сплошная пленка. При этом в зависимости от скорости осаждения, природы подложки и типа осаждаемого материала возможны три типа роста пленки:

- островковый рост;
- послойный рост;
- послойно-островковый, или смешанный рост.

Тип роста определяется взаимодействием атомов пленки с атомами подложки и между собой. Островковый рост происходит, если осаждаемые атомы напыляемой пленки сильнее взаимодействуют между собой, чем с атомами подложки. Послойный рост происходит при образовании больших по площади двумерных зародышей на поверхности подложки вследствие того, что атомы напыляемого материала сильнее связываются с атомами подложки. Послойно-островковый рост имеет место, когда островки начинают расти после того, как сформируется пленка толщиной в несколько атомных слоев.

Рассмотрим особенности методов магнетронного распыления и термовакuumного испарения на примере установки CS-1000 Sputter & PVD Deposition System фирмы Asia Pacific Systems Inc. (см. рис. 1, 2).

Установка CS-1000 обеспечивает реализацию двух методов нанесения — термовакuumного и магнетронного.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЭТИХ МЕТОДОВ Магнетронное распыление

Работа магнетронного распылительного устройства (см. рис. 3) основана на свойствах катодной области аномального тлеющего газового разряда, в которой катод (мишень) распыляется под действием ионной бомбардировки. Приложенное в



Александр Иванов,

icro@ostec-smt.ru, старший инженер отдела сервиса направления производства электронных компонентов ЗАО Предприятие Остек.

Окончил Рязанский Государственный Радиотехнический университет с красным дипломом, инженер по специальности «физическая электроника».

Работал технологом на предприятии производства лазерных и усилительных оптоволоконных систем ООО «ВОЛИУС», последние три года — инженером сервиса в ЗАО «Предприятие Остек».



Рис. 1. Внешний вид установки CS-1000 Sputter & PVD Deposition System

области катода перпендикулярно электрическому магнитное поле позволяет снизить рабочее давление плазмообразующего газа без уменьшения интенсивности ионной бомбардировки и улучшить условия транспортировки распыляемого вещества к подложке. Это происходит благодаря уменьшению рассеяния, вызванного соударениями с молекулами газа. Между катодом и подложкой возникает зона низкотемпературной плазмы. Распыляемые частицы осаждаются в виде тонкого слоя, а также частично рассеиваются и осаждаются на стенках рабочей камеры.

При использовании разряда постоянного тока (DC-

магнетрон) можно распылять различные металлы и их сплавы (ванадий, хром, никель, титан, медь, серебро, нержавеющая сталь, латунь, бронза и др.), а также получать их химические соединения, добавляя в плазмообразующий газ (аргон) соответствующие реактивные газы (кислород, азот и др.).

Так, если в содержащую титановую мишень систему во время распыления вводить азот, то можно получить пленку нитрида титана, а введение, например, кислорода, позволяет получать на поверхности подложки пленку двуокиси титана.

Варьируя содержание реактивного газа и скорость напыления, удастся получать пленки разной

толщины, химического и фазового состава.

Используемые газы:

- Ar для напыления Cu, Cr, Ni, V и т.д.;
- O₂ для очистки подложек в ВЧ-плазме и напыления оксидов VxOx-у (СuxOx-у и т.д.) в совокупности с Ar;
- N₂ для напыления нитридов различных материалов.

DC-магнетрон является современным вариантом устройства катодного распыления материала в вакууме с использованием источника постоянного тока для нанесения проводящих покрытий на изделия. Принцип его действия основан на явлении физического распыления катода (материала мишени) ускоренными ионами рабочего газа, которые бомбардируют поверхность мишени под действием приложенного отрицательного потенциала.

Характерной особенностью магнетронов является использование специальной магнитной системы, которая создает над распыляемой мишенью замкнутое по контуру туннельобразное магнитное поле. Благодаря этому полю создаются условия для получения локализованной плазмы высокой плотно-

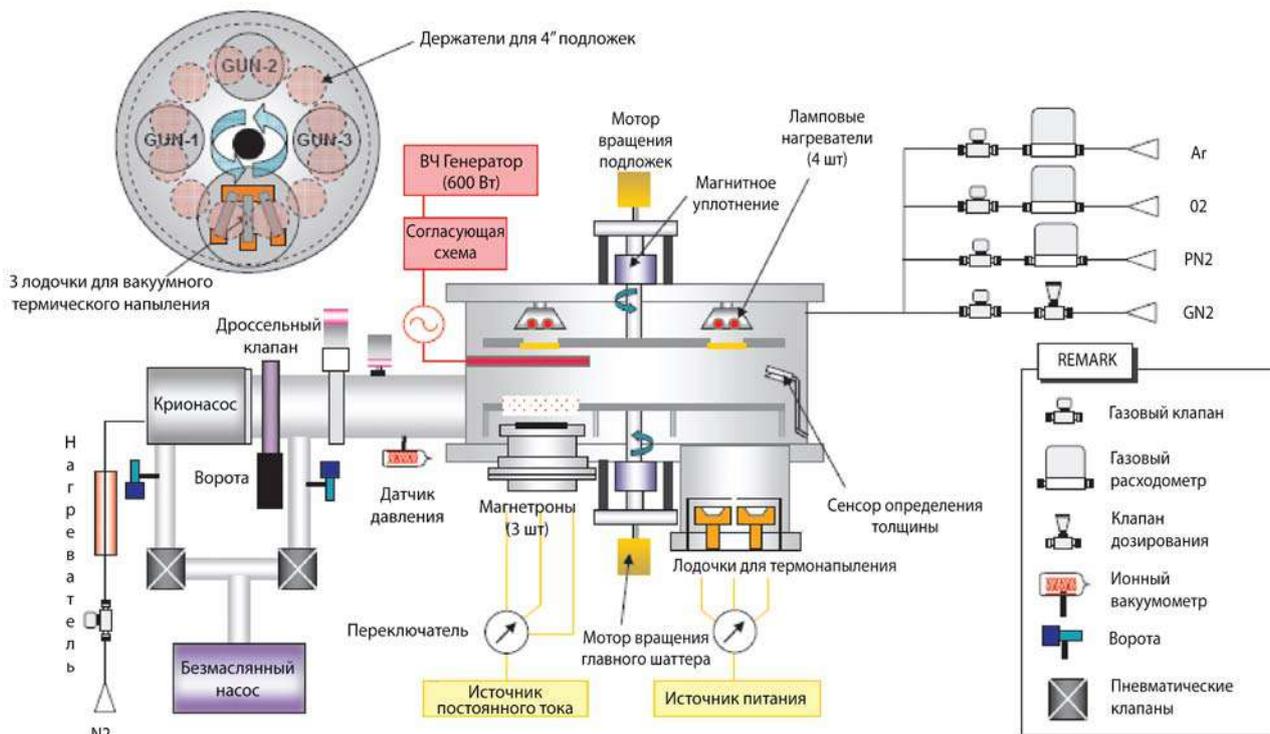


Рис. 2. Схематическое изображение основных узлов установки CS-1000 Sputter & PVD Deposition System

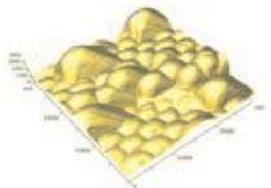
Таблица 1. Методы нанесения тонкопленочных покрытий

Наименование метода	Условия реализации метода	Основные виды покрытий	Преимущества метода	Недостатки метода
Термовакuumное (резистивное) испарение	Рабочая среда: вакуум $10^{-2} \dots 10^{-3}$ Па. Испарение металлов резистивным нагреванием	Металлические покрытия: Al, Ag, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Co, Si	Высокая скорость осаждения. Возможность получения толстых покрытий	Недостаточно плотная структура покрытий. Невысокие механические свойства
Электронно-лучевое испарение	Рабочая среда: вакуум $10^{-4} \dots 10^{-3}$ Па реактив. газы N_2, O_2, CH_4 . Испарение металлов сфокусированным электронным пучком с дополнительной ионизацией	Металлические покрытия: Al, Ag, Cu, Ti, Cr, Ni, Co, Si Керамические покрытия: TiN, ZrN, TiC, ZrC, TiCN, ZrCN, $Al_2O_3, TiO_2, SiO_2, ZrO_2, ZrO_2/Y_2O_3$	Высокая скорость осаждения. Возможность получения толстых покрытий (до 200 мкм). Высокая чистота покрытий (минимум примесей)	Трудно обеспечить равномерность толщины и стехиометрии на изделиях сложной конфигурации. Низкая степень загрузки изделиями объема рабочей камеры
Лазерное испарение (абляция)	Рабочая среда: вакуум $10^{-5} \dots 10^{-3}$ Па. Испарение материалов различного состава лазерным импульсом длительностью от мкс до фс.	Покрытия для микроэлектроники: $Sb_2S_3, As_2S_3, SrTiO_3, BaTiO_3, GaAs$ Алмазоподобные покрытия (DLC) с высокими характеристиками	Получение покрытий сложных соединений Высокая чистота покрытий (минимум примесей)	Сложность реализации
Вакуумно-дуговое испарение	Рабочая среда: вакуум $10^{-3} \dots 10^{-2}$ Па. Реактив. газы N_2, O_2, CH_4 ; $P = 0,01 \dots 1$ Па, $T = 300 \dots 600^\circ C$. Испарение металлов в катодном пятне дугового разряда. Осаждение покрытий с высокой степенью ионного воздействия	Металлические покрытия: Ti, Zr, Hf, Cr, Ta, Ni, Co, Si, MCrAlY (M=Ni, Co) Керамические покрытия: TiN, ZrN, CrN, TiC, TiCN, ZrCN, TiAlN, AlCrN, TiO_2, ZrO_2 Нанокompозиты: TiAlN/Si ₃ N ₄ , AlCrN/Si ₃ N ₄ . Покрытия DLC	Высокая скорость осаждения. Относительная простота технической реализации. Эффективная ионная очистка изделий перед нанесением покрытий. Высокие свойства керамических покрытий	Наличие в структуре покрытий микрокапельной металлической фазы. Относительно высокие температуры осаждения покрытий
Магнетронное распыление	Рабочая среда: чистые газы Ar, N_2, O_2, CH_4 ; $P = 0,05 \dots 1$ Па, $T = 60 \dots 6000^\circ C$. Ионное распыление металлов в магнетронном разряде	Полный спектр металлических покрытий: Al, Ag, Au, Cu, Zn, Sn, Cd, Ti, Zr, Hf, Cr, Ta, Ni, Co, Si, MCrAlY (M=Ni, Co) и др. Керамические покрытия: TiN, ZrN, CrN, TiC, TiCN, ZrON, TiAlN, AlCrN, TiBN, CrAlTiYN, $TiO_2, ZrO_2, Al_2O_3, SiO_2$. Нанокompозиты: 3D: TiAlN/Si ₃ N ₄ , TiN/BN, AlCrN/Si ₃ N ₄ , ZrN/Cu, ZrO_2/Al_2O_3 . 2D: TiN/NbN, TiN/CrN, TiN/AlN, CrN/AlN, TiN/CN. Покрытия DLC	Плотная микро- (нано-) кристаллическая структура металлических и керамических покрытий при полном отсутствии капельной фазы Возможность нанесения покрытий на термочувствительные материалы при низких температурах Наиболее широкий спектр покрытий различного назначения; высокая скорость осаждения; высокие свойства металлических и керамических покрытий	Относительная сложность технической реализации метода при получении реактивных (керамических) покрытий. Относительно высокая стоимость оборудования

сти и, соответственно, высокой плотности ионных токов, распыляемых мишенью. В результате достигается высокая производительность распыления материалов. Конструктивные принципы построения магнетронных устройств позволяют достаточно просто реализовать задачу нанесения однородных покрытий на широкоформатные поверхности.

Адгезия металлических слоев с подложкой у пленок, полученных магнетронным способом, существенно выше, чем у таких же пленок, полученных термовакuumным напылением, при сравнимых скоростях напыления. Это связано с более высокой энергией конденсирующихся частиц при магнетронном распылении и дополнительной активацией поверхности действием плазмы.

В отличие от других способов нанесения тонкопленочных покрытий, способ магнетронного распыления позволяет достаточно тонко регулировать толщину металлического слоя, а значит, его сопротивление, что очень важно при создании структур с определенной проводимостью.

Параметры магнетронного распыления установки CS-1000	Параметры термовакuumного испарения установки CS-1000
Скорость осаждения Cu для 300 Вт — 125 Å/мин Скорость осаждения Ni и Cr для 200 Вт — 45 Å/мин	Скорость осаждения Cu, V и др. для 70% мощности — 0,33 Å/с Скорость осаждения Ni для 25% мощности — 0,25 Å/с
	

Метод магнетронного распыления позволяет получать тонкие пленки высокого качества с рекордными физическими характеристиками (толщина, пористость, адгезия и пр.), а также проводить послойный синтез

новых структур (структурный дизайн), создавая пленку буквально на уровне атомных плоскостей.

ТЕРМОВАКУУМНОЕ ИСПАРЕНИЕ

Суть процесса термовакuumного испарения (см. рис. 4) со-



Рис. 3. Внешний вид установки CS-1000 Sputter & PVD Deposition System



Рис. 4. Принцип термовакuumного испарения

стоит в переводе осаждаемого материала с помощью нагрева в парогазовую фазу. Образующийся при этом парогазовый поток в высоком вакууме распространяется прямолинейно, т.к. отсутствует соударение с молекулами остаточного газа — длина свободного пробега молекул в остаточном газе на порядок превышает расстояние от источника до подложки; газ попадает на подложку, поверхность которой холоднее источника пара; при этом происходит конденсация и образование пленки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время Россия входит в этап активного освоения современных технологий производства микроэлектроники и нанотехнологий. Совре-

менное производство требует перестройки технологического процесса под реалии современности. Потенциальные возможности применения магнетронных распылительных систем в настоящее время еще далеко не полностью выяснены и реализованы, но уже сейчас применение магнетронных установок весьма широко распространено. Они заняли прочные позиции в технологиях изготовления полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. В частности, эти системы применяются для формирования контактов на поверхности полупроводниковых и пассивных элементов схем: например, при изготовлении резистивных пленок гибридных микросхем, магнитных пленок, низкоом-

ных контактов, создании новых многокомпонентных тонкопленочных материалов и т.д.

Компания AP Systems — партнер ЗАО Предприятие Остек — создает индивидуальные установки напыления тонких пленок различными методами под конкретные нужды клиента. Клиент получает новейшее оборудование, отвечающее всем современным стандартам качества. Специалисты компании готовы разработать индивидуальную технологию, специальную оснастку и решить стоящие перед клиентом задачи. Тщательная проработка проекта специалистами Предприятия Остек позволит добиться улучшения эффективности и технологичности производства заказчика.

Москва планирует начать производство светодиодных ламп в конце года



Московские власти планируют начать широкое производство светодиодных ламп в городе к концу текущего года, сообщил руководитель департамента науки и промышленной политики столицы Евгений Пантелеев на пресс-конференции в РИА Новости.

Москва уже с октября 2009 года прекратила закупать обычные лампы накаливания в рамках программы энергосбережения. «Нет особого труда организовать производ-

ство светодиодных ламп в Москве. Точнее было бы сказать, что само производство есть, но оно в очень маленьких объемах — необходимо расширить объем производства. Таким образом, москвичи смогут уже в конце года приобрести светодиодную продукцию московского производства», — сказал Пантелеев.

«Необходимо разработать свой собственный элемент, а не завозить его, например, из Южной Кореи», — добавил он.

По его словам, эта продукция востребована не только в бытовых целях, но и на промышленном уровне, а населению необходимо понять, что светодиодные элементы позволят экономить не только государственные деньги, но и семейный бюджет.

«В магазинах еще покупают и простые лампы, потому что они дешевле. Есть вопрос спроса на эту продукцию, а он, по нашим подсчетам, будет к концу года только расти», — отметил Пантелеев.

По его данным, проведенный аудит предприятий показал, что без особых материальных вложений может быть достигнута экономия в 20—25% за счет организационных мер.

В ноябре 2009 года президент России Дмитрий Медведев подписал федеральный закон об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности. Этот закон, в частности, вводит ограничения на оборот ламп накаливания, устанавливает требования по маркировке товаров с учетом их энергоэффективности, по обязательному коммерческому учету энергоресурсов, энергетической эффективности новых зданий, сокращению бюджетных расходов на приобретение энергетических ресурсов, а также по содержанию общего имущества многоквартирных домов в отношении показателей энергетической эффективности.

Колесо кажется таким привычным.
Но когда-то его не было.
Мы не знаем, кто его изобрел,
но эти люди явно думали об эффективности.



Предприятие Остек предлагает Клиентам качественно новый комплексный подход к повышению эффективности производств электроники

КОНСАЛТИНГ

Для выявления новых возможностей и предоставления эффективных технологических решений для производств Остек проводит серьезную предпроектную работу, включающую аудит изделий, технологического процесса и производства.

ОСНАЩЕНИЕ

В целях обеспечения эффективной работы производств Остек предлагает свой опыт реализации проектов различной сложности: от построения или реорганизации мелкосерийных производств и опытных участков, до создания массовых производств.

СОПРОВОЖДЕНИЕ

Для повышения эффективности производства осуществляется постоянная планомерная работа по сервисному обслуживанию, технической поддержке и модернизации оборудования.



ЗАО Предприятие Остек
www.ostec-group.ru

Тел.: (495) 788-44-44, факс: 788-44-42
info@ostec-group.ru

Разработка комплексных решений на базе светодиодов PHILIPS LUMILEDS для систем освещения



Транспортное освещение



Архитектурная подсветка



Освещение подъездов



Торговое освещение



Освещение торговых центров



Офисное освещение



Промышленное освещение



Уличное освещение



Освещение лифтов

ОТ ИДЕИ ДО РЕШЕНИЯ

Инструменты расчёта параметров мощных светодиодов компании Future Lighting Solution

Как правило, техническая поддержка светодиодов — это, прежде всего, сопровождение изделия печатными данными, в которых представлены измеренные параметры. Для разработчика большой интерес представляют графики т.н. фактора hot/cold, зависимость падения напряжения на кристалле от его температуры, а также реальное значение световой отдачи в рабочей точке температуры.

Однако даже эти данные не всегда представлены корректно. Очевидно, что при разработке изделий все эти параметры будут точно рассчитаны, но в случае простого сопровождения проекта затраты на полномасштабную разработку недопустимы. Чтобы оптимизировать такие расходы со стороны компании-разработчика, производители предлагают сервисы, которые оптимизируют этот процесс, позволяя получить достаточно точные оценочные данные.

Одним из мощнейших инструментов поддержки на сегодняшний день можно по праву считать интерактивные калькуляторы компании Future Lighting Solution, которые можно найти на сайте компании (www.futurelightingsolution.com). Эти инструменты имеют дружелюбный интерфейс и достаточную точность.

В статье мы рассмотрим два из них, наиболее интересные для разработчика или инженера по сопровождению проектов: инструмент для оценки основных параметров светодиода в рабочем режиме и инструмент по оценке времени наработки светодиода на определённое значение деградации световой отдачи.



Антон Булдыгин

Инженер ООО «Светотроника», buldygin@svetotronica.ru

Первый из них носит название Usable Light Tool (ULT). В этом году компания-разработчик представила вторую версию этой программы. Улучшения в основном коснулись усовершенствования базы стандартных теплоотво-

дов, светодиодов и графического представления результатов вычислений.

Рабочее окно программы состоит из двух абсолютно одинаковых колонок (см. рис. 1), что весьма удобно при сравнении

Required Inputs:		Power LED 1	Power LED 2
Power LED Manufacturer:		Philips Lumileds	Philips Lumileds
Power LED Product Family:		LUXEON Rebel (Illumination)	- Select Product -
Power LED Color:		Neutral White (4100K)	Neutral White (4100K)
Power LED Part Number(s):		LXM-PW51	LXLW-PWN1-0100 LXM-PW51 LXM-PW51 LXM-PWN1-0080 LXM-PWN1-0080
Optimization Algorithm Type:		Maximize Current	- Select Algorithm -
Number of Power LEDs:		10	Disabled
Ambient Temperature:		25	(°C)
Standard Board Type:		Standard MCPCB	
Standard Board R _{th} for 1 LED:		10 °C/W for single LUXEON Rebel (Illumination) LED	(°C/W)
Heat Sink Shape:		Custom Solution	
Heat Sink R _{th} :		0.8	(°C/W)
Optional Inputs and Datasheet Reference Values:			
		Power LED 1	Power LED 2
LED Part Number & Datasheet:		LXM-PW51	
Nominal CCT:		4000	(K)
CRI (Minimum - Typical):		60 - 70	
Nominal Current:		360	(mA)
Maximum Current:		1000	(mA)
Override (decrease) Max. Curr.:			Disabled (mA)
Min. Flux @ Nominal Curr.:		90	(lm)
Typ. Flux @ Nominal Curr.:		105	(lm)
Override Typ. Flux @ Nom. Curr.:			Disabled (lm)
V _f Range @ Nominal Curr.:		2.55 - 3.99	(V)
Typical V _f @ Nominal Curr.:		3	(V)
Override Typ. V _f @ Nom. Curr.:			Disabled (V)
Junction-to-Case R _{th} :		10	(°C/W)
Absolute Maximum T _j :		150	(°C)
Lumen Maintenance T _j :		135	(°C)
Override Lumen Maint. T _j :			Disabled (°C)

Рис. 1. Рабочее окно ULT

двух возможных вариантов решения задачи, например, реализации фиксированного значения светового потока и оценки, будет ли вариант с меньшим количеством светодиодов, включённых в режиме 700 мА, лучше использования большего числа светодиодов в номинальном включении.

Первые четыре строки этих колонок полностью посвящены выбору модели светодиода, его цветности или цвету. Следует заметить, что выбранный в первой колонке цветовой параметр по умолчанию переносится во вторую. Пятая строка, носящая название Optimization Algorithm Type, задаёт одно из двух фиксированных значений рабочих токов (максимальное или минимальное), либо осуществляется выбор т.н. оптимальной величины тока, необходимой для получения другого фиксированного параметра.

Отметим, что значение рабочего тока также можно задать в графе Override (decrease) Max. Curr., расположенной несколько ниже. Для этого достаточно ввести его в эту графу и выбрать тип алгоритма оптимизации по максимальному рабочему току. За графой алгоритма оптимизации следуют графы количества диодов, используемых в модуле (Number of Power LEDs), и значения температур окружающей среды (Ambient Temperature). Ниже находится графа выбора типа печатной платы.

Не секрет, что материал печатной платы играет существенную роль в передаче тепла от кристалла к теплоотводу. На выбор предлагаются три типа плат: FR4 с переходными отверстиями под маской (FR4 with Filled & Capped Vias); FR4 с открытыми переходными отверстиями (FR4 with Opened Vias); MCPCB. Затем вводится оригинальное значение термического сопротивления платы для одного светодиода (Custom Circuit Board). Далее следует графа выбора типа теплоотвода (Heat Sink Shape). Его можно выбрать стандартным или нестандартным (Custom Solution) и ввести известное значение термического сопротивления теплоотвода.

Перейдём к зоне дополнительных и паспортных данных. Остановимся на тех из них, которые

являются управляемыми. Назначение первого из этих параметров — «Максимальное значение рабочего тока» — уже было описано, поэтому перейдём сразу ко второму.

В графе Override Typ. Flux @ Nom. Curr. вводится фиксированное значение светового потока, которое выбирается из максимально и минимально возможных значений. Графа Override Typ. Vf @ Nom. Curr. контролирует значение падения напряжения, которое выбирается между максимально и минимально возможными. В последней графе Override Lumen Maint. Tj выбирается максимальное значение температуры кристалла, по достижении которого остальные данные начнут автоматически изменяться, например, станет снижаться значение рабочего тока.

Активно оперируя всеми этими параметрами, можно достаточно точно оценить режим работы светодиодного модуля. После установления всех значений нажимаем кнопку Analyze Power LEDs и переходим к таблице результатов. Она разделена на две части: в верхней отображены входные данные, в нижней — непосредственно результаты. Среди них самыми важными являются значения эффективности светодиода, потребляемой мощности, рабочей температуры кристалла, светового потока и, конечно, световой отдачи. Все эти данные отображены как в численном выражении в соответствующих графах, так и в виде графиков зависимости этих параметров друг от друга.

Как уже было отмечено, инструмент LED Reliability Tool разработан для оперативной оценки времени деградации светодиода в рабочих условиях. Следует отдельно отметить, что этот инструмент работает на базе зависимости, полученной в ходе измерений, а не в результате теоретических вычислений.

Более того, технология оценки деградации уникальна. Дело в том, что в большинстве случаев приводится только усреднённая кривая деградации без учёта разброса этого параметра между образцами. Очевидно, что правильнее было бы указывать время деградации доли светодиодов из некоторого лота. Именно этот

способ и реализован в инструменте LRT, лаконично обозначенном как Vxx, Luu, где индекс V — процент подверженных деградации светодиодов, а L — процентное выражение деградации светового потока. Применяя систему с индексом B10, L70, можно получить время, за которое у 10% светодиодов некоторого лота световая отдача деградирует до 70% паспортного номинального значения. Всего LRT предлагает три варианта индекса: B10/L70; B20/L70; B50/L70.

Как и ULT, инструмент LRT позволяет с помощью двух колонок провести сравнительную оценку двух режимов работы светодиода (см. рис. 2). Первая графа обоих из них отвечает за выбор модели светодиода. Вторая — за технологию кристалла, использованную в этой модели. Вариантов выбора два — это технология AlInGaP (алюминий, индий, галлий, фосфор), на базе которой производятся красные (red), оранжевые (orange) и янтарные (amber) светодиоды, и технология InGaN (индий, галлий, азот), на базе которой реализуются все остальные цвета, включая белые.

В графе Probability Distribution следует выбрать способ оценки по методу Vxx, Luu. Далее в графе Lifetime Parameter to Solve выбирается один из трёх параметров, который становится искомым при оценке времени деградации. Если выбирается время деградации (lifetime), то задаются уже известные рабочая температура кристалла и значение тока. Если выбирается оптимальная температура кристалла (junction temperature), задаются некоторое желаемое время деградации и значение тока. Если требуется определить значение тока (forward current), задаются время деградации и температура кристалла.

После выбора всех параметров следует нажать кнопку Analyze Power LEDs, вслед за чем на экране появится график деградации (см. рис. 3). Он представляет собой зависимость времени жизни от температуры кристалла в рабочей точке. Для простоты восприятия над графиком имеется графа, отображающая значения времени деградации для выбранных условий.

Input Variables:			
LXML-PWS1			
Power LED Manufacturer:	Philips Lumileds		?
Power LED Product Family:	LUXEON Rebel (Illumination)		?
Power LED Color:	Neutral White (4100K)		?
Power LED Part Number:	LXML-PWS1		?
Current Optimization Algorithm:	Maximize Current		?
Number of Power LEDs:	10		?
Ambient Temperature:	25	(°C)	?
Circuit Board R _{th} for Single LED:	10	(°C/W)	?
Heat Sink Thermal Resistance:	0.8	(°C/W)	?
Maximum Allowable T _J :	135 (default)	(°C)	?
Maximum Allowable Drive Current:	350 (override)	(mA)	?
Typical V _f at Nominal Current:	3 @350mA (default)	(V)	?
Typical Flux at Nominal Current:	105 @350mA (default)	(lm)	?
Calculated Results:			
LXML-PWS1			
Calculated Drive Current:	350	(mA)	?
Calculated Forward Voltage:	2.97	(V)	?
Calculated LED Power Consumption:	1.04	(W)	?
Calc. Array Power Consumption:	10.39	(W)	?
Calculated LED Radiometric Flux:	0.307	(W)	?
Calculated LED Efficiency:	29.5%	(W/W)	?
Datasheet Junction-to-Case R _{th} :	10	(°C/W)	?
Calc. Junction-to-Ambient R _{th} :	2.8	(°C/W)	?
Calculated Junction Temperature:	46	(°C)	?
Calculated Usable LED Flux:	102	(lm)	?
Calculated Usable Array Flux:	1022	(lm)	?
Calculated Usable Efficacy:	98.35	(lm/W)	?

2. Рабочее окно LRT

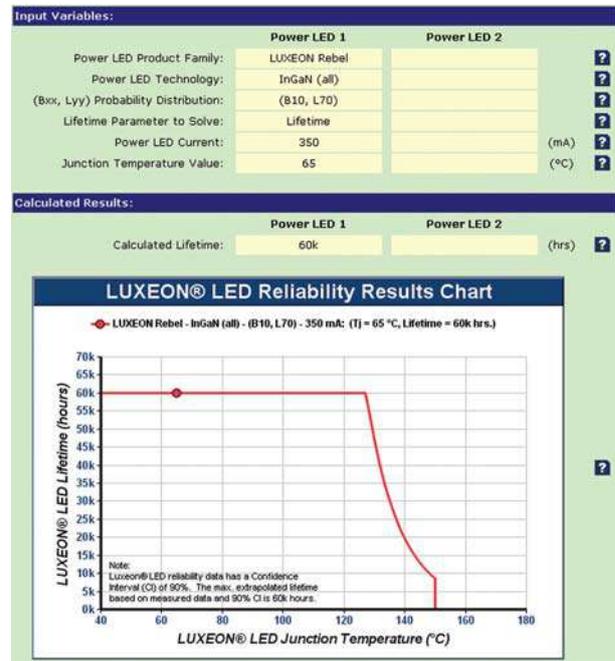


Рис. 3. График деградации кристалла

В заключение хотелось бы отметить, что оба инструмента показали неплохое соответствие экспериментальным данным.

Точность инструмента ULT, по оценке автора, составила около 12%. Инструмент LRT, по понятным причинам, был проверен

только для технологии кристалла AlInGaP и также показал хорошее соответствие между практически и расчётными результатами.

Игроки международного рынка осветительного оборудования основывают консорциум Zhaga для стандартизации стыковочных узлов светодиодных осветительных приборов

Группа международных компаний, занятых производством осветительного оборудования — включая такие компании как Acuity Brands Lighting, Cooper Lighting, OSRAM, Panasonic, Philips, Schröder, Toshiba, TRILUX и Zumtobel Group — инициировали создание общепромышленного консорциума Zhaga, задача которого заключается в разработке стандартных технических условий на стыковочный узел для светодиодных осветительных приборов.

По мере ускоренного развития светодиодной технологии консорциум Zhaga должен обеспечить взаимозаменяемость изделий, созданных различными производителями. Взаимозаменяемость достигается путем установления параметров стыковочных узлов для целого ряда специализирован-

ных осветительных приборов. Стандарты Zhaga будут распространяться на физические размеры, а также на фотометрические, электрические и термические характеристики светодиодных осветительных приборов.

Образование консорциума Zhaga отвечает интересам потребителей, поскольку ожидается, что такая стандартизация предотвратит фрагментацию рынка на несовместимые секторы осветительных приборов. Стандарты Zhaga позволят потребителям уверенно указывать технические характеристики и приобретать светодиодные изделия, которые можно будет легко заменить, и которые имеются на рынке, продолжая в то же время пользоваться эксплуатационными преимуществами светодиодной технологии. Кроме того, это

будет способствовать внедрению технических новшеств и развитию конкуренции в области светодиодного осветительного оборудования. Количество членов консорциума Zhaga будет расти за счет привлечения других компаний, занятых производством осветительного оборудования. Будут привлекаться самые разные участники рынка светодиодного осветительного оборудования, например, продавцы светодиодных осветительных приборов и светодиодных светильников, а также поставщики компонентов, таких как радиаторы теплоотвода и оптические устройства. Первое совещание в рамках консорциума состоится в марте 2010, где участники сделают первые шаги по созданию стандартных стыковочных узлов Zhaga для светодиодных осветительных приборов.

Методы регулировки яркости для импульсных драйверов светодиодов

Рич Розен (Rich Rosen), инженер технической поддержки, National Semiconductor

Высокоэффективные импульсные драйверы заменили линейные источники тока и стали фактически стандартом для схем управления светодиодами. В широком спектре приложений от светодиодных фонарей до информационных табло требуется обеспечить точную регулировку светового выхода светодиода. В статье приводятся базовые сведения о яркости свечения светодиодов и цветовой температуре, а также рассматриваются методы реализации регулировки яркости для импульсных драйверов светодиодов. Статья представляет собой перевод [1].

ЯРКОСТЬ СВЕТОДИОДОВ И ЦВЕТОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА

Яркость видимого света, излучаемого светодиодом, измеряется в единицах плотности светового потока, которые называются канделами (кд). Общая выходная мощность светодиода измеряется в люменах (лм). Важно отметить, что средний прямой ток через светодиод определяет его яркость свечения.

На рисунке 1 представлена зависимость прямого тока от светосилы определенного светодиода. Эта зависимость практически линейна в диапазоне используемых на практике значений прямого тока I_F . Заметим, что нелинейность этой зависимости проявля-

ется при более высоких значениях I_F . Снижение эффективности светодиода (в лм/Вт) возникает, когда рабочий ток выходит за пределы участка линейной зависимости.

Работа в нелинейном участке зависимости светового выхода от прямого тока приводит к тому, что часть выходной мощности светодиода рассеивается в виде тепла. Это накладывает ограничения на схему драйвера и усложняет требования к системе.

Цветовая температура — это показатель, который определяет цвет свечения светодиода и указывается в технической документации на светодиод. Цветовая температура данного светодиода задается в определенных пределах и может изменяться в зависимости от величины прямого тока, температуры перехода и срока службы светодиода. Более низкая цветовая температура соответствует красно-желтым цветам (теплые цвета), а более высокая цветовая температура — сине-зеленым цветам (холодные цвета). Для многих светодиодов различных цветов свечения специфицирована доминирующая длина волны, а не цветовая температура.

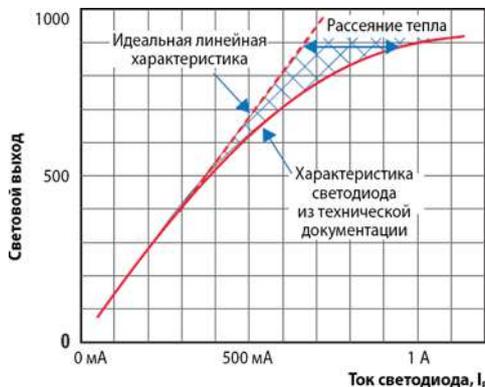


Рис. 1. Зависимость светового выхода от тока через светодиод

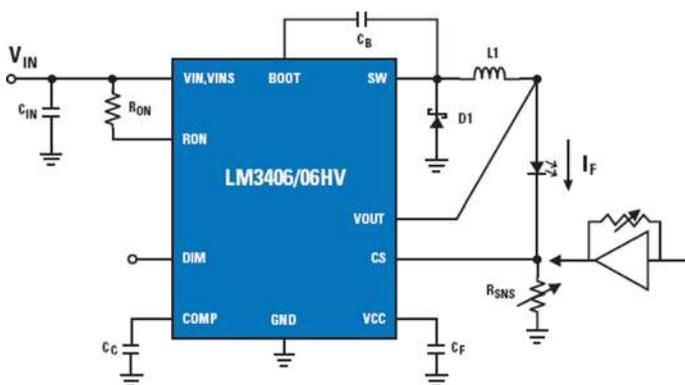


Рис. 2. Топология понижающего стабилизатора

МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВКИ ЯРКОСТИ СВЕТОДИОДОВ

В настоящее время существуют два метода регулировки яркости светодиодов в схемах импульсных драйверов: ШИМ-регулировка и аналоговая регулировка. Оба метода обеспечивают контроль усредненного по времени тока через светодиод или цепь светодиодов, причем каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки.

На рисунке 2 показан импульсный драйвер светодиода в топологии понижающего стабилизатора. Входное напряжение

V_{IN} должно быть всегда выше падения напряжения на светодиоде и резисторе R_{SNS} . Ток через катушку индуктивности равен току светодиода. Стабилизация тока осуществляется с помощью контроля напряжения на выводе CS. Так как напряжение на выводе CS начинает падать, рабочий цикл импульсов тока, протекающего через катушку L1, светодиод и резистор R_{SNS} , увеличивается, что вызывает возрастание среднего тока через светодиод.

АНАЛОГОВАЯ РЕГУЛИРОВКА ЯРКОСТИ

Аналоговая регулировка яркости светодиодов заключается в изменении уровня постоянного тока светодиода. Это можно осуществить путем подстройки резистора R_{SNS} или подавая аналоговое напряжение на соответствующий вывод микросхемы. На схеме рисунка 2 показаны оба варианта аналоговой регулировки.

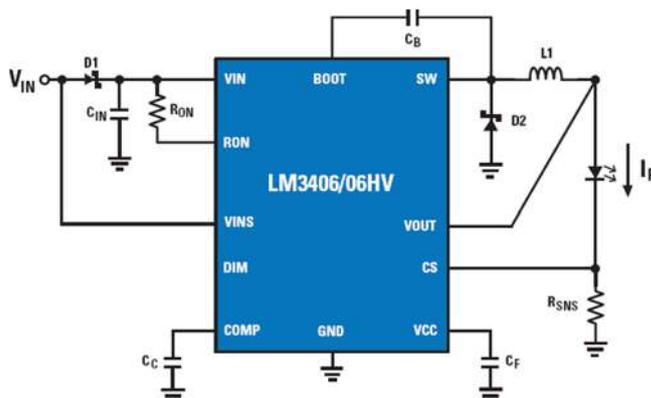


Рис. 3. 2-проводная ШИМ-регулировка яркости

Аналоговая регулировка с помощью подстройки резистора R_{SNS}

Из схемы рисунка 2 ясно, что при изменении величины R_{SNS} будет меняться ток светодиода при фиксированном значении опорного напряжения на выводе CS. Если можно было бы найти потенциометр с номиналом менее одного ома, с помощью которого можно управлять высоким током светодиода, то это был бы вполне приемлемый метод регулировки яркости.

Аналоговая регулировка с помощью подачи постоянного напряжения на вывод CS

Более сложным является метод непосредственного контроля тока светодиода с помощью напряжения, приложенного к

выводу CS микросхемы. Обычно источник напряжения включается в цепь обратной связи, а ток светодиода задается усилителем (см. рис. 2). Ток светодиода управляется путем выбора коэффициента усиления усилителя. С помощью цепи обратной связи можно реализовать дополнительные функции защиты светодиода, например, такие как ограничение максимального тока и тепловая защита.

Недостаток аналоговой регулировки заключается в том, что цветовая температура излучаемого света может меняться при изменении тока светодиода. В случае, когда ключевую роль в приложении играет цвет светодиода или когда цветовая температура сильно меняется в зависимости от тока светодиода, регулировка светового выхода путем изменения тока через светодиод не приемлема.

ШИМ-РЕГУЛИРОВКА ЯРКОСТИ

ШИМ-метод регулировки яркости заключается в периодическом включении и выключении тока через светодиод на короткие промежутки времени. Частота цикла включения/отключения тока должна быть выше частоты, при которой глаз человека может заметить периодичность включения, для того, чтобы избежать эффекта мерцания. Эта частота должна быть не менее 200 Гц.

Яркость светодиода в этом случае пропорциональна рабочему циклу ШИМ-сигнала регулировки в соответствии с формулой:

$$I_{DIM-LED} = D_{DIM} I_{LED},$$

где $I_{DIM-LED}$ — средний ток светодиода, D_{DIM} — рабочий цикл сигнала

регулировки яркости, I_{LED} — номинальный ток светодиода при выбранном значении сопротивления резистора R_{SNS} .

Управление драйвером светодиода

Во многих современных микросхемах драйверов светодиодов предусмотрен специальный вывод PWM DIM, на который можно подавать ШИМ-сигналы различных частот и амплитуд, что позволяет упростить сопряжение драйвера с внешними логическими схемами. В драйвере может быть предусмотрена функция DIM, которая лишь блокирует выход, оставляя внутреннюю схему работающей, что позволяет исключить задержку при перезапуске микросхемы. Кроме того, для управления драйвером могут быть использованы вывод разрешения выхода и другие логические функции.

2-проводная ШИМ-регулировка

2-проводная ШИМ-регулировка яркости — это распространенный метод, который используется, например, во внутренних системах освещения автомобилей. Так как V_{IN} модулируется напряжением, уровень которого на 70% ниже $V_{IN-NOMINAL}$, вывод V_{INS} (см. рис. 3) детектирует изменение напряжения и преобразует ШИМ-сигнал в соответствующий сигнал на выходе драйвера. Недостатком этого метода является то, что источник питания преобразователя должен содержать схему формирования ШИМ-сигнала на выходе.

Быстрая ШИМ-регулировка с шунтирующим транзистором

Задержка отключения и запуска преобразователя накладывает ограничения на частоту ШИМ-сигнала регулировки и диапазон изменения рабочего цикла. Для того, чтобы исключить эту задержку, можно включить внешний шунтирующий прибор, например, FET параллельно светодиоду или цепи светодиодов (см. рис. 4).

Ток в катушке индуктивности остается непрерывным во время выключения светодиода, что устраняет длительную задержку нарастания и спада тока пьедестала катушки. Время задержки в этом случае определяется вре-

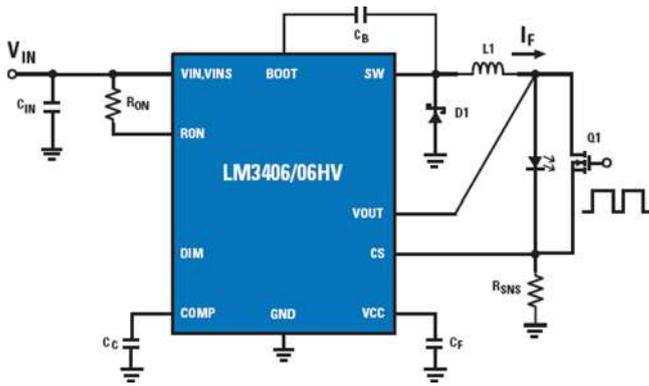


Рис. 4. Быстрая ШИМ-регулировка

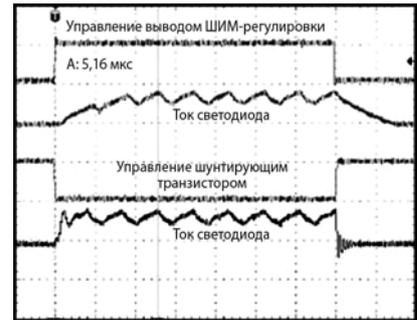


Рис. 5. Выходные сигналы драйвера при разных методах управления

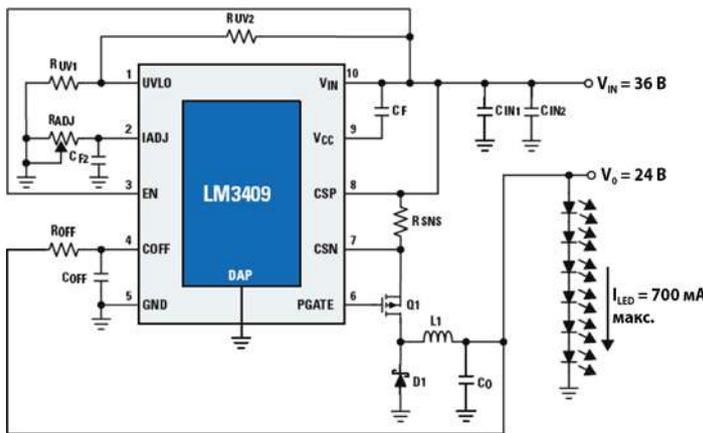


Рис. 6. Схема включения LM3409 при аналоговой регулировке яркости

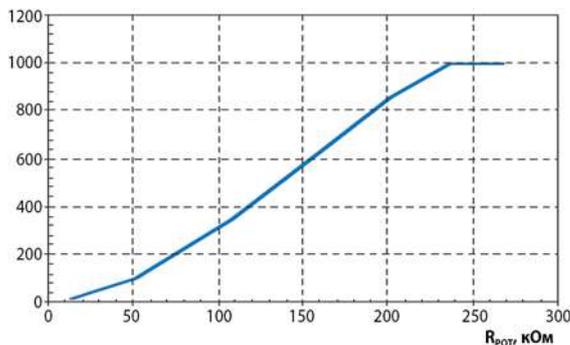


Рис. 7. Зависимость тока светодиода от сопротивления потенциометра

менем нарастания и спада выходного сигнала шунтирующего транзистора. На рисунке 4 показана схема включения микросхемы LM3406 с шунтирующим FET, а на рисунке 5 — графики, показывающие разницу задержки включения/выключения светодиода при управлении с помощью вывода регулировки яркости и с помощью шунтирующего транзистора. Измерения сигналов проведены при выходной емкости 10 нФ. В схеме использовался шунтирующий транзистор Si3458.

Следует учитывать, что при включении шунтирующего транзистора возникает бросок выходного тока. В семействе драйверов LM340x предусмотрено управление временем включения, и в них чрезмерного повышения тока при включении шунтирующего транзистора не наблюдается. Выходная емкость светодиодов должна быть достаточно малой, чтобы скорость переключения была максимальной.

Недостатком схемы с шунтирующим транзистором является более низкая эффективность.

Когда шунтирующий транзистор включен, рассеиваемая мощность, которая равна $V_{SHUNT DEVICE} \times I_{LED}$, рассеивается в виде тепла. Для минимизации этих потерь следует использовать транзистор с весьма низким значением сопротивления канала во включенном состоянии R_{DS-ON} .

ДРАЙВЕР СВЕТОДИОДА LM3409 С МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕГУЛИРОВКОЙ ЯРКОСТЬЮ

Микросхема LM3409 компании National Semiconductor — это драйвер светодиодов, который обеспечивает несколько вариантов аналоговой и ШИМ-регулировки яркости. Возможны четыре способа реализации регулировки яркости светодиодов с помощью этого устройства.

1. Аналоговая регулировка с помощью непосредственной подачи напряжения на вывод I_{ADJ} от источника напряжения 0...1,24 В.

2. Аналоговая регулировка с помощью потенциометра, включенного между выводом I_{ADJ} и GND.

3. ШИМ-регулировка с помощью вывода разрешения.

4. ШИМ-регулировка с помощью внешнего шунтирующего транзистора.

На рисунке 6 показана схема включения драйвера LM3409 при аналоговой регулировке яркости с помощью потенциометра. Внутренний источник тока 5 мкА создает падение напряжения на сопротивлении R_{ADJ} , который в свою очередь изменяет порог чувствительности внутреннего тока. В качестве альтернативы на вывод I_{ADJ} можно непосредственно подать постоянное напряжение от источника.

На рисунке 7 показан график зависимости измеренного значения тока светодиода от сопротивления потенциометра, включенного между выводом I_{ADJ} и GND. Пологий участок зависимости при величине тока 1 А соответствует максимальному номинальному току светодиода, установленному резистором R_{SNS} , как показано на рисунке 4.

На рисунке 8 показано измеренное значение тока светодиода как функция постоянного напряжения на выводе I_{ADJ} . Заметим, что максимальное значение тока светодиода равно току, установленному с помощью R_{SNS} .

Оба режима являются простыми в реализации и обеспечивают линейную шкалу регулировки вплоть до уровня порядка 10% от максимального значения яркости светодиода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существует несколько методов регулировки яркости светодиодов для импульсных стабилиза-

торов. Два основных метода — аналоговая и ШИМ-регулировка, имеют свои преимущества и недостатки. ШИМ-регулировка позволяет существенно уменьшить отклонение цвета светодиодов при изменении уровня яркости свечения, однако требует использования дополнительной логики для формирования ШИМ-сигналов. Аналоговая регу-

лировка яркости использует более простую схему, однако может быть неприемлема в приложениях, требующих поддержания постоянной цветовой температуры светодиодов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rich Rosen, Dimming Techniques for Switched-Mode LED Drivers//Power Designer, №126

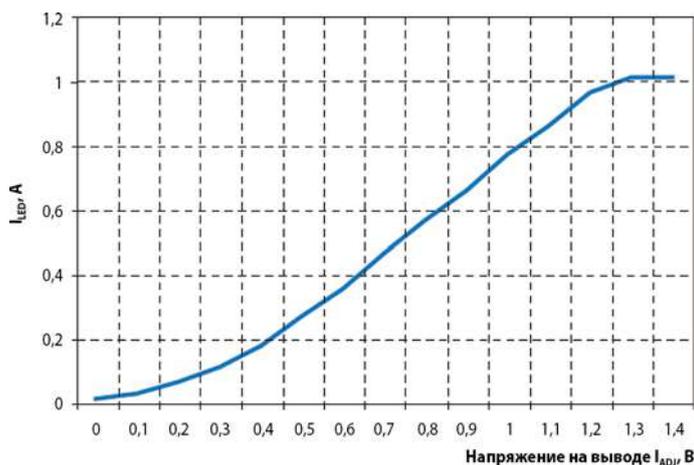


Рис. 8. Зависимость тока светодиода от напряжения на выводе I_{ADJ}

У российской электроники будет своя неделя

«Российская неделя электроники» — под таким названием пройдет в 2010 году комплекс конгрессно-выставочных мероприятий по разработке, производству, поставке компонентов и модулей радиоэлектронной аппаратуры, подготовке инженерных кадров для отрасли, продвижению продукции радиоэлектронного комплекса на отечественном и зарубежном рынках.

В состав «Российской недели электроники» вошли выставки ChipEXPO, DISPLAY, «Мобильные и Беспроводные Технологии», «Энергетика. Электротехника и промышленная электроника», «Wireless Communications», а также новые мероприятия: «Промышленная и Встраиваемая Электроника», «Потенциал» (подготовка кадров для радиоэлектронного

комплекса), Радиокон (выставка-смотр радиолюбительских конструкций). Также запланирована серия конференций по актуальным вопросам производства, снабжения, сбыта изделий электронной техники.

Основная цель объединяющего форума — содействие структурной реорганизации и качественному росту отечественной электронной промышленности. По словам заместителя Министра Промышленности и торговли Российской Федерации Ю.И. Борисова, «Комплекс выставок должен подчеркнуть усилия по обеспечению мер государственной поддержки отрасли, решению задач импортозамещения, росту кадрового потенциала, развитию частно-государственного партнерства, совершенствованию материально-

технической базы разработки и производства электроники. «Российская неделя электроники» должна стать такой же «визитной карточкой» России в области высоких технологий, как Московский авиационно-космический салон в области авиастроения и Военно-морской салон в Санкт-Петербурге в области судостроения».

Мероприятие состоится 26—28 октября 2010 года в Москве, в Экспоцентре на Красной Пресне.

Оргкомитет «Российской недели электроники»

Служба PR и рекламы
Тел.: +7 (495) 221-50-15
www.RussianElectronicsWeek.ru

Продолжается формирование Оргкомитета «Российской недели электроники» (26—28 октября 2010 года, Москва ЦВК «Экспоцентр») — комплекса специализированных выставок и конференций, охватывающих все вопросы разработки, производства и использования электронной компонентной базы и модулей радиоэлектронной аппарату-

ры. Инициатором проведения мероприятия выступили компания «ЧипЭКСПО» и Департамент радиоэлектронной промышленности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

В оргкомитет вошли представители промышленности, науки, федеральных и городских структур. Список членов Оргкомитета по

состоянию на 28 декабря 2009 года размещен на сайте мероприятия <http://russianelectronicsweek.ru/node/33>.

ЗАО «ЧипЭкспо»
Тел. (495) 221-5015

Рабочий эталон измерения усредненной силы света светодиодов



Дмитрий Зубков, аспирант, кафедра «Светотехника и источники света», Харьковская национальная академия городского хозяйства

Описаны условия и средства измерения одной из самых важных характеристик излучения светодиодов — усредненной силы света. Приведены особенности конструирования и калибрования эталонного средства измерения этой величины с помощью эталонного датчика, связанного с первичным государственным эталоном Украины.

В последнее время возросла тенденция использования светоизлучающих диодов (СИД) в различных устройствах — от стандартных индикаторов в аудио- и видеотехнике, портативных компьютерах и игрушках до светофоров, дисплеев и автомобильных светильников. Светодиодные технологии демонстрируют взрывной рост на протяжении последних лет, и прогнозируются довольно широкие дальнейшие перспективы светодиодов.

Основной движущей силой такого развития является постоянно растущий уровень яркости СИД. Кроме того, на рынок приходят новые материалы и технологические процессы изготовления кристаллов. Одновременно с увеличением разновидностей как светодиодов, так и их возможных применений повышаются требования к уровню компетентности, необходимого проектировщикам и архитекторам для построения

светодиодных систем освещения. Современный рынок оптоэлектронных компонентов требует понимания не только оптических свойств СИД, но и методов их измерения.

При измерении широкого диапазона разных типов СИД следует учитывать многомерные свойства оптического излучения не только относительно излучаемого диода, но и их влияние на приемник. Диапазон возможных влияний на результат измерений значителен, и, соответственно, возрастает неопределенность измерения.

Низкий уровень мощности излучения некоторых СИД может ограничить разрешающую способность измерений спектрального и пространственного распределения. Для увеличения сигнала датчика при измерении усредненной силы света СИД его устанавливают на относительно небольшом расстоянии при довольно большом телесном угле исходящем от СИД излучения. В этом случае диод рассматривается не как точечный источник, поэтому результаты измерений значительно варьируют, в зависимости от используемых геометрических условий. Чтобы минимизировать такое расхождение результатов, данные геометрические условия стандартизируются таким образом, чтобы разные пользователи могли сравнивать и воспроизводить измеренные значения.

Рекомендации относительно стандартизации условий измерения характеристик СИД были разработаны международной комиссией по освещению (МКО) и предложены для использования в светотехнических лабораториях. Данные рекомендации распространяются только на единичные монохромные СИД и не относятся к многоцветным диодам, светодиодным кластерам и матрицам для телевизионных экранов,

а также излучающим поверхностям OLED.

В связи с отсутствием верхнего эталонного звена в области измерений СИД в Украине, возникла необходимость в создании рабочего эталона для измерения интегральных характеристик видимого излучения СИД — потока и усредненной силы света СИД (УСС СИД).

При создании рабочего эталона были поставлены следующие задачи:

- измерения должны выполняться в двух геометриях МКО — А и В;
- крепление СИД должно обеспечивать прохождение механической оси СИД через центр входного отверстия апертуры;
- изготовление прецизионной апертуры с площадью входного отверстия 100 мм²;
- использование фотометрической сферы для обеспечения равномерного распределения излучения по поверхности детектора;
- применение кремниевого фотодиода с площадью чувствительной поверхности равной или большей 100 мм², диапазоном чувствительности в видимой области спектра и линейной характеристикой;
- использование для снятия показаний датчика фиксирующего прибора с малой погрешностью измерения.

Для фиксации СИД и подключения к нему источника питания постоянным током используется индивидуально разработанная платформа из стеклотекстолита, которая крепится к вертикальной стойке винтами. Стойка имеет каретку, механизм которой позволяет горизонтально перемещать платформу. Это содействует более точной установке фронтального конца светодиода на расстоянии от апертуры 316

и 100 мм — геометрия МКО А и В, соответственно.

Выравнивание СИД происходит при помощи прицельного устройства (см. рис. 1).

С помощью линзы с нанесенными вертикальной и горизонтальной линиями выполняется установка СИД в необходимое положение со следующим фиксированием его контактов, которые одновременно играют роль проводников и держателей.

Помимо таких достоинств как дешевизна и простота, данный способ имеет некоторые существенные недостатки, а именно — невысокую точность регулирования и большую трудоемкость, поэтому в ближайшем будущем планируется разработка более технологичного способа фиксации СИД.

В основу средства измерения положен метод эталонного датчика, который калибруется при помощи эталонной лампы типа А (КГМ).

СИД и эталонная лампа имеют разные размеры, пространственное и угловое распределение. Поэтому для выравнивания излучения СИД и эталонной лампы, которое попадает в спектрофотометр, используется интегрирующий фотометрический шар малого диаметра, а именно, $D_{ш} = 70$ мм. Это также позволяет размещать эталонную лампу на расстоянии, отличном от геометрий МКО А и В, что значительно упрощает процесс калибрования. Недостатком использования сферы является наименьшая чувствительность среди всех других примеров входной геометрии спектрофотометра в режиме видимого излучения.

Учитывая рекомендации МКО для определения усредненной силы света СИД в геометриях А и В, измерения должны проводиться с использованием апертуры, площадь отверстия которой равна 100 мм^2 , т.е. диаметр отверстия приблизительно равен $d_A = 11,284$ мм.

Довольно большое значение при измерении УСС СИД играет положение апертуры относительно светодиода. Во-первых, расстояние должно измеряться от кончика светодиода до поверхности апертуры. Во-вторых, апертура должна размещаться острыми

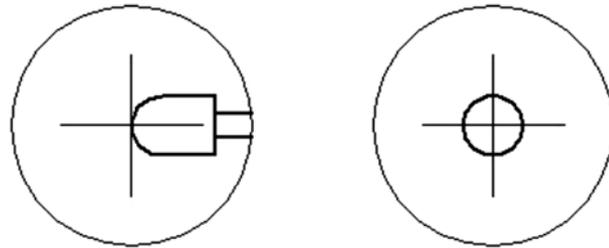


Рис. 1. Использование прицельного устройства

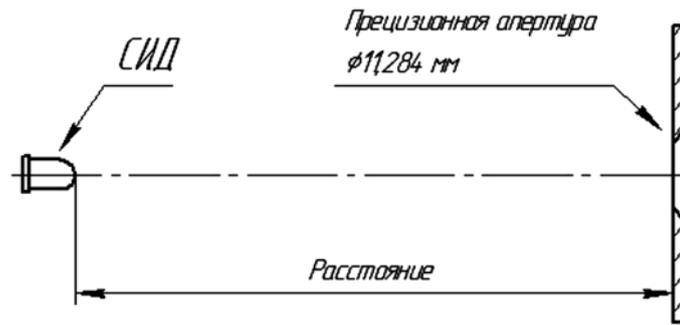


Рис. 2. Положение апертуры относительно СИД

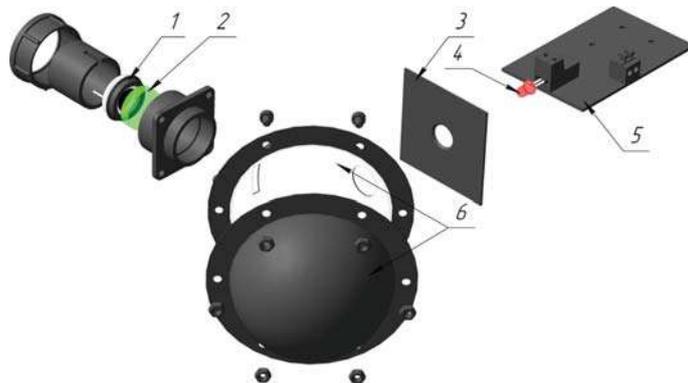


Рис. 3. Средство измерения усредненной силы света СИД. Разнесенный вид (1 — фотодиод ФД 288; 2 — корректирующий светофильтр; 3 — входная прецизионная апертура; 4 — измеряемый светодиод; 5 — платформа-держатель; 6 — интегрирующий фотометрический шар диаметром 70 мм)

краями отверстия в сторону СИД (см. рис. 2). Такое расположение позволяет предотвратить отражение света диода от поверхности фаски и попадание его в фотоме-

трический шар, что фактически привело бы к увеличению телесного угла.

Фотометрическая головка состоит из корректирующего филь-

Таблица 1. Основные характеристики фотодиода ФД 288

Таблица 1. Основные характеристики фотодиода ФД 288	
Площадь фоточувствительного элемента (ФЧЭ), мм ²	100,0
Форма фоточувствительного элемента, мм	круг 11,3
Режим включения (без представления напряжения смещения)	фотогальванический
Темновой ток при 20°С при подаче напряжения смещения 1 В, мкА, не больше	0,15
Область спектральной чувствительности по уровню 10% от максимума, мкм	0,3...1,0
Токовая монохроматическая чувствительность ($\lambda = 0,3$ мкм), А/Вт, не меньше	0,04
Токовая монохроматическая чувствительность ($\lambda = 0,55$ мкм), А/Вт, не меньше	0,24
Корпус	металло-стеклянный
Входное окно плоское, материал	лейкосапфир
Масса, г, не больше	15,0

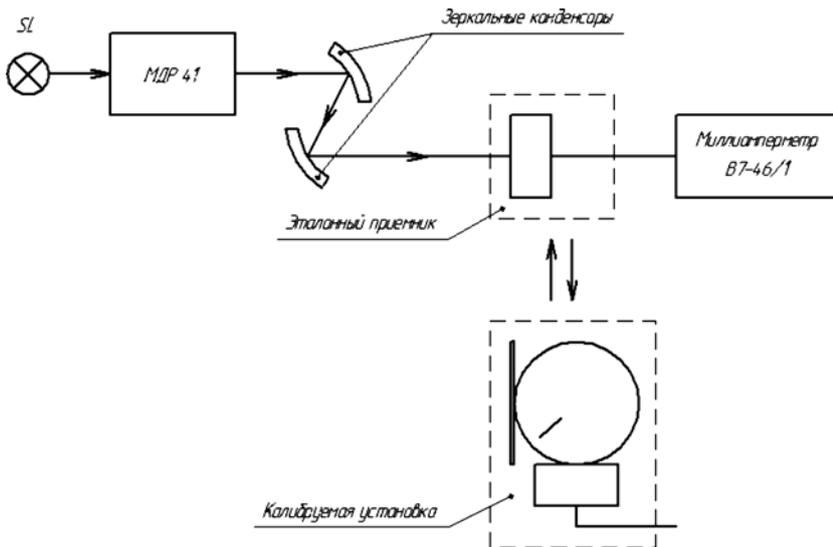


Рис. 4. Схема установки для калибрования

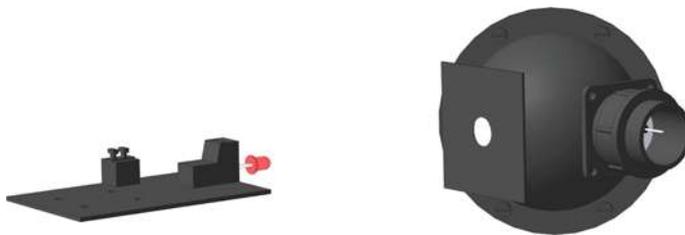


Рис. 5. Средство измерения усредненной силы света СИД, общий вид

тра и датчика, зафиксированных в корпусе. В качестве датчика использован фотодиод ФД 288. Основные его характеристики и условия эксплуатации приведены в таблице 1.

Разнесенный вид средства измерения по компонентам представлен на рисунке 3.

Калибровка средства измерения УСС СИД проводилась на материальной базе Националь-

ного научного центра «Институт метрологии». В качестве опорного источника излучения применялся стандартный источник типа А — лампа КГМ. Калибровка выполнялась по эталонному приемнику ФД 288 №2 с известной ампер-ваттной спектральной характеристикой методом замещения.

Схема установки для передачи шкалы светового потока соз-

данной установке для измерения светового потока СИД и УСС СИД представлена на рисунке 4.

Вид средства измерения УСС СИД в рабочем положении приведен на рисунке 5.

Измеренный сигнал для перерасчета в УСС СИД подставляется в формулу (1) или (2), в зависимости от предварительно выбранной геометрии:

$$I_{CA A} = F \cdot d_A^2 \cdot \frac{y}{S_E}, \text{ кд}, \quad (1)$$

или

$$I_{CA B} = F \cdot d_B^2 \cdot \frac{y}{S_E}, \text{ кд}, \quad (2)$$

где F — корректирующий коэффициент спектрального несоответствия; d_A и d_B — расстояния геометрии А и В (0,316 и 0,1 м), соответственно; y — измеренный сигнал; S_E — чувствительность разработанного фотометра, А/лк.

Расчет корректирующего коэффициента F проводится по формуле (3). Необходимо заметить, что коэффициент спектрального несоответствия рассчитывается индивидуально для каждого типа СИД.

$$F = \frac{\int S_T(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int S_{ST}(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \cdot \frac{\int S_T(\lambda) S_{отн}(\lambda) d\lambda}{\int S_{ST}(\lambda) S_{отн}(\lambda) d\lambda}, \quad (3)$$

где $S_T(\lambda)$ — относительное спектральное распределение тестируемого СИД; $S_{ST}(\lambda)$ — относительное спектральное распределение эталонного датчика; $S_{отн}(\lambda)$ — относительная спектральная чувствительность фотометрической головки; $V(\lambda)$ — относительная спектральная световая эффективность излучения для стандартного фотометрического наблюдателя МКО.

Перечень неопределенностей калибровки средства измерения представлен в таблице 2.

В завершение необходимо заметить, что работа над данным средством измерения продолжается. В ближайшее время планируется замена фотометрического шара $\varnothing 70$ мм на $\varnothing 150$ мм, избавление от корректирующего фильтра путем замены датчика и усовершенствование конструкции в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. CIE 127:2007 2nd edition. Measurement of LEDs, 2007//ISO, 1993. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1993.

Таблица 2. Перечень неопределенностей калибровки средства измерения УСС СИД		
Компонент неопределенности	Тип	Составляющая неопределенности эталона
Эталонный фотометр	B	0,20 (A) 0,28 (B)
Долговременный дрейф эталонного фотометра СИД	B	0,08
Температурные отклонения эталонного фотометра СИД	B	0,03
Спектральные отклонения эталонного фотометра СИД, F^*	A	0,08—1,0
Измерение расстояния	A	0,10 (A) 0,20 (B)
Стабилизация постоянного тока	A	0,05
Засветка и многократные отражения	B	0,05 (A), 0,10 (B)
Трансимпендансное усиление	B	0,01
Выравнивание осей	A	0,20—2,00
Температура окружающей среды (± 1 К)	B	0,02—0,50
Стабильность светодиодов	A	0,24—0,70
Относительная объединенная неопределенность эталона	0,41—2,4 (A)	0,50—2,4 (B)
Относительная расширенная неопределенность ($k = 2$)	0,82—4,8 (A)	0,99—4,8 (B)

Примечание: в скобках указаны геометрии А и В.

Рациональный потребитель платит вовремя и в полном объеме

Опыт внедрения светодиодных светильников в ЖКХ



**Кюрегян Сергей
Пайлакович,**

руководитель Центра
по энергосбережению
ОАО «Мосэнергосбыт»,
кандидат наук

Сегодня всех волнует вопрос внедрения энергосберегающих технологий в масштабах страны, о чем столь много говорилось за последнее время в различных СМИ. По какому пути мы пойдём, какие технологии приживутся, станут ли действительно энергоэффективными и во сколько это обойдётся конечному потребителю?

На все эти вопросы ответил гость нашей редакции, Сергей Кюрегян, руководитель Центра по энергосбережению ОАО «Мосэнергосбыт».

— Сергей Пайлакович, здравствуйте! Пожалуйста, расскажите о возглавляемом вами направлении, какие задачи решаете в настоящее время?

— Идея создать Центр энергосбережения при энергосбытовой компании возникла у руководства около двух лет назад. Меня попросили возглавить этот проект. Казалось бы, зачем энергосбытовой компании заниматься вопросами энергосбережения?

Первый фактор — доступ к потребителям. Мы единственные игроки на рынке, кто имеет доступ ко всем потребителям. Мы предлагаем им различные варианты повышения энергоэффективности бизнеса, дома и т.д.

Второе, это повышение платежной дисциплины, потому что рациональный потребитель

платит вовремя и в полном объеме.

Третье, это наша перспективная задача. Предприятие внедряет энергосберегающие технологии с нашей помощью, высвобождает часть средств, которые до этого затрачивало на оплату энергоресурсов и пускает их на дополнительное развитие производственных мощностей. В этом случае полезный отпуск электроэнергии растёт.

Внедряя энергосберегающие технологии, предприятие высвобождает часть средств

Четвёртое, у нас существует дефицит мощностей электроэнергии в определённые часы. Высвобождая ресурсы в одном секторе, мы перенаправляем их в тот сектор, где они необходимы. Соответственно, наша задача — сглажива-

Мы единственные игроки на рынке, кто имеет доступ к всем потребителям

ние нагрузки, что способствует повышению надёжности энергосистемы. Перераспределив пиковые нагрузки, мы повысим надёжность энергосистемы.

И последнее. Энергосбережение — это наш бизнес. С одного киловатта в час мы получаем меньшую прибыль, чем можем получить по части энергосбережения. У нас в компании принята стратегия «От энергосбыта — к энергосервису». Мы планируем предлагать комплексное решение по аналогии с тем, что делают западные партнёры — скандинав-

ские, немецкие, английские энергетические компании.

Центр координирует деятельность других структурных подразделений по энергоэффективности. Он занимается пропагандой активного энергосбережения, внедрением соответствующих технических решений. Мы оцениваем потенциал энергосбережения за счёт простых технических решений для различных отраслей где-то в 30% от общего потенциала потребления электроэнергии. Это очень большая цифра, и достичь её единовременно за один год невозможно, но за счёт массового тиражирования типовых технических решений можно достичь существенной экономии для клиентов и прибыли для энергосервисной компании.

Энергосбережение начинается с учёта, которым мы давно занимаемся, являясь самым крупным игроком на этом рынке. Почему мы занялись освещением? Оно имеет быструю окупаемость при достаточно небольших капитальных вложениях. Например, практика показала, что 3,5 года для светодиодного светильника — абсолютно нормальный срок окупаемости.

— Потребители очень неохотно приобретают светодиодные светильники. Да, 10-Вт устройства светят как 150-Вт лампа, но зачастую такая эффективность достигается при использовании достаточно холодного света, который не подходит для освещения на кухне или в гостиной. Скорее, они подойдут для освещения больших площадей. Кроме того, в рознице эти устройства стоят сумасшедшие деньги: одна лампочка — 1000 руб.

— Во-первых, мы говорим о массовом внедрении. Со вре-

менем при соответствующих объемах та или иная технология будет дешевле. Сейчас уже появляются лампы с цоколями E-27 и E-14, которые будут стоить в розницу порядка 350 руб. Согласитесь, это достаточно привлекательная цена, если сравнивать с имеющимися на рынке компактными люминесцентными лампами. Во всяком случае, компания «Лайт Лидер» заявляет о выводе на рынок во II кв. именно таких устройств. Во-вторых, в области бытового потребления у этих ламп, безусловно, есть перспективы. Если говорить о технических нуждах жилых домов, которых порядка 40 тыс. в одной только Москве, то в этой области имеется огромный потенциал по энергосбережению. Мы видим спрос на светодиоды со стороны ТСЖ и управляющих компаний.

— **В чем заключаются внедряемые вами мероприятия?**

— Любые мероприятия, начиная от типовых технических проектов по переоборудованию, (например, дома в Южном Бутово), светодиодными светильниками, и заканчивая крупными промышленными предприятиями типа металлургического завода, для которого мы по контракту устанавливаем системы частотного регулирования, насосные агрегаты.

— **Можно рассказать подробнее об этих проектах?**

— Первый пилотный проект был реализован в июне 2009 г. в Шатуре. Многоквартирный дом был оборудован светодиодными светильниками типа ДБО-64 со встроенными датчиками освещенности и движения. Мы столкнулись с проблемой того, что они должны настраиваться под существующие шумы в доме. В итоге специалистам удалось настроить датчики под конкретную обстановку. Оценить реальное энергопотребление достаточно сложно, но расчетное снижается в 4–5 раз: на 60 тыс. кВт·ч в год. Исходя из этого расчетный срок окупаемости — 2,7 года при затратах на проект порядка 300 тыс. руб.

— **А параметры освещенности остались теми же?**

— Параметры освещенности остались примерно теми же, потому что мы заменяли лампы накаливания, установленные вразрез с проектом. Второй реализованный нами проект — замена в серии П46 40-Вт стандартных люминесцентных светильников на 20-Вт энергосберегающие светодиодные светильники питерской фирмы. По этому проекту снижение затрат составило 132 тыс. руб. в год при сроке окупаемости порядка 3,5 лет.

Вопреки досужему мнению о том, что светодиоды — достаточно дорогое удовольствие, мы видим, что их массовое внедрение возможно за счет вполне приемлемых сроков окупаемости. Результаты пилотного проекта показали, что за светодиодными светильниками будущее в освещении тех мест, где требуется постоянный свет, а затраты на эксплуатацию достаточно велики. Будущее этих устройств — в ЖКХ, и с нашей помощью их можно использовать для нужд коммунального хозяйства. Мы считаем,

Будущее светодиодных устройств – в ЖКХ, и с нашей помощью их можно использовать для нужд коммунального хозяйства

что конкретные технические решения должны разрабатываться с учетом светодиодных технологий. ЖКХ – объект для массового внедрения светодиодов как при реконструкции, так и при новой застройке.

ДЭЗы, ТСЖ часто задают нам вопрос об утилизации люминесцентных ламп, которые перегорают через полгода. Мы предлагаем им опробовать светодиодную технологию, применение которой не предъявляет специальных и особых требований к освещению. Я думаю, за этой технологией — будущее, и мы призваны ее продвигать.

— **Есть ли статистика по готовым проектам?**

— По внедрению светодиодных технологий в Москве — сотни проектов. Если говорить о сотрудничестве с «Мосэнергос-

бытом», т.е. о предложениях массовой продукции, то на текущий момент это два пилотных проекта, но у нас уже порядка 20-ти договоров в стадии подписания на установку порядка 1 тыс. светодиодных светильников.

— **Уличное освещение – отдельная тема. Возможно, Вы слышали о проекте LED-city – «Светодиодный город». Как Вы считаете, Россия, в частности Москва, присоединится к этой программе?**

— Мэр столицы с энтузиазмом поддерживает светодиодные технологии. Однако при их внедрении необходимо исходить из окупаемости проекта. Москва перешла на натриевые и металлогалогеновые лампы, замена которых на светодиодные пока экономически не вполне выгодна. На мой взгляд, в этом аспекте больше перспектив у тех городов, где есть крепкий собственник, умеющий считать деньги, у городов, которые пока освещаются лампами накаливания или ртутными лампами.

— **Среди специалистов бытует мнение, что подключение к мощностям для освещения строящихся дорог вдали от подстанций во много раз превышает стоимость самих LED светильников даже при стоимости последних в 2 тыс. евро. Вы можете прокомментировать это мнение?**

— Если брать затраты на киловатт присоединяемой мощности, естественно, стоимость светильника не будет играть большой роли — сроки его окупаемости существенно снижаются. Стоимость одного киловатта присоединяемой мощности в Московском регионе сейчас составляет от 40 до 110 тыс. руб., однако требуется четкий светотехнический расчет, чтобы еще на стадии проектирования заложить разницу. Все зависит от методики расчета. В случае с уличным освещением и с вновь возводимыми объектами светодиодный светильник окупается быстрее. Если рассматривать существующие ресурсы, где присоединяемая мощность не участвует в расчетах, окупаемость ниже, потому что эта мощность уже учтена.

— **Существует еще одна достаточно серьезная проблема – стандартизация**

светодиодных светильников. Решая вопрос освещения объектов, вы исходите из каких-то норм, помимо уровня освещенности?

На текущий момент существуют только пилотные проекты. В данном аспекте можно учитывать множество косвенных параметров, но основной показатель для потребителей — чтобы освещение было достаточным и недорогим. Поэтому до нормативного закрепления использования полупроводниковых технологий в освещении, мы реализуем пилоты на объектах, к которым не предъявляется уникальных требований по светотехническим параметрам.

Эпоха дешевого сырья, дешевой тепловой и электрической энергии прошла. Мы получаем счета на оплату и задумываемся, как сэкономить на расходах. Если технология могла бы позволить массовое внедрение энергосберегающих светодиодных светильников, которые могли бы заменить привычные лампы с цоколями E27 и E14 и имели бы сходную геометрию и сопоставимый вес, а также усовершенствованные теплоотводы, это был бы существенный прорыв. На долю бытового потребления электроэнергии в Москве приходится около 24%. Нет точных данных, сколько из этих 24% приходится на освещение. Этот сегмент — один из основных, который влияет на постоянное электропотребление.

В России не решен вопрос о том, в каком направлении двигаться: то ли налаживать производство люминесцентных ламп, то ли развивать светодиодные технологии. Известно, например, что светодиодный аналог 18-Вт компактных люминесцентных ламп (КЛЛ) стоит в 7 раз дороже.

— Это сложный вопрос. КЛЛ сама по себе не является аналогом ламп накаливания и по форм-фактору, и по спектру, и по его типу. В чем цель замены?

— В моем кабинете используются светодиодные светильники. От светильников типа даунлайт с КЛЛ я отказался. Светодиоды пока еще не получили широкого распространения. Если они как-то плохо влияют на состояние человека, их усовершенствуют. Когда

мне задают вопрос: «Вредны КЛЛ или нет?», — я отвечаю: «Вредны сотовые телефоны или нет?».

Конкретных медицинских заключений нет, да и быть не может — на кону большие деньги. Мэр Москвы четко дал понять, что, прежде всего, следует развивать светодиодные технологии. Западные компании — OSRAM, Philips — активно предлагают уже готовые производственные комплексы для налаживания производства КЛЛ. Но сколько они еще будут использоваться, пока светодиодные технологии их не вытеснят? 4–5 лет. Это достаточно сложное производство.

— Вы заботитесь о внедрении энергосберегающих технологий. Я знаком со многими примерами высокоэффективного использования естественного света, когда днем в крупных офисных центрах искусственный свет не используется в принципе. Экономия составляет порой до 300 тыс. евро в год. Есть ли у вашей компании идеи в этом направлении?

— В России были в свое время очень жесткие требования к естественному освещению. Технологии дистанционной передачи естественного света, о которых вы говорите, — очень хорошая вещь. На мой взгляд, она будет

В России еще так и не определились: налаживать производство ЛЛ или развивать светодиодные технологии

окупаться, в зависимости от каждого конкретного случая.

Однако я с удовольствием познакомился бы с этими технологиями поближе. Мы собираемся создать в Московской области как минимум еще один центр по типу «умного дома», «пассивного дома», «дома с нулевым потреблением». Мы хотим реализовать концепцию максимально энергоэффективного помещения и в ее рамках можно было бы посмотреть, как оборудовать офис с помощью таких технологий.

— В Германии появились дома не просто с нулевым потреблением, но

и с генерацией электричества за счет использования возобновляемых источников энергии. За отдачу электроэнергии в сеть владельцам этим домов государство еще и доплачивает. Каковы перспективы таких проектов в России?

— Это т.н. «зеленые киловатты». У нас такая возможность тоже имеется. Но речь идет не только об установке солнечной батареи на крыше дома. Жилой дом, за отпуск электроэнергии в сеть, должен получить статус субъекта оптового рынка. Такая возможность у нас сталкивается с массой административных барьеров, которые очень сложно преодолеть. Сложно, но можно. В России идея применения энергии ветра, ФЭПов (солнечных батарей) имеет хорошие перспективы, при условии ее поддержки со стороны государства. Более того, у нас уже имеются такие прецеденты. Например, у нас есть установка на биогазе на станции Мосводоканала, которую построили немцы. Они окупают свои вложения путем генерации энергии из вторичного сырья — метана.

Используются и системы по преобразованию солнечной энергии в домах на Мичуринском проспекте Олимпийской деревни на внутридомовые нужды. В этих системах 1 кв. м солнечных батарей генерирует порядка 100 Вт электроэнергии. 4 месяца в году эта установка не работает. Срок ее окупаемости — 12 лет, если не брать в расчет стоимость киловатта присоединяемой мощности, и 7 лет, если ее учитывать. Если у вас реально нет возможности централизованного подвода электричества и необходимо рассчитать затраты на его подведение, приобретение оборудования, проводку кабеля и генерацию по ФЭПу, расчет становится другим.

— Недавно состоялось заседание правительства Москвы, на котором обсуждалась программа по энергосбережению Москвы до 2020 г. Что было на нем принято?

— Программу отправили на доработку, потому что в ней не были указаны целевые индикаторы.

— Спасибо за беседу!

Беседовал Валерий Манушкин

Преимущества и недостатки LED-светильников

для освещения магазинов

Симоне Мариотто (Simone Mariotto), разработчик осветительной техники, Liteq Design

Светодиодные источники света становятся частью большинства реализуемых в настоящее время проектов по освещению, однако результаты их использования только за два последних года стали сравнимы с теми, что достигаются за счет применения традиционных ламп.

Почти все первые светодиодные приложения относились к декоративному освещению (особенно это касается внешнего освещения), поначалу основываясь на RGB-эффектах. В начале 2000-х гг. первое поколение мощных светодиодов иногда использовалось в розничной торговле для направленного освещения.

Из-за низкой светотдачи (менее 60 лм/Вт) этих источников и невысокой светопередачи оптических систем, существовавших на рынке в то время, светодиодные установки освещали объекты с очень близкого расстояния с помощью линз (см. рис. 1). Как правило, эти источники света применялись в небольших витринах, в полках и рекламных стойках, которые прежде подсвечивались галогенными лампами с дихроичными отражателями (см. рис. 2).

Из-за очень низкой светотдачи этих ламп возникла вполне оправданная потребность в использовании столь дорогих светодиодных источников. К настоящему времени параметры этих устройств намного улучшились, благодаря чему они стали успешно применяться практически во всех стандартных приложениях для внутреннего и внешнего освещения, обеспечивая не только сравнительно лучшие эксплуатационные характеристики (уровень освещенности и качество света), но и экономию энергии.

Тем не менее, существуют некоторые непреодолимые на те-

кущий момент ограничения. Они касаются светодиодов и существенно отличаются от тех, которые действуют в отношении таких стандартных источников света как галогенные и ртутные люминесцентные лампы, а также разрядные лампы высокой интенсивности.

Мы рассмотрим некоторые новые аспекты применения светодиодных ламп, которые иногда

Качество света далеко не в последнюю очередь определяет возможность продать выставляемому на витринах продукцию

трудно понять по той причине, что они относятся к электротехнической области. Электротехники, являющиеся промежуточным звеном между производителями и потребителями компонентов, зачастую оказывают известное влияние на рынок.



Рис. 1. Первые точечные светодиодные светильники

Спустя несколько лет всем разработчикам осветительного оборудования потребуется досконально разбираться в методах управления тепловыми режимами, биннинге, светотдаче и т.д. В приложениях по освещению магазинов эти аспекты начинают играть более важную роль, чем в приложениях по наружному освещению, поскольку качество света далеко не в последнюю очередь определяет возможность продать выставляемому на витринах продукцию.

Решая вопрос об освещении фасада здания, мы не обращаем внимания на разброс параметров светодиодов, если уже выбрана цветовая температура. Однако если речь идет об освещении драгоценного украшения стоимостью 50 тыс. евро (см. рис. 3) или кожаной сумки из последней коллекции известного дома мод, разработчику требуется не только очень тщательно относиться к биннингу, но и в деталях разбираться в особенностях светодиодов от всех известных на рынке производителей.

Например, при разработке осветительной системы для кожаной обуви предпочтительно воспользоваться источником с



Рис. 2. Ранее светодиоды использовались лишь для подсветки



Рис. 3. Светодиодная подсветка дорогого ювелирного украшения

температурой 3000°K, чтобы добиться максимальной цветопередачи. Однако недостаточно указать поставщику только этот параметр, т.к. в свете такого источника будет содержаться большая доля зеленого компонента, в результате чего все изделия из кожи примут непривлекательный серый оттенок, особенно в сравнении результатов освещения с помощью галогенной лампы.

Новые светодиодные источники света характеризуются широким рядом цветовых температур, что позволяет разработчикам выбрать устройство с лучшей цветопередачей. Работа над проектами по освещению все больше становится схожей с трудом портного, выполняющего индивидуальные заказы, а не с производством массовой продукции. Другим важным преимуществом применения светодиодов является возможность управления их цветом на протяжении всего времени эксплуатации осветительной установки, за исключением тех случаев, когда заказчик без уведомления исполнителя проекта заменяет все лампы на источники света с другой цветовой температурой. Слишком часто мы оказываемся свидетелями тех случаев, когда при запланированном техническом осмотре осветительных систем, требующих ламп с определенными характеристиками, обнаруживается, что заказчик без уведомления исполнителя проекта заменил в целях экономии все лампы на источники с другой цветовой температурой.

Вопрос, насколько велика гарантия того, что замена ламп в осветительной установке не потребует, на самом деле, непрост. Рынок по-прежнему недостаточно зрелый, и эксплуатация большей части предлагаемой продукции представляет определенные трудности, связанные с методами теплового управления. В результате остается только мечтать о том, чтобы срок эксплуатации этих изделий достигал 50 тыс. ч. В настоящее время этот параметр ограничен 1–5 тыс. ч.

Часто наиболее недооцениваемым параметром системы является размер ее теплоотвода, главным образом потому, что он нарушает эстетический вид осветительной установки (см. рис. 4). Активные системы рассеивания тепла вообще не рассматриваются: вентиляторы и схожие компоненты ненадежны и являются

Сейчас остается только мечтать о том, чтобы срок эксплуатации светодиодов достигал 50 тыс. ч

источниками шума, который неприемлем в тихой обстановке какого-нибудь дорогого бутика.

Исходя из этих соображений, многие разработчики отказались от первоначального решения использовать светодиоды в осветительных установках. В настоящее время их очень трудно убедить в том, что на рынке имеются лампы, которые действительно отвечают заявленным производителями характеристикам. Таким



Рис. 4. Радиаторы пассивной системы охлаждения светодиодов

образом, разработчики должны уметь правильно оценить продукцию по всем техническим аспектам — электрическим и светотехническим.

Не следует забывать и о том, что светодиодный источник света питается через драйвер, выбор которого так же важен, как и выбор светодиода — срок эксплуатации драйвера должен быть не меньше срока эксплуатации светодиода.

Многие недорогие драйверы, технологически схожие со стандартными трансформаторами для галогенных ламп, ненадежны. С другой стороны, на рынке предлагаются драйверы, созданные по тем же трансформаторным технологиям и используемые в сетевых серверах или схожих компьютерных приложениях с гарантированным сроком эксплуатации, который составляет сотни тысяч часов. У этих драйверов более высокая цена, но имеющиеся сертификаты позволяют их использовать в системе без технического обслуживания.

Со временем светодиоды стали все чаще использоваться для освещения витрин (см. рис. 5). Светоотдача этих устройств выросла, составив более 100 лм/Вт; увеличился и ток потребления (свыше 1 А на каждый стандартный мощный светодиод). Для того чтобы светоотдача стала сравнимой со светоотдачей разрядных ламп высокой интенсивности (например, 35-Вт ламп MASTERColor, недавно получивших широчайшее распространение в системах освещения магазинных витрин), недостаточно одного источника света (см. рис. 6).

Для создания светового потока 1000 лм или выше используется матрица из источников света достаточно больших размеров. Внешний вид такого массива не



Рис. 5. Светодиодная подсветка витрин

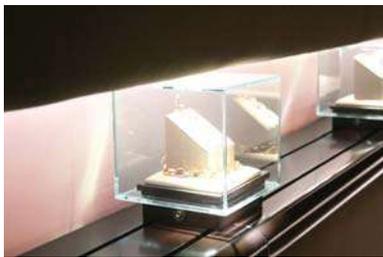


Рис. 6. Использование декоративной и точечной подсветки для витрин



Рис. 7. Большой массив светодиодов не всегда выглядит привлекательно

очень привлекателен (см. рис. 7). Кроме того, слишком плотное размещение большого числа источников света вызывает проблемы, связанные с рассеиванием тепла. Чем дальше эти источники находятся друг от друга, тем выше КПД теплоотвода.

В то же время использование линз небольшого размера менее эффективно, чем линз относительно больших размеров. Миниатюризацию нельзя считать возможным преимуществом светодиодных систем, применяемых взамен стандартных источников света, если требуется обеспечить те же рабочие характеристики (возможно, это требование со временем изменится на противоположное).

Однако если мы будем стремиться создать установку, в которой будут использоваться основные преимущества светодиодов, а не только добиваться того, чтобы характеристики новых систем в точности совпали с параметрами уже существующих решений, светодиодные источники света получат широкое коммерческое применение.

Благодаря тому, что у светодиодов выросла выходная мощность, их можно использовать в очень многих приложениях по направленному освещению. Например, у разработчиков появилась возможность использовать матрицы с 18-ю белыми светодиодами, ток потребления каждого из которых составляет 700 мА, тогда как суммарная (лампы, оптики и электроники) светоотдача близка к светоотдаче устанавливаемой 70-Вт металлогалогенной лампы, причем потребление матрицы составляет 60% от потребления установки.

Кроме того, для приложений по освещению коммерческих площадей было разработано несколько решений, рабочие характеристики которых сравнимы с параметрами традиционных ламп OSRAM DULUX L 4x55 для установки в подвесных потолках. Не представляет осо-

бого труда реализовать систему общего освещения на светодиодах, обеспечивающую среднее значение выше 500 лк и используемую в супермаркетах, моллах и схожих крупных торговых центрах.

Разумеется, проще задействовать светодиодные решения в таких магазинах как модные бутики или в ювелирных лавках, для посетителей которых необходимо создать определенную эмоциональную атмосферу. В этом случае часть площадей, например коридоры, затемняется, а товары на витрине подсвечиваются с помощью прямо направленного света.

При уровне общей освещенности порядка 150 лк разработчику требуется обеспечить 1000 лк для выгодной подсветки предлагаемых на витрине изделий. Одной из отличительных особенностей светодиодов от других источников света является узконаправленность их светового потока (см. рис. 8).

По этой причине оптические средства (как правило, линзы) для светодиодных решений являются более эффективными, чем рефлекторы для других источников света: требуется лишь модулировать световой поток, не перенаправляя, по меньшей мере, 50% излучения так, как это делают рефлекторы (см. рис. 9). Таким образом, применение светодиодов целесообразно при точечной подсветке, однако в том случае, когда требуется осветить и стены, и потолок,

Давайте станем использовать свет только там, где он действительно необходим — в итоге удастся сэкономить и деньги, и энергию

использование светодиодов сопряжено со многими трудностями.

Из-за диффузных рассеивателей света теряется много

энергии, и светодиодное решение оказывается неоправданно дорогим. Едва ли потребителю заинтересует установка на основе матрицы светодиодов, излучающих в совокупности во всех направлениях. Мне кажется, традиционный способ освещения с помощью источника света, равномерно излучающего во все направления, является совершенно неверным из-за световых потерь. Появление на

рынке светодиодных установок можно рассматривать как усовершенствование большинства световых систем, применяемых в магазинном и домашнем освещении.

Давайте станем использовать свет только там, где он действительно необходим — в итоге удастся сэкономить и деньги, и энергию. Всего лишь 100–150 лет назад люди по вечерам освещали свечой только стол, за которым ужинали, или страницы книги, а не всю комнату от пола до потолка.

При необходимости повысить общий уровень освещенности в бутике (не только пола, но и вертикальных площадей вокруг товаров) требуется в экспоненциальной степени увеличить направленное освещение товаров, чтобы обеспечить контраст, по крайней мере, 3:1. Новые источники света позволяют не только управлять уровнем освещенности, но и качеством их излучения.

Светодиодными источниками легко управлять с помощью таких устройств как программно-управляемые регуляторы, подключенные к датчикам силы света, движения, зазора, ИК-датчикам и камерам. Светодиоды не страдают от частых циклов переключений. Кроме того, яркость этих устройств легко регулируется. На более низких уровнях яркости эффективность светодиодов увеличивается. Более того, у разработчика имеется возможность управлять массивом светодиодов с разной цветовой температурой и комбинировать выходное излучение в соответствии с топологией освещаемых объектов.

Например, для освещения витрин разработчик может создать массив световых источников с цветовой температурой 2700...4000°K. Для освещения серебряного или платинового ювелирного изделия с бриллиантами понадобится температура 4000°K, тогда как при подсветке золотого украшения с рубинами температуру можно понизить до 3000°K, не меняя лампу или всю установку.

В других приложениях световая мощность источника меняется с помощью системы считывания и обработки данных от светочувствительного датчика,



Рис. 8. Одно из преимуществ светодиодов — изначально узкая направленность светового потока

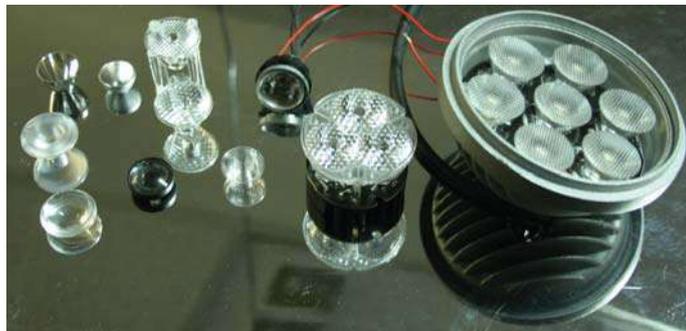


Рис. 9. Рынок предлагает достаточно большое разнообразие вторичной оптики

реагирующего на внешний уровень освещенности. Например, для поддержания постоянного уровня совокупной освещенности в помещении система уменьшает или повышает уровень искусственного освещения.

Очевидно, поступающие от датчика значения изменяются в течение дня, что позволяет экономить энергию и увеличивает срок службы источника света. Системы управления светом обеспечивают более комфортную и динамическую световую среду для человека.

Разумеется, упомянутые электронные устройства можно не только использовать для управления световым потоком и цветовой температурой, но и цветами в случае со световыми источниками RGB. До сих пор мы рассматривали лишь мощные светодиоды. Говоря о светотехнических эффектах, создаваемых с помо-

щью RGB-источников, в первую очередь имеются в виду менее дорогостоящие и простые в использовании SMD-источники (управление RGB-источниками с выходным током, например 350 мА, характеризуется многими ограничениями, особенно если речь идет о большом числе ламп).

Для создания в помещении декоративного эффекта можно установить светодиодную полосу в ниши или позади матового диффузора (см. рис. 10, 11).

В настоящее время на рынке появились многокристальные SMD-источники белого света с очень высокой цветопередачей (вплоть до $R_A > 96$) и высоким уровнем освещенности (до 25 лм на источник в полоске с 60–70-ю светодиодами на метр), что позволяет создавать массивы, суммарное излучение которых больше схоже со светом от линейного



Рис. 10, 11. Светодиоды, установленные в ниши и позади матовых диффузоров



Рис. 12. Полностью светодиодное освещение, реализованное в 2005 г.

источника, например люминесцентной лампы, чем с точечным источником, применяемым для направленного освещения.

Массивы источников света позволяют заменять неоновые или люминесцентные лампы T5 и T8 для создания рассеянного освещения в витринах и для задней подсветки световых коробов при сравнимых уровнях освещения. При этом следует отметить такие преимущества, например 24-В светодиодной полоски, как высокая надежность, компактность и отсутствие затруднений, связанных с рассеиванием тепла.

Светодиодную полоску можно изогнуть в той или иной форме, в зависимости от решаемой за-

дачи, выбрать желаемую длину, чтобы, например, устранить неосвещенную область, возникшую при использовании двух люминесцентных ламп. Стоимость светодиодной полоски (а не только энергопотребление) ниже, чем стоимость неоновых ламп с холодным катодом.

В качестве интересного примера комбинированного использования светодиодных решений для направленного освещения, общего освещения и задней подсветки вместо люминесцентных ламп можно привести проект, осуществленный в 2005 г. для итальянской компании, которая продает дорогую одежду массового производства и аксессуару. Первый

магазин этой компании открылся в 2006 г. Он стал своеобразной лабораторией по тестированию новых решений, позволив нам оценить результаты проделанных усилий (см. рис.12).

Система освещения в этом магазине является наглядным примером того, как благодаря светодиодным источникам света можно добиться большего, чем с помощью стандартных ламп, и не только в сравнении с ними. На самом деле, выбирая светодиоды, мы руководствовались, в первую очередь, желанием решить архитектурную задачу, а не проблему с освещением.

Дело в том, что заказчик пожелал осветить площадь более 400 кв. м с помощью источников света, целиком спрятанных в фальш-потолке. К сожалению, местные нормативные акты не позволили архитектору сделать фальш-потолок глубже 5 см, к тому же полученное разрешение распространялось не на всю площадь потолка из-за слишком низкой балки. Известно, что с помощью газоразрядного источника света нельзя реализовать направленное освещение, если этот источник утоплен менее чем на 15 см.

Очевидно, что для торгующего предметами роскоши бутика требуется система направленного освещения, а не рассеянный свет, создающий однородный световой фон. Единственным типом источников света, которые можно утопить на такой небольшой глубине, являются люминесцентные потолочные светильники, но их применение вызывает эффект, схожий с наблюдаемым в супермаркетах.

Мы попробовали найти светодиодные источники света, суммарная высота которых (линзы, собственно источника и теплоотвода) была бы равна 4 см, но на рынке таких изделий с требуемой формой и областью применения не оказалось. В результате мы решили создать заказную осветительную установку (см. рис. 13). С помощью имитационного программного обеспечения Relux было установлено, что нам требуется около 2800 светодиодов с током потребления 700 мА и линзы (см. рис. 14).

Направленные световые лучи позволили реализовать однород-

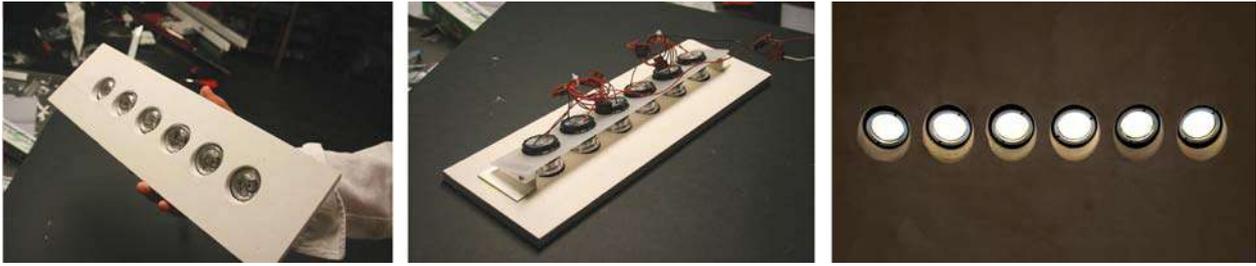


Рис. 13. Выполненный по спецзаказу встраиваемый в потолок LED-светильник

ное освещение витрины и очень точно акцентировать внимание на изделиях. Уровень освещения составил 600 лк на горизонтальной поверхности и 1000...1400 лк на вертикальных площадях, обеспечив соответствующий контраст и подсветку товаров (см. рис. 15).

Очевидно, если мы попытаемся воплотить ту же концепцию сегодня с помощью диодов, светоотдача которых выросла от 50 до 100 лм/Вт, нам потребуется меньшее их количество при том же уровне освещенности, либо, если их число не изменять, освещенность вырастет в два раза. В 2005 г. светоотдача источника света с температурой 3000°К была очень низкой, причем поставщик не гарантировал хорошего биннинга.

Наконец, мы решили использовать светодиоды с температурой 4000°К и хорошей цветопередачей. Для подсветки товаров этого бутика мы предложили комбинацию холодных и теплых цветов, однако заказчик пожелал, чтобы освещение было таким, как у галогенных ламп. Для того чтобы все остались довольны, мы выкрасили внутреннюю часть корпуса установки в оранжевый свет. Эту часть установки можно увидеть только через линзы. За счет того, что цвет самого света не изменился, у глядящего на потолок человека возникало полное ощущение того, что в потолке находится галогенная лампа.

Следуя эстетическому выбору архитектора, мы приняли решение поместить осветительную установку как можно ближе к демонстрируемым на витрине изделиям, чтобы терялось меньше света. При этом допускалась точная настройка пучка света, сфокусированного на определенном участке. Спомощью тестирования в нашей лаборатории было уста-



Рис. 14. Проектирование освещения бутика на компьютере



Рис. 15. Уровень освещенности составил 600 лк на горизонтальной поверхности и 1000...1400 лк на вертикальных площадях

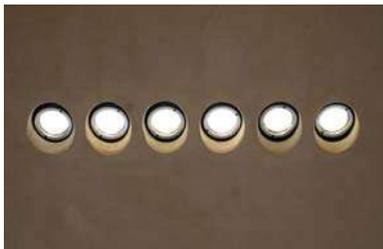


Рис. 16. Светодиодный светильник, вмонтированный в потолок

новлено, что охлаждение теплоотвода вполне соответствующее, но для дополнительной гарантии мы создали специальные воздуховоды внутри фальш-потолка для принудительной вентиляции с помощью очень тихих вентиляторов.

Каждый источник света в отдельности можно при необходимости заменить через отверстия в гипсокартоне с помощью специального инструмента, не демонтируя всю установку (см. рис.16). Драйверы были установлены отдельно, чтобы в случае необходимости получить к ним быстрый доступ, а также для того, чтобы выделяемое ими тепло не распространялось на лампы. Света, отраженного витринами, было достаточно для обеспече-

ния минимального уровня общего освещения, но мы смешали его со светом от витрин на колоннах, подчеркнув интересные архитектурные элементы.

Как уже было сказано, задняя подсветка была выполнена с помощью белых светодиодных SMD-полосок. Витрины, которым потребовалась большая освещенность, были освещены с помощью стандартных галогенных 21-Вт прожекторов QR 111, установленных рядом со светодиодами. Использование светодиодных ламп позволило минимизировать энергопотребление

На 1 кв. м торговой площади пришлось 17 Вт энергии светового потока

осветительной установки и гарантировало меньшую стоимость обслуживания. Торговая площадь размером около 350 кв. м освещалась 2000-ми мощных 3-Вт светодиодов.

Таким образом, на 1 кв. м торговой площади пришлось 17 Вт энергии светового потока. Эта величина ниже, чем стандарт-

ные значения, достигаемые с помощью традиционных источников света — галогенных или разрядных ламп высокой интенсивности. Следует учесть, что проект был реализован в 2005 г. За три года с момента открытия магазина его владельцу потребовалось заменить около 50 испорченных источников света, т.е. лишь у 2,5% ламп были те или иные дефекты, большая часть которых заключалась в плохом тепловом контакте между излучателем и теплоотводом.

Вероятно, если бы производство было автоматизированным, а не ручным, процент этих дефектов был бы ниже. В любом случае, все приведенные расчеты, основанные на наших практических результатах, показывают, что применение светодиодных ламп дает отличные результаты, касающиеся не только более выигрышной осветительной схемы и установки, но и стоимости технического обслуживания.

Мы являемся свидетелями начала эры светодиодного освещения, эры, когда проектировщики осветительного оборудования станут более ответственными за свою сложную, но, в то же время, интересную и важную работу.

Уличное освещение в столице Эстонии станет светодиодным



Использование экономичных светодиодных ламп в уличном освещении в Таллине станет новым этапом энергосбережения. Об этом сообщили в таллинской мэрии со ссылкой на вице-мэра Дениса Бородича. Выступая на семинаре «Освещение как фактор формирования среды обитания, энергосбережение и экономия за счет освещения», он отметил, что в 2009 году в Таллине были опробованы различные режимы уличного освещения, что привело к сокращения в некоторый районах расхода электроэнергии почти на треть. Следующим этапом станет опробование различных видов светодиодных ламп, для чего предлагается установить их на одной из улиц в одной частей города.

Как сообщили в таллинской мэрии, присоединение Таллина в ноябре 2009 года ко всемирному «Пакту мэров» обязывает к 2020 году сократить потребление энергии во всех отраслях городского хозяйства на 20%. Еще более актуальной эту задачу делает предстоящее открытие энергорынка для крупных потребителей, что, по прогнозам, приведет к примерно 30-процентному росту стоимости электроэнергии.

По материалам: <http://www.regnum.ru/>

Уличные светильники в Амстердаме

Заказчик:

Stadsdeel Amsterdam-Centrum, Afd Financieel beheer

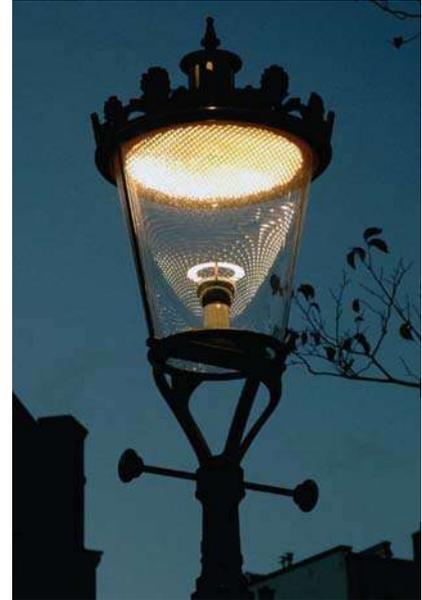
Автор:

Вилфрид Пол (Wilfried Pohl),
Bartenbach LichtLabor GmbH

Перед нами была поставлена задача — пересмотреть и обновить исторически сложившуюся концепцию освещения в центре Амстердама. Потребовалось обновить не только старые фонари, но и их корпуса — Knight и Crown (см. соответствующие рисунки).

Задача заключалась в улучшении оптических параметров света (несмотря на то, что ослепительно-желтый свет распространялся во всех направлениях, улицы, здания и водные каналы были освещены плохо) и модернизации технологии освещения, в которой использовались старые лампы, устройства и оптические элементы с низкой эффективностью.

В 2002 г. компания Bartenbach LichtLabor выиграла конкурс на разработку уличного освещения в Амстердаме. Инженерам компании предстояло реализовать современную технологию освеще-



щения, сохранив традиционный вид светильников, а также сведя к минимуму расход электроэнергии и усилия по дальнейшему техническому обслуживанию фонарей.

Оптическая система была разработана с учетом современных представлений по использованию вспомогательного отражателя, оптимизирована в соответствии с принципами

визуального восприятия и необходимостью добиться равномерной освещенности. Этот отражатель имеет facets (границы) произвольной формы размером $1,5 \times 1,5 \text{ см}^2$ и 608 небольших отверстий, предназначенных для рассеивания света. Такая конструкция позволяет в значительной степени уменьшить яркость излучения, сделав его более комфортным.

Положение каждой отдельной грани (facet) рассчитывалось с учетом индивидуальной технологии освещения улиц, фасадов домов и городских каналов с большей эффективностью, но без изменения прежнего положения фонарей. В то же время прежде ослепительный свет должен был стать приглушенным.

Взамен натриевой лампы в светильник была установлена новая 35-Вт металлогалогенная лампа CDM-T (температура света — белая). Белый свет значительно улучшает вид ночных улиц за счет очень хорошего цветовоспроизведения. Благодаря этой современной технологии потребляемая мощность снижается примерно на 40%, а освещенность возрастает в три раза.



Как правильно осветить рабочее место в офисе?

**Кристиан Бартенбах (Christian Bartenbach),
Верена Бартенбах (Verena Bartenbach),
Aldrans/Innsbruck**

Большая часть дня — нашего активного времени суток — проходит на рабочем месте. Биологический ритм человека эволюционно приспособлен к смене дня и ночи. При этом свет определенной интенсивности оказывает влияние не только на наше зрение, но и на гормональную систему.

В настоящее время компания Bartenbach LichtLabor проводит ряд исследований. Одно из них связано с изучением того положительного влияния, который свет оказывает на человеческий организм, производящий серотонин днем и мелатонин — ночью. Рассмотрим, как создать такое освещение на рабочем месте, чтобы оно способствовало поддержанию здоровья человека.

В современных условиях жизни, характеризующихся ростом требований к производительности труда каждого из нас, возникает естественная необходимость в адаптации освещения к

биологическим нуждам человека. Почему бы не воспользоваться тем, что нам дала сама природа?

К естественным ресурсам следует обратиться не только из-за удорожания электроэнергии, но и потому, что дневной свет обладает способностью положительного воздействия на организм человека. Кроме того, этот природный ресурс имеется в избытке, и он

достается нам бесплатно. Появление сертификатов на добычу энергии, метода строительства «пассивного дома», потребности в альтернативных источниках энергии и т.д. продиктовано необходимостью экономии сырья.

Для того чтобы дневной свет на рабочем месте не нарушал процесса визуального восприятия, его необходимо приспособить к индивидуальной ситуации и соответствующим образом промодулировать. Слепящий или тусклый свет в зоне ближней видимости воздействует на

наше восприятие и психику, что негативно отражается на производительности труда и самочувствии. Глянцевые бликующие поверхности офиса негативно сказываются на визуальном восприятии, вызывая у сотрудников стресс, усталость, беспокойство и потерю концентрации внимания.

Результаты тестов компании Bartenbach

LichtLabor, в проведении которых участвовало около 1000 человек, подтвердили эти выводы. Для того чтобы рабочий процесс для каждого сотрудника был плодотворным, в офисах требуется обеспечить нормальный уровень освещения. Было доказано, что свет, в первую очередь дневное освещение, позволяет лучше влиться в рабочий процесс, повысить активность сотрудников и улучшить их самочувствие.

Умственные способности улучшаются более чем на 20%, а следы стресса и усталости, соответственно, исчезают, если концепция дневного освещения предусматривает следующие аспекты.

- свет имеет достаточную интенсивность;
- распределение света оптимизировано;
- обеспечена защита от солнечных лучей;
- распределение яркости соответствует нормам визуального восприятия;
- обеспечен хороший визуальный контакт с внешним пространством;
- дополнительное искусственное освещение настроено оптимально.

Исходя из параметров дневного освещения, его можно оптимизировать таким образом, чтобы снизить не только стоимость расходных материалов,

Слепящий или тусклый свет в зоне ближней видимости негативно отражается на производительности труда и самочувствии



Рис. 1.1. Рефлекторная система дневного освещения

но и использования системы кондиционирования воздуха, вентиляции, дополнительного искусственного освещения и дизайна фасада здания.

Рассмотрим примеры организации такого освещения на рисунках 1, 2.

Рис. 1.1, 1.2. Рефлекторная система дневного освещения, установленная в фасаде дома, направляет рассеянный дневной свет от затянутого облаками неба через перенаправляющий элемент в комнату, в которой это излучение равномерно распределяется через потолок. Если небо ясное, перенаправляющий элемент защищает внутреннее пространство от ослепительного света и теплового излучения, в то же время позволяя некоторому количеству света попадать внутрь комнаты.



Рис. 1.2. Рефлекторная система дневного освещения

Необходимо еще на этапе проектирования предусматривать возможность универсального использования дневного освещения

Рис. 2.1. Пример правильной организации дневного освещения в офисе. Свет через ламель перенаправляется на окно и далее на потолок, откуда равномерно распределяется по помещению с помощью отражательного элемента.



Рис. 2.1. Пример правильной организации дневного освещения в офисе

Рис 2.2. Схема перенаправления лучей дневного света вглубь помещения

Рис. 2.3. Искусственный свет гармонично дополняет свет от окна и спроектирован таким образом, что проецируется на потолочные отражатели под тем же углом, что и естественный. Здесь отчетливо виден светильник у окна: часть света проецируется на потолок, а часть — на рефлектор, расположенный чуть выше мини-прожектора. Таким образом, в темное время суток сверху падает мягкий, рассеянный, заполняющий помещение свет. Одновременно с этим небольшой отражатель направляет требуемое количество света непосредственно на рабочее место.

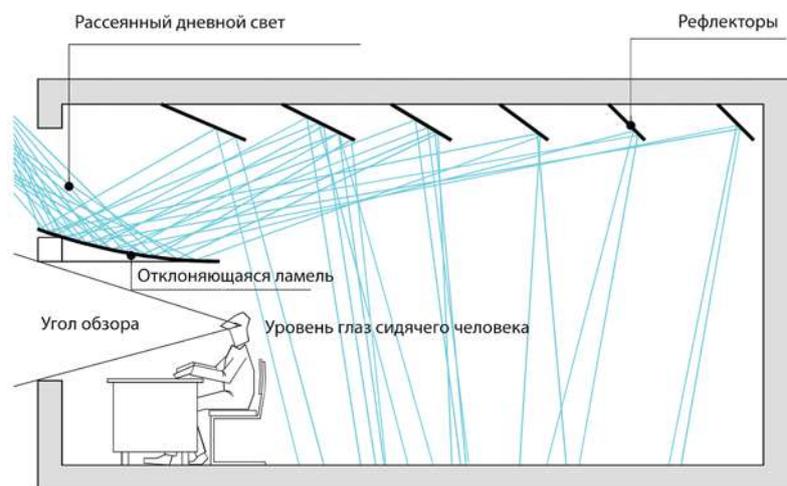


Рис. 2.2. Дополнение естественного освещения искусственным



Рис. 2.3. Схема перенаправления лучей дневного света вглубь помещения

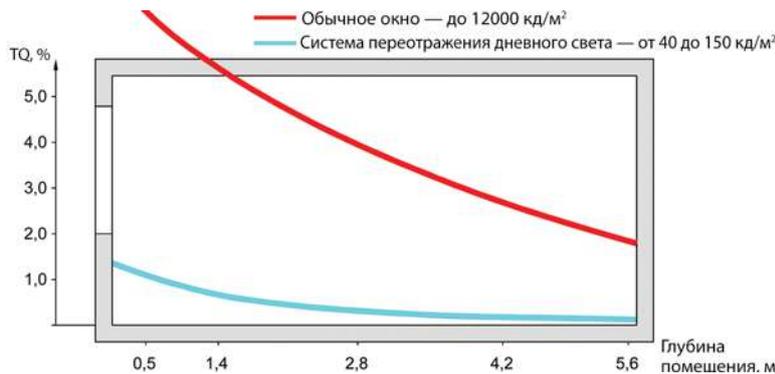


Рис. 3. Количество дневного света

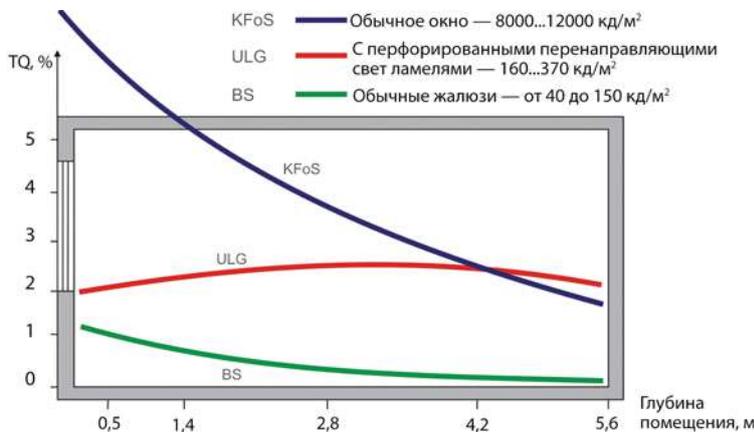


Рис. 4. Количество дневного света с одним боковым окном

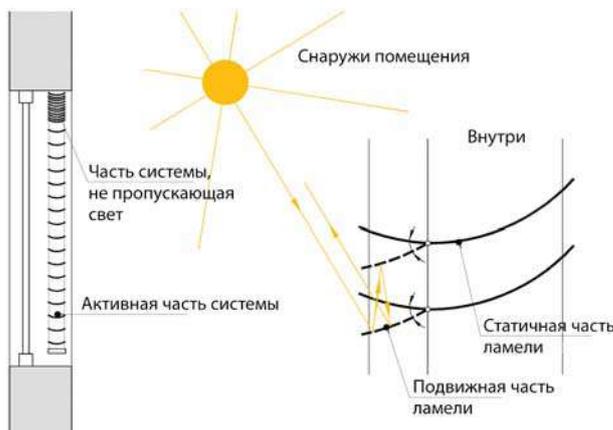


Рис. 5. Система перенаправления солнечного света ламелями

Искусственное освещение используется как дополнение к дневному свету. Разумеется, из-за ограничений конструкции здания реализация данной системы не всегда представляется возможной. По этой причине необходимо, чтобы еще на этапе проектирования рассматривалась возможность универсального использования дневного освещения.

Такой же подход распространяется и на искусственный свет: для максимального снижения негативной нагрузки на психику работников, увеличения их производительности и снижения усталости необходимо устранить яркий свет в помещении. Искусственный свет должен как можно лучше воспроизводить качество дневного света — спектральные характеристики и цветопередачу — таким образом, чтобы учитывались потребности не только зрительной, но и других систем организма.

Выбор источника света, обеспечивающего достаточно хороший уровень освещенности, также является определяющим фактором. На данном этапе следует предпринять меры экономии в отношении не только используемых источников света, но и устройств управления. Новая технология СИД, например, задает и новые стандарты искусственного освещения.

Как и в случае с дневным освещением, при выборе осветительной системы решающую роль играет используемое помещение — оно оказывает определяющее влияние на световую среду и уровень потребляемой энергии. Выбор материалов и поверхностей с определенным значением отражательной способности имеет большое значение, с точки зрения зрительного восприятия.

Мы очень бережно относимся к аспекту экологичности оптической системы, т.к. свет является основным источником информации для зрительного канала восприятия человека.

Рассмотренные примеры осветительных систем на базе самых передовых технологий не только создают комфортную среду для человека, но и вносят свой вклад в экономию электроэнергии.

ВАША РЕКЛАМА на информационном портале ВРЕМЯ ЭЛЕКТРОНИКИ



www.russianelectronics.ru

Для поставщиков электронных компонентов и встраиваемых систем
Контрактных производителей
Поставщиков измерительного оборудования
Поставщиков технологического оборудования и материалов



ПОСЕТИТЕЛИ — КЛЮЧЕВЫЕ ПЕРСОНЫ РЫНКА



ИСЧЕРПЫВАЮЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ ОБ АУДИТОРИИ ПОРТАЛА

- число уникальных посетителей в день/неделю/месяц
- доля постоянных (лояльных) посетителей
- число просмотренных страниц и время на сайте
- отраслевой и должностной профиль подписчиков ленты новостей
- посещаемость различных разделов и страниц сайта
- география посетителей



ОПЛАТА РЕЗУЛЬТАТА, А НЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЕГО ПОЛУЧИТЬ

- 5 руб. за внимание (за показ предложения (баннера) посетителю сайта)
- 20 руб. за интерес (за переход заинтересованного посетителя на сайт рекламодателя)
- от 300 руб. за запрос (за заполнение запроса или анкеты потребителем)



РЕЗУЛЬТАТЫ ВИДНЫ СРАЗУ!!!

- Статистика Вашего сайта
- Запросы потребителей
- Рост продаж



МИНИМАЛЬНАЯ РЕКЛАМНАЯ КАМПАНИЯ – 10 000 РУБ.

Расценки: www.elcp.ru/innet.html

Запросы направляйте по адресу: adv@ecompr.ru,

тел.: (495) 741-77-01, доб. 2243, факс: (495) 741-77-02, Антон Денисов



РАЗРАБОТКА

- ДИЗАЙН, РЕДИЗАЙН светотехнических и беспроводных решений

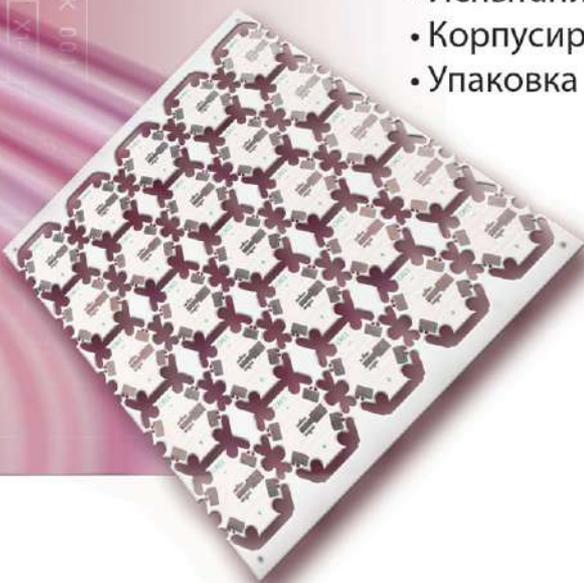


КОМПЛЕКТАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Электронные компоненты
- Печатные платы
- Корпуса

ПРОИЗВОДСТВО

- SMT монтаж
- DIP монтаж
- Сборка
- Тестирование
- Испытания
- Корпусирование
- Упаковка



От идеи до серийного производства!