

Справочник

Светодиодное освещение

принципы работы,
преимущества
и области
применения

PHILIPS

ISBN 978-0-615-36061-4

Светодиодное освещение

© 2010 Philips Solid-State Lighting Solutions, Inc. Все права защищены.

Chromacore, Chromasic, CK the CK logo, Color Kinetics, the Color Kinetics logo, ColorBlast, ColorBlaze, ColorBurst, ColorGraze, ColorPlay, ColorReach, iW Reach, eW Reach, DIMand, Essential White, eW iColon iColor Cove, IntelliWhite, iW, iPlayer, Optibin и Powercore – зарегистрированные торговые марки компании Philips Solid-State Lighting Solutions, Inc в США и/или в других странах мира. Все прочие перечисленные в брошюре торговые марки и названия продукции являются зарегистрированными товарными знаками соответствующих владельцев.

BRO-000025-00 R00 03-10

Справочник

Светодиодное освещение

принципы работы,
преимущества
и области применения

Автор текста **Джонатан Вейнерт**,
компания Philips Color Kinetics
Иллюстрации **Чарльз Сполдинг**,
компания Philips Color Kinetics

PHILIPS



Содержание

1	Что такое светодиодное освещение	3
	Светодиодные световые приборы – это свет в новом свете	6
	Светодиодные осветительные установки: от простого к сложному	8
	Светодиоды и повседневное освещение	9
	Пример: модернизация освещения башни Marriott Custom House в Бостоне	10
	Светодиоды и «зеленая революция».	12
	Преимущества светодиодного освещения	13
<hr/>		
2	Основы и принципы работы светодиодов.	19
	Краткая история создания светодиодов	19
	Как работает светодиод	21
	«Анатомия» светодиодов	22
	Как с помощью светодиодов получают разные цвета.	23
	Миллионы цветовых оттенков	24
	Создание белого света с помощью светодиодов	25
	Устройство светодиодных световых приборов	27
<hr/>		
3	Светодиодное освещение в деталях.	29
	Оцениваем световой поток: как важен свет	30
	Люмены: какие сложности возникают с ними	32
	Что такое люмен?	34
	Недостатки кривой относительной спектральной чувствительности глаза	36
	Относительное и абсолютное фотометрирование и КПД светового прибора.	38
	Линзы, светофильтры, экраны и другие источники потерь	40
	Пример общего освещения: потолочные светильники	41
	Пример отраженного освещения: светильники направленного света	43
	Качество света	44
	Индекс цветопередачи и белые светодиоды	45
	Обеспечивают ли светодиоды приемлемый индекс цветопередачи?	45

«Индекса цветопередачи» – не главный критерий оценки белых светодиодов	46
Светодиоды и постоянство цвета.	47
Понятие коррелированной цветовой температуры	47
Залог стабильной цветности: сортировка светодиодов по бинам	49
Выбор правильного белого цвета	52
Полный диапазон цветowych температур	54
Световая отдача светодиодных приборов.	54
Сравнение светоотдачи светодиодных и традиционных световых приборов	55
Практические примеры	55
Минимизация энергопотребления в выключенном состоянии	56
Почему необходимо отводить тепло	57
Температура р-п-перехода	58
Влияние температуры р-п-перехода на световой поток	58
Влияние температуры р-п-перехода на полезный срок службы	59
Полезный срок службы: стандарт LM-80, стабильность светового потока и срок службы светодиодных световых приборов	60
Номинальный срок службы традиционных источников света	61
Стабильность светового потока и его спад во времени	61
Определение полезного срока службы светодиодных источников света	63
Несовпадение оценок стабильности светового потока	64
Полезный срок службы светодиодных источников света в световых приборах	67
Полезный срок службы – не одно и то же что полный срок службы светового прибора	68
Сравнение полезного срока службы традиционных ламп и светодиодных световых приборов	69
Достоверность информации	71
Включение и питание светодиодных световых приборов.	72
Светодиодные драйверы	72
Варианты питания светодиодных световых приборов	73
Низковольтная питающая сеть	73
Встроенный источник питания.	74
Интегрированный источник питания	75
Управление светодиодными световыми приборами.	76
Управление по стандарту DMX	77
Управление по сети Ethernet	78
Другие варианты управления	80
Регулирование светового потока светодиодных световых приборов.	80

	Регулирование светового потока светодиодных светильников с помощью DMX или другого управляющего интерфейса	81
	Регулирование светового потока светодиодных светильников с помощью диммеров общего назначения.	81
	Нижний порог регулирования и номинальная мощность диммера	83
4	Области применения светодиодного освещения	85
	Рабочее освещение	85
	eW Profile Powercore	86
	Пример: Освещение кухни / Частная квартира	87
	Общее освещение	87
	eW Downlight Powercore	88
	Светодиодный излучающий вниз светильник Calculite.	89
	Пример: Освещение излучающими вниз светильниками / Магазин розничной торговли	89
	Световые карнизы.	91
	eW Cove QLX Powercore	91
	iW Cove Powercore	92
	iColor Cove MX Powercore	93
	Пример: Световые карнизы / Историческая достопримечательность	94
	Пример: Световые карнизы / Помещение для приема гостей	95
	Освещение стен.	96
	ColorBlast Powercore.	96
	ColorBlaze	97
	Пример: Освещение стен / Современная достопримечательность	97
	Скользкая подсветка стен	98
	ColorGraze Powercore	98
	Пример: Скользящая подсветка стен / Частная квартира.	98
	Заливающее освещение.	100
	ColorReach Powercore	100
	Пример: Наружная архитектурная подсветка / Общественное здание.	100
	Освещение дорог, улиц и площадей	102
	Radiant	102
	Аварийное и утилитарное освещение	103
	Система освещения пешеходного перехода Philips Gardco	104
	Акцентное освещение	105
	ColorBurst 6	105
	iColor MR g2	106
	C-Splash 2.	106

	Пример: Акцентное освещение / Помещение для приема гостей	107
	Пример: Акцентное освещение / Общественное здание	108
	Источники света прямого наблюдения.	109
	iColor Accent Powercore	110
	iColor Flex LMX	111
	iColor Tile MX	111
	Пример: Крупномасштабный видеодисплей / Наружная архитектура	112
5	Бизнес и светодиоды	115
	Объем мирового рынка светодиодных световых приборов	117
	Двигатель прогресса: законодательство, политика и стимулирующие мероприятия	118
	Инициативы 27 стран ЕС, направленные на защиту окружающей среды	118
	Директива по утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE).	119
	Директива, ограничивающая содержание вредных веществ (RoHS)	119
	Директива, описывающая экологические требования к проектируемой продукции, связанной с энергопотреблением (ErP)	120
	Директива по энергетическим характеристикам зданий (EPBD).	122
	Инициативы, направленные на внедрение энергоэффективных систем освещения в Северной Америке	123
	Закон о политике в области энергетики (EPAAct), принятый в 2005 г.	123
	Закон об энергетической независимости и безопасности (EISA), принятый в 2007 г.	124
	Стандарты Title 24 штата Калифорния	124
	Стандарт ENERGY STAR для светодиодного освещения.	125
	Лидерство в энергетическом и экологическом проектировании (LEED).	126
	Инициативы по внедрению экологичного освещения в разных странах мира	126
	Экономическое обоснование: расчёт общей стоимости владения	127
	Картина мира быстро меняется	129
	Ссылки	131
	Словарь светотехнических терминов	137



Что такое светодиодное освещение

Может быть, вы еще не знаете, но светодиодное освещение повсеместно используется и имеет широкий круг применения. Во всем мире цветное свето-диодное освещение применяется для подсветки архитектурных достопримечательностей и зданий, имеющих историческую ценность: от телевизионной башни Си-Эн Тауэр в Торонто, Канада, до моста через Босфорский пролив в Стамбуле, Турция. В театрах, концертных залах, во время сценических представлений, в ресторанах, в казино и различных общественных местах полноцветное светодиодное освещение идеально для создания ярких и динамических световых представлений.

Фото: Джими Абботт г/ч City Center District



Во всем мире активно используются системы светодиодного освещения с изменением цвета. Светодиодное освещение на Avenue of the Arts в г. Филадельфия, штат Пенсильвания, создает эффектную динамическую атмосферу.

Освещение дорог и туннелей, спортивных сооружений и арен, улиц и площадей, городских ландшафтов и взлетно-посадочных полос аэропорта невозможно представить без светодиодных осветительных приборов белого света с фиксированной цветовой температурой. Светодиодные лампы бывают самых разнообразных технических спецификаций, кроме того, у них привлекательный внешний дизайн, – все это составляет большой список преимуществ, которые предоставляют светодиодные технологии в осветительные системы современного поколения. Белые светодиоды активно используются в системах общего освещения. Светодиодные световые приборы белого света находят применение в системах световых карнизов отраженного света, рабочего освещения и в потолочных светильниках, устанавливаемых в магазинах, музеях, офисах, школах, лабораториях, больницах и частных квартирах.

По своей функциональности, эксплуатационным характеристикам и экономичности правильно сконструированные светодиодные световые приборы превосходят традиционные. Перечислим их возможности:

- Создают яркое прямое освещение объектов, рабочих поверхностей и целевых зон как внутри помещений, так и на открытом воздухе.
- Обеспечивают стабильный высококачественный цветной и белый свет практически без видимых цветовых перепадов между световыми приборами.



Фото: Джон Брендон Миллер

Белые светодиоды нашли свое применение в системах общего освещения. Светодиодная карнизная подсветка подчеркивает элегантность и индивидуальность Старой Северной церкви (Old North Church) в г. Бостон, штат Массачусетс.



- Пригодны для использования практически в любых системах освещения.
- Обеспечивают получение полного спектра основных цветов, а также белого света с полным набором оттенков, от теплого до холодного.
- Воспроизводят полноцветный настраиваемый белый свет для создания динамических световых эффектов с изменением цвета и крупномасштабных дисплеев, которые не могут быть реализованы с помощью традиционной светотехники.
- Обеспечивают более высокую энергоэффективность, по сравнению с традиционными системами освещения.
- Надежно излучают свет в течение многих тысяч часов – то есть когда люминесцентные лампы и лампы накаливания уже отказывают.
- Легко установить и эксплуатировать с использованием традиционных инструментов и приемов для новых и модернизируемых систем освещения.
- Обеспечивают высокую стойкость к воздействию вибрации и эффективно работают при низких температурах.
- Снижают общую стоимость владения благодаря высокой энергоэффективности, увеличенному сроку службы и минимальным затратам на обслуживание, часто с обеспечением срока окупаемости менее чем один год.

Светодиодное освещение занимает лидирующие позиции на светотехническом рынке, ведь это световое решение максимально экологично с точки зрения того, что оно помогает сберечь бесценные ресурсы нашей планеты. В условиях общего сокращения расходов, разработки новых стандартов, зеленых инициатив и принятия законодательных актов, направленных на защиту окружающей среды, создаются большие возможности для использования светодиодного освещения как на национальном, так и на международном уровне.

Одним из барьеров, препятствующих широкому распространению светодиодного освещения, является довольно низкая осведомленность людей об этой технологии. Книга, которую вы держите в руках, призвана разрушить этот барьер и рассказать о технологии светодиодного освещения, применении светодиодных осветительных приборов и возможностях, которые открывают светодиоды для бизнеса.

Светодиодные приборы для различных систем освещения

Сегодня светодиодные осветительные приборы могут использоваться практически в любых осветительных системах, включая приведенные ниже десять основных областей применения. Более подробная информация об областях применения и свойствах светодиодных световых приборов, а также примеры успешного использования светодиодного освещения по всему миру приведены в главе 4.



**Рабочее
освещение**



**Потолочные
светильники**



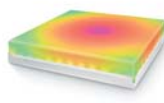
**Контурное
освещение**



**Общее
освещение стен**



**Скользкая
подсветка стен**



**Источники света
прямого наблюдения**



**Заливающее
освещение**



**Уличное
освещение**



**Аварийное
и утилитарное
освещение**



**Акцентное
освещение**

Светодиодные световые приборы – это свет в новом свете

Легкое в установке и удобное в эксплуатации светодиодное осветительное оборудование обслуживается так же, как и традиционное, но при этом существенно от него отличается. Светодиодные световые приборы можно охарактеризовать следующим образом:

- Это твердотельные устройства, в которых используются полупроводниковые источники света и другие электронные компоненты. Этим они отличаются и от ламп накаливания, состоящих из стеклянной колбы и нити накала, и от люминесцентных источников света, в которых электрическая энергия используется для возбуждения газа, находящегося внутри колбы.
- По сути, это изначально цифровые устройства, свойства которых можно прецизионно регулировать с помощью специальных управляющих устройств.

- Это интегрированные системы, в которых стираются границы между лампой и светильником. Во многих светодиодных осветительных приборах «лампы» (светодиоды) неотделимы от осветительной арматуры.
- В большинстве случаев они являются частью системы, включающей в себя источник питания для силовых цепей и цепей управления, контроллеры и кабельные соединения.
- Это направленные источники света, что повышает их эффективность по сравнению со световыми приборами, излучающими свет во всех направлениях. В большинстве светодиодных приборов имеются линзы, устройства позиционирования и регулировки угла наклона.
- Это единственные источники света, световая отдача которых увеличивается при регулировании яркости.

Световые приборы могут содержать кластеры белых или цветных светодиодов. Осветительный прибор с белыми светодиодами может испускать только один оттенок холодного, нейтрального или теплого белого света, в то время как настраиваемый вариант, состоящий из комбинации светодиодов холодного и теплого белого света, – свет различных оттенков,



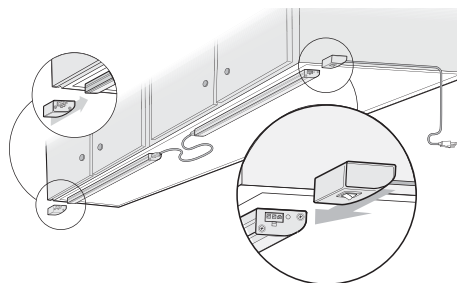
Фото с разрешения Eickroland

Динамическое светодиодное освещение приносит некий театральный драматизм в образ объекта, будь то общественные места или жилые помещения. Светодиоды с настраиваемым белым светом не только превышают возможности традиционной светотехники, но и открывают новые перспективы для декоративного и акцентного освещения городских зданий и архитектурных памятников. Установленные в супермаркете «Таргет», расположенном в Рокфеллеровском центре в Нью-Йорке, светодиодные светильники iColor Cove MX Powercore, разработанные компанией Philips Color Kinetics, создают интерактивную атмосферу.

которые можно выбирать с помощью простых кнопочных устройств. Световые приборы с цветными светодиодами излучают свет фиксированного оттенка: зеленый, голубой, чистый синий, янтарный и т. д., в то время как осветительная арматура переменного цвета (RGB), включающая красные, зеленые и синие светодиоды, может использоваться для получения миллионов цветов и динамических световых эффектов. Мульти-спектральные светодиодные световые приборы используют дополнительные цвета (например, каналы янтарного и белого цветов в дополнение к RGB) для изменения или расширения диапазона воспроизводимых цветов.

Светодиодные световые приборы могут питаться от внешнего источника питания или непосредственно от электросети. В одних светодиодных осветительных приборах источник питания встроен внутрь, что устраняет необходимость использования громоздких и низкоэффективных внешних источников питания, в других эффективность обеспечивается за счет сокращения или устранения потребления электроэнергии в выключенном состоянии.

Светодиодные осветительные установки: от простого к сложному

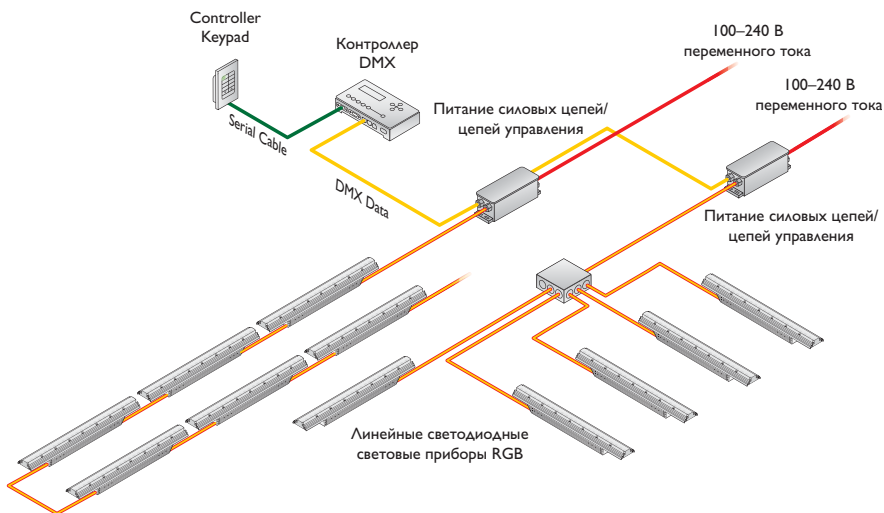


Установка светодиодов так же проста, как для обычной светотехники. Например, разработанный компанией Philips Color Kinetics светильник eW'Profile Powercore, предназначен для установки под навесными шкафами и подключается непосредственно в электрическую розетку. Встроенные концевые разъемы и монтажные кабели облегчают установку.

Простейшие осветительные системы – потолочные светильники с белыми светодиодами или светильники, устанавливаемые под навесными шкафами, просто подключаются к стандартным электрическим розеткам или подсоединяются напрямую к электросети, как обычная осветительная арматура. Линейные светильники – для установки под навесными шкафами или предназначенные для световых карнизов – обычно снабжены концевыми разъемами, питающим кабелем и кабельными перемычками.

Комплексные системы, состоящие из большого количества светодиодных светильников белого или изменяемого цвета свечения, содержат источники питания и контроллеры, обеспечивающие управление, синхронизацию и коммутацию световых приборов для создания различных световых эффектов и динамических световых шоу с изменением цвета.

Если крупномасштабные светодиодные осветительные системы отличаются сложностью и являются комплексными, то установка светодиодов белого или цветного света, используемых для повседневного или акцентного освещения, не сложнее, чем установка светильников с люминесцентными лампами и лампами накаливания.



Сложные светодиодные системы освещения могут включать в себя большое количество светодиодных световых приборов RGB, цифровой контроллер и один или несколько источников питания силовых цепей/цепей управления. Управление работой показанных на рисунке линейных светильников подсветки стен может осуществляться индивидуально, для создания привлекательных цветовых эффектов и светоцветовых шоу.

Светодиоды и повседневное освещение

Последние достижения в области светодиодной технологии сделали осветительные приборы на белых светодиодах жизнеспособным, привлекательным и предпочтительным решением для повседневного освещения в общественных местах и частной собственности.

Энергоэффективность световых приборов с белыми светодиодами сравнима, а в некоторых случаях даже превосходит энергоэффективность компактных люминесцентных ламп (далее по тексту КЛЛ). По световому потоку и качеству света лучшие белые светодиоды также не уступают многим традиционным источникам света. Высокие показатели энергоэффективности, светового потока и качества света делают светодиодные осветительные приборы весьма привлекательными для пользователей.

Правильно сконструированные светодиодные световые приборы обеспечивают превосходное смешение света и высокую однородность освещения, что особенно важно для световых карнизов, светильников, устанавливаемых под мебелью и акцентного освещения. В таких областях применения решения с использованием светодиодных осветительных приборов являются наиболее эффективными. Светодиоды, используемые в правильно эксплуатируемых световых приборах, сохраняют высокий световой поток в течение не менее 50 000 часов работы, что дает им серьезное преимущество в случаях, когда замена ламп или осветительной арматуры затруднена или невозможна.

Светодиодные системы освещения являются рентабельным решением. Ваши вложения окупаются. Изначально затраты на светодиодное освещение могут превышать расходы на традиционные системы, однако сокращение общего количества работ и затрат на обслуживание, электроэнергию и замену осветительных приборов снижает общую стоимость владения. Период окупаемости светодиодных систем освещения обычно не превышает трех лет, а в некоторых случаях может равняться одному году. С течением времени первоначальные и совокупные затраты на светодиодные системы освещения будут только снижаться.

Увеличивающееся количество законов, инициатив и стандартов, направленных на повышение энергоэффективности и снижение вредного воздействия систем освещения на окружающую среду, стимулируют использование светодиодов как при установке новых, так и при модернизации существующих систем освещения. Некоторые из выпускаемых в настоящее время светодиодных световых приборов уже достигают тех уровней энергоэффективности, которые соответствуют требованиям стандартов по энергоэффективности для штата Калифорния (Title 24) и Северной Америки (ENERGY STAR), а также требованиям директивы Ecodesign «О проектировании энергопотребляющей продукции» для стран ЕС. Новые стандарты и новые процедуры испытаний создают условия, чтобы независимые оценки характеристик светодиодных осветительных приборов в сравнении с традиционными источниками света, были подтверждены также и законом.

Пример: модернизация освещения башни Marriott Custom House в Бостоне

Первый небоскреб в Бостоне был построен в 1915 г. В 2008 г. была произведена замена системы подсветки, позволившая великолепно подчеркнуть силуэт здания на фоне неба. Используемые ранее для подсветки галогенные прожекторы PAR 38 были заменены на энергоэффективные светодиодные световые приборы, разработанные Philips Color Kinetics. На здании, начиная с 17 этажа и до его вершины, установлены светодиодные светильники 125 eW* Graze Powercore и eW Blast Powercore.

Подобное решение позволило в три раза сократить потребление электроэнергии по сравнению с традиционными лампами накаливания. Работая шесть часов в сутки, новые источники света будут сохранять нормальный световой поток в течение как минимум 20 лет, что значительно сокращает затраты на их замену и обслуживание.

Запатентованная технология электропитания Powercore® позволяет подключать осветительную арматуру непосредственно к электросети, что устраняет необходимость использования специальной кабельной сети и внешних низковольтных источников питания. Поскольку для запитывания светодиодных световых приборов используется обычная электропроводка и обычные источники питания, конструкторы систем

Фото: Фотохудожник John Brandon Miller



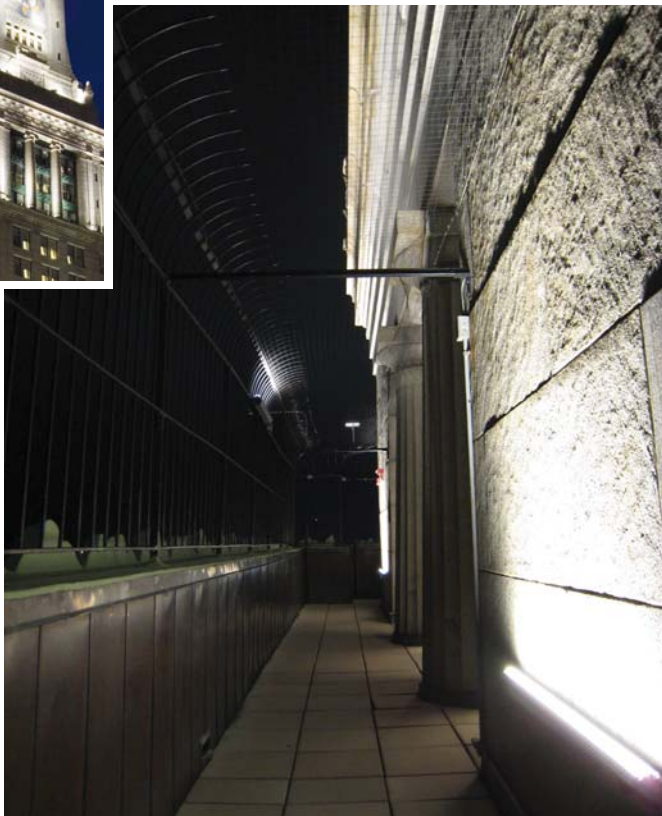
eW Blast Powercore



eW Graze Powercore

Дизайн освещения: Lam Partners

Фото: Брайд Коэрнер



освещения могут постепенно заменять старые светильники с лампами накаливания.

Длительный срок службы и высокая энергоэффективность белых светодиодов открывают новые возможности для подсветки архитектурных сооружений, которая кроме прочих достоинств бережет драгоценные ресурсы нашей планеты и сохраняет окружающую среду. Установленная на башне Custom House система освещения стала наглядным доказательством того, что светодиодное освещение является жизнеспособной и энергоэффективной альтернативой традиционным системам.

Светодиоды и «зеленая революция»

Согласно данным, полученным Союзом разработчиков систем освещения нового поколения (Next Generation Lighting Industry Alliance – NGLIA), более 20% всей электроэнергии, вырабатываемой в США, расходуется на освещение¹, при этом ежегодные затраты составляют около \$60 миллиардов (данные из расчета средней стоимости электроэнергии в 2008 г.).^{2,3} Эксперты предсказывают, что использование светодиодных осветительных приборов позволит к 2025 году на 50% сократить расход электроэнергии, необходимой для освещения, что благотворно повлияет на экономику США.⁴ Только простая замена ламп накаливания на светодиоды во всех светофорах сэкономит сотни миллионов долларов в год.⁵ Повсеместное использование светодиодного освещения обеспечит потенциальную экономию 189 тераватт-часов в год, что равноценно годовой производительности 30 электростанций мощностью 1000 мегаватт.⁶



Фото с разрешения 4Wall Entertainment

Грандиозные эффекты со сменой цвета, созданные с использованием разработанных компанией Philips Color Kinetics светильников ColorBlast® 12, заливают фасад здания «Хард Рок отеля» высотой 120 футов в Лас-Вегасе, штат Невада. Высокая энергоэффективность светодиодов обеспечивает ежегодное сокращение расходов на электроэнергию на 16 000 долларов по сравнению с ранее использовавшейся системой освещения на основе металлогалогенных ламп.

Недавно принятые законы и инициативы, направленные на повышение энергоэффективности, – программа ENERGY STAR агентства по охране окружающей среды (EPA), Title 24 в штате Калифорния, и программа по развитию светодиодного освещения, разработанная Американским советом по «зеленым» зданиям (U.S. Green Building Council) – направлены

на использование светодиодов вместо традиционных источников света. Закон об энергетической независимости и безопасности (Energy Independence and Security Act), принятый в США в 2007 году, предусматривает 50%-ое снижение потребления электроэнергии к 2018 году, расходуемой на освещение жилых помещений, а на освещение промышленных и торговых предприятий – на 25%. Закон о лампах накаливания может привести к полному запрету на их продажу во всем мире к 2014 году. Такие правительственные инициативы, как принятый в 2005 году Закон об энергетической политике (Energy Policy Act), предусматривающий снижение налогов для энергосберегающих технологий, а также вознаграждение в размере 10 млн. долларов, назначенное Департаментом энергетики США, первому производителю, разработавшему жизнеспособную энергосберегающую замену 60-ваттной лампе накаливания, стимулируют научные исследования, конструкторские разработки и производство альтернативных светодиодных источников света.

Увеличенный срок службы светодиодов снижает количество замен осветительного оборудования и сокращает число отходов. В отличие от люминесцентных ламп, светодиоды не содержат ртути, поэтому не являются опасными отходами и не требуют специальной утилизации. Вся продукция, выпускаемая ведущими производителями светодиодных световых приборов, такими как Philips Color Kinetics, практически полностью состоит из материалов и компонентов, подлежащих вторичной переработке.

Ожидается более активное расширение областей применения светодиодного освещения: экспансия от акцентного освещения и создания световых эффектов в сторону систем общего освещения. Администрация президента США Барака Обамы оказывает постоянную поддержку энергоэффективным альтернативным световым решениям, в частности, светодиодному освещению. В произнесенной 8 января 2009 года речи, посвященной развитию экономики и реинвестициям, президент Обама заявил о необходимости повышения энергоэффективности более чем 75% федеральных зданий и двух миллионов жилых домов в США.⁷ После состоявшейся 2 июля 2009 года встречи с Чаком Свободой, генеральным директором компании Cree, ведущего производителя светодиодов в США, президент Обама указал на то, что светодиодное освещение «может значительно сократить затраты на электроэнергию».⁸

В странах ЕС поставлена цель – сократить общий объем потребления электроэнергии на 20 % к 2020 г. Для этого были разработаны специальные директивы, регламентирующие деятельность в данном направлении. 27 ноября 2009 года вступил в силу Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 года N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Закон направлен на стимуляцию энергосбережения и увеличение энергоэффективности.

В связи с этим в России планируется ввести запрет на оборот ламп накаливания, как на один из самых неэффективных типов источников света.

Компания Philips, являясь мировым лидером в области инновационных световых решений, поддерживает инициативы Российского Правительства, направленные на энергосбережение и повышение энергоэффективности российской экономики, и считает, что широкое применение инновационных источников света внесет значимый вклад в уменьшение энергоемкости российской экономики на 40% к 2020 году.

Преимущества светодиодного освещения

Будучи сравнительно новой технологией, светодиоды в большинстве случаев превосходят традиционные источники света по энергоэффективности, качеству света, рентабельности и экологичности. Светодиодные осветительные приборы превосходят лампы накаливания практически во всех областях применения, а разрядные лампы высокого давления – в областях, требующих использования цветного света.

Но светодиодное освещение еще не решает всех задач. Белые светодиоды уже зарекомендовали себя в качестве альтернативы для разрядных ламп высокого давления и люминесцентных трубчатых ламп, но должно пройти еще некоторое время, пока светодиодные световые решения начнут более широко применяться в системах общего освещения.

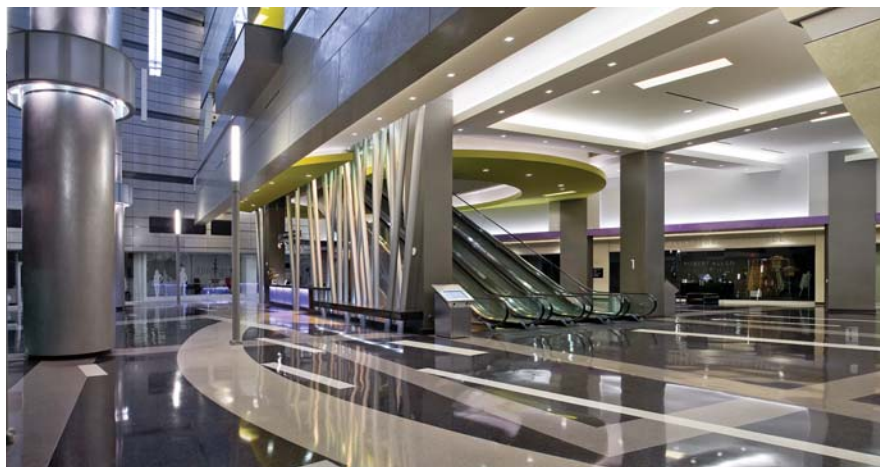


Фото: Дарюс Курмикас

Многоуровневый атриум Центра международной торговли (World Market Center) в Лас-Вегасе имеет огромное количество сводов. Тысячи погонных метров светодиодных светильников для карнизов eW Cove Powerscore, разработанных компанией Philips Color Kinetics, обеспечивают бесшовное соединение освещенных пролетов протяженностью до 15 метров. Светодиодный светильник потребляет на 60% меньше электроэнергии, чем КЛЛ мощностью 13 Вт. Увеличенный срок службы светодиодов существенно сокращает затраты на обслуживание светильников, установленных на высоте 24 метра над первым этажом.

Тем не менее уже сегодня светодиодные системы способны обеспечить ряд преимуществ перед традиционными системами освещения:

- Энергоэффективность светодиодов может быть до пяти раз выше, чем у ламп накаливания и галогенных ламп, и сравнима с КЛЛ. Постоянное развитие светодиодной технологии повышает энергоэффективность светодиодов, по сравнению, например, с люминесцентными лампами.
- Светодиодные источники света являются направленными и излучают свет только в нужном направлении. Значительно меньшая, чем у КЛЛ, светящая поверхность позволяет использовать более эффективную оптику и лучше управлять светом.
- Качество света белых светодиодов теперь сравнимо с качеством света КЛЛ, разрядных ламп высокого давления и люминесцентных ламп. Последние достижения в области производства светодиодов обеспечивают постоянство цвета и цветовую температуру, эквивалентные или превосходящие эти характеристики у традиционных источников света.
- Существенно увеличенный полезный срок службы светодиодов по сравнению с традиционными источниками света. В результате этого сокращаются затраты на замену и обслуживание. Так, галогенные лампы следует менять в 12–20 раз чаще, чем светодиодные.

Фото: Питер Смирн/Newsbery Smith Photography



Креггс Пик (Greggs Pic), ведущая розничная сеть по продаже хлебобулочных изделий в Великобритании, полностью оборудовала торговый зал своего магазина в г. Бромли (г. Кент) светодиодными светильниками Philips. Ожидается, что установка светодиодной системы позволит на 50% снизить потребление электроэнергии и сократить на 2 тонны годовой выброс углекислого газа в атмосферу. Уменьшение количества тепла, выделяемого системой освещения, обеспечивает в летнее время дополнительную экономию средств, затрачиваемых на кондиционирование воздуха.

- В отличие от традиционных источников света, светодиоды могут использоваться даже после существенного снижения светового потока. При этом полный выход из строя происходит очень редко.
- С момента появления светодиодов ежегодно отмечается 35%-ное повышение их эффективности по параметрам светового потока. При этом вот уже в течение нескольких десятилетий происходит ежегодное снижение стоимости светодиодов в среднем на 20%. Другими словами, общая эффективность светодиодов удваивается каждые 1,5–2 года.⁹
- Светодиоды не производят ИК-излучения и могут устанавливаться в термочувствительных зонах, вблизи людей и материалов, а также там, где установка традиционных источников света может быть небезопасной.
- В отличие от люминесцентных ламп, светодиоды не излучают вредных ультрафиолетовых лучей, разрушающих материалы и обесцвечивающих краски, что делает их идеальным световым решением для установки в витринах магазинов, музеях и художественных галереях.
- Светодиодные осветительные приборы генерируют тепло, но испускаемые ими пучки света являются холодными. Светодиодные световые приборы с хорошо сконструированным теплоотводом защищают пользователей от чрезмерного и вредного тепла.
- Светодиодные источники света могут работать при низких температурах и выдерживать воздействие вибраций, что позволяет использовать их в суровых условиях, где невозможно установить и обслуживать традиционные лампы. В светодиодах нет подвижных частей и нитей накала, которые могут легко разрушаться и выходить из строя.
- LRGB-светильники и приборы с настраиваемым белым светом могут легко воспроизводить миллионы цветов и иметь различные цветовые температуры без использования светофильтров.
- Управление работой светодиодных систем освещения может осуществляться при помощи цифровых контроллеров, обеспечивающих максимальную эффективность и высокую гибкость.
- Светодиодные световые приборы являются безынерционными: не требуется времени для прогрева или отключения, отсутствует вредное воздействие циклической подачи питания и диммирования.
- Качественно разработанные светодиодные системы освещения обеспечивают простоту и гибкость установки, не требуя балластов и дополнительных источников питания – достаточно обычной электро-

проводки. Повысить энергоэффективность и упростить установку призваны разъемы быстрого подключения, а также устройства для ограничения потребляемого тока, защиты от неправильного подключения и коррекции коэффициента мощности.

- В отличие от люминесцентных ламп, содержащих ртуть и требующих специального обращения и утилизации, светодиоды не содержат ртути и являются безопасными для окружающей среды.
- Многие выпускаемые светодиодные осветительные приборы не только отвечают требованиям стандартов по энергоэффективности и экологичности, но и зачастую превосходят их. В настоящее время разрабатываются стандарты на испытания и измерения параметров, которые обеспечат базу для точного сравнения характеристик разных светодиодных осветительных приборов между собой и с традиционными источниками света.

2

Основы и принципы работы светодиодов

Светодиод – полупроводниковый прибор, излучающий свет определенного цвета. Он кардинально отличается от традиционных источников света, таких как лампы накаливания, люминесцентные лампы и разрядные лампы высокого давления. В светодиоде нет газа и нити накала, он не имеет хрупкой стеклянной колбы и потенциально ненадежных подвижных деталей.

Краткая история создания светодиодов

Светодиоды, или светоизлучающие диоды, являются электрическими источниками света. Первый красный светодиод был создан в 1962 г. Ником Холоньяком (Nick Holonyak) в компании General Electric. Монохромные красные светодиоды в 60-е гг. прошлого столетия применялись для производства небольших световых индикаторов, используемых в электронных приборах. Хотя они испускали тусклый свет и имели низкую энергоэффективность, технология оказалась перспективной и стала быстро развиваться. В начале 70-х гг. появились зеленые и желтые светодиоды. Они использовались в наручных часах, калькуляторах, электронных приборах, в светофорах и указателях «Выход». Эффективность светодиодов по световому потоку постоянно увеличивалась, и к 1990 г. световой поток красных, желтых и зеленых светодиодов достиг значения 1 люмен (лм).

* Люмен (лм) – единица измерения светового потока. Лампа накаливания мощностью 60 Вт испускает световой поток, равный приблизительно 800 лм. Подробнее о люмене см. главу 3.

В 1993 г. Суджи Накамура (Shuji Nakamura), инженер, работающий в компании Nichia, создал первый синий светодиод высокой яркости. Так как красный, синий и зеленый являются тремя главными

составляющими света, теперь с помощью светодиодов можно было получить любой цвет освещения, включая белый. Белые люминофорные светодиоды – это светодиоды, объединяющие синий или ультрафиолетовый светодиод с люминофорным покрытием, впервые появились в 1996 г. В конце 90-х гг. светодиоды постепенно заменяют лампы накаливания там, где требуется окрашенный свет.

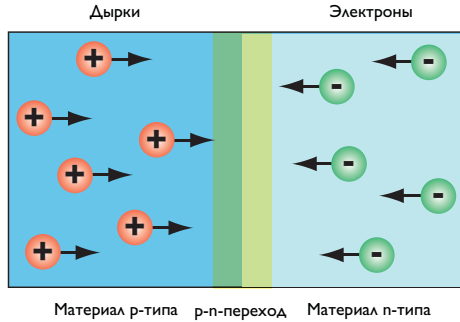
В 2000–2005 гг. уровень светового потока светодиодов достиг значения 100 лм и выше. Появились белые светодиоды с теплыми и холодными оттенками, подобными образующим лампами накаливания, люминесцентными лампами и схожие с естественным освещением. Постепенно светодиоды составили конкуренцию традиционным источникам света и стали применяться в театральном и сценическом освещении.

В настоящее время светодиоды широко используются в различных системах общего освещения. По мнению Департамента энергетики (Department of Energy) и Ассоциации развития оптоэлектронной промышленности (Optoelectronics Industry Development Association), к 2025 г. светодиоды станут самым распространенным источником света в жилых домах и офисах.

История создания светодиодов	
60-е гг.	1962 г. – Первый красный светодиод, разработанный Ником Холомьяком в компании GE. Красные индикаторные светодиоды, выпущенные компанией HP из материалов производства Monsanto – 0,01 лм. Первые зеленые и желтые светодиоды.
70-е гг.	1971 г. – Первые синие светодиоды. 1972 г. – Красные светодиоды со световым потоком 1 лм. Светодиоды начинают использоваться в наручных часах, калькуляторах, светофорах и указателях «Выход».
80-е гг.	1984 г. – Достижения в области повышения эффективности по световому потоку: первые сверхяркие красные светодиоды.
90-е гг.	1993 г. – Инженер компании Nichia Суджи Накамура создал первый синий светодиод высокой яркости. 1995 г. – Зеленые светодиоды высокой яркости. 1996 г. – Первый белый светодиод. Сверхяркие красные и янтарные светодиоды. Светодиоды начинают вытеснять лампы накаливания там, где требуется освещение окрашенным светом. Светодиоды устанавливаются в портативных светильниках. 1997 г. – Создание компании Color Kinetics. 1998 г. – Источники света RGB.
2000-е гг.	Белый свет, созданный с помощью светодиодов RGB. Белый свет, созданный с помощью синего светодиода с люминофорным покрытием. Первые «настраиваемые» светодиодные источники белого света. Светодиоды 10-100 лм. 2003 г. – Светодиоды широко применяются при проведении развлекательных мероприятий. 2004 г. – Светодиоды используются для акцентного освещения объектов. 2005 г. – Появляются светодиодные кластеры со световым потоком, превышающим 1000 лм. 2008 г. – Светодиоды используются в системах общего освещения. Увеличение количества производителей светодиодов (Nichia, Cree, Osram, Lumileds, King Brite, Toyoda Gosei, Cotco)

Как работает светодиод

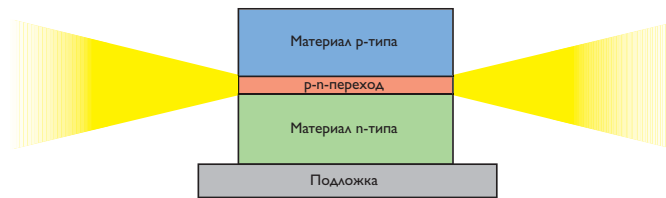
Как и любой диод, светодиод включает в себя один полупроводниковый р-п-переход (электронно-дырочный переход). С помощью процесса, носящего название легирование, материал n-типа обогащается отрицательными носителями заряда, а материал р-типа – положительными носителями заряда. Атомы в материале n-типа приобретают дополнительные электроны, а атомы в материале р-типа приобретают дырки – места на внешних электронных орбитах атомов, в которых отсутствуют электроны.



При приложении к диоду электрического поля электроны и дырки в материалах р- и n-типа устремляются к р-п-переходу. Когда носители заряда подходят к р-п-переходу, электроны инжектируются в материал р-типа. При подаче отрицательного напряжения со стороны материала n-типа через диод

протекает электрический ток в направлении от материала n-типа в материал р-типа. Это называется *прямым смещением*.

Когда избыточные электроны переходят из материала n-типа в материал р-типа и рекомбинируют с дырками, происходит выделение энергии в виде фотонов, элементарных частиц (квантов) электромагнитного излучения. Все диоды испускают фотоны, но не все диоды испускают видимый свет. Материал, из которого изготавливается светодиод, выбирается таким образом, чтобы длина волны испускаемых фотонов находилась в пределах видимой области спектра излучения. Разные материалы испускают фотоны с разными длинами волн, что соответствует разным цветам испускаемого света.



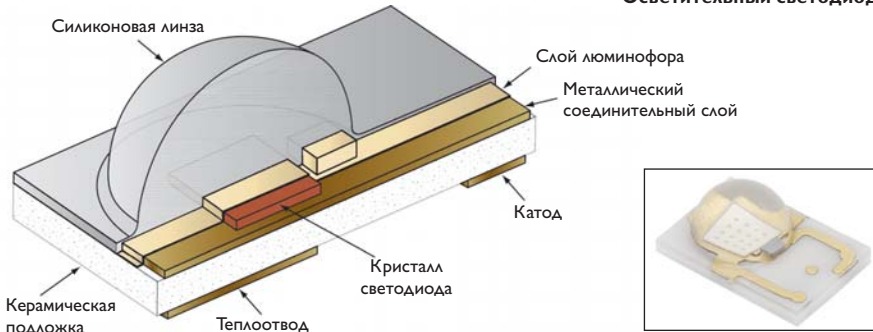
Пучок видимого света, испускаемого светодиодом, является холодным, но так как в светодиодах имеются потери, то на р-п-переходе

генерируется тепло, иногда достаточно большое. Ограничение температуры р-п-перехода с помощью правильно сконструированного теплоотвода и других методов контроля температуры является критичным для обеспечения нормальной работы светодиода, оптимизации его светового потока и повышения срока службы.

«Анатомия» светодиодов

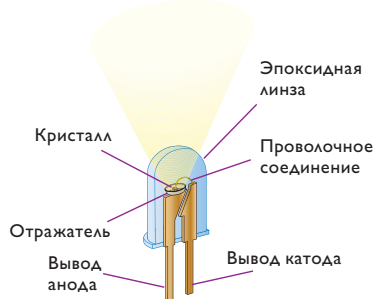
Существует два основных типа светодиодов: индикаторные и осветительные. Индикаторные светодиоды, например, 5-миллиметровые, обычно являются недорогими, маломощными источниками света, пригодными для использования только в качестве световых индикаторов в индикаторных панелях и электронных приборах, для подсветки дисплеев компьютеров или приборных панелей автомобиля. Осветительные светодиоды, представленные светодиодами поверхностного монтажа (SMD), высокой яркости (НВ) и высокой мощности (НР) – это надежные мощные устройства, способные обеспечить нужный уровень освещенности и обладающие световым потоком, равным или превосходящим световой поток традиционных источников света, например, КЛЛ.

Осветительный светодиод



Все осветительные светодиоды имеют одинаковую базовую конструкцию. Они включают в себя полупроводниковый чип (или кристалл), подложку, на которую он устанавливается, контакты для электрического подключения, соединительные проводники для подсоединения контактов к кристаллу, теплоотвод, линзу и корпус. (В некоторых светодиодах, например, в светодиодах TFFC, разработанных компанией Philips Lumileds, соединительные проводники не требуются.)

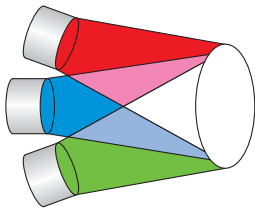
Индикаторный светодиод



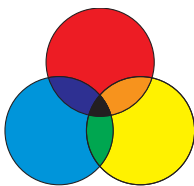
Так как индикаторные светодиоды являются маломощными, все генерируемое в них тепло рассеивается внутри самих светодиодов. Осветительные светодиоды, напротив, снабжаются корпусом для прямого припаивания к поверхности, что обеспечивает отвод тепла, генерируемого светодиодом. Хороший теплоотвод жизненно важен для обеспечения температурного режима и нормальной работы светодиода.

Как с помощью светодиодов получают разные цвета

Светодиоды, изготовленные из разных *полупроводниковых материалов*, излучают свет разных цветов. Разные материалы испускают фотоны с разными длинами волн, что соответствует разным цветам видимого света.



Модель аддитивного смешения цветов применяется для света, непосредственно излучаемого световыми источниками. При смешении красного, зеленого и синего цветов получается белый цвет.



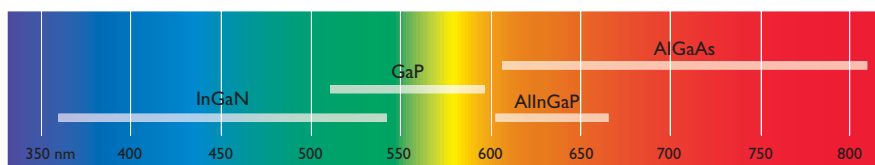
Модель субтрактивного смешения цветов применяется к отражающим поверхностям, таким как поверхности, покрытые красками или чернилами. При смешении в равных пропорциях красного, зеленого и синего цветов получается черный цвет.

В первых светодиодах использовались такие материалы, как фосфид галлия (GaP), тройное соединение AlGaAs и тройное соединение GaAsP. Они создавали излучение от красного до желто-зеленого цвета. В настоящее время GaP, AlGaAs и GaAsP используются только для изготовления индикаторных светодиодов, так как большие токи, необходимые для получения излучения, и большое тепло, выделяющееся при работе светодиодов, изготовленных из этих материалов, значительно сокращают срок их службы.

Для производства осветительных светодиодов используются новые материалы, способные выдерживать необходимые уровни тока, высокий нагрев и высокую влажность. В красных и янтарных светодиодах высокой яркости применяются полупроводники алюминий – индий – галлий (AlInGaP), в синих, зеленых и голубых – индий – нитрид галлия (InGaN).

Светодиоды, изготовленные из AlInGaP и InGaN, в совокупности перекрывают почти всю область спектра видимого излучения с промежутком в области зелено-желтого и желтого цветов. Корпоративные цвета с применением желтого (например, Shell или McDonald's) трудно получить с помощью одноцветных светодиодов.

Одним из способов получения «сложных» цветов является совместное использование в одном осветительном приборе светодиодов разных типов.



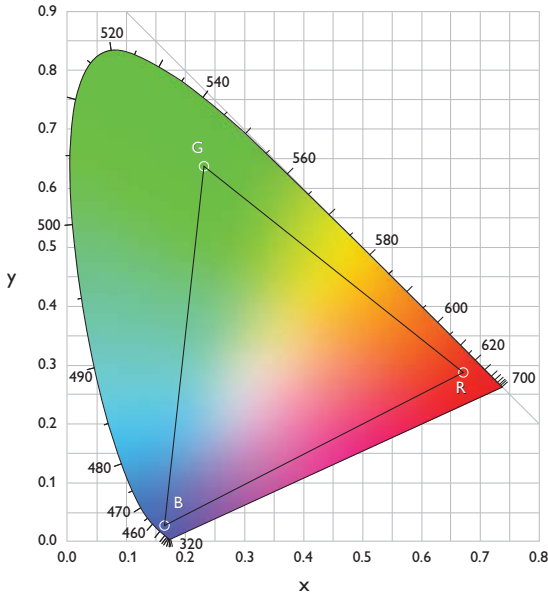
Основные материалы для производства монохромных светодиодов. *AllnGaP* и *InGaN* покрывают почти весь спектр видимого излучения для светодиодов высокой интенсивности, кроме желто-зеленой и желтой областей спектра с длиной волны 550–585 нанометров (нм). Цвета, соответствующие этому диапазону длин волн, могут быть получены с помощью совместного использования зеленых и красных светодиодов.

Миллионы цветовых оттенков

Производители светодиодов обычно предлагают светодиоды различных цветов – синий, голубой, зеленый, янтарный, красно-оранжевый, красный и т. д. Самостоятельно светодиод может излучать свет только одного цвета, который определяется используемым в нем полупроводниковым материалом. Настоящее волшебство начинается тогда, когда в одном приборе объединяются светодиоды разного цвета.

Именно объединение светодиодов разного цвета в одном световом приборе, таком как светильник или многокристальный светодиод, и управление интенсивностью излучения светодиодов разного цвета и обеспечивает получение миллионов оттенков. Подобно телевизионному экрану или компьютерному монитору, полноцветный светодиодный прибор реализует цветовую модель RGB (R – красный, G – зеленый, B – синий). Цветовая модель RGB – это модель аддитивного смешения цветов, которая применяется для света, непосредственно излучаемого его источниками. (Модель субтрактивного смешения цветов применяется к отражающим поверхностям, таким как поверхности, покрытые красками или чернилами.)

На диаграмме слева показано цветовое пространство МКО 1931, разработанное в 1931 г. Международной комиссией по освещению (МКО) для определения всего диапазона, или гаммы цветов, видимых стандартным наблюдателем. Ни одно из устройств – телевизионный экран, монитор компьютера, светодиодный световой прибор и другие трехцветные устройства – не может воспроизвести все цвета, различимые глазом человека. Гамма цветов, которую можно получить с помощью светодиодного светового прибора или многокристального светодиода, зависит от цветов отдельных красных, зеленых и синих светодиодов, используемых в них.



На диаграмме точки трех цветов отдельных светодиодов, используемых в трехцветном световом приборе, соответствуют вершинам треугольника. Теоретически прибор может воспроизвести любой цвет, соответствующей точкам внутри этого треугольника. На практике трехцветный светодиодный световой прибор обычно управляется цифровым контроллером и может воспроизвести определенное количество возможных цветов внутри треугольника. С помощью 8-битного трехцветного светодиодного прибора можно получить приблизительно 16,7 млн

цветов (2563 цветов) – однако это количество уже превышает число цветов, которые человек способен различить в пределах данного цветового треугольника. (Цвета, лежащие вне границ цветового треугольника, могут быть различимы глазом человека, но световой прибор не сможет их воспроизвести.)

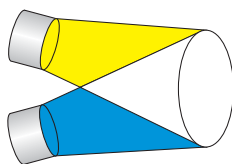
Способность полноцветных светодиодных световых приборов излучать свет любого цвета без использования светофильтров и других внешних устройств в корне отличает светодиоды от других источников света. Совместное использование полноцветных светодиодных источников света с контроллерами освещения позволяет создавать как простые цветные эффекты, так и полноцветные световые шоу и даже крупномасштабные видеодисплеи.

Создание белого света с помощью светодиодов

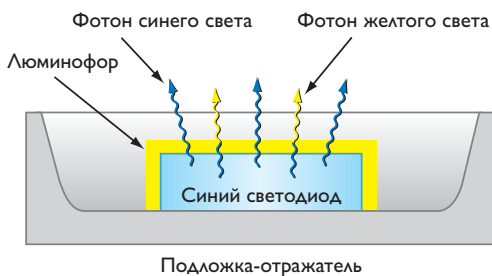
Существует два способа получения белого света с помощью светодиодов:

- Согласно цветовой модели RGB, белый цвет получается с помощью пропорционального смешивания красного, зеленого и синего цветов. При использовании метода RGB белый свет получается при объединении излучения красного, зеленого и синего светодиодов.

- Люминофорные технологии получения белого света предполагают использование одного светодиода коротковолнового излучения, например, синего или ультрафиолетового, в комбинации с желтым люминофорным покрытием. Фотоны синего или ультрафиолетового излучения, генерируемые светодиодом, либо проходят через слой люминофора без изменения, либо преобразуются в нем в фотоны желтого света. Комбинация фотонов синего и желтого цвета создает белый свет.



Белый свет может быть получен в результате объединения только желтого и синего цвета. Этот эффект открыл в начале 18 века Исаак Ньютон при выполнении экспериментов с цветами.



Метод RGB дает возможность создавать белый свет точного оттенка, имеющий способность подчеркивать освещаемые цвета. Однако для создания белого цвета RGB требуется сравнительно сложное оборудование, так как в одном источнике необходимо использовать сразу три светодиода. При этом получаемый свет неестественно передает пастельные тона, что является основным следствием низкого индекса цветопередачи белого света, полученного методом RGB. (Индекс цветопередачи светодиодов подробно описан в главе 3, раздел «Качество света».)

* Цветопередача – способность источника света правильно передавать цвета различных объектов в сравнении с идеальным или естественным источником света.

Белые люминофорные светодиоды обеспечивают лучшую цветопередачу, чем белые RGB-светодиоды, в большинстве случаев сравнимую с люминесцентными источниками света. От белых RGB-источников света они также отличаются высокой энергоэффективностью. Именно высокая энергоэффективность и хорошая цветопередача делают люминофорные технологии предпочтительным способом получения белого света.

В процессе производства белых светодиодов на светодиодный кристалл наносится слой люминофора. Оттенок или цветовая температура белого света, излучаемого светодиодом, определяется длиной волны света, испускаемого синим светодиодом и составом люминофора.

Цветовая температура излучения светодиода зависит от толщины слоя люминофора. Производители стараются минимизировать цветовые вариации с помощью строгого контроля толщины и состава слоя люминофора. Компания Philips Lumileds использует защищенный патентом процесс изготовления светодиодов Philips LUXEON, излучающих холодный и нейтральный белый свет с высоким постоянством цвета.¹⁰

В настраиваемых световых приборах, позволяющих получать белый свет из определенного диапазона цветовых температур, используется принцип смешивания трех цветов. Эти приборы обычно содержат светодиоды холодного и теплого белого света, индивидуально управляемые по принципу, применяемому в полноцветных источниках света RGB. Регулирование относительной интенсивности холодного и теплого белого света изменяет цветовую температуру настраиваемого светового прибора по тому же принципу, как регулируется интенсивность излучения красных, зеленых и синих светодиодов полноцветного (RGB).

Устройство светодиодных световых приборов

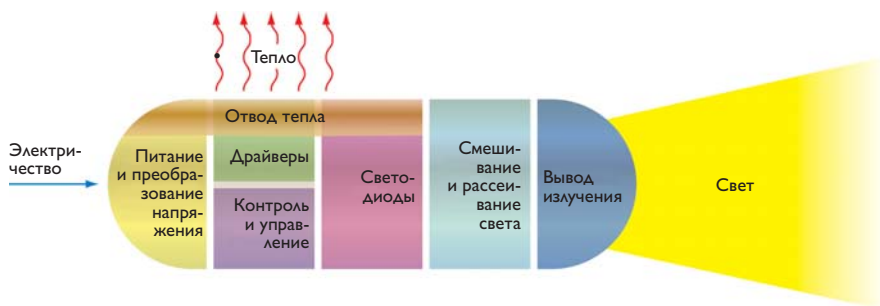
Для использования в целях освещения светодиоды должны быть объединены в систему, включающую оптику, драйверы, источники питания и теплоотводы. Все названные компоненты присутствуют в световом приборе.

Проектировщикам и installatorам светодиодных систем освещения, вероятно, никогда не придется вскрывать корпуса световых приборов, подобно тому, как пользователю персонального компьютера нет необходимости открывать системный блок ПК и разбирать его содержимое. В некоторых световых приборах, предназначенных для театрального освещения, предусмотрены замена и ремонт компонентов на месте установки, но в большинстве случаев разбирать светодиодные приборы не рекомендуется: это не одобряется производителями и может привести к аннулированию гарантии. К счастью, светодиодные световые приборы и их компоненты очень редко выходят из строя. Как правило, производители самостоятельно ремонтируют или заменяют вышедшую из строя светодиодную осветительную арматуру в соответствии с гарантийными обязательствами или на основании других соглашений.

Тем не менее знать, что находится внутри «черного ящика», все же весьма полезно. К основным компонентам светодиодного светового прибора относятся:

- Собственно сами светодиоды и электроника, обеспечивающая их работу.

- Источник питания с микропроцессорным управлением, преобразователи напряжения и схемы управления.
- Устройства для отвода тепла (вентиляционные отверстия и радиаторы).
- Линзы и средства нацеливания для направления, смешивания и рассеивания света.



Светодиодный световой прибор представляет собой систему, состоящую из светодиодов, источников питания и преобразователей напряжения, драйверов светодиодов, цепей контроля и управления, устройств для отвода тепла, а также линз и других оптических устройств для смешивания, рассеивания и выведения света.

Дополнительно светодиодные световые приборы обычно включают постоянно подсоединенные или отсоединяемые кабели для подключения к источнику питания. Линейные светильники, например, осветительные приборы для световых карнизов и рабочего освещения, обычно снабжены стыковочными разъемами, кабельными перемычками и другими устройствами для установки приборов с различными интервалами и в различной конфигурации.

3 ➤

Светодиодное освещение в деталях

Светодиодные световые приборы имеют общие черты с традиционной светотехникой и в то же время отличаются от нее. Очень важно понимать эти сходства и различия для того, чтобы корректно проводить сравнения между обычными и светодиодными приборами, а также

для того, чтобы правильно подбирать светодиодные приборы для различных областей применений.

Уже было отмечено, что правильно сконструированные светодиодные световые приборы по своим эксплуатационным характеристикам и экономичности не уступают и даже превосходят традиционные, например, КЛЛ. Подобно традиционной светотехнике, существуют различные типы светодиодных световых приборов, различающиеся по уровню светового потока, размерам и предназначенные для большого количества областей применения. Светодиодные световые приборы могут устанавливаться и запитываться так же просто, как и традиционные, с использованием обычной электропроводки и кабелей.

Главным отличием светодиодных источников света от традиционных является то, что в светодиодах применяется совершенно иной принцип генерации света и используются абсолютно другие материалы. Менее



Традиционный светильник состоит из лампы (капсулы, трубки или другого источника света) и отдельного корпуса светильника.



Светодиодный световой прибор – это твердотельное устройство, включающее источники света (светодиоды), корпус, электронику, теплоотводы, драйверы и устройства нацеливания.

очевидным отличием является то, что в светодиодном источнике света стирается граница между лампой и светильником. В светодиодной осветительной технике «лампы», которыми являются светодиоды, неотделимы от «светильника», а именно: корпуса, электроники и линзы.

Эти два различия оказывают очень большое влияние на методы испытаний светодиодных источников света, измерение их светового потока, оценку их пригодности для конкретного применения и способы сравнительной оценки светодиодных и традиционных световых приборов.

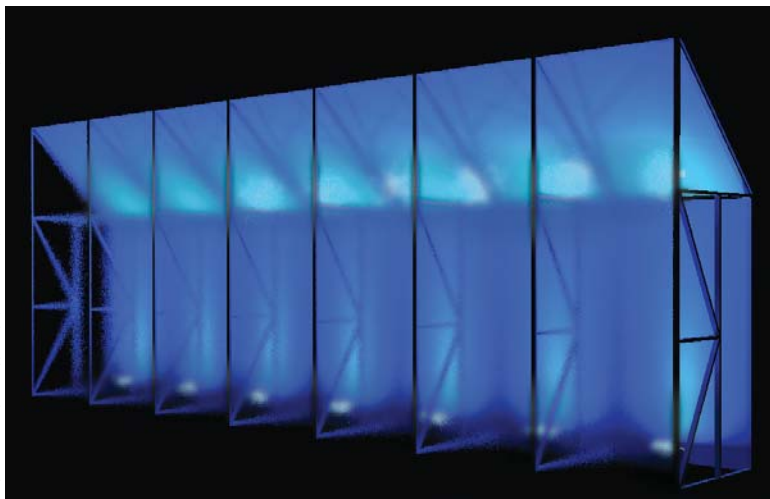
Понимание различий между двумя типами систем освещения поможет избежать многих трудностей, связанных с использованием светодиодов. Корректная интерпретация основных технических характеристик светодиодных световых приборов поможет правильно выбрать осветительное устройство для конкретной области применения. Ниже представлен общий обзор технологии светодиодного освещения. Эта информация поможет вам лучше разобраться в светодиодных системах освещения (глава 4).

Оцениваем световой поток: как важен свет

Световой поток – термин, косвенно характеризующий то, какое количество света излучается световым прибором, а также то, как именно прибор излучает и распределяет этот свет. Официальным термином для описания количества и распределения видимого света, излучаемого конкретным источником, является термин «фотометрические данные».

Как правило, производители светотехники заявляют основные фотометрические характеристики выпускаемой продукции в спецификациях или технических паспортах, где представляют таблицы и графики, описывающие мощность или яркость лампы или светового прибора, диаграммы распределения света в пространстве и данные об энерго-эффективности. Консультанты-светотехники и конструкторы используют эти данные для предварительной оценки возможностей светового оборудования и его пригодности для конкретной области применения. Часто производители светотехники представляют и более подробную информацию, необходимую для глубокого анализа, компьютерной визуализации, моделирования системы освещения здания и т. п.

Для оценки и сравнения традиционных световых приборов чаще всего используется понятие светового потока, измеряющегося в люменах. Люмен – это единица измерения всего воспринимаемого светового потока, испускаемого источником света. (Ниже мы приводим более подробное разъяснение того, что значит «весь воспринимаемый световой поток, испускаемый источником света».) В быту специалисты, занимающиеся освещением, покупатели и просто пользователи для оценки осветительного оборудования



Компьютерное графическое изображение, полученное с помощью ПО AG32 на основании необработанных фотометрических данных для светодиодных светильников ColorBlast Powercore, разработанных компанией Philips Color Kinetics. Изображение моделирует световые эффекты, полученные с помощью ColorBlast Powercore в стеклянном световом коробе.

* Лаборатории по испытанию осветительных приборов публикуют фотометрические данные в файлах .IES, формат которых соответствует стандартам, установленным Светотехническим обществом Серверной Америки (IES). Известные производители осветительного оборудования предоставляют эти файлы специалистам по проектированию освещения, которые используют их вместе с программными средствами для анализа освещения с целью получения таблиц, графиков и объемной визуализации, а также для выполнения сравнений различных типов световых приборов.

часто прибегают к термину «яркость». Это не только ошибочно, но и может ввести в заблуждение, особенно в отношении светодиодных световых приборов.

По ряду причин световой поток не является единственным параметром, характеризующим возможности осветительного прибора. Оценка возможностей светодиодных осветительных приборов с помощью светового потока может дать ложное представление о возможностях светодиодных световых приборов и их пригодности для конкретных областей применения.

Для оценки возможностей светодиодных осветительных приборов и сравнения их с традиционными источниками света вместо понятия «световой поток» лучше использовать термин «полезный свет». Параметром для измерения полезного света является освещенность. Освещенность характеризует интенсивность света, падающего на поверхность. Если площадь поверхности измеряется в квадратных футах, то



Фото: Крофф ван Меерью (Kroff en van Meer)

Для освещения обеденного зала в ресторане «Флинстеринг» в Бреде, Голландия, используются потолочные светодиодные светильники eW Downlight Powercore, разработанные компанией Philips Color Kinetics, и отраженный свет. Рекомендуемый уровень освещенности в таких обеденных залах – 10 фут-кандел (100 лк).

единицей освещенности является фут-кандела. Если площадь измеряется в квадратных метрах, то единицей освещенности является люкс (лк).

Полезный свет характеризует количество света от осветительного прибора, которое достигает освещаемого участка. Это та часть светового потока осветительного прибора, которая эффективно направляется на рабочую поверхность без учета потерь света. В качестве рабочей поверхности может выступать любой участок объекта, который необходимо осветить: коридора, офисного помещения с компьютерами, кухонного стола или наружной стены пирамиды Майя в Гватемале. Потери света могут возникать по различным причинам: например, свет может частично загораживаться или рассеиваться корпусом светильника, излучаться в неправильном направлении, теряться в результате прохождения через светофильтры и линзы или из-за неправильной ориентации светового прибора, а также по другим причинам.

* Формально одна фут-кандела равна 10,7 лк. Однако для упрощения расчета принимается, что фут-кандела равна 10 лк. 30 фут-кандел соответствуют 321 лк, но для удобства принимаются равными 300 лк.

В справочной книге «The IESNA Lighting Handbook» объемом порядка 1000 страниц, выпущенной Светотехническим обществом Северной Америки (IES)II, подчеркивается важность использования характеристики полезного света, особенно для белого света и повседневных областей применения. Наряду с главами, посвященными описанию способов

В справочной книге «The IESNA Lighting Handbook» объемом порядка 1000 страниц, выпущенной Светотехническим обществом Северной Америки (IES)II, подчеркивается важность использования характеристики полезного света, особенно для белого света и повседневных областей применения. Наряду с главами, посвященными описанию способов

создания нужного количества полезного света для отдельных областей применения, в книге содержится подробная информация об оптимальных уровнях освещенности для различных интерьеров, промышленных помещений, открытых площадок, спортивных сооружений, транспортных магистралей и аварийного освещения.

Так, для офисных помещений с планировкой открытого типа и большим количеством компьютеров, а также для стоек регистрации в аэропорту рекомендуемый уровень освещенности составляет 30 фут-кандел (300 лк). Уровень освещенности в грузовых лифтах должен составлять около 5 фут-кандел (50 лк), а для чтения в кресле в комнате – около 50 фут-кандел (500 лк). В лекционных залах, где используются наглядные пособия, уровень освещенности должен быть порядка 100 фут-кандел (1000 лк).¹²

Люмены: какие сложности возникают с ними

Традиционное использование понятия «световой поток» для оценки и сравнения светодиодных световых приборов вызывает ряд проблем:

- Так как полное и точное определение того, что такое люмен и другие фотометрические термины является достаточно сложным, многие понимают их неправильно. Без правильного понимания того, что означают эти термины, невозможно точно оценить свойства светодиодных источников света.
- Использование светового потока для оценки воспринимаемой интенсивности источника света имеет ряд недостатков, которые усугубляются особенностями спектра излучения светодиодных источников света, особенно в области синего края спектра видимого света.
- Производители традиционных световых приборов часто указывают полный световой поток лампы, а не всего светового прибора. Так как в светодиодной осветительной арматуре невозможно отделить лампу от светильника, то для правильного сравнения светодиодных световых приборов с традиционными нужно использовать понятие «световой поток» только для светового прибора в целом.
- Светодиодные и традиционные световые приборы по-разному испытываются, вследствие чего и некоторые фотометрические данные для них указываются по-разному. Для правильного сравнения световых приборов необходимо учитывать эти различия.
- Полный световой поток светильника не учитывает потери света. Так как светодиодные световые приборы являются направленными и излучают белый или цветной свет без использования светофильтров, а также без дополнительной фокусировки и экранирования, то и потери света у них гораздо ниже, чем у традиционного оборудования. Светодиод-

ные световые приборы доставляют большую часть излучаемого светового потока до освещаемой поверхности. Следовательно, светодиодные световые приборы с меньшим значением светового потока могут доставить такое же или большее количество полезного света в нужное место, чем традиционные осветительные приборы с большим значением светового потока в люменах.

Более подробно эта тема рассматривается в последующих разделах.

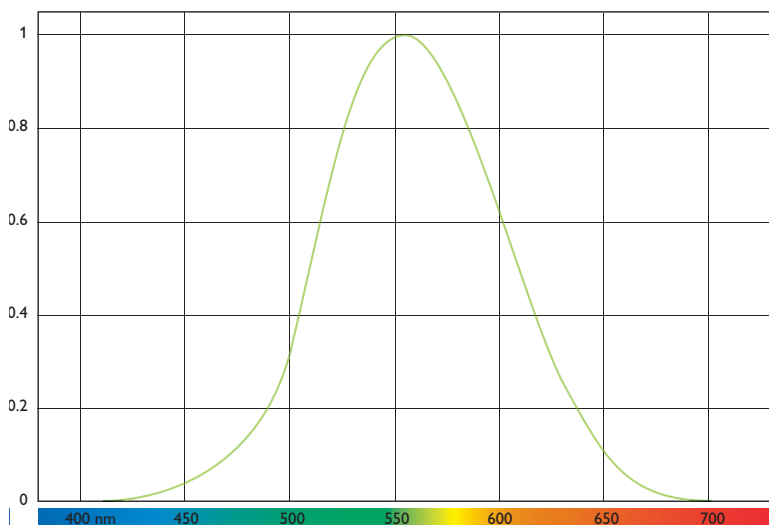
Что такое люмен?

Световые измерения можно проводить двумя способами: радиометрическим или фотометрическим. Радиометрический способ предполагает измерения для всех длин волн излучения источника света, в диапазоне длин волн как видимого, так и невидимого излучения. При фотометрическом способе измерения выполняются только для видимого света. Суммарная электромагнитная энергия, излучаемая источником света на всех длинах волн, называется потоком излучения и измеряется в ваттах. Суммарная электромагнитная энергия, излучаемая источником света в диапазоне длин волн видимого света, называется световым потоком и измеряется в люменах.

Так как видимость относится только к человеку, фотометрические данные учитывают чувствительность глаза человека, которая зависит от длины волны видимого света (цвета). Зависимость чувствительности глаза человека с нормальным зрением от длины волны представляет собой колоколообразную кривую. Эта кривая известна как спектральная эффективность светового потока и часто называется кривой относительной спектральной чувствительности глаза. Согласно этой кривой, наивысшая чувствительность глаза достигается в зеленой спектральной области (длина волны 550 нм) и постепенно снижается как к красному, так и к синему краям спектра.

При расчете светового потока происходит взвешивание света для различных длин волн с помощью кривой относительной спектральной чувствительности глаза. Два источника света, имеющие одинаковые значения лучистого потока, но излучающие различные спектры в пределах кривой чувствительности глаза, будут иметь разные значения светового потока. Представим, например, два источника света с потоком излучения 1 Вт каждый. Один источник излучает синий свет на длине волны 480 нм,

** В повседневной практике мощность источника света часто ошибочно называют его «яркостью». Яркость является субъективным параметром и зависит от таких факторов, как расстояние между источником света и наблюдателем, угол зрения и условия среды вокруг источника света. В противоположность яркости, измерения светового потока основываются на точных стандартах и условиях проведения испытаний и являются объективными.*



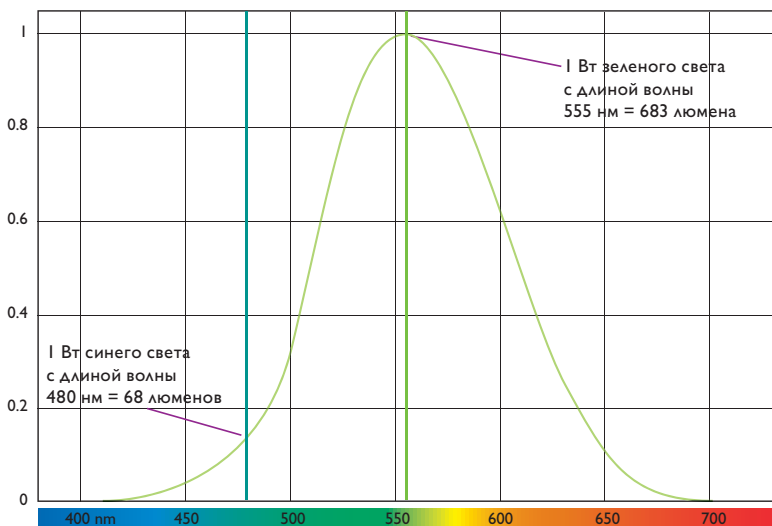
Функция спектральной эффективности светового потока взвешивает воспринимаемую интенсивность света с разными длинами волн на основании зависимости чувствительности глаза человека от длины волны света. Глаз человека имеет максимальную чувствительность для света с длиной волны 550 нм в зелено-желтой части видимого спектра и менее чувствителен на его красном и синем краях.

а второй – зеленый свет на длине волны 555 нм. Как показывает кривая относительной спектральной чувствительности глаза, синий свет будет выглядеть менее ярким, чем зеленый, несмотря на то что суммарная мощность каждого источника одинакова. Другими словами, зеленый свет дает больше люменов, чем синий, хотя оба источника света излучают одинаковое количество энергии.

На практике кажущаяся интенсивность источника света зависит от индивидуального восприятия каждым человеком.

В 1924 г. Международная комиссия по освещению (МКО), признанный авторитет в области света, освещения, цвета и цветового пространства, стандартизировала чувствительность человеческого глаза к видимому свету, введя такое понятие как «стандартный наблюдатель». Стандартный наблюдатель обладает нормальной чувствительностью глаза к видимому свету при определенных условиях, установленных стандартом.

*** Источники света прямого наблюдения, такие как трубки, панели и ленточные светильники, применяемые в крупномасштабных дисплеях, предназначены скорее для наблюдения, чем для освещения. Свет таких источников обычно измеряется в канделах на квадратный метр. Иногда эту единицу измерения называют «нит». В нитах измеряется яркость, то есть количество света, излучаемого определенной поверхностью или отражаемого от определенной поверхности.**



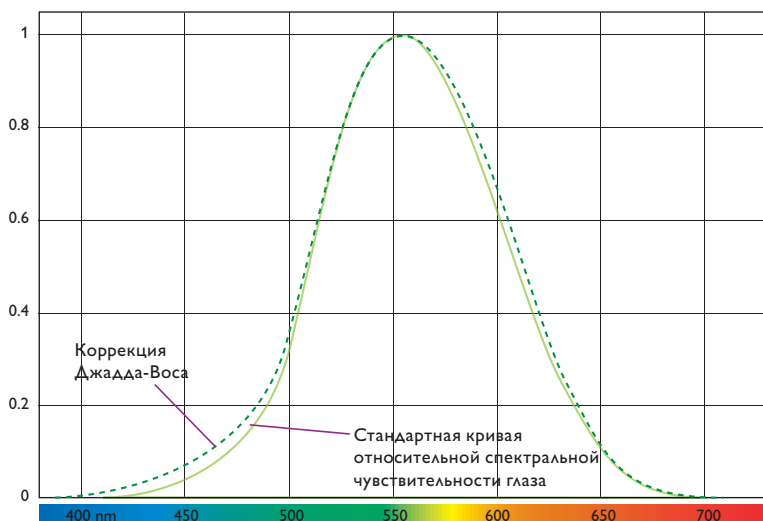
Световой поток рассчитывается с использованием кривой относительной спектральной световой эффективности. Следовательно, два источника света, имеющие одинаковую мощность, но излучающие свет с разными длинами волн, будут иметь разные значения светового потока в люменах.

Кривая относительной спектральной чувствительности глаза, которая используется в измерениях светового потока и других фотометрических измерениях, является кривой чувствительности глаза именно стандартного, а не произвольного наблюдателя. Измерения светового потока и другие фотометрические измерения являются, таким образом, аппроксимациями и идеализациями, которые могут успешно применяться для оценки и сравнений различных источников света.

Недостатки кривой относительной спектральной чувствительности глаза

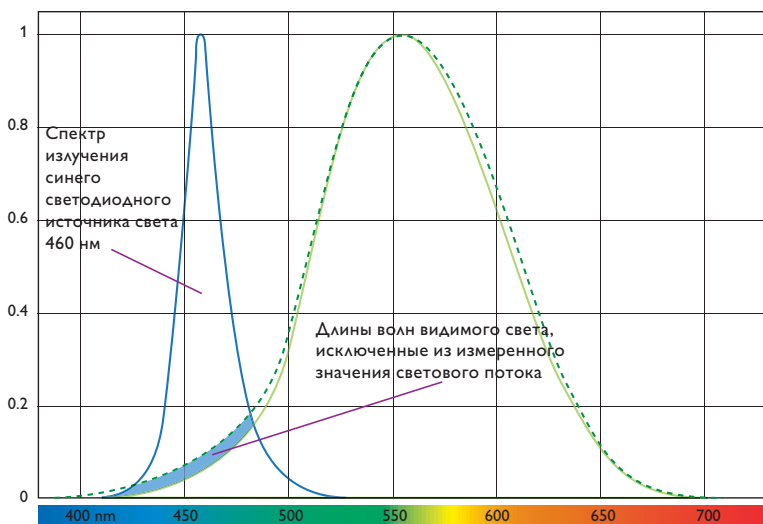
Хорошо известно, что кривая относительной спектральной чувствительности глаза недооценивает воспринимаемую интенсивность света с длинами волн, лежащими на синем краю спектра видимого света. В течение многих лет было предложено большое количество модификаций кривой относительной спектральной чувствительности глаза, хотя ни одна из них не получила всемирного признания. Например, коррекция Джадда-Воса подстраивает кривую чувствительности глаза для более точного представления нормальной чувствительности человеческого глаза, особенно для синего цвета.

Коррекция Джадда-Воса (см. следующую стр.) не вносит больших изменений в стандартную кривую относительной спектральной чувствительности глаза и имеет небольшой эффект при сравнении традиционных



Для повышения точности стандартной кривой относительной спектральной чувствительности глаза к свету с различными длинами волн были предложены ее различные корректировки, например, коррекция Джагга-Воса.

источников света друг с другом. Но коррекция может иметь большой эффект при измерении светового потока, излучаемого светодиодными источниками света и при сравнении их с традиционными источниками света.



Длины волн видимого света, исключенные из измеренного стандартным методом значения светового потока, могут привести к значительной недооценке воспринимаемой интенсивности некоторых светодиодов. Коррекция Джагга-Воса частично компенсирует этот эффект.

*** Насыщенные цвета** кажутся глазу более «яркими», чем менее насыщенные, даже при одинаковом световом потоке. Причина этого эффекта пока не установлена, и он не учитывается кривой относительной спектральной чувствительности глаза.

Традиционные источники света обычно излучают свет в широком диапазоне длин волн видимого света. Спектр излучения ламп накаливания обычно перекрывает весь диапазон длин волн видимого света. Люминесцентные источники света имеют спектры излучения с пиками, характеризующиеся интенсивным излучением в узких диапазонах длин волн и меньшей интенсивностью в остальной части спектра. Это связано с наличием спектральных линий

ртути, которая отсутствует в светодиодах.

Одноцветные светодиоды обычно излучают свет в одном узком диапазоне длин волн, что усугубляет недостатки кривой относительной спектральной чувствительности глаза. Например, вычисленное значение светового потока для синего светодиода с пиком на длине волны около 460 нм не учитывает значительную часть видимого света, испускаемого светодиодом.

Фактически недостатки кривой чувствительности глаза могут привести к получению заниженных значений воспринимаемого светового потока, излучаемого светодиодными источниками света, особенно для синих светодиодов. Воспринимаемая интенсивность светодиодных световых приборов может быть больше, а в некоторых случаях – намного больше той, которая для них указывается.

Относительное и абсолютное фотометрирование и КПД светового прибора

Несмотря на все недостатки использования понятия «световой поток» для точной оценки воспринимаемой интенсивности некоторых светоди-

одных источников света, оно широко применяется в светотехнической промышленности. При проведении сравнительного анализа средств освещения часто приходится сравнивать указываемый производителем световой поток светодиодных световых приборов с указанным световым потоком традиционной светотехники. Для выполнения правильных сравнений необходимо понять различия в методах получения и



20-гюймовый светометрический шар
Labsphere LMS-200.

представления фотометрических данных для традиционных и светодиодных световых приборов. Учитывая эти различия, можно избежать ошибок при интерпретировании и сравнении фотометрических данных для традиционного и светодиодного оборудования.

Традиционные осветительные приборы испытываются методом относительного фотометрирования, при котором светильники и установленные в них лампы испытываются по отдельности. Испытания ламп и испытания светильников настолько отличаются друг от друга, что фотометрирование ламп и фотометрирование светильников являются разными инженерными специальностями с собственными стандартами и методиками. Полный световой поток и цветность (цвет) ламп, используемых в светильниках, обычно измеряются с использованием фотометрических шаров, а распределение силы света и коэффициент полезного действия (КПД) светильников – с помощью гониофотометров, которые также позволяют измерять световой поток.

При относительном фотометрировании световой поток ламп, используемых в светильниках, используется в качестве эталона, при этом световой поток светильника измеряется относительно этого эталона. Определенная часть светового потока, излучаемого лампами светильника, загорается или поглощается корпусом светильника, поэтому полный световой поток светильника всегда выражается в процентах от общего светового потока ламп. Эти проценты и составляют КПД светового прибора.

Так как светодиоды обычно неотделимы от световых приборов, в которых они используются в качестве источников света, относительное фотометрирование непригодно для измерения светового потока этих приборов. Для испытаний светодиодных световых приборов используется абсолютное фотометрирование. Утвержденные процедуры и условия испытаний для абсолютного фотометрирования указаны в документе «Электрические и фотометрические измерения твердотельных осветительных изделий» (Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products, публикация IES LM-79-08), выпущенном IESNA в начале 2008 г.

При абсолютном фотометрировании измеряется только световой поток светильника, а не установленных в нем ламп, так как измерение характеристик светодиодов отдельно от светильника является невозможным и бессмысленным. Следовательно, и понятие КПД светового прибора, представляющего собой отношение светового потока светильника

ЗОНАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКА

Зона	Люмены	% потока лампы	% потока светового прибора
0-30	113	12.1	19.6
0-40	199	23.1	34.6
0-60	382	44.4	66.3
0-90	534	62.1	92.8
90-120	38	4.4	92.8
90-130	40	4.7	7.0
90-150	41	4.8	7.2
90-180	41	4.8	7.2
0-180	575	66.9	100.0

Для сравнения световых потоков традиционных и светодиодных осветительных приборов следует использовать количество люменов, испускаемое традиционным световым прибором с учетом его КПД.

к световому потоку его ламп, применительно к светодиодному оборудованию не имеет смысла. Другими словами, КПД светодиодных световых приборов, в которых светодиоды являются неотделимыми компонентами, всегда равен 100%.

Светотехнические консультанты и разработчики систем освещения иногда ошибочно сравнивают полный световой поток лампы традиционного светильника с полным световым потоком светодиодных световых приборов. Для правильного сравнения необходимо уменьшить измеренное количество люменов лампы, умножив его на КПД светильника. Это уменьшение светового потока обычно учитывается в таблицах зонального распределения светового потока.

Например, для монтируемых под навесными шкафами люминесцентных светильников серии Slique T2 SQ, разработанных компанией Alkco, указывается 860 лм для двух ламп T2, установленных в светильнике. Однако в таблице зонального распределения светового потока указывается его значение 575 лм, так как светильник излучает только 66,9% всего светового потока используемых в нем ламп ($66,9\% \text{ от } 860 = 575$)¹⁴. Это означает, что 33,1% света, произведенного лампами светильника, теряется внутри корпуса светильника. При выполнении сравнения монтируемого под навесным шкафом люминесцентного светильника Slique T2 с монтируемым под шкафом светодиодным светильником, предназначенным для аналогичной области применения, следует сравнивать световой поток светодиодного светильника со световым потоком светильника Slique T2, а не с указанным производителем световым потоком установленных в нем ламп.

Линзы, светофильтры, экраны и другие источники потерь

Количество света, создаваемого световым прибором на рабочей поверхности, зависит не только от светового потока самого прибора, но и от ряда других факторов. К ним относятся размещение прибора в пространстве, расстояние до освещаемой поверхности и потери света в результате фокусировки, фильтрации, экранирования и других вспомогательных приемов, используемых для направления или видоизменения излучения источника света.

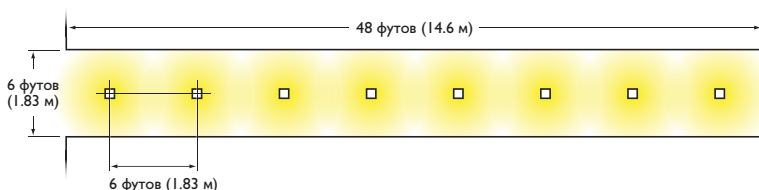
Светодиодные источники света изначально являются направленными, и это минимизирует потери, связанные с фокусированием и экранированием света. Поскольку светодиоды испускают цветной свет, устраняются потери, связанные с использованием светофильтров для изменения цвета или распределения света, излучаемого традиционными источниками света.



Фильтры могут задерживать значительный процент светового потока, излучаемого светотехникой. Некоторые синие и красные светофильтры могут задерживать до 96% светового потока, излучаемого традиционными прожекторами 15. Светодиодные прожекторы, такие как ColorReach™ Powercore (см. фото), освещающие Королевскую военную академию в г. Бреда (Голландия), позволяют естественным образом получать интенсивный насыщенный цвет без использования светофильтров.

Пример общего освещения: потолочные светильники

Клиент обратился к вам за помощью в выборе светильников для освещения коридоров в новом офисе и хочет, чтобы вы изучили возможность установки светодиодных потолочных светильников как альтернативу КЛЛ с точки зрения экономичности в потреблении электроэнергии и обслуживании, однако сомневается, что «яркость» светодиодных светильников будет достаточной.



Вы понимаете, что «яркость» является субъективной оценкой, а клиент фактически говорит о световом потоке, выраженном в люменах. При сравнении светового потока некоторых типичных светодиодных потолочных светильников и аналогичных светильников с лампами накаливания или люминесцентными лампами оказывается, что светодиодные светильники уступают традиционным. Вам известно, что следует скорректировать световой поток с учетом КПД светильника и других потерь, и главным параметром для применения светильника является не его «яркость», а количество «полезного света», доставляемого светильником на рабочую поверхность, расположенную от него на определенном расстоянии.

Согласно информации, указанной в Справочной книге Светотехнического общества Северной Америки (The IESNA Lighting Handbook), для коридоров, вестибюлей и других мест общего пользования в офисах оптимальным является уровень освещенности 5–10 фут-кандел (50–100 лк). Рабочей поверхностью для таких помещений является плоскость, расположенная на расстоянии 30 дюймов (0,75 м) над полом. Любой монтируемый на потолок светильник, способный обеспечить на этой плоскости освещенность 10 фут-кандел (100 лк), подходит для этой области применения.¹⁶

eW Downlight Powercore – это монтируемый на поверхность излучающий вниз светильник, разработанный компанией Philips Color Kinetics. Согласно заявленным характеристикам, световой поток светильника eW Downlight Powercore равен 405–527 люменов в зависимости от цветовой температуры и ширины пучка света. Сравнимый по характеристикам излучающий вниз светильник с КЛЛ имеет полный световой поток 860 лм, создаваемый двумя 13-ваттными лампами T4. По информации, опубликованной организацией National Lighting Product Information Program (Национальная Программа Информации о Светотехнической Продукции – NLRPI – независимым исследовательским центром, занимающимся вопросами освещения и предоставляющим специалистам в области освещения объективную информацию, полученную в процессе испытаний), КПД этих светильников с КЛЛ равен 50,1%.¹⁷ Это означает, что фактический световой поток, излучаемый светильниками с КЛЛ, примерно соответствует световому потоку светильников eW Downlight Powercore.



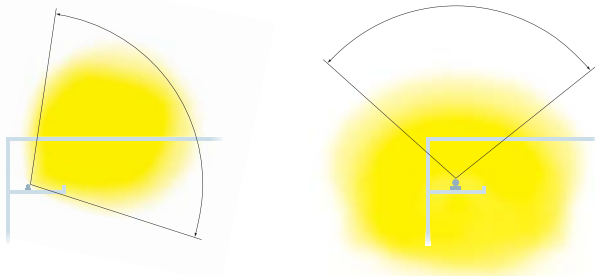
Визуализация: Кристель Мак-Кенна (Kristin McKenna)

Модель архитектурной студии, иллюстрирующая освещение чертежных столов, которые являются целевыми освещаемыми объектами. Для этой области применения требуется уровень освещенности на рабочей поверхности около 50 фут-кандел (500 лк).

В NLRIP была создана модель коридора для измерения уровней освещенности, обеспечиваемых с помощью излучающих вниз светильников с КЛЛ и других сравнимых по характеристикам светильников. Результаты испытаний показали, что монтируемые на потолке высотой 9 футов (3 м) светильники с КЛЛ обеспечивают на рабочей поверхности среднюю освещенность, равную 11 фут-кандел (110 лк). Согласно заявленным данным, светильники eW Downlight Powercore могут обеспечивать среднюю освещенность, равную 15 фут-кандел (150 лк) на расстоянии 9 футов, при использовании узкого пучка света. Таким образом, светильники eW Downlight Powercore дают больше света в этой области применения, чем светильники с КЛЛ. Другими преимуществами светодиодных излучающих вниз светильников являются полезный срок службы, в 10-20 раз превышающий срок службы светильников с КЛЛ, и 40%-ное сокращение потребления электроэнергии (15 Вт вместо 26 Вт).

Пример отраженного освещения: светильники направленного света

Светодиодные светильники со встроенной оптикой и устройствами фокусировки могут направлять свет на целевые освещаемые объекты более эффективно, чем люминесцентные лампы и лампы накаливания, которые излучают свет во всех направлениях. Значительное количество света, излучаемого люминесцентной лампой или лампой накаливания, теряется в светильнике или загораживается его деталями, обратно поглощается лампой или излучается в ненужном направлении. У некоторых типов световых приборов (таких как потолочные излучающие вниз светильники, встраиваемые светильники отраженного света и светильники для установки под навесными шкафами) от 40 до 50% светового потока, излучаемого лампой, теряется до того, как свет выходит за пределы светильника.



Светодиодные светильники для световых карнизов с встроенными фокусирующими устройствами излучают все 100% своего светового потока (177 люменов) в пределах угла расхождения пучка, равного 110°. Люминесцентный светильник для светового карниза излучает 85% из создаваемых его лампами 700 люменов, что соответствует 182 люменам в телесном угле 110° – т.е. примерно такому же значению, как и у светодиодного прибора.

Для светодиодных светильников, излучающих свет в определенном направлении, не требуется отражателей и рассеивателей света, которые могут задерживать свет, и они могут более эффективно доставлять свет на целевую освещаемую область. Например, eW Cove Powercore, линейный светодиодный светильник, разработанный компанией Philips Color Kinetics, излучает свет в пределах телесного угла, равного 110°. При значении светового потока 177 лм на фут эта светотехника излучает гораздо меньше света, чем популярная лампа F32T8, которая излучает 700 люменов на фут. Однако анализ показывает, что eW Cove Powercore обеспечивает сравнимый уровень освещенности целевой освещаемой области.

С учетом всех потерь, около 85% люменов лампы F32T8 выходит из осветительной арматуры, что снижает световой поток до 595 люменов на фут. Однако эти 595 люменов излучаются во всех направлениях, то есть в телесном угле 360°. В любом телесном угле 110° содержится 30% светового потока, или 182 люмена, – почти столько же, сколько и у eW Cove Powercore. Так как светильник eW Cove Powercore включает в себя встроенную линзу и его корпус может поворачиваться в пределах 180°, это упрощает разработчикам и монтажникам осветительной арматуры нацеливание света в нужном направлении без использования внешних линз и рассеивателей, использование которых может привести к снижению светового потока осветительного прибора.

Качество света

Понятие «качество света» применяется как к цветному, так и к белому свету. Такие характеристики, как постоянство, насыщенность и точность цвета, относятся как окрашенному, так и к белому свету, но при этом для белого света, используемого для общего освещения, применяются и другие параметры. Двумя основными характеристиками качества белого света являются коррелированная цветовая температура (Тцв) и индекс цветопередачи. Коррелированная цветовая температура показывает, каким является белый свет – теплым (красноватым), нейтральным или холодным (голубоватым).

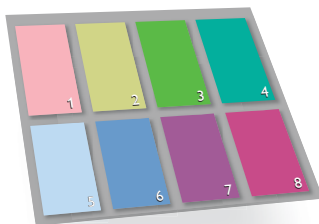
Индекс цветопередачи показывает, насколько хорошо источник света передает цвета освещаемых предметов. В настоящее время белые светодиоды имеют наиболее стабильные цветовые температуры, которые могут лежать в более широком диапазоне, чем у других источники света.

По своей способности точно передавать цвета белые светодиоды приближаются к традиционным источникам света, а зачастую и превосходят их.

Индекс цветопередачи и белые светодиоды

Индекс цветопередачи отражает способность источника света правильно передавать цвета различных объектов в сравнении с идеальным источником света. Этот параметр является количественным показателем качества воспроизведения цветовых оттенков по шкале от 0 до 100. По определению, индекс цветопередачи солнечного света или освещения лампами накаливания равен 100. Максимальное подобие воспроизводимых цветов по отношению к эталонному источнику света также соответствует значению индекса, равному 100.

МКО разработала тест, позволяющий измерить, как цвета восьми стандартных цветовых образцов, обозначенных R1–R8, меняются при освещении источником света по отношению к освещению эталонным источником света. Цвета восьми образцов имеют относительно низкую насыщенность и равномерно распределены по всему диапазону тонов. Некоторые производители осветительных приборов также используют образец R9, имеющий насыщенный красный цвет. Индекс цветопередачи, обозначаемый Ra, определяется по результатам измерений для всех образцов цвета.



Восемь стандартных цветовых образцов, используемых при традиционном способе определения индекса цветопередачи.

Обеспечивают ли светодиоды приемлемый индекс цветопередачи?

Минимально приемлемое значение индекса цветопередачи источника света зависит от области его применения:

- Значение индекса цветопередачи в диапазоне 90–100 требуется в торговых и производственных помещениях, в которых точная цветопередача является критично важной – например, в магазинах по продаже тканей и произведений искусства или в художественных студиях.
- Для большинства офисных, торговых, образовательных, медицинских и других рабочих и жилых помещений индекс цветопередачи должен быть не ниже 70–90.
- В производственных, охранных и складских помещениях, где точная цветопередача не имеет большого значения, могут использоваться источники света с минимальным индексом цветопередачи, равным 50.

Выпускаемые в настоящее время осветительные приборы с белыми люминофорными светодиодами имеют индекс цветопередачи 80 или

больше, что сравнимо с этим параметром у компактных люминесцентных ламп, кварцевых металлогалогенных ламп и некоторых холодно-белых люминесцентных ламп. Осветительные приборы на таких светодиодах имеют индекс цветопередачи, достаточный для большинства областей применения.

«Индекс цветопередачи» – не главный критерий при оценке белых светодиодов

Индекс цветопередачи в течение многих лет используется для сравнения ламп накаливания, люминесцентных и разрядных ламп высокого давления, тем не менее МКО пришла к выводу, что этот параметр не может исчерпывающим образом оценивать качество цветопередачи белых светодиодов (см. Технический отчет МКО 177:2007, Цветопередача белых светодиодных источников света – CIE Technical Report 177:2007, Color Rendering of White LED Light Sources).¹⁸

Выводы МКО основаны на фундаментальных исследованиях и экспериментах, показывающих, что наблюдатели оценивают качество освещения светодиодами значительно выше, чем можно ожидать, исходя из их расчетных значений индекса цветопередачи. Некоторые белые люминофорные светодиоды и белые полноцветные светодиоды RGB имеют значение индекса цветопередачи не выше 20. Однако, такой свет кажется людям более привлекательным.

Это несоответствие объясняется тем, что в стандартных методах измерения индекса цветопередачи используются источники света, которые имитируют излучение абсолютно черного тела – твердого тела, излучающего при нагревании свет определенного цвета, например, нити накала лампы накаливания – или дневной свет. Люминофорное покрытие многих люминесцентных ламп усовершенствовалось в течение многих лет, чтобы обеспечить высокое значение индекса цветопередачи, но это оказало незначительное влияние на видимое качество цветопередачи люминесцентных источников света.

* Подробное обсуждение технических вопросов, связанных с измерением индекса цветопередачи светодиодов, можно найти на англоязычном сайте Департамента энергетики США, посвященном твердотельным светодиодным источникам света:
www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/index.html.

Исследователи из Национального института стандартов и технологии (NIST) разрабатывают шкалу качества цвета (CQS), которая позволит лучше, чем индекс цветопередачи, измерять способность цветопередачи всех источников белого света, включая белые светодиоды. Согласно информации NIST, CQS оценивает различные аспекты качества цвета, включая цветопередачу, цветоразличение и предпочтения наблюдателя. В дополнение к нескольким другим рекомендациям, CQS заменяет 8

образцов цвета, которые используются в расчете индекса цветопередачи, 15 образцами цвета, более полно представляющими привычные цвета объектов и учитывающие спектральные характеристики светодиодов.¹⁹

CQS находится на стадии разработки и еще не одобрена различными светотехническими лабораториями, которые продолжают использовать стандартное определение индекса цветопередачи, несмотря на его известные недостатки. До принятия CQS или аналогичной альтернативной методики разработчики и дизайнеры должны лично, желательно на месте предполагаемой установки, проверять светодиодные источники с низким индексом цветопередачи, чтобы оценить их реальную цветопередачу.

Светодиоды и постоянство цвета

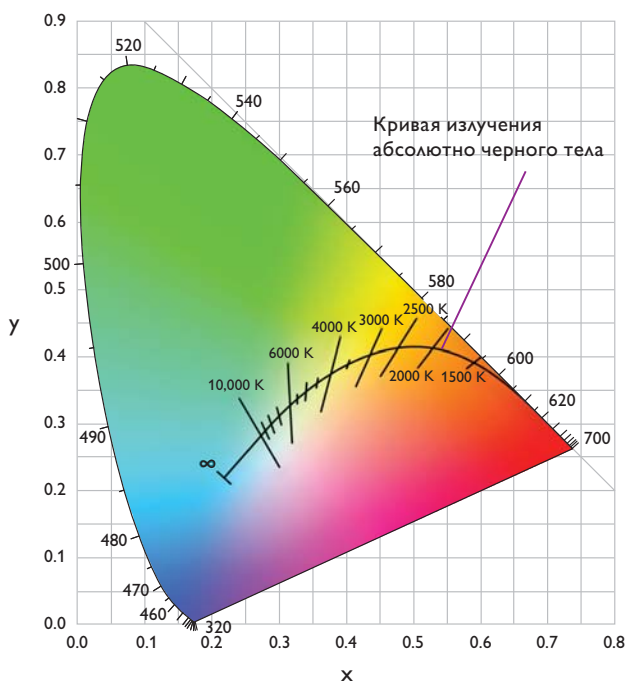
Постоянство цвета является показателем качества света как цветных, так и белых светодиодов. Для белого света применяется коррелированная цветовая температура ($T_{\text{цв}}$), значение которой показывает, каким воспринимается белый цвет: теплым (красноватым), нейтральным или холодным (голубоватым). Стандартное определение $T_{\text{цв}}$ допускает отклонения цветности, которые легко могут различаться наблюдателями даже при одинаковой $T_{\text{цв}}$. Поэтому обеспечить постоянство цвета является важнейшей задачей производителей светодиодов, которые разрабатывают методы строгого контроля над цветовыми характеристиками света.

Понятие коррелированной цветовой температуры

Говоря техническим языком, слово «температура» в понятии коррелированной цветовой температуры характеризует излучение абсолютно черного тела – твердого тела, обладающего определенными свойствами и находящегося в раскаленном состоянии. Она измеряется в градусах Кельвина (К), в которых обычно измеряется абсолютная температура. При повышении температуры черного тела цвет испускаемого им светового излучения изменяется следующим образом: красный – оранжевый – желтый – белый – голубой. Это напоминает кусок железа, который нагревается в кузнечном горне. Последовательность изменения цвета соответствует кривой в цветовом пространстве (см. диаграмму цветового пространства МКО 1931 ниже).

Лампа накаливания излучает свет с цветовой температурой приблизительно 2700 К, которая находится в теплой или красноватой области цветового пространства. Так как в лампе накаливания используется нить, которая накаляется при излучении света, температура нити является также цветовой температурой светового излучения.

* Абсолютно черное тело – это объект, который поглощает все падающее на него электромагнитное излучение. Поскольку абсолютно черное тело не отражает свет, оно выглядит черным. В природе не существует абсолютно черных тел, но некоторые металлы могут служить хорошим примером, т. к. максимально приближены к этому состоянию.



Кривая излучения абсолютно чёрного тела в цветовом пространстве МКО 1931 определяет диапазон цветовых температур, от теплого (красноватого) до холодного (голубоватого) света.

Спектральный анализ видимого света позволяет определить цветовую температуру источников света, отличных от ламп накаливания, таких как люминесцентные лампы и светодиоды. Фактическая температура светодиода, излучающего свет с цветовой температурой 2700 К, обычно равна приблизительно 80 °С, хотя светодиод излучает свет того же цвета, что и нить, нагретая до температуры 2700 К.

Из представленной выше диаграммы следует, что все источники света, измеренные значения цветности которых лежат на одной линии, проведенной перпендикулярно кривой излучения абсолютно черного тела, имеют одинаковую цветовую температуру. Однако при этом цветовые тона света, излучаемого источниками света с одинаковыми значениями $T_{\text{цв}}$, могут значительно отличаться друг от друга. По этой и по другим причинам производители светодиодов используют метод управления цветовыми вариациями (и другими характеристиками), известный как сортировка по бинам.

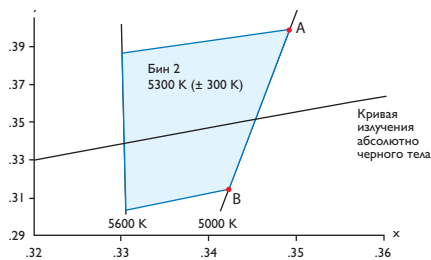
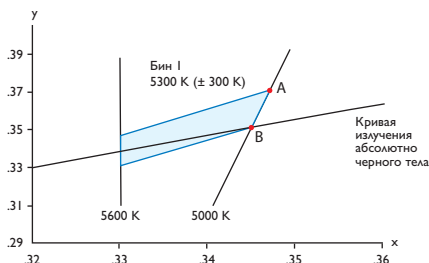
Залог стабильной цветности: сортировка светодиодов по бинам

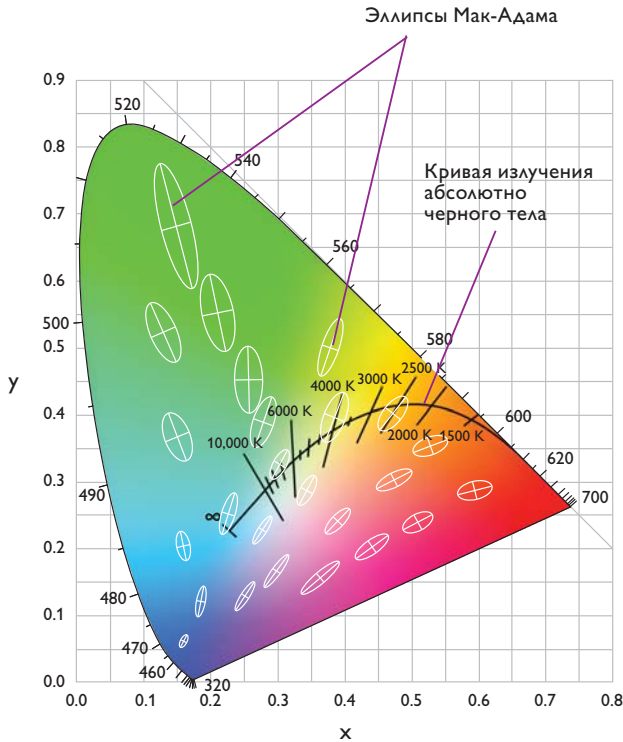
При изготовлении светодиоды отличаются по цвету, световому потоку и прямому напряжению. Так как эти различия значительны, параметры светодиодов измеряются, и светодиоды поставляются на рынок, отсортированными по подклассам, или бинам. Такая сортировка позволяет отобрать светодиоды, отвечающие указанным техническим условиям, например, выбрать светодиоды для светофоров, цвет которых отвечает европейскому стандарту.

Одной из основных задач производителей светотехники является такое деление светодиодов на бины, которое сводит к минимуму различие цветов между отдельными осветительными приборами или между партиями такой продукции.

Чтобы понять, как определяется бин, снова обратимся к диаграмме цветового пространства МКО 1931 и увеличим масштаб для кривой излучения черного тела. Изменения цветовой температуры располагаются на кривой излучения абсолютно черного тела, но изменения цвета светодиода располагаются также выше и ниже кривой излучения черного тела. Светодиоды, у которых цветовые координаты лежат выше кривой излучения абсолютно черного тела, имеют зеленоватый оттенок, а те, у которых ниже, – розоватый. На практике это означает, что указание цветовой температуры не обеспечивает одинаковый цвет. Например, две представленные ниже диаграммы иллюстрируют два гипотетических бина светодиодов, цветковая температура каждого из которых равна 5300 К, с отклонением ± 300 К. Бин 1 имеет некоторое отклонение цвета, так как его область лежит выше и ниже кривой излучения абсолютно черного тела. Отклонение в цвете у бина 2 в четыре раза больше, хотя он также соответствует указанной производителем цветовой температуре.

Порог, при котором разница цвета становится заметной, определяется эллипсом Мак-Адама. Эллипс Мак-Адама вычерчивается на диаграмме цветового пространства так, что цвет в центре эллипса отличается на определенную величину от цвета в любой точке на границе эллипса. Шкала эллипса Мак-Адама определяется стандартным порогом цветоразличения (SDCM). Разница цвета, соответствующая 1 единице SDCM,





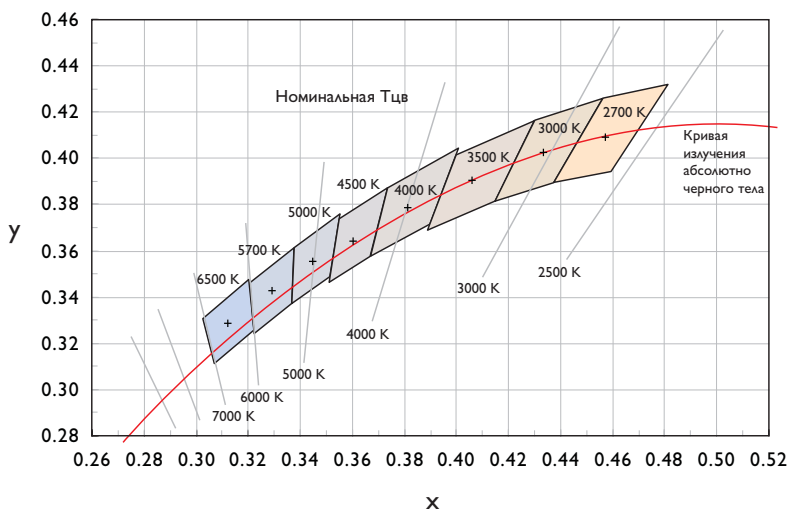
Примечание: для ясности эллипсы Мак-Адама, показанные на этой и других диаграммах, увеличены в 10 раз по сравнению с действительным размером.

не видна, от 2 до 4 единиц – едва видна, 5 и больше единиц – отчетливо видна. Размер и ориентация эллипсов Мак-Адама зависят от положения в цветовом пространстве (см. диаграмму выше), даже если каждый эллипс определяет одинаковое отклонение цвета в центре эллипса от цвета на границе эллипса.

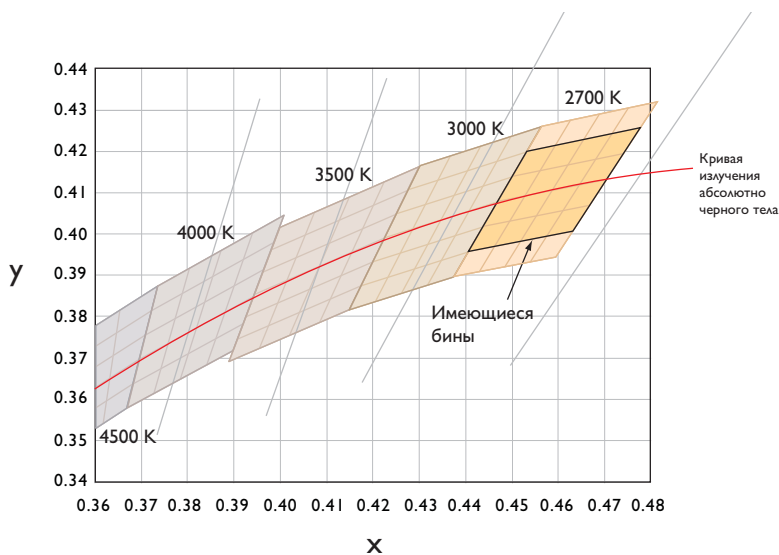
Стандарт цветности C78.377A, разработанный Американским национальным институтом стандартов (ANSI), определяет 8 номинальных значений Тцв, диапазоны цветов которых ограничиваются рамками, окружающими эллипсы Мак-Адама с 7 степенями.²⁰ Светодиоды, цвет которых соответствует указанному номинальному значению Тцв и цветовому диапазону, соответствуют стандарту.

Разница цвета в пределах областей, которые соответствуют стандартам

Стандарт ANSI C78.377A для Тцв	
Номинальная Тцв	Диапазон Тцв, К
2700 К	2725 ± 145
3000 К	3045 ± 175
3500 К	3465 ± 245
4000 К	3985 ± 275
4500 К	4503 ± 243
5000 К	5028 ± 283
5700 К	5665 ± 355
6500 К	6530 ± 510



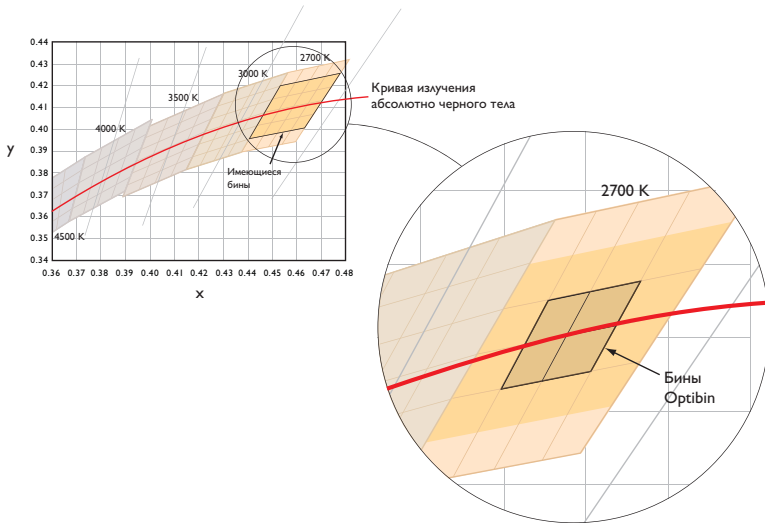
Тцв и цветности, легко заметна. Поэтому на практике производители светодиодов разделяют каждую область на несколько бинов. Например, компания OSRAM предлагает несколько бинов светодиодов с одной цветовой температурой. Каждый бин находится в пределах области, соответствующей стандарту ANSI для этой цветности. На диаграмме ниже приведен пример разбиения на бины для светодиодов OSRAM Golden DRAGON с цветовой температурой 2700 К.²¹



Хотя все 16 бинов, предлагаемых компанией OSRAM, соответствуют стандарту ANSI C78.377A для номинальной Тцв 2700 К, они отличаются по Тцв и цветовому тону.

Стандарт ANSI C78.377A является одним из шагов на пути к обеспечению постоянства цвета, однако некоторые производители светодиодных источников света используют стандарты, превосходящие ANSI C78.377A. Например, компания Philips Color Kinetics разработала математическую модель для сортировки под названием Optibin®, которая гарантирует одинаковый цвет излучения для отдельных осветительных приборов и партий осветительных приборов.

Допуски Тцв и цветового тона для светодиодных осветительных приборов в модели Optibin находятся в 4-единичном эллипсе Мак-Адама, а не в 7-единичном эллипсе, определенном в стандарте ANSI. Для того чтобы отличия цвета были практически незаметны, модель Optibin предписывает использовать светодиоды из бинов, которые расположены как можно ближе к кривой излучения абсолютно черного тела в пределах 4-единичного эллипса. Запатентованный алгоритм интеллектуально комбинирует светодиоды из разных бинов для каждой партии осветительных приборов, гарантируя одинаковый цвет излучения для осветительных приборов, закупаемых и поставляемых в разное время.



Выбор правильного белого цвета

Светодиоды могут изготавливаться в широком диапазоне цветовых температур, которые аппроксимируют цветовые температуры различных

несветодиодных источников света, дневного и солнечного света. Чтобы выбрать правильную цветовую температуру для конкретной области применения, необходимо учесть множество факторов.

Определенные цветовые температуры, соответствующие свету от тепло до холодного, ассоциируются с определенными источниками света и обстановкой. Цветовая температура также влияет на эмоциональное воздействие пространства и может сильно изменять внешний вид предметов, выставленных в магазинах, галереях и музеях. Правильный выбор цветовой температуры позволяет подобрать источник света, соответствующий обстановке, может положительно повлиять на поведение покупателя и повысить производительность труда на рабочем месте.

Цветовая температура теплого света



Цветовая температура холодного света



Светодиодные светильники белого света с фиксированной цветовой температурой могут легко заменить большинство традиционных источников света. В настраиваемых светодиодных светильниках белого света цветовая температура может регулироваться прямо во время работы при помощи контроллеров освещения.

Настраиваемый белый свет идеален для освещения сменных витрин в магазинах, для изменения обстановки в общественных местах (например, различных схем утреннего, вечернего и ночного освещения), а также для применения в театрах и студиях, когда требуется изменять уровни и оттенки белого света.

Эффект, атмосфера и область применения в зависимости от цветовой температуры					
Цветовая температура	Теплый свет, 2700 К	Белый свет, 3000 К	Нейтральный свет, 3500 К	Холодный свет, 4100 К	Дневной свет, 5000–6500 К
Эффекты и атмосфера	Теплая Уютная Открытая	Дружеская Интимная Индивидуальная	Дружеская Располагающая Безопасная	Ясная Чистая Продуктивная	Яркая Тревожная Подчеркивающая цвета
Области применения	Рестораны Вестибули гостиниц Бутики Жилые помещения	Библиотеки Офисные помещения Магазины	Выставочные залы Книжные магазины Офисные помещения	Офисные помещения Классные комнаты Супермаркеты Больницы	Галереи Музеи Ювелирные магазины Помещения для медицинских осмотров

Полный диапазон цветовых температур

Подобно люминесцентным источникам, светодиоды могут обеспечить весь диапазон цветовых температур света: теплый, нейтральный, холодный, дневной. Хотя в одной осветительной установке обычно не рекомендуется использовать различные типы источников света, при модернизации освещения светодиоды могут заменять люминесцентные и галогенные лампы, а также лампы накаливания и металлогалогенные лампы.

Настраиваемые светильники белого света, такие как, например, из серии IntelliWhite®, разработанные компанией Philips Color Kinetics, позволяют получить разную цветовую температуру в одном осветительном приборе.

Источники света и их цветовая температура					
Цветовая температура	Люминесцентный	Галогенный	Лампа накаливания	Светодиод	Металлогалогенный
Теплый свет, 2700 К	✓		✓	✓	
Белый свет, 3000 К	✓	✓		✓	✓
Обычный свет, 3500 К	✓			✓	
Холодный свет, 4100 К	✓			✓	✓
Дневной свет, 5000–6500 К	✓			✓	

Световая отдача светодиодных приборов

Световая отдача (светоотдача), или энергоэффективность светового прибора, – это количество света (в люменах), производимого на единицу потребляемой электроэнергии (в ваттах): лм/Вт.

Самой высокой светоотдачей обладают красные светодиоды и светодиоды, излучающие холодный белый свет (голубоватый) с цветовой температурой 5000 К и выше. По состоянию на конец 2009 г. светодиоды значительно превосходят по светоотдаче лампы накаливания и сравнялись по этому показателю с большинством типов люминесцентных ламп. Светодиоды, излучающие теплый белый свет с цветовой температурой 2600–3500 К, приближаются по светоотдаче к КЛЛ и продолжают постоянно совершенствоваться. В лабораторных условиях уже достигнута световая отдача, равная 150 лм/Вт, а у лучших светодиодов, изготовленных в промышленных условиях, она достигает 100 лм/Вт. Максимальная светоотдача современных светодиодных световых приборов достигает и даже превышает уровень 50 лм/Вт.

* Световая отдача и КПД

Светоотдача и КПД – это два разных параметра, характеризующих работу светового прибора, которые часто путают между собой. КПД – это отношение количества люменов, от светильника традиционного типа, к количеству люменов, излучаемых лампой. Световая отдача – это световой поток в люменах, излучаемый на единицу потребляемой электроэнергии в ваттах. Следует помнить, что светоотдача показывает, сколько света производит световой прибор на единицу потребленной электроэнергии, а КПД – каковы потери света в приборе.

Сравнение светоотдачи светодиодных и традиционных световых приборов

Для правильного сравнения световой отдачи светодиодного и традиционного осветительного оборудования необходимо учитывать энергоэффективность всей системы, включающей источник света, блок питания, балласт, электронику, корпус прибора и оптику. При установке в световой прибор световая отдача как светодиодов, так и обычных ламп, значительно снижается. Как правило, это происходит по одним и тем же причинам.

Люминесцентные лампы и другие разрядные источники света требуют использования балластов для обеспечения напряжения зажигания и для ограничения тока лампы. Для светодиодов требуются драйверы и другие электронные устройства для преобразования сетевого напряжения в напряжение, при котором могут работать светодиоды, а также для управления электрическим током, регулирования светового потока и цветности излучения. Как правило, КПД светодиодных драйверов составляет около 85%. Только по одной этой причине указанная производителем светоотдача светодиода, установленного в световой прибор, должна быть уменьшена приблизительно на 15%.²² Фокусирующие приспособления, рабочие температуры и другие факторы также

приводят к снижению световой отдачи светодиодов. Световая отдача несветодиодных источников света также должна быть уменьшена с учетом потерь в корпусе светового прибора, наличия линз, светофильтров и т. п.

Практические примеры

Световая отдача для потолочного излучающего вниз светильника на основе КЛЛ равна 72 лм/Вт, но потери света, возникающие при установке лампы в светильник, приводят к ее уменьшению на 67%. В результате этого световая отдача светильника составляет 24 лм/Вт. Светоотдача светодиодного излучающего вниз светильника равна 66 лм/Вт, но потери также приводят к снижению на 49%. В результате этого световая отдача светодиодного светильника составляет 34 лм/Вт, – этот показатель выше, чем у традиционного с КЛЛ.

Номинальная светоотдача КЛЛ с цветовой температурой 4000 К, используемой в световом приборе для освещения стен, находится в пределах 85–90 лм/Вт. Потери в светильнике составляют 62%, в результате чего реальная светоотдача составляет приблизительно 34 лм/Вт. Таким образом, этот параметр светильника с КЛЛ сравним со световой отдачей

светодиодных световых приборов для подсветки стен с цветовой температурой 4000 К, которая составляет приблизительно 35 лм/Вт.

В таблице ниже приведены исходные значения световой отдачи ламп и источников света для различных типов световых приборов. Общие потери света складываются из потерь в осветительной арматуре, балластах, драйверах, фокусирующих устройствах и т. п. В таблице также представлены значения общей светоотдачи световых приборов. Исходная световая отдача монтируемого на поверхность светодиодного излучающего вниз светильника самая низкая (в этом примере используется eW Downlight Powercore, разработанный компанией Philips Color Kinetics). Однако его общая светоотдача превосходит энергоэффективность асимметричного линейного люминесцентного светильника и соответствует этому параметру у встраиваемого излучающего вниз светильника с КЛЛ.

Световой прибор	Исходная светоотдача	Потери	Общая светоотдача
Асимметричный люминесцентный светильник для подсветки стен	80 лм/Вт	62%	30 лм/Вт
Встраиваемый излучающий вниз светильник с КЛЛ	72 лм/Вт	47%	34 лм/Вт
Монтируемый на поверхность светодиодный излучающий вниз светильник	66 лм/Вт	49%	34 лм/Вт
Встраиваемый люминесцентный светильник отраженного света	68 лм/Вт	25%	51 лм/Вт
Подвесной люминесцентный светильник прямого/отраженного света	74 лм/Вт	20%	59 лм/Вт

Источник: Департамент энергетик США

Минимизация энергопотребления в выключенном состоянии

Одним из факторов, которому зачастую не придается должного значения, но который может значительно снизить световую отдачу системы, является энергопотребление светильника в выключенном состоянии. Электроэнергия расходуется в выключенном состоянии, когда выключатели или регуляторы находятся в цепи между блоком питания или трансформатором и светильником. При таком подключении трансформатор продолжает потреблять электроэнергию даже тогда, когда световой прибор выключен. Мощность, потребляемая трансформатором при выключенном световом приборе, может превосходить 2 Вт²³, а потери от этого могут составлять до 20% общего энергопотребления системы.

Данная проблема отсутствует у светодиодных приборов, запитываемых непосредственно от электросети. Примером таких светильников служат светильники eW Profile Powercore производства компании Philips Color Kinetics, где силовая часть интегрирована в электронику прибора и поэтому расположена после выключателей или диммеров.

Почему необходимо отводить тепло

Ошибочно полагать, что светодиоды не генерируют тепла. Несмотря на то, что светодиоды и не излучают его в потоке света (т. е. обладают холодными пучками света), они все же вырабатывают тепло.

Как и другие источники света, светодиоды преобразуют электрическую энергию в энергию излучения и генерируют тепло. Отношение тепловой энергии к энергии излучения зависит от потребляемой мощности и эффективности системы. Лампы накаливания вырабатывают большое количество инфракрасного (ИК) излучения и выделяют большое количество тепла. При этом они излучают малое количество видимого света. Люминесцентные и металлогалогенные лампы производят не только большее количество видимого света, но и большое количество ИК- и ультрафиолетового (УФ) излучения, а также много тепла. Как это ни странно, светодиоды преобразуют относительно небольшую часть электроэнергии в энергию излучения – примерно столько же, сколько металлогалогенные и люминесцентные лампы – но так как они излучают очень малое количество ИК- и УФ-излучения, то доля (в процентном отношении) видимого света, испускаемого светодиодами, сравнима с такой же долей у металлогалогенных и люминесцентных ламп и превосходит ее у ламп накаливания.

В таблице ниже приведены сравнительные данные о долях (в процентном отношении) потребляемой мощности, преобразуемых в энергию излучения и в тепло светодиодами и некоторыми традиционными источниками света. Эти данные относятся к источникам белого света.²⁴

Доли потребляемой энергии, преобразуемые в энергию излучения и тепло светодиодами и традиционными источниками света				
	Светодиод	Лампа накаливания	Люминесцентная лампа	Металлогалогенная лампа
Видимый свет	15–25%	8%	21%	27%
ИК	~0%	73%	37%	17%
УФ	0%	0%	0%	19%
Тепло	75–85%	19%	42%	37%

Источник: Департамент энергетики США

Эффективный отвод тепла является очень важным фактором для обеспечения нормальной работы светодиода, так как сильный нагрев снижает световой поток светодиода и уменьшает его полезный срок службы. Для нормальной работы светодиодного источника света от него должно отводиться генерируемое в нем тепло. В правильно сконструированных световых приборах применяются эффективные радиаторы и другие теплоотводящие и конвекционные устройства, удаляющие тепло от светодиодных источников света и рассеивающие его в окружающем пространстве.

Температура р-п-перехода

Одной из важнейших характеристик светодиода является температура р-п-перехода, которая часто обозначается как T_j . Как было описано в главе 2, р-п-переход является тем местом в светодиоде, где электрическая энергия (энергия электронов) преобразуется в видимый свет (фотоны) и в тепло. При увеличении температуры р-п-перехода световой поток и срок службы светодиода уменьшаются.

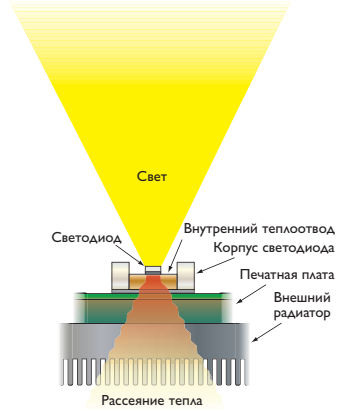
На температуру перехода светодиода влияют три фактора: ток возбуждения, теплоотвод и окружающая температура. Как правило, чем выше ток возбуждения, тем выше температура перехода. Количество тепла, которое может быть отведено, зависит от окружающей температуры и конструкции устройства отвода тепла от светодиода в среду, окружающую световой прибор.

Обычно мощные светодиодные осветительные приборы включают в себя излучатель, печатную плату и теплоотвод. Излучатель припаявается к печатной плате. Он включает полупроводниковый кристалл, оптику и теплоотвод, с помощью которого тепло отводится от полупроводникового кристалла. В большинстве светодиодных световых приборов используются печатные платы с алюминиевой подложкой (MCPCB).

Через печатную плату с алюминиевой подложкой тепло передается с теплоотвода светодиода на внешний радиатор, на котором установлена печатная плата. Через внешний радиатор, закрепленный на корпусе светового прибора или конструктивно совмещенный с ним, тепло отводится в окружающее пространство. При отсутствии или блокировке внешнего теплоотвода светодиода, находящиеся внутри светового прибора, выйдут из строя за считанные минуты.

Влияние температуры р-п-перехода на световой поток

Производители измеряют световой поток выпускаемых ими светодиодов при использовании импульса тока длительностью 15–20 мс при фиксированной температуре перехода, равной 25 °С. Температура перехода светодиода в правильно сконструированном светодиодном световом приборе при нормальной работе с установленными теплоотводящими устройствами обычно находится в диапазоне 60–90 °С или даже может превышать это значение. Так как рабочая температура перехода почти всегда больше 25 °С, то установленные в световом приборе

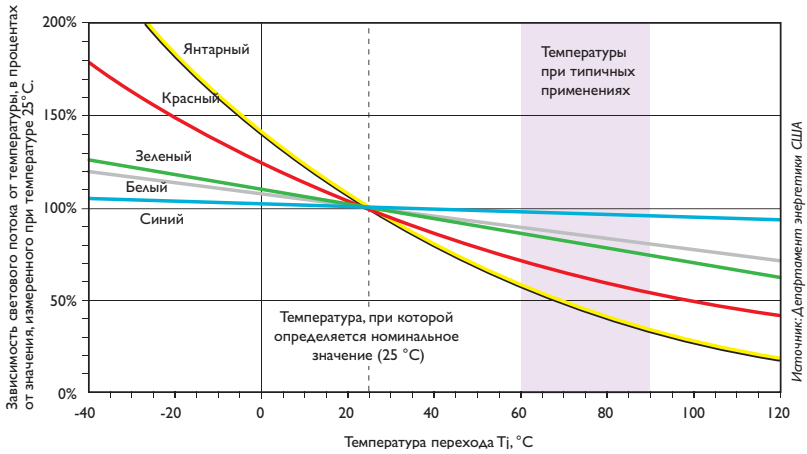


Отвод тепла в правильно сконструированном светодиодном световом приборе. Радиаторы и другие устройства отвода тепла проводящего и конвекционного типа отводят тепло от светодиодов.

* Повышение температуры перехода может вызвать цветовой сдвиг излучения светодиода. Это явление обычно заметно только у янтарных светодиодов, наиболее чувствительных к изменениям температуры перехода. Хотя этот цветовой сдвиг мал, его необходимо контролировать в тех случаях, когда цвет излучения светодиода должен строго соответствовать стандартам – например, в случае использования в светофорах.

светодиоды излучают как минимум на 10% меньше света, чем указывают их производители, если дополнительно не предоставлены данные для более высоких температур перехода.

На графике ниже показано, какое влияние оказывает повышение температуры перехода на световой поток светодиодов разных цветов. Янтарные и красные светодиоды наиболее, а синие – наименее чувствительны к изменениям температуры перехода.²⁵



Влияние температуры p-n-перехода на полезный срок службы

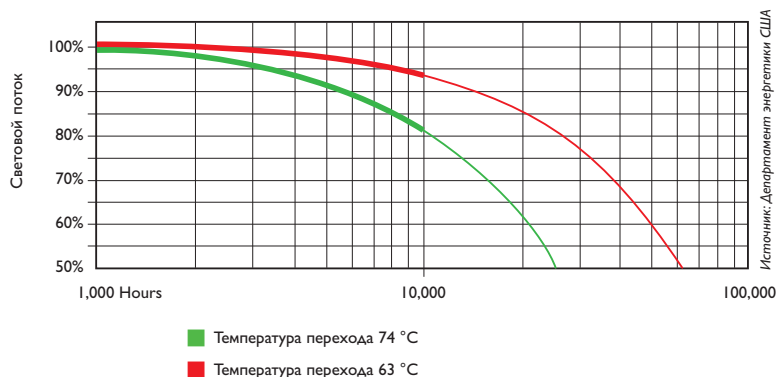
Непрерывная работа светодиода при высокой температуре перехода

значительно сокращает полезный срок службы светодиодного светового прибора. На графике ниже показана зависимость светового потока светодиода от времени его работы для двух светодиодов, работающих при одинаковом токе возбуждения, но при разных температурах перехода. Зависимости были получены на основании данных измерений, выполнявшихся в течение 10 000 часов работы светодиода. На графике также показан прогноз до 100 000 часов работы. При повышении температуры перехода на 11 °C

* Правильно сконструированные светодиодные световые приборы содержат схемы контроля температуры и термозащиты, которые уменьшают яркость или выключают осветительный прибор, когда он нагревается до слишком высокой температуры. Устройство автоматического включения восстанавливает нормальную работу после того, как температура перехода снижается до безопасного уровня или по истечении установленного периода времени.

оценочное значение полезного срока службы уменьшается на 57%, с 37 000 до 16 000 часов.²⁶

Производители постоянно повышают срок службы светодиодов при высоких рабочих температурах. Например, в опубликованной в июле 2009 года информации о стабильности белого светодиода Cree XLamp XR-E, гарантируется сохранение светового потока на уровне 70% от исходного значения в течение срока службы более 50 000 часов при токе возбуждения 700 мА, температуре перехода 110 °С и температуре окружающей среды 45 °С.²⁷



Полезный срок службы: стандарт LM-80, стабильность светового потока и срок службы светодиодных световых приборов

Так же как и в случае фотометрических измерений, таких как измерение светового потока и световой отдачи, расчеты срока службы для светодиодных и традиционных источников света существенно отличаются друг от друга. Чтобы правильно сравнить их, необходимо понимать эти различия и проанализировать приводимые справочные значения.

Испытание осветительного прибора на срок службы на первый взгляд может показаться простым, а именно: включить и выяснить, сколько времени он будет работать. Но измерения и оценка не являются простой задачей, особенно для светодиодных источников света. Современные методы испытаний традиционных источников света (ламп накаливания, люминесцентных ламп, разрядных ламп высокого давления, натриевых ламп низкого давления и т. д.) тщательно проработаны и хорошо понятны. Метод испытания на срок службы для светодиодных источников света является сравнительно новым и, соответственно, менее понятным.

В данном разделе объясняется, как интерпретировать расчеты полезного срока службы для отдельных и встроенных в световые приборы светодиодных источников света, а также предлагается метод для выполнения

правильных сравнений традиционных осветительных приборов со светодиодными.

Номинальный срок службы традиционных источников света

В утвержденных методах испытания на срок службы традиционных источников света требуется измерить и указать значение номинального срока службы лампы. Эти методы опубликованы Светотехническим обществом (IES) в различных официальных изданиях. Например, стандарт LM-65-01 определяет процедуры испытаний для определения срока службы компактных люминесцентных ламп (КЛЛ), а LM-49-01 – процедуры испытаний для определения срока службы ламп накаливания. LM-65-01 и LM-49-01 были разработаны и начали использоваться в 2001 году, и заменили старые стандарты, опубликованные соответственно в 1991 и в 1994 году.

** Время работы традиционных источников света обычно выражается номинальным сроком службы – средним временем выхода из строя статистически обоснованной выборки ламп.*

Оба этих стандарта устанавливают условия испытаний, размеры выборки и методы обработки данных, полученных при испытаниях, для получения номинальных значений срока службы. Для КЛЛ стандарт LM-65 определяет статистически обоснованный размер выборки образцов, которые должны испытываться при температуре окружающей среды 25 °С с циклом длительностью три часа во включенном состоянии и 20 минут в выключенном состоянии (так как срок службы КЛЛ зависит от количества ее включений и выключений). Время, через которое половина ламп выходит из строя, является номинальным средним сроком службы лампы.

Для ламп накаливания стандарт LM-49 определяет статистически обоснованный размер выборки образцов, которые должны испытываться в указанном производителем диапазоне рабочих температур и напряжений. Лампы могут охлаждаться до температуры окружающей среды один раз в сутки (обычно на время от 15 до 30 минут). Так же как для КЛЛ, номинальным средним сроком службы лампы является время, по истечении которого половина ламп продолжает работать.

Стабильность светового потока и его спад во времени

В сентябре 2008 года IES выпустила стандарт Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources (Измерение стабильности светового потока светодиодных источников света), публикация IES LM-80-08. Стандарт LM-80 – это «светодиодный» аналог LM-65, LM-49 и других стандартов на испытания традиционных источников света, но принципиально отличается от них, что иногда сбивает с толку.

Вместо измерения номинального срока службы лампы стандарт LM-80 предписывает измерять, насколько снижается световой поток

светодиодного источника через определенное количество часов его работы. Это значение описывает термин «спад светового потока».

Обратным по отношению к спаду светового потока является понятие стабильности светового потока. Термин «стабильность светового потока» является промышленным стандартом для обозначения доли светового потока, сохраняемой источником света в течение указанного времени, выраженной в процентах от исходного светового потока».

Световой поток, излучаемый всеми электрическими источниками света, с течением времени снижается, в частности, приложения к стандартам LM-65 и LM-49 посвящены спаду светового потока ламп накаливания и КЛЛ с течением времени. В случае ламп накаливания спад светового потока вызван уменьшением диаметра нити накала и осаждением частиц испаренного вольфрама на внутренних стенках колбы. Лампы накаливания обычно теряют 10–15% своего исходного светового потока в течение среднего срока службы, равного 1 000 часов. В люминесцентных лампах

***** *Стабильность светового потока – это ставший промышленным стандартом термин, означающий процент исходного светового потока, который источник света сохраняет в течение определенного времени.*



Photography: Darius Kuznickas

Центр международной торговли в г. Лас-Вегас, штат Невада. Здесь используется более 8 000 футов (2438,4 м) линейных светодиодных светильников eW Cove Powercore производства компании Philips Color Kinetics для освещения атриума в здании С, имеющего сложную геометрию. Светодиодные световые карнизы отраженного света в таких зданиях имеют преимущества над аналогичной подсветкой с использованием традиционных источников света. Полезный срок их службы до 70 000 часов и очень низкая степень отказов: светодиодные светильники для световых карнизов гарантируют надежное освещение в течение многих лет без образования темных пятен, возникающих из-за выхода из строя ламп, которые могут портить элегантный вид подсвечиваемого объекта.

спад светового потока вызван фотохимической деструкцией люминофорного покрытия и стеклянной трубки, а также осаждением светопоглощающего материала на внутренних стенках трубки. В высококачественных люминесцентных лампах, в которых используются редкоземельные люминофоры, теряется лишь 5–10% исходного светового потока после 20 000 часов работы. Потеря светового потока в КЛЛ больше, но большинство правильно сконструированных ламп теряют не более 20% своего исходного светового потока после 10 000 часов работы.

В светодиодных источниках света к факторам, влияющим на спад светового потока, относятся ток возбуждения и тепло, генерируемое в устройстве (на р-п переходе), которые вызывают деградацию материала светодиода. В некоторых белых светодиодах может происходить деградация люминофорного покрытия подобно тому, как это происходит в люминесцентных лампах. Некоторые светодиоды могут также терять световой поток из-за помутнения или появления темных пятен в герметике, покрывающем светодиодный кристалл.

Характеристики стабильности светового потока имеют вид L_p , где L – это исходный световой поток источника света, а p – это выраженный в процентах остаточный световой поток после определенного количества часов работы. Например, L_{97} показывает, как долго источник света сохраняет 97% (или теряет 3%) своего исходного светового потока, L_{44} показывает, как долго источник света сохраняет 44% (или теряет 56%) своего исходного светового потока, и т. д.

Так как качественные светодиодные источники света могут излучать полезный свет в течение десятков тысяч часов и так как они редко полностью выходят из строя, то понятие «стабильности светового потока» часто используется вместо понятия номинального срока службы светодиода. Измерение номинального срока службы светодиодных источников света (среднее время до выхода из строя для статически обоснованной выборки) потребует непрерывной работы источников света до тех пор, пока они не перестанут излучать свет, и этот процесс может занять много лет. Так как светодиодные источники света продолжают излучать свет даже после того, как их первоначальный световой поток уменьшится на 50% или больше, светотехническим консультантам и проектировщикам нужно знать, как долго светодиодные световые приборы будут сохранять достаточно высокий процент первоначального светового потока, а не сколько времени пройдет до выхода источника света из строя.

Определение полезного срока службы светодиодных источников света

Общество твердотельных осветительных систем и технологий (Alliance for Solid State Illumination Systems and Technologies – ASSIST) – группа под руководством исследовательского центра по вопросам освещения,

входящего в состав Политехнического института Ренселаера в г. Троя, штат Нью-Йорк, – выпустила серию рекомендаций по определению понятия «полезного срока службы» светодиодных источников света. ASSIST определяет «полезный срок службы» как промежуток времени, в течение которого источник света обеспечивает минимально допустимый уровень света для данного применения.

Исследования, выполненные ASSIST, показывают, что изменение уровня освещенности в обычном офисе обычно остается незаметным, пока он остается на уровне выше 70% своего исходного значения, особенно в тех случаях, когда уровень освещенности изменяется постепенно. Поэтому для применений, связанных с общим освещением, ASSIST рекомендует определять полезный срок службы как промежуток времени, в течение которого исходный световой поток источника света снижается до 70% исходного значения (L70). Для декоративного и акцентного освещения ASSIST рекомендует определять полезный срок службы как промежуток времени, в течение которого исходный световой поток источника света снижается до 50% исходного значения (L50).

L70 и L50 широко используются в работе со светодиодным освещением как два важных пороговых значения полезного срока службы и применяются в широком диапазоне областей применения освещения.

Несовпадение оценок стабильности светового потока

Существует несовпадение между результатами испытаний, полученными согласно стандарту LM-80 и порогом L70 и L50, которые определяют полезный срок службы изделия. Недостаток, который можно назвать нестыковкой оценок стабильности светового потока, является источником многих неприятностей для свето-технических консультантов, проектировщиков и других специалистов, занимающихся вопросами освещения, которым требуется знать, как долго система освещения будет обеспечивать эффективное освещение для конкретной области применения.

Это очень важно, чтобы правильно сравнить традиционные и светодиодные световые приборы, а также для правильного определения затрат на их установку, обслуживание и замену. Ниже подробнее об этом.

Стандарт LM-80 предписывает испытания светодиодных источников света в течение 6 000 часов и рекомендует испытания в течение 10 000 часов. Эти испытания должны выполняться при трех разных температурах р-п-перехода (55 °С, 85 °С и при третьей температуре, которая должна определяться производителем) так, чтобы пользователи могли видеть, как температура влияет на световой поток. Стандарт также определяет

** Светодиодные источники света продолжают излучать свет даже после того, как их исходный световой поток снижается на 50% или больше. Поэтому специалистам, выбирающим конкретную марку систем освещения, необходимо знать, как долго светодиодный источник света будет сохранять достаточно высокий процент исходного светового потока, а не среднее время до выхода из строя источника света.*

Стабильность светового потока светодиодных и традиционных источников света

Если светодиодный источник света правильно сконструирован и правильно запитывается, то его полезный срок службы может значительно превышать номинальные сроки службы традиционных источников света. В представленной ниже таблице приведены данные для сравнения диапазонов полезного срока службы светодиодных источников света с диапазонами номинальных сроков службы традиционных источников света.

Источник света	Типичный диапазон (часы)
Лампа накаливания	750 – 2 000/номинальный срок службы
Галогенная лампа накаливания	2 000 – 2 000/номинальный срок службы
КЛЛ	8 000 – 10 000/номинальный срок службы
Металлогалогенная лампа	7 500 – 20 000/номинальный срок службы
Линейная люминесцентная лампа	20 000 – 30 000/номинальный срок службы
Белый светодиод	35 000 – 50 000/полезный срок службы (L70)

Источник: Департамент энергетики США

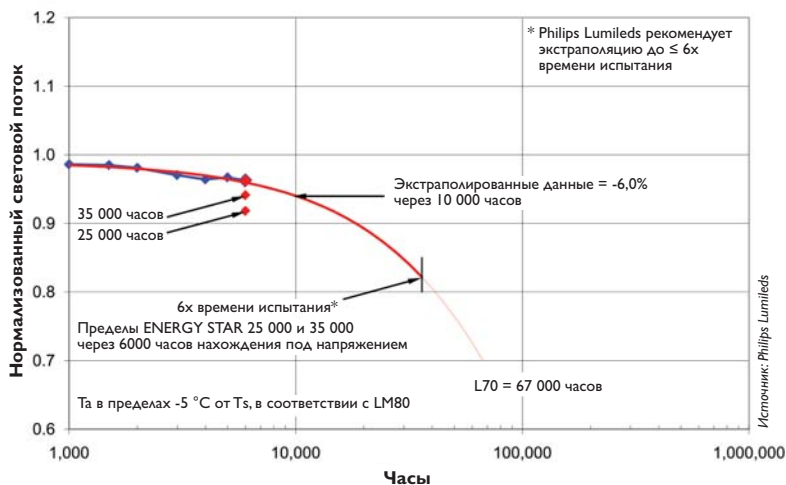
дополнительные условия испытания для получения согласованных и сопоставимых результатов.

К сожалению, стандарт LM-80 не содержит рекомендаций относительно того, как экстраполировать данные измерений для получения значений L70 или L50. Этот метод (IES Technical Memorandum TM-21) в настоящее время находится на стадии разработки. До тех пор, пока документ TM-21 не будет опубликован, единственным способом, с помощью которого производитель светодиодного источника света может доказать, что указанные им значения параметров L70 и L50 соответствуют LM-80, является испытание светодиодных источников света до тех моментов, пока они не достигнут этих пороговых значений. Так как типичное значение L70 составляет 50 000 часов, такое испытание должно продолжаться более пяти лет! Это не только непрактично, но и с учетом быстрого развития светодиодных технологий приведет к тому, что испытываемые светодиоды устареют к моменту окончания испытания.

На практике ведущие производители светодиодных источников света испытывают свои изделия согласно стандарту LM-80 в течение минимум 6 000 или 10 000 часов, а затем применяют свои собственные методы экстраполяции для получения значений параметров L70 и L50. Так как эти методы являются интеллектуальной собственностью, производители могут даже и не раскрывать математические формулы и вспомогательные данные.

Например, ведущий производитель светодиодных источников света публикует необработанные данные для своих высокоэффективных белых светодиодов в отчете об испытаниях согласно стандарту LM-80. Отчет содержит данные о статистически значимой выборке приборов, каждый из которых испытывался в течение 6 000 часов в соответствии с

**Прогноз стабильности светового потока для белого светодиода
LXM3-PWx1 LUXEON Rebel при следующих условиях:
85 °C, 0,35 A (Tj = 98 °C). Нормализовано к 1 после 24 часов работы**



Модель долговременного прогнозирования стабильности светового потока, разработанная компанией Philips Lumileds, ведущим производителем светодиодных источников света, базируется на результатах испытаний по стандарту LM-80. Светодиодные источники света испытываются в течение 6 000 часов, а данные долговременной стабильности светового потока получают методом экстраполяции.

методикой LM-80, и экстраполированные данные L70, основанные на экспоненциальной модели. Хотя этих данных достаточно для того, чтобы производитель вызвал доверие, пользователи и специалисты дополнительно выиграли бы, если бы эти формулы экстраполяции и принятые допущения были раскрыты для них.

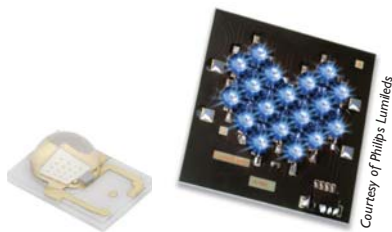
Другой ведущий производитель светодиодных источников света строит модель стабильности светового потока высокоэффективных белых светодиодов на интерпретации необработанных данных испытаний по стандарту LM-80. Согласно опубликованному им данным, график стабильности светового потока является линейным после первых 5 000 часов работы, поэтому применяется линейная модель с использованием таких переменных, как температура теплоотвода, расположенного внизу светодиода, температура р-п-перехода, температура окружающей среды и ток возбуждения. В то время как сами формулы экстраполяции и необработанные данные не раскрываются, производитель четко объясняет свою методику и предоставляет большое количество графиков, показывающих прогнозируемое значение стабильности светового потока на уровне L70 при разных температурах окружающей среды и разных токах возбуждения.

Независимо от используемого метода экстраполяции, следует помнить о том, что хотя значения L70 и L50 могут базироваться на измерениях по стандарту LM-80, сами они не являются данными измерений по LM-80.

Полезный срок службы светодиодных источников света в световых приборах

Утвержденный метод фотометрических измерений светодиодного оборудования предписывает выполнять испытание светодиодных световых приборов в собранном состоянии (как указано в IES LM-79-08).

В утвержденном методе измерения стабильности светового потока требуется совершенно противоположное: предписывается выполнять отдельные испытания светодиодных источников света, но не технику в собранном виде. Стандарт LM-80 четко определяет источники света, только как «кузы, блоки, и модули». Это означает, что производители светодиодных световых приборов должны создавать свои соб-



Слева: светодиодный узел, включающий в себя один светодиодный кристалл, линзу и подложку. Справа: светодиодная матрица (модуль), включающая в себя несколько светодиодных узлов. Стандарт LM-80 применяется только для узлов, модулей и блоков, но не для техники в собранном виде.

ственные методы расчета стабильности светового потока для выпускаемых ими светодиодных световых приборов. Так же как и значения L70 и L50, указываемые производителями светодиодных источников света, значения стабильности светового потока, указываемые производителями светодиодных световых приборов, могут быть получены на основании данных испытаний по стандарту LM-80 и экстраполяции этих данных, но эти значения не являются результатом измерений по стандарту LM-80.

Внешняя температура, температура внутри прибора и ток возбуждения оказывают большое влияние на стабильность светового потока светодиодного источника света, используемого в светодиодном световом приборе, но также на этот параметр могут оказывать влияние различные свойства светового прибора, такие как характеристики линз, цвет корпуса, качество компонентов и конструкция устройств отвода тепла. Такие рабочие факторы, как скачки напряжения, статические заряды, вибрация и проникновение влаги также могут оказывать большое влияние на стабильность светового потока светодиодного прибора. Испытание по стандарту LM-80 для светодиодной светотехники может оказаться слишком сложным и дорогостоящим для производителей, так как они должны будут испытывать все различные варианты выпускаемых ими светодиодных световых приборов, чтобы учесть все факторы и комбинации этих факторов.

Поэтому на практике известные производители светодиодной светотехники гарантируют, что используемые в выпускаемой ими светодиодной осветительной технике токи возбуждения и рабочие температуры (особенно температуры р-п-переходов) находятся в пределах, указанных производителями светодиодных источников света в их отчетах о стабильности светового потока. Производители светотехники затем выполняют свои собственные расчеты для определения полезного срока службы светодиодных источников света, используемых в выпускаемом ими оборудовании, основанные на собственном понимании воздействия конкретных физических факторов.

Полезный срок службы – не одно и то же что полный срок службы светового прибора

Важно помнить о том, что «полезный срок службы» и «полный срок службы» светового прибора – это два совершенно разных понятия. Полезный срок службы светового прибора зависит от прогнозируемого значению стабильности светового потока светодиодных источников света, входящих в состав прибора – другими словами, это количество часов, в течение которых светодиодный световой прибор будет обеспечивать достаточное количество света в конкретной области применения.

С другой стороны, срок службы светодиодного светового прибора связан с надежностью компонентов, входящих в его состав, включая электронику, материалы, корпус, провода, разъемы, уплотнители, и т. д. Вся система будет работать ровно столько, сколько проработает входящий в нее критический компонент с самым коротким сроком службы. Таким компонентом может оказаться уплотнитель, оптический элемент, светодиод или что-то другое. С этой точки зрения светодиодный источник света является одним из критических компонентов, хотя именно он является и наиболее надежным компонентом всего светового прибора.



Фото: Дворуж Фишер

Большой срок службы светодиодных источников света позволяет использовать световые приборы белого или изменяемого цвета в тех местах, где замена ламп затруднена или является невозможной. Использование светодиодных светильников для освещения наружных поверхностей уникальных архитектурных сооружений, таких как телевизионная вышка компании CN высотой 1 815 футов (553 м) в г. Торонто, Канада, значительно снижает объем и стоимость работ, связанных с обслуживанием системы освещения. Используемые в настоящее время светильники ColorBlast 12 могут производить миллионы цветовых оттенков при сохранении 50% светового потока в течение 50 000 и более часов работы.

Известные производители светодиодных световых приборов тратят много времени и сил на разработку и конструирование систем освещения, включая алгоритмы управления, топологию печатных плат, обеспечение качества компонентов, устройства отвода тепла, оптику, механическую конструкцию. Конструкция светодиодных световых приборов затем обычно проверяется с помощью ряда натуральных испытаний для подтверждения соответствия требованиям к рассеянию тепла, световому потоку и т. д. Так как все характеристики светодиодного светового прибора являются взаимозависимыми, его эксплуатационные характеристики могут быть определены только с помощью испытания прибора как единой системы.

Сравнение полезного срока службы традиционных ламп и светодиодных световых приборов

Так как все электрические источники света имеют спад светового потока в процессе работы, то должна существовать возможность экстраполировать номинальный срок службы и спад светового потока традиционных источников света до значений L70 и L50. Это позволит консультантам-светотехникам, осуществляющим подбор оборудования, и проектировщикам освещения сравнивать полезный срок службы используемых в светотехнике светодиодных источников света с полезным сроком службы ламп накаливания и люминесцентных ламп.

- **Сравнение с лампой накаливания.** Номинальный средний срок службы 60-ваттной лампы накаливания равен 1 000 часов. Если предположить, что в течение срока службы лампа накаливания теряет 10%–15% своего светового потока, то лампа выйдет из строя, прежде чем достигнет порога L70. Следовательно, ее номинальный срок службы фактически является ее полезным сроком службы.
- **Сравнение с КЛЛ.** Номинальный средний срок службы 18-ваттной КЛЛ равен 15 000 часов, ее исходный световой поток равен 1250 лм, а расчетный световой поток – 1125 лм, что соответствует снижению светового потока на 10% после 6 000 часов работы. Следовательно, лампа достигнет порога L70 через 18 000 часов работы. Но так как ожидается, что лампа выйдет из строя через 15 000 часов, то ее номинальный срок службы фактически является ее полезным сроком службы.
- **Сравнение с линейной люминесцентной лампой.** В настоящее время существуют высокоэффективные люминесцентные лампы с очень длительным номинальным сроком службы. Например, 48-дюймовая, 32-ваттная люминесцентная трубка T8 со средним номинальным сроком службы 33 000 часов теряет 5% исходного светового потока через 13 200 часов работы, или 40% своего срока службы. При постоянной скорости спада светового потока лампа достигнет порога L70

через 79 200 часов работы. Это значение сопоставимо со значением полезного срока службы многих светодиодных источников света. Ожидается, что лампа выйдет из строя через 33 000 часов, то есть намного раньше, чем она достигнет порога L70. Следовательно, ее номинальный срок службы, а не порог L70, фактически является ее полезным сроком службы.

- **Сравнение с разрядной лампой высокого давления.** В отличие от люминесцентных ламп и ламп накаливания, оценка номинального срока службы для этих ламп базируется на сохранении работоспособности 67% испытанных ламп (вместо 50% для люминесцентных ламп и ламп накаливания). После 9 600 часов работы лампа сохраняет 90% своего исходного светового потока, что определяет порог L70 на уровне 28 800 часов. В то время как номинальный срок службы лампы и параметр L70 приблизительно совпадают, ее номинальный срок службы немного меньше. И снова номинальный срок службы этой лампы фактически равен ее полезному сроку службы.

Как показали приведенные выше примеры, для традиционных источников света номинальный срок службы обычно эквивалентен полезному сроку службы, так как традиционные источники света обычно выходят из строя до того, как достигают соответствующих порогов стабильности светового потока. Сравнение значений полезного срока службы светодиодных световых приборов со значениями номинального срока службы обычных ламп позволяет оценить, скольких замен ламп можно избежать при использовании светодиодных источников света вместо традиционных. Эта оценка дает важную информацию для сравнения общих затрат, связанных с системой освещения.

Например, линейный светодиодный светильник для карнизов eW Cove Powercore производства компании Philips Color Kinetics имеет значение L70, равное 60 000 часов. Использование eW Cove Powercore вместо люминесцентного светильника с лампой T8, рассмотренной в приведенном выше примере, позволяет избежать двух замен ламп, или четырех замен ламп при использовании этих светильников вместо тех, что на основе КЛЛ, или 60 замен ламп при использовании вместо ламп накаливания. Светодиодный светильник Philips Gardco Radiant LED, потребляющий столько же электроэнергии и излучающий такой же световой поток, что и натриевая лампа высокого давления для уличного освещения, указанная в приведенном выше примере, имеет значение L70, лежащее в диапазоне от 50 000 до 100 000 часов в зависимости от температуры окружающей среды и тока возбуждения. В этом случае светодиодная альтернатива имеет полезный срок службы, превосходящий полезный срок службы газоразрядной лампы высокого давления в 2–4 раза.

Достоверность информации

К сожалению, иногда не совсем ясно как прогнозируются значения стабильности светового потока, выполняемые производителями светодиодных источников света и светильников. Как специалисты, осуществляющие подбор светового оборудования, и проектировщики освещения могут проверить, являются ли значения, указываемые производителями, достоверными и точными?

Прежде всего, специалистам, выбирающим марку товара, и разработчикам проектов освещения следует искать производителя с хорошей репутацией, а также убедиться, что он предоставляет полный набор опубликованных технических характеристик, фотометрических данных и другую техническую информацию. Однако, следует помнить о том, что специалисты по освещению не могут просто запросить у производителя светодиодных световых приборов данные по стандарту LM-80. Как было указано выше, данными по стандарту LM-80 обязаны обладать только производители светодиодных источников света, причем эти данные относятся к времени работы, значительно меньшему, чем принятые пороговые значения срока службы.

Однако, пользователи могут повысить свое доверие к цифрам, которые указывают производители светодиодных световых приборов, убедившись в том, что:

- Светодиодные источники света, используемые в светотехнике, испытывались в соответствии со стандартом LM-80.
- Производитель светодиодного источника света использует правильный метод прогнозирования значений сохранения светового потока L70 и L50 на основании результатов испытания по стандарту LM-80.
- Производитель светодиодных световых приборов выполняет свои собственные измерения температуры р-п-перехода, тока возбуждения и других важных параметров, и получает значения L70 и L50 методом экстраполяции данных LM-80, представленных производителем светодиодного источника света.
- Фотометрические данные, указанные производителем светодиодных световых приборов, основаны на результатах испытаний, выполненных в соответствии со стандартом LM-79 независимой испытательной лабораторией, связанной с Национальным институтом стандартов и технологий (NIST).

Ведущие производители светодиодной светотехники разрабатывают продукцию с гарантией высокой надежности и долговечности. Хотя световые приборы все же иногда выходят из строя, правильно сконструированное светодиодное оборудование может надежно работать в течение многих тысяч часов до тех пор, пока находящиеся внутри него

светодиодные источники света не достигнут конца своего полезного срока службы.

Включение и питание светодиодных световых приборов

Понимание того, как осуществляется питание и управление светодиодными системами освещения, может помочь получить ответы на следующие вопросы:

- Насколько легко установить светодиодную светотехнику?
- Можно ли регулировать световой поток прибора, и если да, то как?
- Требуются ли для светового прибора дополнительные источники питания, и если да, то сколько?
- Требуется ли для светового прибора отдельный контроллер?
- Какие контроллеры имеются в продаже и насколько сложным является управление ими?
- Может ли конкретный светодиодный световой прибор использоваться для модернизации уже установленной системы освещения?

Светодиодные драйверы

Ток светодиода увеличивается сильнее, чем подаваемое на него напряжение. Следовательно, даже небольшие изменения напряжения могут привести к большим изменениям тока, что может привести к выходу светодиода из строя. Чтобы подключить светодиодный световой прибор к источнику напряжения, такому как электросеть или батарея, и не повредить при этом светодиодные источники света, необходимо контролировать потребляемую мощность таким образом, чтобы светодиоды могли безопасно ее использовать. Эту функцию выполняет светодиодные драйверы.

Светодиодный драйвер – это электронное устройство, которое превращает источник напряжения в источник тока, который поддерживает ток на постоянном уровне, несмотря на изменения входного напряжения. Светодиодный драйвер защищает светодиоды от обычных колебаний напряжения, а также от перенапряжений и скачков напряжения.

Светодиодные светильники, в которых используются светодиодные драйверы, подключаются к источнику питания так же просто, как и традиционные светильники. Все большее количество встроенных драйверов для светодиодных светильников белого света позволяют регулировать световой поток.

Варианты питания светодиодных световых приборов

Способ питания светодиодных световых приборов выбирается для каждой конкретной области применения, исходя из их эксплуатационных характеристик, удобства использования и стоимости. Существует три варианта электропитания:

- Низковольтная питающая сеть
- Встроенный источник питания
- Интегрированный источник питания.

Низковольтная питающая сеть

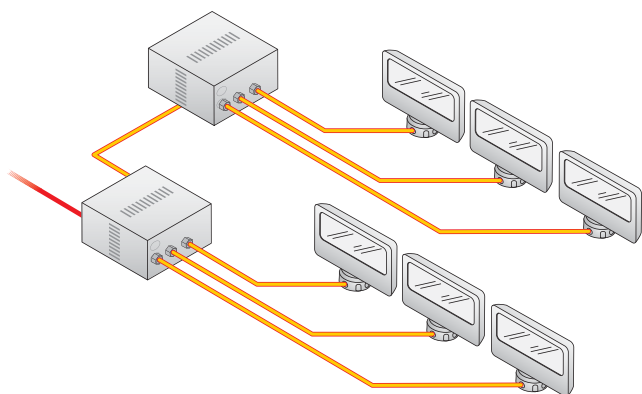
Низковольтные светодиодные световые приборы требуют соответствующих источников питания или трансформаторов, преобразующих сетевое напряжение в низкое, и специальной кабельной разводки. Низковольтный источник питания выглядит как «кирпичик» на кабеле питания, похожий на источник питания для ноутбука и обычно выдает постоянный ток.

Низковольтные системы имеют довольно низкий КПД, так как в процессе преобразования сетевого напряжения в низкое происходит потеря электроэнергии во время преобразования, фильтрации и стабилизации тока. Однако для некоторых областей применения низковольтные системы являются предпочтительными. В гибких, мобильных применениях и в индустрии развлечений широко используют низковольтные осветительные приборы, часто совмещаемые с театральными устройствами для управления светом и звуком. Низковольтные световые приборы иногда выбирают по эстетическим соображениям, например, при оформлении сцены, когда недопустимо использовать кабели. В этом случае он может запитываться от батарей, а для управления им могут использоваться беспроводные радиоконтроллеры.

Типичная схема подключения низковольтных световых приборов – «звезда», когда каждый прибор или группа приборов подключается напрямую к низковольтному источнику питания с помощью одного силового кабеля, часто с помощью специального кабеля для конкретной модели. Вход источника питания подключается к электросети. Количество световых приборов, подключаемых к одному источнику питания, ограничивается такими факторами, как потребляемая мощность, расстояние между световыми приборами и источником питания, а также количеством выходов источника питания.



ColorBlast 12 и ColorBlast 6 являются низковольтными световыми приборами с изменением цвета, производства компании Philips Color Kinetics. ColorBlast 12 запитывается от низковольтного источника питания, подключаемого к электросети.



Типичная низковольтная система включает в себя один или несколько источников питания, которые обеспечивают питание и управление для одного или нескольких световых приборов. На рисунке каждый источник питания PDS-150e обеспечивает работу трех световых приборов ColorBlast 12.



ColorBlaze®, мощный полноцветный линейный светодиодный прожектор производства компании Philips Color Kinetics, предназначенный для театрального и сценического освещения, он имеет встроенный источник питания и снабжен датчиками температуры и охлаждающими вентиляторами. ColorBlaze подключается к электросети с помощью стандартного силового кабеля, отвечающего требованиям Международной электротехнической комиссии (МЭК).

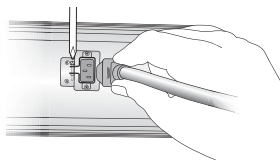
ColorBlast 12 – это низковольтный светодиодный прожектор заливающего света изменяемого цвета производства компании Philips Color Kinetics, который часто используется для подсветки стен во время сценических представлений. От одного источника питания может запитываться до трех световых приборов, каждый из которых может находиться на расстоянии до 60 футов (20 м) от источника питания. Для систем освещения, в которых используется много световых приборов, используется несколько источников питания, которые устанавливаются в зависимости от расположения светильников и подключаются к электросети.

Встроенный источник питания

При использовании встроенного источника питания реализуется такая же общая схема, как и в низковольтных системах питания, но с рядом преимуществ. Внешние источники питания заменяются стандартными импульсными источниками питания, встроенными непосредственно в светильники, что позволяет напрямую подключать их к электросети. Это позволяет снизить затраты на монтаж, однако, наличие дополнительных компонентов внутри светильника может привести

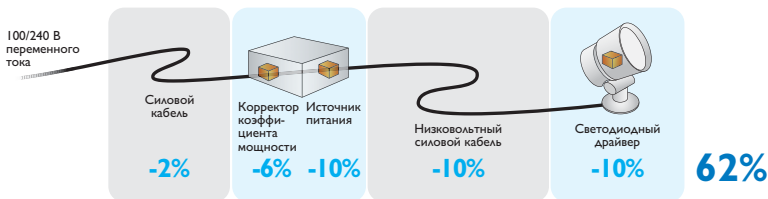
к увеличению его размеров и к ухудшению теплового режима.

ColorBlaze® производства компании Philips Color Kinetics – это мощный светодиодный светильник, предназначенный для театрального освещения, снабженный встроенным источником питания и устройствами контроля температуры, такими как термодатчики и охлаждающие вентиляторы. ColorBlaze легко подключается к электросети с помощью стандартного силового кабеля, отвечающего требованиям МЭК.

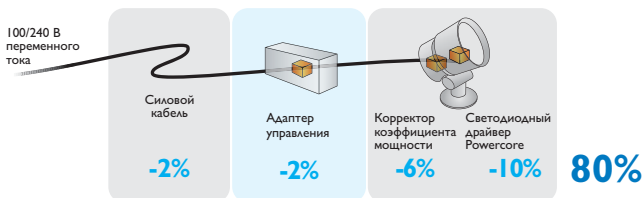


Интегрированный источник питания

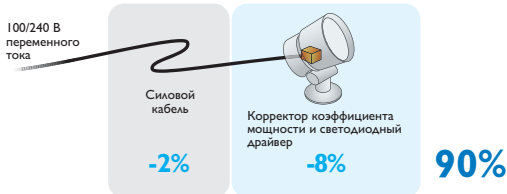
Интеграция источника питания является принципиально другим методом обеспечения электропитания. Интегрированный источник питания внедряется непосредственно в схему светильника для создания эффективного силового каскада, объединяющего в себе преобразование сетевого напряжения и стабилизацию тока светодиода. С помощью введения



Низковольтная питающая сеть



Интегрированный источник питания для светильника с изменением цвета (Powercore)



Интегрированный источник питания для светильника белого света (Powercore)

За счет объединения модулей питания и коррекции коэффициента мощности со светодиодными драйверами непосредственно в схеме светодиодных светильников система питания Powercore устраняет часть потерь, присутствующих при использовании низковольтной питающей сети.

единого силового каскада внутрь светодиодного светильника можно избежать значительных потерь электроэнергии, которые имеются в низковольтных схемах с несколькими силовыми каскадами.

В этом случае пользователи могут получить много преимуществ, включающих в себя увеличение энергоэффективности системы, снижение затрат на установку, эксплуатацию и обслуживание.

Powercore, интегрированная система питания с микропроцессорным управлением, запатентованная компанией Philips Color Kinetics, используется во многих светодиодных светильниках с прямым питанием от сети, выпускаемых этой компанией. Технология Powercore является современной, полностью интегрированной системой питания для светодиодных светильников:

- Powercore позволяет избежать от 18 до 30% потерь мощности, связанных с использованием внешних источников питания и кабелей.
- Powercore предусматривает наличие в каждом светильнике системы активной коррекции коэффициента мощности, что позволяет снизить эксплуатационные затраты и обеспечить максимальную эффективность эксплуатации. Коэффициент мощности световых приборов, в которых используется Powercore, обычно выше 0,995, что очень близко к идеальному коэффициенту мощности, равному 1,000.
- Powercore обеспечивает световому прибору универсальное напряжение питания. Светильники с технологией Powercore могут питаться от переменного напряжения в диапазоне 100–240 В, так как этот источник питания может надежно и эффективно обеспечить мощность, необходимую для работы светодиодов.
- За счет сведения к минимуму необходимого количества источников питания Powercore упрощает и удешевляет установку и обслуживание светодиодных световых приборов.

Управление светодиодными световыми приборами

Термин «управление» включает в себя целый набор методов, протоколов и устройств для эксплуатации светодиодных световых приборов. Простейшими видами управления являются включение/выключение и регулирование светового потока. Для многих одноцветных и фиксированных светодиодных светильников белого света это единственно применимые способы управления.

Управление полноцветными и настраиваемыми белыми светодиодными световыми приборами позволяет получить различные RGB цвета, отрегулировать цветовую температуру, а также создать простые рисунки с изменяющимися цветами, сложные световые шоу (доступные как простым пользователям, так и профессиональным режиссерам-постановщикам) и даже

крупномасштабные видеоэкраны. Динамические светодиодные световые приборы обычно управляются с помощью сигналов, поступающих из специально разработанных для этого контроллеров с использованием коммуникационных протоколов, предназначенных для управления источниками света. Коммуникационный протокол – это стандартный набор правил для передачи сигналов и информации по каналу связи.

Управление по стандарту DMX

По мере развития светотехнической промышленности развивались также и коммуникационные протоколы. Наиболее популярным форматом управления светильниками с изменением цвета является DMX512-A, или сокращенно просто DMX. Он был разработан в 1986 году Проектной комиссией Института театральных технологий США (USITT) для управления театральным и сценическим освещением. DMX используется в большинстве театральных пультов управления освещением, но эти пульты обычно слишком громоздки, сложны, специализированы и дороги для общих областей применений. Поэтому некоторые производители динамических светодиодных светильников разрабатывают и выпускают свои собственные DMX-контроллеры.

Они являются более компактными, чем театральные пульты управления освещением, и зачастую обладают специальными функциями, такими как запрограммированные последовательности для световых шоу и встроенные световые эффекты, разработанные для того, чтобы упростить и автоматизировать управление светом обычными пользователями.

DMX-контроллеры взаимодействуют со светодиодными светильниками с помощью адресов DMX. Каждому используемому в системе освещения светильнику назначается адрес, или группа адресов. Эти адреса позволяют контроллеру выделять отдельные светильники в системе и посылать им индивидуальные сигналы для того, чтобы каждый из них излучал нужный свет.

Однозначная адресация и управление светодиодными светильниками изменяемого цвета позволяют одновременно получать свет изменяемого цвета и яркости для разных светильников. Такое управление обеспечивает возможность получить бесконечное количество динамических эффектов и их комбинаций, от цветов, переходящих из одного в другой, до сложных световых шоу, имитирующих природные явления или отображающих абстрактные картины.



iPlayer® 3 производства компании Philips Color Kinetics является компактным контроллером светодиодной системы освещения, способным управлять двумя отдельными DMX-системами с 512 адресами каждая.

Большинство светодиодных светильников имеют три канала, по одному для каждого цвета, используемого в приборе – обычно красного, зеленого и синего. Соответственно, каждый светильник получает от контроллера три отдельных канала данных DMX, один из которых используется для красных светодиодов, второй для зеленых, а третий для синих. Первый светильник установки может быть запрограммирован на получение данных DMX по адресам 1, 2, и 3; второй – на получение данных DMX по адресам 4, 5, и 6; и т. д. Протокол DMX поддерживает до 512 DMX-адресов. Одна система DMX может включать в себя максимум 170 однозначно адресуемых трехканальных световых приборов (512 деленное на 3 = 170 плюс два неиспользуемых канала). Система освещения может включать в себя одну или несколько систем DMX.

iPlayer® 3 производства компании Philips Color Kinetics является компактным, но при этом мощным DMX контроллером для полноцветных светодиодных светильников. Как и многие другие DMX контроллеры, iPlayer позволяет сохранять многочисленные варианты световых шоу во внутренней памяти контроллера (по аналогии с сохранением файлов на компьютере). Имеется возможность выбирать, запускать, останавливать, и сохранять в памяти отдельные варианты световых шоу, а также управлять работой подключенных светильников с помощью расположенных на iPlayer 3 кнопок управления или подключаемой внешней клавиатуры, специально разработанной для iPlayer 3. Помимо 10 настраиваемых световых эффектов, включающих в себя бегущие огни, мерцание, вспышки и цветовые переходы, iPlayer поставляется с компьютерной программой Color-Play® 3 для создания световых шоу, которая работает на любом компьютере с операционной системой Macintosh или Windows.



iColor Flex SLX, полоска, состоящая из 50 индивидуально управляемых полноцветных светодиодных элементов производства компании Philips Color Kinetics, может использоваться для воспроизведения цветовых эффектов с изменением цвета и крупномасштабного видео на двухмерных или трехмерных поверхностях.

количества светодиодов, число которых может измеряться тысячами или десятками тысяч.

Управление по сети Ethernet

Так как светодиодные световые приборы по своей природе являются цифровыми устройствами, управление работой систем освещения может выполняться с помощью сети Ethernet. Системы на базе Ethernet не имеют таких ограничений по адресации, как системы на базе DMX, поэтому они являются предпочтительными для более крупных установок. Управление по сети Ethernet требуется для крупномасштабных видеустановок, в которых должны обеспечиваться адресация и управление работой большого

Светодиодные приборы прямого наблюдения, разработанные специально для воспроизведения видео, иногда включают в себя множество индивидуально управляемых сегментов или элементов. Например, iColor Flex SLX производства компании Philips Color Kinetics представляет собой полосу, состоящую из 50 индивидуально управляемых полноцветных светодиодных элементов. Крупномасштабные видеоустановки могут быть собраны из большого количества полосок iColor Flex SLX, смонтированных на двухмерной или трехмерной поверхности.

В торговом комплексе Стадион центр, расположенном в г. Вена, Австрия, используется 37 620 индивидуально адресуемых элементов iColor Flex SLX для воспроизведения рекламы, видео и динамических полноцветных представлений на изогнутом фасаде торгового комплекса. Некоторые контроллеры, подключаемые к сети Ethernet, такие как, например, Video System Manager Pro производства компании Philips Color Kinetics, могут адресовать и управлять работой до 250 000 отдельных светодиодных элементов, каждый из которых имеет три канала управления.



Фото печатается с разрешения Matthias Siveri

Другие варианты управления

DMX512 и Ethernet – это два наиболее распространенных коммуникационных протокола, используемых для управления работой светодиодных систем освещения, но также используются и другие варианты:

- В Европе вместо DMX широко используется протокол связи Digital Addressable Lighting Interface (DALI).
- Некоторые компании разработали свои собственные, защищенные патентами, протоколы связи на базе Ethernet, например KiNET для систем освещения Philips Color Kinetics.

- ACN и Streaming ACN – это стандартные методы передачи данных, разработанные Entertainment Services & Technology Association (ESTA) для передачи данных DMX через сеть Ethernet. Streaming ACN – это наращиваемый метод передачи данных для большого количества систем DMX.

И это лишь некоторые из возможных вариантов. Как это часто случается, при увеличении количества вариантов возникает проблема, связанная с совместимостью. Иногда можно использовать преобразователи для подключения светильника, рассчитанного на один коммуникационный протокол, к контроллеру, работающему с другим протоколом. Состав системы может быстро усложниться, поэтому лучше всего использовать компоненты, разработанные для совместного использования.

Регулирование светового потока светодиодных световых приборов

Световой поток светодиодных приборов может регулироваться двумя разными способами в зависимости от их типа и возможностей.

- Светодиодные светильники изменяемого цвета и белого света с настраиваемой цветовой температурой могут диммироваться с помощью DMX или других интерфейсов управления.
- Одноцветные и ненастраиваемые белые светодиодные светильники могут регулироваться с помощью совместимого светорегулятора (диммера) общего назначения.



Растущее число осветительных приборов белого света со встроенными драйверами, имеющими функцию диммирования, включает линейные светильники для световых карнизов, такие как eW Cove MX Powercore производства компании Philips Color Kinetics, и модели для замены ламп накаливания, такие как Philips MASTER LEDbulb A55.

Регулирование светового потока светодиодных светильников с помощью DMX или другого управляющего интерфейса

Как указывалось выше, для управления светильниками с изменяемым цветом освещения или с возможностью настройки белого света может использоваться DMX или другой коммуникационный протокол, предназначенный для управления. Любой из этих управляющих интерфейсов

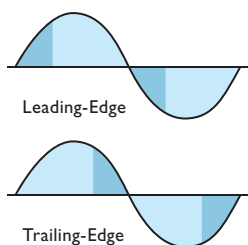
может использоваться для регулирования светового потока светильников, уменьшая его одинаково во всех каналах.

На практике регулирование светового потока обычно является стандартной функцией контроллеров, клавиатур и других устройств, специально разработанных для конкретных моделей светодиодных светильников.

iW® Scene Controller и ColorDial™ Pro, два простых контроллера настенной установки производства компании Philips Color Kinetics, обеспечивают возможность кнопочного управления настраиваемыми белыми и полноцветными светодиодными светильниками соответственно.

Регулирование светового потока светодиодных светильников с помощью диммеров общего назначения

Световой поток одноцветных и ненастраиваемых белых светодиодных светильников со встроенными регулирующими драйверами может регулироваться с помощью существующих диммеров общего назначения. В большинстве светодиодных драйверов для регулирования подаваемой на светодиоды мощности используется широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Подобно диммерам, используемым для ламп накаливания, ШИМ включает и выключает светодиоды с высокой частотой, что уменьшает время нахождения светодиода во включенном состоянии и обеспечивает уменьшение излучаемого им света (диммирование).



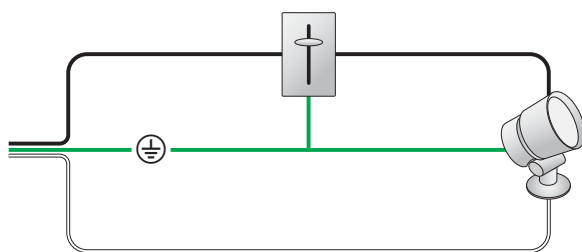
Диммеры с отсечкой по переднему фронту отрезают начало каждого полупериода синусоиды переменного тока, а диммеры с отсечкой по заднему фронту – конец каждого полупериода.

Обычные диммеры для ламп накаливания работают как выключатели, которые включают и выключают лампу 120 раз в секунду. «Срезая» начало каждой волны переменного тока, они регулируют величину мощности, подаваемой на лампу. Такие переключения выполняются с достаточно высокой частотой, поэтому глаз человека не замечает мигания. Такое диммирование известно как управление с *отсечкой по переднему фронту*.

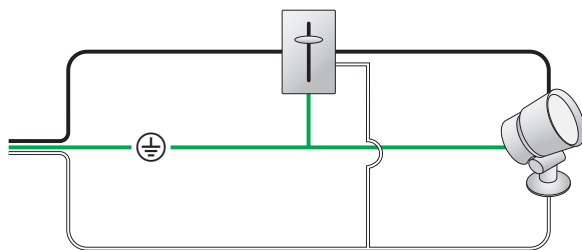
Большинство светодиодных драйверов несовместимы с диммерами для ламп накаливания и в целом с методом отсечки по переднему фронту. При прямом подключении светодиодных светильников к диммерам для ламп накаливания при низких уровнях диммирования может быть заметно мигание. Кроме этого, скачки напряжения могут вывести светодиодную систему освещения из строя.

Многие типы светодиодных светильников, питающихся от импульсных источников питания, лучше работают с электронными низковольтными

диммерами (ELV-типа). Светодиодные светильники, работающие с магнитными трансформаторами, например MR16-совместимые светодиодные лампы, обычно требуют использования магнитных низковольтных диммеров (MLV-типа).



Двухпроводной диммер



Трехпроводной диммер

Большинство диммеров ELV-типа являются диммерами с отсечкой по заднему фронту, то есть отрезают заднюю часть каждой половины синусоиды. В целом диммеры с отсечкой по заднему фронту работают со светодиодными светильниками существенно надежнее. Диммеры ELV-типа подключаются так же, как стандартные диммеры, за исключением того, что они имеют провод «дополнительная нейтраль», по которому на диммер продолжает подаваться питающее напряжение даже после того, как подключенный к нему светильник выключается.

Диммеры с отсечкой по заднему фронту используются гораздо реже, чем диммеры с отсечкой по переднему фронту. В новых установках это не вызывает проблем – достаточно просто установить вместе с новыми светильниками диммер рекомендуемого типа. При модернизации системы освещения, когда происходит замена традиционных светильников светодиодными, необходимо заменить существующие диммеры с отсечкой по переднему фронту совместимыми диммерами с отсечкой по заднему фронту.

Нужно правильно выбирать диммеры, чтобы избежать мигания и послесвечения, то есть испускания света после выключения светильника. Конкретный светодиодный светильник будет нормально работать только

с несколькими совместимыми с ним диммерами. Конструкция драйвера, примененного в приборе, определяет, какой должен использоваться диммер. Производители светодиодных светильников обычно публикуют список проверенных и испытанных диммеров, и только эти диммеры должны использоваться.

Нижний порог регулирования и номинальная мощность диммера

Эффективный порог регулирования большинства светодиодных светильников находится на уровне приблизительно 10% и меняется в зависимости от применяемого диммера. В большинстве имеющихся в продаже диммеров имеется подстроечный потенциометр, с помощью которого можно отрегулировать минимальный уровень регулирования. Мощность выбранного диммера должна соответствовать мощности системы освещения. Для определения минимальной мощности диммера нужно умножить количество светильников, которыми управляет диммер, на мощность каждого прибора. Если в системе освещения используются разные светильники, то можно определить суммарную мощность для каждого типа прибора, а затем сложить эти мощности.

12-битные и 16-битные светодиодные драйверы высокого разрешения на порядок повышают количество «шагов» регулирования, что полностью устраняет видимые изменения яркости при регулировании. Светодиодные светильники высокого разрешения обычно можно регулировать и за пределами порога в 10%, существующего у 8-битных светодиодных драйверов.

Что нужно знать о светодиодном освещении и производителях светодиодных систем освещения

Усвоив основы техники светодиодного освещения, пользователи смогут быть лучше проинформированы о качестве конкретных светодиодных световых приборов, о репутации их производителей и об их пригодности для конкретных областей применения. При выборе светодиодного светового решения пользователю следует принимать во внимание перечисленные ниже факторы:

Репутация Выбирайте производителя с хорошей репутацией, тех кто зарекомендовал себя как производитель качественной светодиодной светотехники.

Поддержка Убедитесь, что производитель светодиодных осветительных приборов обеспечивает оперативную техническую поддержку по телефону и Интернету, и что он осуществляет замену/ремонт поврежденной или вышедшей из строя продукции

Комплексное световое решение Наиболее эффективные светодиодные приборы и световые решения являются результатом работы целой системы, при котором сами световые приборы, аксессуары к ним, источники питания и управляющие устройства формируют единую систему, каждый компонент которой работает, как составная часть целого.

Широкий ассортимент продукции У вас больше шансов добиться успеха, если выберете производителя с широким ассортиментом продукции.

Способы управления Выбирайте производителей, предлагающих интегрированные комплексные решения по управлению освещением, специально разработанные и оптимизированные для работы с выпускаемыми ими светодиодами приборами.

Отвод тепла Механическая конструкция светового прибора должна обеспечивать хорошее рассеивание тепла, а его встроенное программное обеспечение должно иметь функцию контроля температуры р-п-перехода. Лучшие производители светодиодов применяют ключевые компоненты, соответствующие стандартам, принятым для военной техники.

Диммирование Убедитесь, что светодиодные световые приборы белого света хорошо и надежно диммируются с помощью стандартных диммеров общего назначения.

Испытания в соответствии со стандартами Производители светодиодной светотехники должны пользоваться услугами независимых испытательных лабораторий, связанных с Национальным институтом стандартов и технологий (NIST), публиковать точные и полные технические характеристики и фотометрические данные, а также предоставлять пользователям файлы данных и отчеты, подготовленные испытательной лабораторией.

Качество света Светодиодные приборы должны соответствовать стандартам ANSI или превосходить их, здесь идет речь о сортировке по бинам в зависимости от стабильности светового потока, цвета или цветовой температуры и прямого напряжения. Белые светодиоды должны правильно передавать цвета и должны иметь высокую светоотдачу.

Полезный срок службы Этот параметр должен быть рассчитан и указан в техническом паспорте светового прибора. Температура р-п-перехода светодиодного источника света должна быть такой, чтобы обеспечивался оптимальный баланс между излучаемым световым потоком и сроком службы прибора.

Стойкость к атмосферным воздействиям Стойкость к атмосферным воздействиям может сильно зависеть от типа светового прибора, качества корпуса и согласованности производственного процесса. Степень защиты корпуса IP от воды и пыли является важным фактором, но не гарантирует длительный срок службы.

Электрическая схема Правильно сконструированный световой прибор должен иметь надежную электрическую схему. Убедитесь в наличии таких устройств, как устройства защиты от короткого замыкания, от скачков напряжения и от подключения с обратной полярностью.

4

Области применения светодиодного освещения

Светодиодные световые приборы подходят практически для любой области применения. Они обладают множеством преимуществ перед традиционными системами освещения, к числу которых относятся высокая энергоэффективность и увеличенный в 50 раз срок службы,

** Гибкость и широкий набор функций делают светодиодные световые приборы пригодными для различных областей применения. Более подробная информация о конкретной светодиодной продукции приведена в технических паспортах, руководствах, брошюрах и др. публикациях.*

низкая стоимость обслуживания и замены, широкий диапазон цветовых температур и миллионы оттенков цветов, излучаемых с помощью одного светового прибора.

Данная глава посвящена 10 важнейшим областям применения светодиодных световых приборов, в ней содержится краткое описание одного или нескольких светодиодных источников света для каждой из этих областей применения, а также демонстрируются примеры успешного применения светодиодов по всему миру.

Рабочее освещение

В офисах и других производственных помещениях освещение должно обеспечивать нужное количество света заданного качества. Освещаемая область может требовать высокой освещенности, контрастности или высокой цветопередачи. Классическими примерами могут служить письменный стол, рабочая поверхность для приготовления пищи на кухне, стол для графического дизайна или черчения, либо рабочее место с электронными

приборами или слесарным оборудованием. Согласно Справочной книге Светотехнического общества Северной Америки (The IESNA Lighting Handbook), для выполнения большинства работ с объектами высокой контрастности рекомендуется освещенность 30–50 фут-кандел (300–500 лк), а для работы с объектами низкой контрастности и малыми размерами – до 100 фут-кандел (1 000 лк).³³

Для освещения рабочего пространства иногда используются потолочные светильники или другое общее освещение, иногда – закрепленные или свободно стоящие светильники, а иногда – линейные светильники, монтируемые под навесными шкафами. Именно в последнем случае светодиодные приборы являются идеальным выбором.

Фиксированная или регулируемая цветовая температура позволяет обеспечить достаточный контраст. Встроенная оптика контролирует углы расхождения пучка и создает освещение рабочей области с очень малыми потерями и без слепящего действия.

eW Profile Powercore

Светильники eW Profile Powercore производства компании Philips Color Kinetics – питающиеся напрямую от электросети, монтируемые под навесными шкафами светодиодные световые приборы, предназначенные для общего освещения. Вариант с теплым светом 2700 К подходит для замены ламп накаливания, а с холодным светом 4000 К будет достойной заменой люминесцентным и металлогалогенным лампам.

Потребляя всего лишь 6,2 ватта на фут, eW Profile Powercore расходует на 80% меньше электроэнергии, чем аналогичный светильник с ксеноновыми лампами, и на 40% меньше, чем светильник с люминесцентной лампой T8. Питание непосредственно от электросети и встроенный блок питания устраняют потребление энергии в выключенном состоянии и способствуют повышению энергоэффективности.

eW Profile Powercore обеспечивает освещенность 40–50 фут-кандел (400–500 лк) и подходит для применения там, где требуются высококонтрастные цвета. Согласно рекомендациям IESNA, светильник включает линзу 110 x 110° для направления света на освещаемую область. Устройство смещения пучка света на 20° встроено в корпус, поэтому осветительная арматура может быть смонтирована на поверхность без регулировочных прокладок и точной регулировки. Очень низкий профиль корпуса, различные варианты длины корпуса, кабельные переключки и разъемы облегчают установку.



eW Profile Powercore, разработанный компанией Philips Color Kinetics, – это энергоэффективный светодиодный светильник для установки под навесными шкафами, пригодный для большинства применений, требующих высокого контраста и точной цветопередачи.

Пример: Освещение кухни / Частная квартира

Преимущества инновационных энергоэффективных светодиодных источников белого света демонстрируются на примере яркого дизайна кухни в частной квартире в Кембридже, штат Массачусетс. Ее владелец поставил задачу создать модный, современный интерьер, не пожертвовав при этом энергоэффективностью освещения.

Люминесцентные светильники, ранее установленные для освещения рабочей поверхности на кухне, были заменены светильниками eW Profile Powercore. Под навесными шкафами было установлено восемь светильников длиной 19,25 дюйма с цветовой температурой 4000 К. Высокий индекс цветопередачи светильника, равный 80, является важным фактором при приготовлении пищи. Очень тонкий корпус (всего 0,875 дюйма при ширине 1,5 дюйма) делает светильник практически невидимым, обеспечивая его современный элегантный вид, и устраняет слепящий прямой свет.



В частной квартире в Кембридже, штат Массачусетс, под навесными шкафами были установлены восемь светодиодных светильников eW Profile Powercore 4000 К. По энергоэффективности они на 40% превышают замененные люминесцентные лампы и создают освещенность в 40–50 фут-кандел (400–500 лк), при индексе цветопередачи, равном 80, что обеспечивает достаточное количество и качество света.

Общее освещение

Общее освещение белым светом создается потолочными светильниками. Общее освещение отчасти противопоставлено рабочему освещению, так как оно обеспечивает освещение всей комнаты или другого внутреннего пространства, а не целенаправленное освещение определенного рабочего участка.

Как правило, оно предназначено для обеспечения достаточного количества света для визуального распознавания объектов и ориентации в

пространстве. Степень контраста между уровнями освещенности общего, рабочего, акцентного и других типов освещения может оказать сильное влияние на атмосферу и эмоциональное воздействие пространства. Высокий уровень контраста придает обстановке драматичность, а низкий – создает легкую и расслабляющую атмосферу. Потолочные светильники, освещающие пол, а не стены или потолки, могут создать ощущение драматичности.

Термин «даунлайт» относится к излучающим вниз светильникам, которые встраиваются в потолок или устанавливаются вровень с ним. Такие светильники обычно имеют круглую или квадратную форму, а также световые отверстия разного размера и широкое либо узкое светораспределение. Как уже упоминалось в главе 3, правильно сконструированные светодиодные светильники излучающие вниз могут создавать световой поток, равный или превышающий световой поток, создаваемый светильниками-даунлайтами с лампами накаливания и КЛЛ, при значительно более высокой энергоэффективности. Конструктивные особенности и требования к монтажу светодиодных светильников излучающих вниз обычно схожи с традиционными светильниками, поэтому их выбор и установка не вызывает затруднений.

eW Downlight Powercore

eW Downlight Powercore, разработанный компанией Philips Color Kinetics, – это регулируемый, подключаемый напрямую к электросети, монтируемый на поверхность даунлайт (излучающий вниз светильник), пригодный для освещения коридоров и других мест общего пользования в офисах. Его установка предельно проста за счет наличия источников питания для разных напряжений сети, светодиодных модулей с разной шириной светового пучка и возможности выбора квадратного корпуса с различной внешней отделкой для установки в разнообразно оформленных помещениях. Светильники теплого света 2700 К хорошо подходят для создания интимной атмосферы, например, в ресторанах и вестибюлях гостиниц, а светильники холодного света 4000 К могут использоваться в офисах, школьных классах и больницах.

Как отмечалось в главе 3, eW Downlight Powercore могут создавать уровни освещенности и обеспечивать качество света, сравнимые с КЛЛ при более высокой энергоэффективности и с меньшим выделением тепла. Сертифицированный по стандарту ENERGY STAR светодиодный светильник eW Downlight Powercore расходует на 80% меньше электроэнергии и может работать в 40 раз дольше, чем лампа накаливания – до 85 000 часов работы при сохранении 70% исходного светового потока.



eW Downlight Powercore, разработанный компанией Philips Color Kinetics, – это регулируемый, подключаемый напрямую к электросети, монтируемый на поверхность даунлайт, световой поток которого сравним со световым потоком светильников с КЛЛ, и имеющий увеличенный срок службы и более высокую энергоэффективность.

Светодиодный излучающий вниз светильник *Calculite*

Светодиодный светильник-даунлайт *Calculite*, разработанный компанией Philips Lightolier, – это отмеченный наградами световой прибор, в котором для получения белого света используется система удаленного люминофора. В белых светодиодах обычно используется излучающий синий свет светодиодный кристалл, покрытый слоем люминофора. Так как при попадании на люминофор синий свет рассеивается, то до 60% преобразованного света отражается назад. В светильнике *Calculite* люминофор вынесен в рассеивающую линзу, что позволяет перенаправить отраженный свет из светильника при помощи специального высокоотражающего смесителя. Результатом этого является повышение эффективности системы на 20%, что позволило получить самую высокую в данной отрасли промышленности световую отдачу, равную 50 лм/Вт.



*В светодиодном даунлайте *Calculite*, разработанном Philips Lightolier, используется выносная люминофорная система для получения стабильного, однородного белого света и энергоэффективности 50 лм/Вт.*

Светильник *Calculite* является модульным. Защищенный патентом источник питания, который быстро и точно регулирует мощность, подаваемую на светодиоды, отделен от источника света, что способствует уменьшению общего нагрева. К источнику питания и к источнику света обеспечивается удобный независимый доступ из помещения. Световой поток излучающего вниз *Calculite* может регулироваться с помощью диммеров общего

назначения, начиная с уровня 5% полного светового потока (в зависимости от модели диммера).

Наборы для первичной установки доступны для светильников с различной внешней отделкой, размером световых отверстий, цветовой температурой и питающим напряжением. Наборы для модернизации позволяют выполнить модернизацию существующей осветительной системы на базе *Calculite* с лампами накаливания, КЛЛ и разрядными лампами высокого давления.

Пример: Освещение излучающими вниз светильниками / Магазин розничной торговли

Компания Heineken расширила свою деятельность, открыв уникальный ультрасовременный концептуальный магазин Heineken The City, расположенный в Амстердаме, городе пивоваров. В шести отреставрированных исторических зданиях магазина представлены специальные товары из разных областей (музыка, мода, путешествия, события), а также фирменное пиво.

Революционный, сверхсовременный дизайн Heineken The City нашел эффективное применение новейшим технологиям, включая говорящие

зеркала, 3D телевизионные экраны, ледяные стены и интерактивные колонны. Это первый в Европе магазин с полностью светодиодным освещением. Разработчики систем освещения пришли к выводу, что светодиоды будут идеальным решением для общего, акцентного и декоративного освещения.

Общее освещение обеспечивается монтируемыми на поверхность светильниками eW Downlight Powercore. Светильники холодного света 4000 К освещают двухэтажный вестибюль, а теплого света 2700 К – музыкальную студию, создавая в ней уютную, интимную атмосферу. Светильники с узким углом расхождения пучка света (30°) используются в помещениях с высокими потолками, а с широким углом (65°) – с более низкими потолками.

Посетители наслаждаются и восхищаются утонченной и одновременно расслабляющей атмосферой Heineken The City. Владельцы и управляющие магазина пользуются преимуществами установленных в магазине светодиодных светильников, имеющих длительный срок службы и низкое потребление электроэнергии.



Для освещения вестибюля магазина Heineken The City в Амстергаме используются потолочные светодиодные светильники eW Downlight Powercore, разработанные компанией Philips Color Kinetic, и отраженный свет. Рекомендуемый уровень освещенности в таких торговых помещениях – 30 фут-кандел (300 лк).

Световые карнизы

Световой карниз – один из приемов использовать отраженный свет, при котором линейные светильники монтируются внутри некоего желоба. Таким желобом можно считать карниз, нишу, кессон или другие архитектурные элементы, расположенные вдоль стен помещения вблизи уровня потолка. В карнизах светильники в основном светят снизу вверх – на потолок или верхнюю часть стен – для создания отраженного света. Подобное освещение создает легкую и расслабляющую атмосферу, особенно при низком контрасте между уровнем освещенности от общего отраженного освещения и уровнями рабочего и акцентного освещения. Световые карнизы насыщенного и изменяемого цвета применяются в основном для создания акцентов и эстетических эффектов.

Светильники для карнизов хорошо подходят как для получения отраженного света, так и для создания световых эффектов. Они дают направленный свет, поэтому потери света значительно ниже, чем у аналогичных светильников с лампами накаливания или люминесцентными лампами. Хорошо сконструированные светодиодные светильники для карнизов обычно доступны с разной шириной пучка света, имеют устройства нацеливания и фиксации луча для точной регулировки распределения света за пределами карниза и для устранения теней и рассеяния света внутри самого карниза. Эти светильники обеспечивают плотную стыковку и сводят к минимуму темные промежутки на карнизе.

Так как светодиодные светильники для карнизов могут надежно обеспечивать полезный свет в течение тысяч часов, проблемы с возникновением темных пятен, например, в высоких вестибюлях и коридорах, будут крайне редкими. Кроме этого, светодиодные светильники создают холодный свет и не производят ИК- и УФ-излучения, а значит, пригодны для использования в музеях, на выставках и в исторических местах, где традиционное освещение может стать причиной обесцвечивания чернил и красок или разрушения тканей, отделок или других чувствительных к ИК- и УФ-излучению материалов.

Полноцветные и настраиваемые белые светодиодные светильники для световых карнизов могут использоваться для регулируемого общего освещения белым или цветным светом, а также для создания динамических световых эффектов с изменением цвета в ночных клубах, ресторанах, торговых залах и др.

eW Cove QLX Powercore

eW Cove QLX Powercore – линейный светильник белого света для световых карнизов, разработанный компанией Philips Color Kinetics – привлекательная альтернатива традиционным светильникам аналогичного назначения. Световой поток приблизительно 300 люменов на фут, полезный срок службы более 50 000 часов, высокая энергоэффективность, практически

не требуется техобслуживание – все это делает eW Cove QLX Powercore прекрасной заменой для люминесцентных ламп T8 и T12 (период окупаемости три года) и для галогенных и ксеноновых ламп (период окупаемости один год).

eW Cove QLX Powercore превосходит требования стандартов ANSI по цветности, обеспечивая однородность цвета и согласованность цветового оттенка и цветовой температуры в 4-пороговом эллипсе Мак-Адама, что делает цветовые вариации между отдельными светодиодами, светильниками и целыми производственными партиями практически незаметными.

Как и все правильно сконструированные светильники для карнизов, eW Cove QLX Powercore легко устанавливается, позиционируется, подсоединяется и нацеливается на освещаемую область. Торцевые соединительные разъемы питания могут поворачиваться на 180°, световой отсек – в пределах 180° с шагом в 10° для выполнения нацеливания света и смешивания цветов. Крепежные элементы допускают вертикальную и потолочную установку, а кабельные перемычки разной длины могут обеспечить дополнительные промежутки между светильниками там, где это необходимо.

К возможным вариантам подключения относятся прямое фиксированное подключение к источнику питания или мобильное подключение с использованием двухштырьковой штепсельной вилки. eW Cove QLX может включаться и регулироваться с помощью совместимых диммеров ELV-типа с отсечкой по заднему фронту.

iW Cove Powercore

iW® Cove Powercore производства компании Philips Color Kinetics – это интеллектуальный светодиодный светильник для световых карнизов, дающий белый свет с настраиваемой цветовой температурой в диапазоне 3000–6500 К. Цветовая температура может регулироваться независимо от яркости, что позволяет выбрать точный оттенок и насыщенность белого света для любого вида коммерческого, выставочного, официального и архитектурного освещения. Подобно eW Cove QLX Powercore, iW Cove Powercore отличается высокой энергоэффективностью, его легко установить, он имеет два варианта ширины светового пучка, вращающийся корпус и вращающиеся торцевые разъемы питания.



Светильник eW Cove QLX Powercore, разработанный компанией Philips Color Kinetics, может заменить люминесцентные лампы T8 и T12 (период окупаемости три года) и лампы накаливания (период окупаемости один год).



iW Cove Powercore – это светодиодный светильник для световых карнизов белого света с настраиваемой цветовой температурой в диапазоне 3000–6500 К.



iColor MX Cove Powercore обеспечивает 16,7 млн цветовых оттенков для создания динамических светоцветовых эффектов, что невозможно обеспечить при использовании традиционных светильников для световых карнизов.

iColor Cove MX Powercore

Светильники iColor Cove® MX Powercore – это световые карнизы на совершенно новом уровне, которые обеспечивают 16,7 млн цветовых оттенков для создания динамических световых эффектов и акцентов переменного цвета, что невозможно создать при использовании традиционных световых приборов аналогичного назначения. iColor Cove MX Powercore – пример того, какой должна быть революционная технология светодиодного освещения. Помимо световых карнизов, эти светильники могут использоваться для фоновой подсветки, недорогого освещения стен скользящим светом и в качестве световых элементов прямого наблюдения.

Пример: Световые карнизы / Историческая достопримечательность



Фото: Джон Брандон Миллер (John Brandon Miller)

Светодиодные световые карнизы, установленные в интерьерах Старой Северной церкви в Бостоне, обеспечивают высокий световой поток, теплый и равномерный белый свет и значительное снижение расходов на эксплуатацию, обслуживание и замену.

Старая Северная церковь (Old North Church) в Бостоне очень известна со времен Войны за независимость в США. Сегодня ее освещение обеспечивается световыми карнизами с установленными в них современными светодиодными светильниками. Старая Северная церковь служит наглядным примером успешного применения светодиодного освещения даже в самых старых зданиях Америки.

В процессе реконструкции этого здания, которому 285 лет, было принято решение о замене в 18 внутренних нишах устаревших линейных трубчатых ламп накаливания на современные, не требующие обслуживания источники света. Вместо старой системы освещения было установлено около 130 светильников eW Cove Powercore. Прогнозируемый полезный срок

службы составляет 50 000 часов: эти светодиодные светильники для световых карнизов могут работать в 25 раз дольше, чем светильники с лампами накаливания, что значительно снижает расходы на замену и обслуживание. Ожидается, что новая система позволит снизить потребление электроэнергии почти на 85% (40 Вт на 8 футов длины светодиодной системы освещения против 240 Вт на 8 футов длины системы освещения с лампами накаливания).

Светильники eW Cove Powercore, установленные вдоль внутренних ниш верхней галереи церкви, излучают теплый белый свет, подчеркивающий исторические арки и лепнину. Световой поток этих приборов может регулироваться с помощью существующих диммеров ELV-типа. Низкий профиль светильников и возможность запитывать их напрямую от электросети позволяют монтировать их в узкие ниши, куда не могут быть установлены источники света, требующие балластов, трансформаторов и другого вспомогательного оборудования.

Пример: Световые карнизы / Помещение для приема гостей

Гостеприимная атмосфера ресторана Rustic Kitchen создается благодаря деревянным печам и драматическому освещению.

Владельцам ресторана потребовалось теплое, привлекательное освещение, чтобы подчеркнуть ниши, расположенные под потолком в стиле «Балтимор» в тосканском зале ресторана. Они изучили различные источники света, включая неоновые и люминесцентные, но в отличие от светодиодов, ни один из них не обеспечивал требуемой цветовой температуры, высокого срока службы и минимально возможного объема работ по техобслуживанию. В итоге владельцы ресторана остановили свой выбор на светильниках iW Cove Powercore.

Поскольку эти светильники обеспечивают белый свет с регулируемой в широком диапазоне цветовой температурой, служащие ресторана могут менять атмосферу в ресторане одним нажатием кнопки: днем они могут установить более холодный свет, а вечером – более теплый свет. В отличие от традиционных источников света, светильники iW Cove Powercore сохраняют неизменную цветовую температуру даже при регулировании светового потока.



Фото: Джон Браунинг Миллер

Светильники iW Cove Powerscore позволяют служащим ресторана Rustic Kitchen («Деревенская кухня») в Бостоне устанавливать предпочтительный оттенок белого света: более холодный свет днем (на фото вверху) и более теплый ночью (на фото внизу).

Освещение стен

Приемы, используемые для равномерного освещения стен, применимы также для других больших поверхностей. Они хорошо подходят для стен, обшитых древесными плитами или другими слегка текстурированными материалами, так как скрывают дефекты поверхности, делая ее визуально более ровной. (В противоположность этому, подсветка стен скользящим светом используется для выделения текстуры неровных поверхностей, таких как кирпичная или каменная кладка – см. ниже). Освещение стен чаще всего применяется в простых минималистических интерьерах, таких как музеи современного искусства, новые офисные помещения и современные квартиры. Заливающее освещение лучше всего подходит для матовых стен, так как при глянцевых стенах оно может привести к появлению слепящих бликов.

Подобно световым карнизам и отраженному освещению, подсветка стен может создать в комнате яркую, привлекательную и расслабляющую атмосферу. Светильники для освещения стен обычно имеют несимметричные линзы и устанавливаются на некотором расстоянии от стены или поверхности для получения такого угла падения света, при котором слепящее действие и затенение от рам и других объектов, установленных на стене или на поверхности, минимальны.

ColorBlast Powercore

ColorBlast Powercore производства компании Philips Color Kinetics – универсальный полноцветный светодиодный светильник, который может использоваться для освещения стен как снаружи, так и внутри помещения, а также для фоновой подсветки, освещения вывесок, подсветки стен скользящим светом, точечного и прожекторного освещения. Светильники с широким пучком света имеют луч без четких границ, а с узким пучком света используются для подсветки с большого расстояния высоких стен и фасадов зданий.



Как и многие другие светодиодные светильники, ColorBlast Powercore является универсальным, пригодным для различных областей применения, включая освещение стен и их подсветку скользящим светом, точечное и прожекторное освещение.



Встроенный блок питания, точная регулировка, подключение питания, выполненное в соответствии с требованиями МЭК, и прочный корпус делают светильники ColorBlaze, разработанные компанией Philips Color Kinetics, идеальными для коммерческого, театрального и архитектурного освещения заливающим светом.

ColorBlaze

Светильник ColorBlaze, разработанный компанией Philips Color Kinetics, – это высокоэффективный линейный светильник для заливающего освещения больших площадей, расположенных на значительном расстоянии, насыщенных цветами. Он идеально подходит для театрального и архитектурного освещения. Встроенный блок питания и адресный приемник делает этот светильник особенно привлекательным для сдачи в аренду, мобильных и других видов временного применения. Прочный корпус и простое подключение питания, выполненное в соответствии с требованиями Международной электрической комиссии (МЭК), упрощает периодическую установку, конфигурирование и демонтаж. Высокий срок службы, небольшой объем работ по техобслуживанию и интеллектуальное управление, свойственные всей светодиодной продукции, делают ColorBlaze также идеальным решением для подсветки архитектурных сооружений.

Пример: Освещение стен/ Современная достопримечательность

В разгар сезона отпусков в 2008 году в г. Лонг-Бич, штат Калифорния, состоялось торжественное открытие нескольких светодиодных систем освещения, примененных в известных зданиях в центре города. Для освещения каждого здания использовались разные типы светильников. Это сделало каждый объект индивидуальным и узнаваемым.

Конференц-центр в г. Лонг Бич (The Long Beach Convention Center) подвергся серьезной реставрации; теперь внутренние поверхности его стеклянного атриума освещают 100 светильников ColorBlast Powercore, которые создают заливающее освещение интенсивным, ровным светом изменяемого цвета. Применение светильников ColorBlast Powercore позволило проектировщикам одновременно достичь нескольких целей: повысить энергоэффективность, уменьшить объемы работ по техническому обслуживанию практически до нуля и получить цветовые эффекты без использования светофильтров.



Фото: Франк Дорра

Скользкая подсветка стен

Освещение стен скользким светом является еще одним приемом, который используется для освещения стен и больших поверхностей. В отличие от заливающего освещения, освещение стен скользким светом предназначено для выявления текстуры кирпичной или каменной кладки или других шероховатых или лепных поверхностей. Светильники для освещения стен скользким светом обычно устанавливаются очень близко к освещаемой поверхности, в желобе или боксе, расположенном снизу или сверху этой поверхности. Эффективные светильники для освещения стен скользким светом обеспечивают высокую интенсивность света в пучке с относительно узким углом рассеивания.

Полноцветные светильники для освещения стен скользким светом позволяют освещать поверхности, создавая при этом яркие световые эффекты с изменением цвета, или менять вид комнаты в зависимости от времени года, времени суток и т. п.

ColorGraze Powercore

ColorGraze™ Powercore – это линейный RGB-светильник, разработанный компанией Philips Color Kinetics, идеально подходящий для скользкого и заливающего освещения стен и подсветки вывесок. ColorGraze Powercore обеспечивает равномерный пучок света на расстоянии всего лишь 6 дюймов (152 мм) и имеет низкопрофильную конструкцию, объединенную с гибкими крепежными элементами, облегчающими установку. Различные варианты длины и ширины светового пучка, а также индивидуально адресуемые сегменты длиной 1 фут (305 мм) в каждом светильнике позволяют точно управлять цветовыми эффектами и световыми шоу.



Светильники ColorGraze Powercore значительно превосходят традиционную светотехнику для скользкой подсветки стен и имеют разрешающую способность управления 1 фут (305 мм) для точного управления динамическими эффектами и световыми шоу.

Пример:

Скользкая подсветка стен / Частная квартира

North Dumpling Island – это расположенный возле побережья штата Коннектикут остров площадью 3 акра, владельцем которого является удачливый изобретатель Дин Кеймен. Когда Береговая охрана США обрела электрический кабель, идущий к расположенному на острове маяку, Кеймен начал использовать возобновляемые источники энергии и последние достижения в области освещения, очистки воды и бытовой техники, многие из которых являются его собственными изобретениями.

По всему острову Кеймен установил светодиодные светильники Philips. Для освещения наружной кирпичной кладки жилого дома он выбрал ColorGraze Powercore. Восемь светильников длиной 4 фута (1218 мм) каждый были установлены так, чтобы представлять собой непрерывную линию, обрамляя нижнюю сторону свеса крыши здания. Обеспечивая световой поток, равный 270 люменам на фут, светильники ColorGraze Powercore заливают текстурированные наружные поверхности здания ярким светом. Превосходное качество лучей света обеспечивает освещение стен без заметных переходов между светильниками.

Каждый светильник ColorGraze Powercore потребляет всего 70 Вт, что способствует эффективному использованию электроэнергии на острове. В отличие от традиционной системы освещения с использованием прожекторов заливающего света, светильники ColorGraze Powercore дают направленный свет, попадающий только туда, где он действительно нужен, что сводит к минимуму потери света и повышает энергоэффективность системы.

Фото: Джон Бранден Миллер



ColorGraze Powercore освещает скольльзящим светом кирпичную стену жилого дома на острове North Dumpling Island, где используются только возобновляемые источники энергии. Высокоэффективные направленные источники света ColorGraze Powercore помогают максимально сохранить природные ресурсы на острове.

Заливающее освещение

Заливающее освещение с одной стороны является одним из видов общего освещения, а с другой – одним из видов освещения вертикальных поверхностей. Для освещения спортивных площадок, а также для подсветки больших наружных поверхностей архитектурных сооружений часто используются светильники с металлогалогенными лампами высокого давления. Уже существуют светодиодные светильники со сверхвысокой интенсивностью света, способные составить конкуренцию традиционным прожекторам заливающего света (особенно цветного) с точки зрения эксплуатационных характеристик и энергоэффективности.

ColorReach Powercore

ColorReach™ Powercore, разработанный компанией Philips Color Kinetics – высокоэффективный наружный прожектор заливающего света, он является первым светодиодным прожектором, способным ярко освещать фасады больших архитектурных сооружений. ColorReach Powercore специально создан для освещения крупномасштабных объектов – коммерческих небоскребов, казино, обширных площадей розничных магазинов, мостов, эстакад, памятников и достопримечательностей. Он обладает световым потоком более 5000 лм и излучает свет на расстояние более 500 футов (152,4 м): ColorReach Powercore стал первой энергоэффективной альтернативой традиционным прожекторам заливающего света, который используется для освещения наружных поверхностей. Способность воспроизводить миллионы цветовых оттенков без использования светофильтров значительно повышает эффективность ColorReach Powercore там, где требуется цветной свет.



Прожектор обладает световым потоком более 5000 лм, излучает свет на расстояние более 500 футов (152,4 м) и имеет возможность воспроизводить миллионы цветов без использования светофильтров: ColorReach Powercore является первой энергоэффективной альтернативой традиционным прожекторам заливающего света.

Пример: Наружная архитектурная подсветка / Общественное здание

Огромное здание Каунти-Холла, бывшей штаб-квартиры местных органов власти в Лондоне (Англия), теперь служит центром туристического, торгового и гостиничного бизнеса. Для освещения, выполненного в стиле барокко эпохи королей Эдуардов, фасада здания Каунти-Холл, расположенного в районе Саут-Бэнк (Южный берег), рядом со знаменитым колесом обозрения «Лондонский глаз», используются светодиодные прожекторы заливающего света ColorReach Powercore.

Светильники ColorReach Powercore помогли управляющей компании повысить привлекательность Каунти-Холла не только днем, но и в темное



Фото: Redshift Photography

Шестнадцать светодиодных прожекторов ColorReach Powercore заливают насыщенным светом изменяющегося цвета фасад здания Каунти-Холл в Лондоне, Англия. Светильники ColorReach Powercore придают Каунти-Холлу величественный и привлекательный вид ночью и гармонизирует его конструкцию с расположенным поблизости знаменитым колесом обозрения «Лондонский глаз», вдове уменьшая при этом потребление электроэнергии, расходуемой на подсветку.

время суток. Способность ColorReach Powercore воспроизводить динамические световые шоу и цветовые эффекты также позволяет корпоративным клиентам, которые арендуют Каунти-Холл для частных мероприятий, заливать поверхность здания светом, соответствующим, например, цветам логотипа своей компании. Модернизация освещения заключалась

в простой замене существующих традиционных светильников шестнадцатью прожекторами заливающего света ColorReach Powercore.

Прожекторы расположены в промежутках между колоннами, что подчеркивает центральный вход, имеющий в плане серповидную форму; при этом четыре прожектора установлены вдоль фасада здания. Каждый прожектор ColorReach Powercore потребляет всего лишь 290 Вт при полной яркости против 600 Вт, потребляемых ранее установленными традиционными светильниками. Это позволило снизить потребление электроэнергии в два раза.

«Увидев, на что способны созданные компанией Philips светильники-прожекторы ColorReach Powercore, мы не разочаровались в своем выборе. Они обеспечивают насыщенный цветной свет при значительно меньших затратах на эксплуатацию и обслуживание по сравнению с традиционными источниками света – подобную возможность снижения затрат в сложившихся экономических условиях просто нельзя игнорировать», – отметил руководитель управляющей компании здания Питер Кастелтон.

Освещение дорог, улиц и площадей

Дороги, улицы и площади требуют достаточного, равномерного освещения для пешеходов и автомобилей. Светильники уличного освещения обычно монтируются на опорах или на закрепленных на опорах кронштейнах.

К 2008 г. в США и Европе в 65% всех светофоров и фонарей для освещения тротуаров лампы накаливания были заменены на светодиоды. Как и в прожекторном освещении, светодиодные источники света обеспечивают значительную экономию электроэнергии в сфере сигнального освещения: светофильтры ламп накаливания могут блокировать до 90% светового потока светильника.

В сфере сигнального освещения особенно критичны высокая надежность и длительный срок службы светодиодов, ведь замена ламп обходится дорого, а неисправные светофоры повышают риск возникновения аварийных ситуаций. Однако светодиоды могут быть не только альтернативным решением для освещения тротуаров, улиц и дорог, но и способны изменить сами принципы ночного освещения. Так, светодиоды могут быть интегрированы в дорожные покрытия, бордюры и защитные ограждения.

Radiant

Radiant – разработанный компанией Philips Gardco светильник для освещения площадей, улиц и дорог. В нем используется уникальная призматическая оптическая система и белые светодиоды высокой интенсивности, позволяющие получить изменяемую геометрию освещаемого участка, точное нацеливание и превосходное качество света. По сравнению



Светильник Philips Gardco Radiant для уличного освещения обеспечивает экономию до 50% электроэнергии по сравнению с натриевыми и металлогалогенными лампами высокого давления.

с натриевыми и металлогалогенными лампами высокого давления Radiant обеспечивает экономию 30–50% электроэнергии. Полезный срок службы светильников составляет 50 000 часов или больше, что благотворно влияет на снижение затрат на замену и обслуживание. Стойкость к атмосферным воздействиям, прочная конструкция и обтекаемый современный корпус делают Radiant подходящим решением для многих областей применения.



Фотография печатается с разрешения компании Philips Gardco

Аварийное и утилитарное освещение

К аварийному и утилитарному освещению относится освещение выходов, высоких пролетов промышленных зданий, маркерное освещение, освещение доков, взрывоопасных зон и световые указатели для различных промышленных и других применений.

Освещение выходов и другие виды указательного освещения предназначено для отображения направления движения и информационных сообщений. Освещение указателей и проходов помогает людям ориентироваться внутри и вне зданий.

Возможность светодиодов излучать яркий свет в течение тысяч часов повышает надежность аварийного освещения по сравнению с традиционными источниками света.

Система освещения пешеходного перехода Philips Gardco

Разработанная Philips Gardco система освещения пешеходного перехода повышает безопасность людей и снижает риск травмирования, днем и ночью предупреждая водителей о пешеходных переходах. Система включает вмонтированные в дорожное полотно предупредительные огни (IRWL). В ней применены сверхъяркие светодиоды, видимые на расстоянии более чем 500 футов при прямом солнечном свете и на расстоянии более 1 мили ночью.

Контроллер системы, обеспечивающий автоматическое включение с помощью датчика движения, расположен внутри тумбы, имеющей привлекательный вид. Пешеходы также могут самостоятельно включить систему простым нажатием кнопки.

Система освещения пешеходного перехода предназначена для установки на нерегулируемых перекрестках и в местах, где дорогу переходит большое количество пешеходов – возле школ, военных баз, колледжей и торговых предприятий. При активации система включает вмонтированные в дорожное полотно непосредственно перед перекрестком



В разработанной Philips Gardco системе освещения пешеходного перехода используются сверхъяркие светодиоды, видимые на расстоянии более чем 500 футов при прямом солнечном свете. Многофункциональное управление и наличие дополнительных средств предупреждения создают эффективное решение для освещения пешеходного перехода.



Фотография печатается с разрешения Philips Gardco

предупредительные огни и подсветку обычного дорожного знака, дополнительно обозначающего пешеходный переход. При переходе пешеходами дороги встроенные в дорожное покрытие предупредительные огни мигают с регулируемой частотой. Возможности системы могут быть расширены с помощью дополнительных устройств, предупреждающих водителя о присутствии пешеходов. Настраиваемые светодиодные знаки и сигнальные огни могут быть установлены перед встроенными в дорожное покрытие огнями для предупреждения водителей о приближающемся перекрестке.

Система ручного включения может запитываться от небольшого, устанавливаемого на столбе источника питания переменного тока или от солнечной батареи. Энергоэффективность и длительный срок службы установленных в системе светодиодов повышают ее экономическую эффективность, надежность и снижают объем работ по обслуживанию.

Акцентное освещение

Акцентное освещение по своей природе является декоративным. Иногда сами светильники акцентного освещения используются в качестве украшения, но гораздо чаще в декоративных целях используется излучаемый ими свет.

Светильники акцентного освещения представлены в широком ассортименте, от небольших прожекторов для подсветки скульптур и малых архитектурных и ландшафтных объектов, подвесных светильников для изысканного освещения ресторанов и баров или для получения декоративных пятен белого и меняющегося цветного света до погружаемых в воду светильников для освещения фонтанов, бассейнов и т. п.



ColorBurst 6 – это круглый, полноцветный светодиодный светильник акцентного освещения, способный излучать более 500 люменов, потребляя при этом всего лишь 25 Вт.

ColorBurst 6

ColorBurst® 6 – разработанный компанией Philips Color Kinetics круглый светодиодный светильник акцентного динамического освещения, предназначенный для внутреннего и наружного освещения. Он имеет классический для этого вида приборов круглый корпус диаметром 6 дюймов (152 мм) и излучает световой поток, равный 500 лм, потребляя при этом всего лишь 25 Вт. Заключенный в прочный литой алюминиевый корпус, ColorBurst 6 излучает свет насыщенных цветовых оттенков и помогает создать световые эффекты

переменного цвета в направленном, заливающим и акцентном освещении. Монтажное кольцо с тремя винтами облегчает установку оптики, жалюзи и других аксессуаров для направления и распределения света.

iColor MR g2

Светодиодная лампа iColor MR g2, разработанная компанией Philips Color Kinetics, наглядно демонстрирует огромные преимущества прямой замены традиционных источников света светодиодными. iColor MR g2 – это интеллектуальная полноцветная лампа MR16, которая позволяет создавать световые вспышки насыщенных цветов и световые эффекты с изменением цвета. Светодиоды высокой интенсивности, два варианта ширины светового пучка и сменные прозрачные и матовые линзы – все это делает iColor MR g2 прекрасным решением для освещения архитектурных зданий, в театре, в магазинах.

Стандартный цоколь GU5.3 и двухштырьковый разъем MR16 обеспечивают совместимость iColor MR g2 с большинством модульных, шинных и подвесных светильников для ламп MR16. Для установки ламп iColor MR g2 в прибор для лампы MR16, требующий наличия тонкого фланца вокруг передней кромки лампы, используется дополнительный кольцевой переходник. Для подключения ламп iColor MR g2 используется стандартный двухпроводный кабель в двойной изоляции или питающие провода. Блоки питания/управления, разработанные для iColor MR g2, объединяют питающее напряжение и управляющие сигналы в одну двухпроводную цепь и могут использоваться с обычными светильниками и патронами для ламп MR16.



iColor MR g2 – это светодиодная лампа MR16, позволяющая получить полноцветные световые эффекты при использовании стандартных направляющих, кабелей и подвесной арматуры.

C-Splash 2

C-Splash™ 2 – разработанный компанией Philips Color Kinetics светодиодный светильник для акцентного освещения изменяемого цвета свечения, пригодный для использования в пресной и соленой воде на глубине до 15 футов (4,6 м). Благодаря водонепроницаемому литому латунному корпусу и регулировочному устройству из кремниевой бронзы, C-Splash 2 идеально подходит для установки в фонтанах и парках отдыха, а также может эксплуатироваться в суровых атмосферных условиях. Светильники C-Splash 2 используются для подсветки Озера Мечты (Lake of Dreams) в отеле/казино Wynn, г. Лас-Вегас (см. фото далее).



C-Splash 2 расширяет область применения светодиодных светильников и переносит ее под воду, помогая создавать световые эффекты в фонтанах, бассейнах и парках отдыха.



Пример: акцентное освещение / Зал для приема гостей

Круизный лайнер Costa Concordia вошел в состав флота итальянской компании Costa Cruise в 2006. Это самый большой и комфортабельный лайнер компании. В необычном интерьере лайнера широко применяется светодиодное освещение, подчеркивающее элегантный дизайн внутреннего пространства.

Изготовленные на заказ люстры (см. фото ниже), напоминающие красочных морских ежей, поражают пассажиров. В люстрах установлено 1250 ламп iColor MR g2. Управление каждой лампой выполняется индивидуально, что позволяет создавать динамические световые эффекты с изменением цвета. Кроме того, лампы iColor MR g2 используются для добавления цвета в классические хрустальные люстры, установленные в дискозале на борту лайнера.



Хрустальным люстрам, установленным в дискозале на борту лайнера Costa Concordia, принадлежащего компании Costa Cruise, лампы iColor MR g2 добавляют насыщенный цвет.



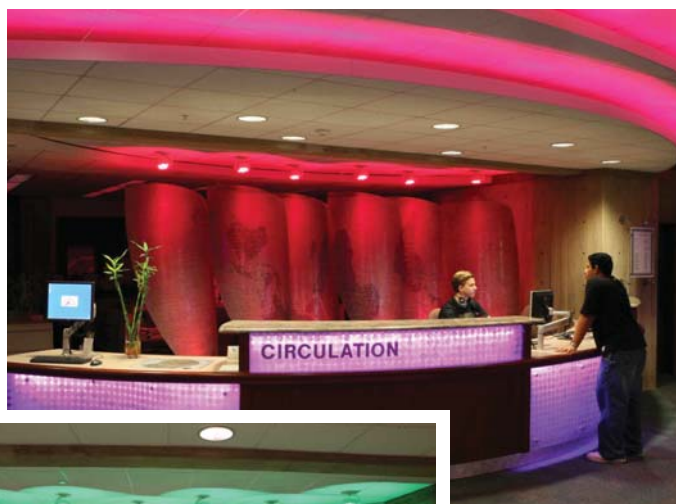
Более 1200 ламп iColor MR g2, установленных в изготовленных на заказ хрустальных люстрах, подвешенных в атриуме круизного лайнера Costa Concordia, создают яркое акцентное освещение изменяемых цветов, что было бы невозможно достичь с помощью традиционных ламп MR16.

Пример: акцентное освещение / Общественное здание

Герметичный корпус, выполненный из литого алюминия, делает ColorBurst 6 пригодным для наружного освещения и для помещений с повышенной влажностью. Однако, малая опорная поверхность, сфокусированный пучок света и простота установки позволяют успешно использовать этот светильник для прожекторной и акцентной подсветки внутри помещений.

Библиотека имени Ричарда Дж. Фолсома (The Richard G. Folsom Library) в г. Трой, штат Нью-Йорк, расположенная в студенческом городке Ренселеровского политехнического института (РПИ), не реставрировалась с момента ее открытия в 1976 году. Администрация РПИ приняла решение модернизировать библиотеку, чтобы повысить ее привлекательность для студентов, исследователей и прочих посетителей.

Фото: Криса Кун (Крис Куил)



Светильники ColorBurst 6 обеспечивают полноцветное акцентное освещение абонементного стола в библиотеке Ренселеровского политехнического института имени Ричарда Дж. Фолсома. Простой контроллер DMX помогает сотрудникам библиотеки управлять светом, позволяя им изменять цвета и создавать световые эффекты в зависимости от времени года.

Проектировщики системы освещения разработали креативный план, который делает ставку на акцентное динамическое (изменение цвета) освещение и прожекторную подсветку. Чтобы создать в библиотеке более открытую и располагающую атмосферу, были разработаны варианты световых шоу, цвета которых соответствуют изменчивому климату северной части штата Нью-Йорк: теплые цвета сопровождают холодные зимние месяцы, холодные – летние, зеленые ассоциируются с весной, а оранжевые – с осенью.

Для освещения компьютерных комнат и рабочих мест применяется различное светодиодное оборудование, разработанное компанией Philips. ColorBurst 6 используется для высвечивания инвертированной карты мира, специально разработанной для реставрации библиотеки и служащей фоном для абонементного стола библиотеки.

Всего лишь один контроллер DMX производства компании Philips обеспечивает сотрудникам библиотеки возможность осуществлять полное управление работой всем установленным в библиотеке осветительным оборудованием и световыми эффектами – как статическими, так и динамическими. Помимо создания притягательной атмосферы, светодиодное освещение Philips экономит электроэнергию и снижает затраты на обслуживание.

Источники света прямого наблюдения

Такие источники света предназначены не для освещения, а для прямого наблюдения. Полноцветные светодиодные источники света прямого наблюдения, снабженные устройствами управления, могут использоваться для воспроизведения сложных движущихся изображений и цветových эффектов, например, на крупномасштабных видеодисплеях. Линейные и ленточные светильники применяются для создания двухмерных и трехмерных дисплеев любых размеров, от небольших, используемых внутри помещения, до огромных, занимающих площадь всего фасада здания и видимых с расстояния в несколько километров.

Поскольку назначение светодиодных источников света прямого наблюдения значительно отличается от назначения других светодиодных источников света, их параметры обычно указываются в канделах, нитах или люксах, в которых измеряется освещенность единицы поверхности.

Контроллеры, разработанные специально для установок прямого наблюдения, могут дискретизировать видеоизображения и передавать их на дисплей по сети Ethernet.

Так как видео на базе светодиодов может оказаться очень сложной задачей, многие компании, работающие в области цифровых средств аудио-визуальной информации и в области светотехники, занимаются созданием, разработкой конфигурации, размещением и испытанием дисплеев. Такие компании обычно разрабатывают детальные планы, с помощью которых

электромонтеры устанавливают световые приборы в нужных местах и с правильной ориентацией.



Фото с разрешения Джозефа Фрея (Joseph Frey), LEA

В торговом центре и парке развлечений Carre de Soie, расположенном в окрестностях Лиона (Франция) 490 гибких линий, состоящих из полноцветных светодиодных элементов, очерчивают решетчатую конструкцию перехода из кинотеатра на улицу. Светодиодная система освещения, состоящая из 16 000 индивидуально адресуемых элементов, может воспроизводить динамические световые эффекты с изменением цвета.

iColor Accent Powercore

iColor Accent Powercore – разработанный компанией Philips Color Kinetics линейный светодиодный светильник прямого наблюдения, идеально подходит для создания цветowych полос и световых эффектов с изменением цвета. Управление с высоким разрешением позволяет воспроизводить крупномасштабное видео, графику и сложные световые эффекты на архитектурных объектах, в магазинах и на зрелищных мероприятиях.

iColor Accent Powercore выпускается в виде элементов длиной 2 фута (610 мм), 4 фута (1,2 м) и 8 футов (2,4 м), которые могут легко соединяться между собой для создания длинных, непрерывных световых колонн с интенсивным динамичным цветом. Световые элементы могут адресоваться индивидуально и управляться с разрешением всего лишь 1,2 дюйма (30 мм) для воспроизведения крупномасштабного видео и для создания сложных световых эффектов с изменяющимися



iColor Accent Powercore управляется при помощи Ethernet с разрешением от 1,2 дюйма (30 мм) до 8 футов (2,4 м) для подсветки архитектурных сооружений и создания видеодисплеев на стенах зданий.

цветами или с разрешением до 8 футов (2,4 м) для подсветки архитектурных сооружений.

Светильники iColor Accent Powercore получают управляющий сигнал Ethernet при помощи Ethernet-совместимых блоков питания/управления, благодаря чему обеспечивается передача данных на большие расстояния без свойственных системам DMX ограничений по длине линий и адресации.

iColor Flex LMX

iColor Flex LMX – разработанный компанией Philips Color Kinetics гибкий ленточный светильник, включающий в себя крупные полноцветные светодиодные элементы высокой интенсивности, предназначенный для создания необычных и крупномасштабных световых эффектов. Каждая лента состоит из 50 индивидуально адресуемых светодиодных элементов и включает все необходимые средства электропитания, связи и управления. Гибкая основа позволяет создавать на их основе как дву-



Ленточный светильник iColor Flex LMX имеет 50 индивидуально адресуемых полноцветных светодиодных элементов и используется для создания двухмерных и трехмерных световых эффектов и воспроизведения видео.

мерные, так и трехмерные световые конфигурации, большой световой поток позволяет превосходно видеть создаваемый эффект на большом расстоянии при применении в архитектурной подсветке, световой рекламе и фасадных видеодисплеях.

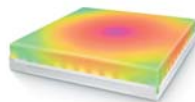
Ленточные светильники Flex LMX могут монтироваться непосредственно на поверхность как традиционные световые гирлянды. Монтажные направляющие обеспечивают линейность прямых участков, а держатели для одиночных элементов могут устанавливаться индивидуально, обеспечивая точки крепления при разном расстоянии между элементами или при сложной геометрии установки.

Для получения разных значений разрешения для видеодисплеев выпускаются ленточные светильники iColor Flex LMX с расстояниями между центрами элементов, равными 4 дюйма (102 мм) и 12 дюймов (305 мм). Мы можем изготовить на заказ варианты с расстояниями между центрами элементов от 3 дюймов (76 мм) до 24 дюймов (610 мм), что подойдет практически для любой области применения и для видеодисплеев.

iColor Tile MX

iColor Tile MX – это полноцветная светодиодная панель, предназначенная для создания великолепных световых картин и световых

эффектов, она монтируется на поверхность или встраиваемая. Каждая панель размером 2 x 2 фута (610 x 610 мм) имеет 144 индивидуально адресуемых элемента, что обеспечивает высокое разрешение управления. Световая панель iColor Tile MX предназначена для применения внутри помещения и идеально подходит для установки на стене или на потолке.



iColor Tile MX – это светодиодная панель размером 2 x 2 фута (610 x 610 мм) с 144 индивидуально адресуемыми элементами. Она используется для создания световых картин, световых эффектов и крупномасштабных видеодисплеев.

Пример: Крупномасштабный видеодисплей / Наружная архитектура

Привлечь внимание к Атлантик-Сити и выделить его на фоне других городов позволила установка в отеле Harrah's Resort and Casino самого крупного в мире видеодисплея. Для этого на фасаде 44-этажного здания Waterfront Tower установили 4500 ленточных светильников iColor Accent Powercore. Для оснащения здания Waterfront Tower понадобилось приблизительно 33 000 футов (почти 10 километров) ленточных светодиодных светильников iColor Accent Powercore.

Светильники были установлены горизонтальными рядами, начиная с четвертого и заканчивая сорок четвертым этажом. Установка осуществлялась без промежутков в горизонтальном направлении и с промежутками 9,5 футов (2,85 м) в вертикальном направлении, для монтажа использовались уже существующие средники окон.

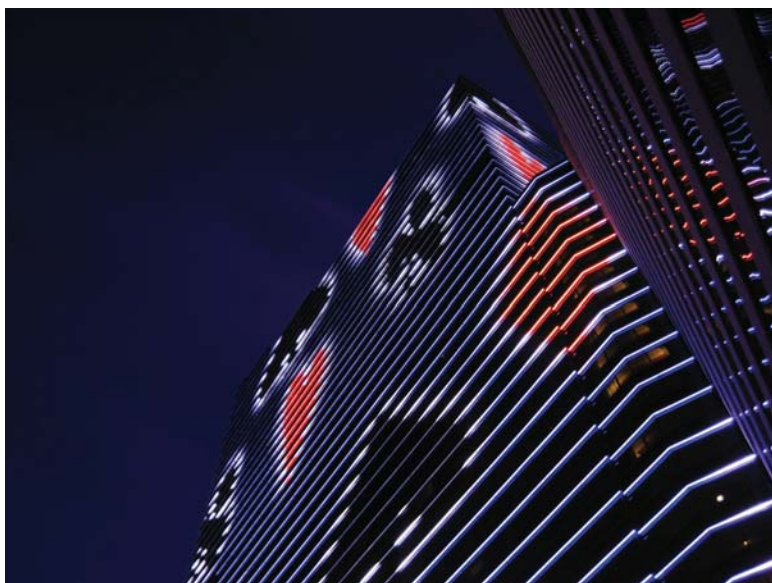
В этой системе управление световыми приборами осуществляется с разрешением («размером пикселя») 2,4 дюйма с помощью системы управления Video System Manager Pro, разработанной компанией Philips Color Kinetics. Этот проект можно назвать верхой в использовании светодиодных элементов, индивидуально управляемых в единой сети.

От заката до рассвета все здание превращается в большой видеозащран, на котором воспроизводятся звезды, кометы, метеоры, развевающиеся американские флаги, фейерверки, вращающиеся игральные кости и перетасовываемые игральные карты.



Фото: Tim Hunter Design

Фото: Tim Hunter Design



Здание Waterfront Tower отеля Harrah's Resort and Casino в Атлантик-Сити полностью окутано 33 000 футами (10 километров) ленточных светильников iColor Accent Powercore, управляемыми с разрешением 1,2 дюйма для воспроизведения крупномасштабных видеоэффектов, видимых с расстояния в несколько миль.

5 ▶

Бизнес и светодиоды

Внимание мировой общественности направлено на такие важные темы, как устойчивое развитие, защита окружающей среды и минимизация вредного воздействия жизнедеятельности человека на экологию. Рынок возобновляемых источников энергии открывает большие возможности для солнечных, ветровых, биологических и других, не оказывающих вредного воздействия на природу, источников энергии. Небывалый рост отмечен на рынке строительства «зеленых» зданий, которые отказываются от небезопасных для окружающей среды строительных методов и материалов. Крупнейшим рынком «зеленых» технологий является рынок энергоэффективной продукции.



Фото: Дариус Кузмискас (Darius Kuzmickas)

Для освещения атриума в Центре международной торговли в Лас-Вегасе используются тысячи футов установленных в световых карнизах линейных светодиодных светильников, что значительно снижает потребление электроэнергии и затраты на обслуживание общего внутреннего освещения.

Энергоэффективное освещение является важной составляющей роста этого рынка, и возможности бизнеса, связанного со светодиодным освещением, будут продолжать быстро увеличиваться к 2012 году и в дальнейшем.

В 2004 году объем рынка энергоэффективных продуктов и услуг составил 300 млрд. долларов.³⁴ Только на сегмент зданий и сооружений, без учета транспорта, промышленных предприятий и коммунальных служб, пришлось 178 млрд. долларов.³⁵ В среднем 25–40% всех коммерческих энергоресурсов расходуется на освещение.³⁶ Неудивительно, что модернизация и обновление систем освещения является быстрорастущим сегментом рынка энергоэффективных продуктов.³⁷ Свообразным толчком для развития рынка в США стало принятие в 2009 году «Закона о восстановлении экономики и реинвестициях» (ARRA), предписывающего увеличение до 2013 года финансирования повышающих энергоэффективность модернизаций и реконструкций ведомственных и федеральных зданий. Подобная правительственная инициатива способствует развитию энергоэффективных светодиодных источников света.

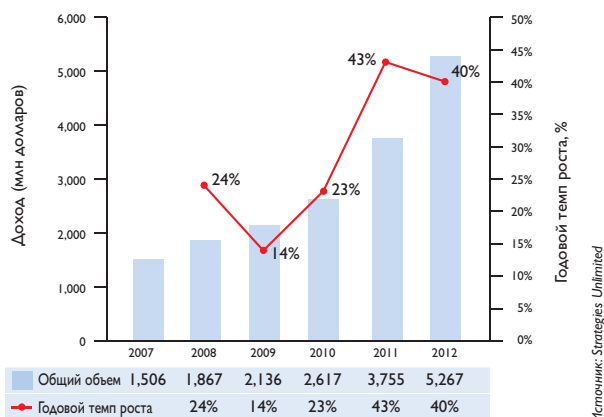
** Помимо замены традиционных источников света светодиодными, энергосбережение включает в себя использование датчиков и контроллеров для управления осветительными приборами в зависимости от уровня естественного освещения, а также систем регулирования мощности и отключения нагрузки.*

Объем мирового рынка светотехнической продукции составляет около 70 млрд. долларов. В США на освещение приходится 8% всей потребляемой энергии и около 22% электроэнергии.³⁸ Стоимость энергии, ежегодно расходуемой на освещение, составляет порядка 40 миллиардов долларов.³⁹ Использование светодиодного освещения позволит к 2025 году на 50% сократить эти расходы. При этом совокупная экономия за период 2000–2020 г. может достичь 100 млрд. долларов, что исключит необходимость использовать более чем сотни электростанций мощностью 1000 мегаватт.⁴⁰

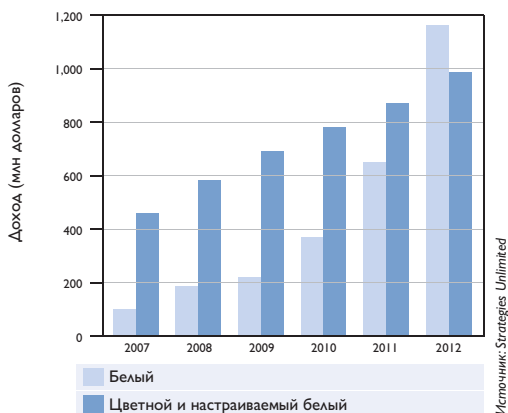
Энергоэффективность является одним из пяти приоритетов президента РФ Медведева Д. А. Программа президента носит название «Энергоэффективность как часть модернизации российской экономики». Инициативы правительства направлены на энергосбережение и уменьшение энергоемкости российской экономики на 40% к 2020 году.

Объем мирового рынка светодиодных световых приборов

В 2009 г. объем мирового рынка светодиодного освещения составил около 2,1 млрд долларов, 43% которого пришлось на Северную Америку. Ожидается, что к 2012 г. объем рынка увеличится до 5,3 млрд долларов.⁴¹



В 2009 г. объем рынка светодиодных систем освещения с изменением цвета превышал примерно в три раза объем рынка светодиодных систем белого света. К 2012 г. ситуация должна измениться, и рынок белых светодиодных приборов должен превзойти рынок светодиодных приборов с изменением цвета.⁴²



Двигатель прогресса: законодательство, политика и стимулирующие мероприятия

Какова движущая сила развития энергоэффективных систем освещения в целом и энергоэффективных источников белого света в частности?

Прежде всего, постоянно растущее потребление электроэнергии. По имеющимся оценкам, к середине нынешнего столетия население земли увеличится на 50% и достигнет 9 млрд. человек.⁴³ Ожидается, что через 30 лет количество легковых и грузовых автомобилей удвоится и составит 2 млрд., а количество воздушных судов, используемых на коммерческих авиалиниях, удвоится через 20 лет.⁴⁴ И все это потребует на 65% больше энергии. Спрос только на нефть увеличится на 35%.⁴⁵

Еще одной движущей силой развития энергоэффективных зданий и систем освещения является увеличивающееся по всему миру количество успешных «зеленых» проектов и их эффективная реклама. Анализ многих завершенных проектов подтверждает растущие потребности в необходимости экономить энергию и снижать затраты, которые обеспечиваются строительством «зеленых» зданий.

Второе десятилетие XXI в. должно стать поворотным пунктом при переходе на новые стандарты и правила в области освещения и ознаменоваться постепенной заменой ламп с низкой энергоэффективностью на более энергоэффективные источники света. Такие факторы, как запрет на выпуск ламп с низкой цветопередачей и на использование десятков опасных химических веществ (особенно ртути и свинца), также будут являться стимулом для развития «зеленых» решений.

Замена ламп – только один из способов решения проблемы «зеленого» освещения, причем во многих случаях он является наименее эффективным. При строительстве новых, реконструкции и модернизации старых зданий установка полностью светодиодных систем освещения может обеспечить гораздо более высокие уровни энергоэффективности, гибкости и качества света. Посредством объединения светодиодных систем освещения с системами управления зданиями и другими системами автоматического управления архитектуры и разработчики систем освещения имеют возможность реализовать экологически рациональные решения, например, здания с нулевым потреблением энергии.

Инициативы 27 стран ЕС, направленные на защиту окружающей среды

Закономерно, что 27 государств-членов Европейского Союза (EU-27) провозгласили и одобрили инициативы и законодательные акты, направленные на экономное расходование энергии и развитие «зеленых» технологий. Поскольку многие из этих инициатив были приняты до появления жизнеспособных светодиодов, для замены ламп накаливания было

рекомендовано использовать КЛЛ. В настоящее время, когда высокоэффективные светодиодные лампы активно используются в качестве альтернативы традиционным, указанные инициативы пересматриваются в пользу использования светодиодов как энергоэффективных источников света с увеличенным сроком службы и без содержания ртути и свинца.

Ниже представлен краткий обзор некоторых ключевых законов, стратегий и инициатив, способствующих развитию рынка энергоэффективных изделий в странах ЕС.

Директива по утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE)

Целью директивы WEEE является уменьшить или предотвратить образование вредных отходов с помощью утилизации и повторного использования материалов. WEEE накладывает на производителя ответственность за экологически правильную утилизацию изделий после окончания их срока службы. К началу 2010 года директива WEEE была официально введена в действие во всех 27 странах ЕС, а также в Норвегии и в Швейцарии.

Согласно WEEE, производители и импортеры электрического и электронного оборудования должны покрывать расходы, связанные со сбором, утилизацией и обработкой отслужившего свой срок электрического и электронного оборудования. Производителям ламп разрешено объединяться и создавать организации, занимающиеся сбором отработавших свой срок ламп и повторным использованием содержащихся в них материалов. Потребители могут бесплатно сдавать изделия на пункты сбора, организованные лицензированными операторами.

Некоторые производители ламп, например, компания Philips, четко указывают в своих счетах на товар стоимость утилизации и переработки электронного и электрического лома. Эта стоимость составляет значительную часть покупной цены для низкокачественных ламп, имеющих короткий номинальный срок службы, таких как, например, галофосфатные люминесцентные лампы.

Директива WEEE благоприятствует использованию светодиодных ламп для замены ламп других типов, так как светодиодные лампы имеют самый большой полезный срок службы из всех имеющихся источников света и, в отличие от КЛЛ, не содержат ртути. Так как светодиодные лампы и световые приборы не входят в сферу действия директивы WEEE, то в их цену не входят затраты или сборы на утилизацию.

Директива, ограничивающая содержание вредных веществ (RoHS)

Директива RoHS, введенная в действие в 2006 году и пересмотренная в 2009 году, ограничивает использование некоторых вредных веществ

в электрическом и электронном оборудовании. RoHS дополняет директиву WEEE, предотвращая контакт конечного пользователя с вредными веществами, снижая риски для работников, занятых повторным использованием материалов, минимизируя необходимость выполнения специальной обработки отходов и использования оборудования для повторного использования материалов, уменьшая загрязнение окружающей среды, и снижая затраты на выполнение требований WEEE.

RoHS ограничивает использование таких вредных веществ, как ртуть, шестивалентный хром, кадмий, полибромированные бифенилы и полибромированные дифенилэфиры. RoHS содержит исключения, позволяющие использовать некоторые вредные вещества в светотехнической промышленности. Например, для эффективной работы некоторых разрядных ламп требуется ртуть, и не существует приемлемой альтернативы для свинца, который используется в стекле люминесцентных трубок и в тугоплавких припоях.

Осветительные приборы, в которых используются ртуть и свинец, соответствуют требованиям RoHS, если содержание в них этих вредных веществ не превышает установленного значения (например, 5 мг ртути в КЛЛ). Таким образом, RoHS запрещает применение низкокачественных осветительных приборов. Известные производители светотехники, такие как, например, компания Philips, используют производственные стандарты, которые даже перевыполняют требования RoHS по содержанию ртути и свинца. Ожидается, что директива RoHS будет пересмотрена до конца 2010 года. В пересмотренной директиве RoHS требования по содержанию ртути, свинца и других вредных веществ будут более строгими, а количество допустимых исключений будет меньше.

Политика, подобная RoHS, будет проводиться или уже проводится в разных странах мира. Штат Калифорния принял вариант RoHS в 2007 году. Корея, Украина и Турция уже приняли положения RoHS, предложенные EU-27, а законодательное утверждение RoHS вскоре ожидается в Китае, Латинской Америке, Индии и Южно-Африканской Республике.

Так же как и WEEE, RoHS способствует распространению светодиодных источников света, так как они не содержат ртути и свинца. По мере того как ограничения RoHS становятся более строгими и получают большее распространение, светодиодные альтернативы традиционным источникам света становятся более привлекательными.

Директива, описывающая экологические требования к проектируемой продукции, связанной с энергопотреблением (ErP)

Сфера действия Директивы по экологическим требованиям к проектируемой продукции, связанной с энергопотреблением, в 2009 году была расширена на всю продукцию, использование которой оказывает влияние на потребление энергии, включая:

- Продукцию, в которой используется энергия (EuPs): изделия, потреб-

ляющие или генерирующие энергию (электричество, газ, ископаемое топливо, и т.д.), включая потребляющую энергию продукцию, такую как, например, электрические лампочки.

- Продукцию, связанную с энергией (ErP): изделия, не обязательно использующие энергию, но оказывающие прямое или косвенное воздействие на потребление энергии, например, оконные рамы, теплоизоляционные материалы и автомобильные шины.

Директива ErP (ранее EuP) обязывает производителей повышать энергоэффективность и снижать вредное воздействие на окружающую среду продукции, связанной с энергией. Меры по применению (IM) ErP включают в себя согласованные стандарты для различных категорий изделий.

Классы энергопотребления для ламп, используемых в странах ЕС

В 27 странах ЕС на электрических лампочках, автомобилях и большинстве электроприборов указывается их уровень энергоэффективности. Энергоэффективность выражается в уровнях от А (наибольшая) до G (наименьшая). Для ламп уровни энергоэффективности показывают потребление электроэнергии относительно обычной лампы накаливания, которая излучает такое же количество люменов.



Утвержденные Комиссией по регулированию электроэнергетики под номером 244/2009 «Меры по применению ненаправленных ламп бытового назначения» распространяются на бытовую светотехническую продукцию, такую как, лампы накаливания, КЛЛ и светодиодные лампы. IM 244 направлены на постепенное свертывание производства продукции, не являющейся энергоэффективной, и прекращение производства такой продукции до 2016 года. На первом этапе, который вступил в силу в сентябре 2009 года, запрещается продажа в странах ЕС наиболее распространенных ламп накаливания и других ламп, не обладающих высокой энергоэффективностью. На втором этапе, который предположительно вступит в силу в сентябре 2010 года, будут введены требования к энергоэффективности светильников, рефлекторных и светодиодных ламп. На третьем этапе, который

вступит в силу в 2012 году, в 27 странах ЕС будет разрешена продажа только таких ламп, на этикетке которых будут указаны классы энергопотребления А, В, или С по стандарту ЕС.

Документ Комиссии по регулированию электроэнергетики 245/2009 «Меры по применению освещения офисов и общественных зданий» направлены на постепенное запрещение продажи несветодиодных ламп и светильников, для которых существуют светодиодные альтернативы. Например, на этапе 1 в 2010 году постепенно запрещается продажа галофосфатных люминесцентных ламп Т8 и ламп Т8 и Т5 с индексом цветопередачи ниже 80.

На этапе 2, к 2012 году постепенно выводятся из употребления галофосфатные люминесцентные лампы Т10 и Т12, некоторые натриевые и металлогалогенные лампы высокого давления. Другие меры, например, повышение требований к энергоэффективности балластов люминесцентных ламп и разрядных ламп высокого давления, также будут способствовать более широкому применению светодиодных источников света. Такие решения также являются экономически эффективными благодаря сокращению расходов на электроэнергию, оптимальному качеству света, длительному сроку службы и отсутствию в составе вредных веществ.

Директива по энергетическим характеристикам зданий (EPBD)

Принятая в 2006 году, EPBD является частью инициатив ЕС, направленных на борьбу с изменением климата с помощью снижения энергопотребления зданий, которое составляет одну треть от общего потребления энергии в странах ЕС. Большинство из 27 стран ЕС одобрили эту инициативу на уровне национальных законов. Ожидается, что пересмотренная версия EPBD будет принята в 2010 году.

EPBD касается потребления электроэнергии и энергоэффективности жилых, офисных, и общественных зданий полезной площадью не менее 1000 м², исключая исторические здания и производственные площадки. В ней представлена общая методика расчета общего потребления электроэнергии зданием, включая все аспекты ее потребления – отопление, охлаждение, освещение, положение и ориентация здания, регенерация тепла и т. д. Энергоэффективное освещение, особенно в случае объединения его с системой управления зданием и другими энергосберегающими системами, способствует сокращению потребления электроэнергии и ее эффективному использованию, позволяя владельцам домов достичь высокого уровня эффективности затрат.

Инициативы, направленные на внедрение энергоэффективных систем освещения в Северной Америке

В ответ на растущую потребность в энергоэффективных решениях правительство США делает большие инвестиции в «зеленые» технологии. Политика правительства и законодательство, например Закон о развитии экономики и реинвестициях США (ARRA), способствуют ускоренному росту энергоэффективных технологий. Государственные расходы на развитие возобновляемых солнечных источников энергии составили 159 млн долларов, а на развитие твердотельных источников света – 25 млн долларов.⁴⁶ Соответствующие действия на государственном и местных уровнях способствовали стимуляции проектов строительства «зеленых зданий». Некоторые города также начинают требовать поддержки политики «зеленых зданий» от частного сектора.

Ниже представлен краткий обзор некоторых основных законов, стратегий и инициатив, способствующих развитию рынка энергоэффективных изделий.

Закон о политике в области энергетики (EPAAct), принятый в 2005 г.

Закон о политике в области энергетики (EPAAct) от 2005 года содержит несколько резолюций, касающихся энергоэффективности, включая соответствующие налоговые льготы и гарантии по займам.⁴⁷

- Устанавливает требования к энергосбережению и стандарты энергоэффективности для федеральных зданий, вводит программу грантов, помогающую органам государственного и местного управления поощрять строительство «зеленых зданий».
- Вводит закон о налоговых вычетах, который устанавливает величину налоговых вычетов при снижении потребления энергии в частных домах на 25–40% и позволяет владельцам домов компенсировать затраты на модернизацию освещения в размере до 0,60 долл. на кв. фут. Закон о стабилизации экономики в условиях кризиса (Emergency Economic Stabilization Act), принятый в 2008 году, продлевает действие налоговых скидок при снижении потребления энергии в частных домах на пять лет, до 2013 года.
- Служит основой для «Инициативы в области освещения нового поколения», организации частных предпринимателей по сотрудничеству в развитии светодиодных источников света. Эта инициатива, в свою очередь, привела к принятию Программы развития светодиодного освещения Департамента энергетики США и повысила долю участия правительства в Союзе разработчиков систем освещения нового поколения

(Next Generation Lighting Industry Alliance – NGLIA) для ускорения развития и коммерциализации систем светодиодного освещения.

Закон об энергетической независимости и безопасности (EISA), принятый в 2007 г.

Принятый в 2007 г. Закон об энергетической независимости и безопасности (EISA) устанавливает несколько стандартов энергоэффективности для общественных зданий и систем освещения:⁴⁸

- Требование о повышении энергоэффективности электрических ламп на 25% в период 2012–2014 гг. запрещает продажу большинства выпускаемых в настоящее время ламп накаливания и способствует развитию новых технологий.
- Удвоение энергоэффективности электрических ламп (или их энергосбережения) к 2020 году.
- Повышение требований стандартов на эффективность некоторых балластов и типов ламп.
- Освещение федеральных зданий в соответствии с требованиями ENERGY STAR и ежегодное общее снижение потребления энергии на 3% в период 2008–2015 гг.
- Создание программы обучения работников в плане повышения энергоэффективности и возобновляемых источников энергии.
- Создание программ по энергосбережению для малого бизнеса, обеспечивающих предоставление ссуд предприятиям малого бизнеса для повышения энергоэффективности.

Стандарты Title 24 штата Калифорния

В 2005 году штат Калифорния, который всегда проявлял высокую активность в вопросах, связанных с энергоэффективностью, установил новые стандарты энергоэффективности для зданий, которые получили название Title 24 of the California Code of Regulations.⁴⁹

Следует отметить, что стандарты 2005 года для светодиодного освещения были недостаточными. Эти стандарты устанавливали минимальные требования к энергоэффективности светодиодного освещения, но эти требования относились к светодиодным лампам, а не к светильникам, содержащим светодиоды. Как было показано в главе 3, эксплуатационные характеристики светильников, в которых используются одни и те же светодиодные лампы, значительно отличаются у разных производителей. Новые стандарты, предложенные в 2008 году и вступившие в силу 1 января 2010 года, значительно лучше учитывают характеристики светодиодных светильников.

Стандарты Title 24 от 2008 года отдельно рассматривают освещение коммерческих предприятий и жилых домов. Среди прочего, части стандартов, относящиеся к жилым домам, содержат рекомендации по использованию высокоэффективных светильников, а также датчиков движения и диммеров для светильников с низкой энергоэффективностью. Для признания высокоэффективными светодиодные светильники должны быть сертифицированы Энергетической комиссией штата Калифорния. Если светодиодная лампа, используемая в светильнике, является съемной (как в случае светодиодных ламп для замены традиционных), то она должна иметь цоколь GU-24.

Стандарты Title 24 для высокоэффективных светодиодных систем освещения	
Номинальная мощность светодиодного осветительного прибора	Минимальная светоотдача светодиодного осветительного прибора
5 Вт или меньше	30 лм /Вт
от 5 Вт до 15 Вт	40 лм/Вт
от 15 Вт до 40 Вт	50 лм /Вт
более 40 Вт	60 лм/Вт

Источник: Энергетическая комиссия штата Калифорния

Изменения в части освещения нежилых помещений включают в себя требования к снижению удельной мощности освещения, новые методы оценки номинальных характеристик светильников, уменьшение количества исключений и повышение роли естественного освещения. Эффективность источников питания для светодиодных светильников должна быть не ниже 80%, а наружное освещение должно иметь многоуровневое переключение или регулировку мощности.

Стандарт ENERGY STAR для светодиодного освещения

Стандарт Департамента энергетики ENERGY STAR для светодиодного освещения, введенный в действие в конце 2008 года, устанавливает минимальные значения световой отдачи, цветовой температуры, индекса цвето-передачи, стабильности светового потока, потребления электроэнергии в выключенном состоянии, и другие важнейшие характеристики светодиодных световых приборов. Были разработаны стандарты для проведения испытаний для получения квалификации ENERGY STAR, включая IES LM-79-08 – процедуры и стандарты проведения абсолютного фотометрирования, и IES LM-80-08, утвержденный метод измерения стабильности светового потока светодиодных световых приборов.⁵⁰

В сентябре 2008 года стандарт вступил в силу для первой группы применений («категория А»), в которую вошли устанавливаемые под навесными шкафами светильники кухонного и рабочего освещения, встраиваемые

излучающие вниз светильники, портативные светильники для освещения рабочего стола и светильники, встраиваемые в ступени и тротуары. В декабре 2008 года были добавлены другие категории осветительных приборов, включая накладные/подвесные светильники, светильники уличного освещения, светильники для подсветки карнизов, для акцентного освещения, светильники для парковок и гаражей, фонарные столбы и встраиваемые световые полосы. Ожидается, что в 2011 году программа ENERGY STAR будет распространена на все светодиодное осветительное оборудование, используемое в системах общего освещения.

Лидерство в энергетическом и экологическом проектировании (LEED)

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) – это получившая всемирное признание рейтинговая система «зеленых» зданий, разработанная Советом по «зеленым» зданиям США (US Green Building Council – USGBC). LEED использует 100-балльную шкалу для присвоения основных сертификационных уровней: «Серебро», «Золото» и «Платина». Эта система применяется для интерьеров коммерческих зданий и базируется на оценке экологической рациональности и воздействия на окружающую среду.⁵¹

Светодиодное освещение помогает набрать баллы в трех категориях: энергия и атмосфера, материалы и ресурсы, инновации в проектировании. Светодиодные источники света помогают набирать баллы LEED посредством снижения потребления электроэнергии вследствие их высокой энергоэффективности, удобной стыковки с цифровыми системами управления зданием и снижения потерь света за счет использования внутренних линз для направления света на освещаемую область.

Инициативы по внедрению экологичного освещения в разных странах мира

Не только Северная Америка и страны ЕС провозгласили принятие мер, направленных на энергосбережение и благоприятствующих использованию светодиодных и других «зеленых» источников света. Новое законодательство в области энергосбережения, включающее в себя постепенное прекращение использования ламп накаливания, действует или разрабатывается в Австралии, Новой Зеландии, России, Японии, Южной Корее, Бразилии, Аргентине, Шанхайской оффшорной зоне и в других странах земного шара. Обычные люминесцентные лампы, в частности T10, T12 и галофосфатные лампы должны прекратить свое существование в странах ЕС, Турции, Мексике и, возможно, в Бразилии. Правила RoHS на базе модели ЕС должны быть приняты в США, странах Латинской Америки, Южно-Африканской Республике, Японии, Китае, Южной Корее и в других странах.



Во многих странах мира запрещено или будет скоро запрещено использование ламп накаливания и низкоэффективных люминесцентных ламп. Эти и другие «зеленые» инициативы создают большие возможности для рынка светодиодных источников света.

Экономическое обоснование: расчёт общей стоимости владения

Для того чтобы успешно продавать энергоэффективную продукцию, консультанты и проектировщики должны уметь составлять экономическое обоснование для стимулирования перехода к ней. Как минимум, они должны уметь говорить на языке экономики освещения. Основными параметрами являются общая стоимость владения, период окупаемости и рентабельность инвестиций (далее ROI от англ. Return on Investments).

Общая стоимость владения (ОСВ на русском, или же TCO от англ. Total Cost of Ownership) – это общая стоимость покупки для владельца покупки, включающая в себя, помимо стоимости покупки, стоимость установки, обслуживания и эксплуатации системы освещения в течение всего ее срока службы. Светодиодные системы освещения обеспечивают значительное снижение ОСВ по сравнению с традиционными технологиями, посредством снижения «стоимости света». Это обеспечивается главным образом за счет снижения затрат на электроэнергию, потребляемую светодиодными источниками света, а также за счет снижения затрат на обслуживание в течение полезного срока службы. Затраты на обслуживание включают в себя как стоимость ламп, так и стоимость работы по их замене. Кроме этого, пониженное выделение тепла обеспечивает снижение тепловой нагрузки и снижает затраты на кондиционирование воздуха.

Период окупаемости – это время, в течение которого окупаются инвестиции на дорогостоящее, энергоэффективное технологическое решение. Период окупаемости обычно измеряется в годах и определяется с

помощью оценки стоимости проекта, деленной на годовую экономию затрат в результате снижения потребления энергии и снижения затрат на обслуживание. Обычно период окупаемости не должен превышать трех лет, но в современных экономических условиях более привлекательным является период окупаемости, не превышающий двух лет.

Окупаемость инвестиций (ROI) характеризует эффективность инвестиций. ROI – это мера возросшей прибыли (или снижения расходов), полученная в результате капиталовложения, деленная на стоимость этих инвестиций. В случае энергоэффективного проекта, ROI – это снижение затрат на электроэнергию и обслуживание в годовом исчислении, деленное на инвестиции проекта.

Сравнение стоимости для устанавливаемой под навесными шкафами осветительной установки длиной 10 футов (3 м)			
Осветительная установка	eW Profile Powercore¹	Галогенная²	Ксеноновая³
Количество светильников	6	7	6
Стоимость светильников	\$780	\$394	\$510
Количество ламп	0	21	18
Стоимость ламп	\$0	\$84	\$126
Стоимость системы управления	\$20	\$20	\$20
Стоимость монтажа (\$47/час) ⁴	\$42	\$263	\$226
ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ УСТАНОВКИ	\$842	\$761	\$882
Обслуживание			
Количество ламп, заменяемых за 50 000 часов работы	0	25	5
Стоимость заменяемых ламп	\$0	\$2,100	\$630
Расходы на замену ламп ⁵	\$0	\$419	\$72
ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ ОБСЛУЖИВАНИЯ	\$0	\$2,519	\$702
Питание			
Мощность, потребляемая на 10 футов (Вт)	60	500	330
ОБЩИЕ РАСХОДЫ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ⁶	\$330	\$2,750	\$1,815
ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ ВЛАДЕНИЯ	\$1,172	\$6,030	\$3,399
Экономия [%]		81%	66%
Премия за установку		\$81	-\$39
Годовые эксплуатационные расходы ⁷	\$19	\$308	\$147
Годовая экономия		\$288	\$128
Окупаемость		0.28	-0.31
Рентабельность инвестиций		355%	-325%

1. Светильник Philips eW Profile Powercore 523-000027-01

2. Светильник VAC BA-LIV-3 с галогенными лампами 25 Вт

3. Светильник UPR322 с ксеноновыми лампами 20 Вт

4. Приблизительно 9 минут на фут для светодиодных светильников, 0,8 часа на светильник с лампами накаивания

5. По одной минуте на лампу, стоимость работы \$47/час

6. \$0,11/кВт.ч. www.eia.doe.gov

7. При эксплуатации 8 часов в день, 365 дней в году

Пример расчёта общей стоимости владения

$$\text{Окупаемость} = \frac{\text{Инвестиции}}{\text{Годовая экономия}} = \frac{\text{Светодиодная установка} - \text{Галогенная установка}}{\text{Годовая экономия на обслуживании} + \text{Годовая экономия на электроэнергии}}$$

$$\text{Окупаемость} = \frac{\$842 - \$761}{\left[\frac{\$2,519 - \$0}{50,000} + \frac{\$2,750 - \$330}{50,000} \right] (12 \text{ часов} \times 365 \text{ дней})} = 0.67 / \text{год}$$

$$\text{Рентабельность инвестиций} = \frac{\text{Годовая экономия}}{\text{Инвестиции}} = \frac{1}{\text{Окупаемость}} = 150\%$$

Чтобы эффективно продавать светодиодные источники света, необходимо учитывать не только экономические аспекты светодиодного освещения. «Зеленая» и энергоэффективная модернизация обеспечивают клиентам новые маркетинговые и PR-возможности в дополнение к снижению общей стоимости владения и повышению рентабельности инвестиций. Например, программы LEED и ENERGY STAR способствуют развитию энергоэффективных технологий в Северной Америке. Выполненные недавно исследования показали, что производительность труда и здоровье персонала напрямую зависят от качества освещения. Исследования, проводившиеся в университете Карнеги – Меллон, показали, что улучшение освещения позволяет увеличить производительность труда на 3,2%. Повышение производительности труда на 1% эквивалентно снижению затрат на энергию на 100%.⁵²

Это еще один из факторов в плане удовлетворения требований служащих. Исследования, выполненные работниками веб-сайта по поиску работы и персонала Monster.com, показали, что 92% респондентов хотят найти работодателей которые родом своей деятельности не наносят вред окружающей среде.⁵³ 80% хотят найти работодателя, оказывающего положительное воздействие на окружающую среду.⁵⁴ В дополнение к повышению производительности труда и новым маркетинговым возможностям исследования выявили увеличение стоимости зданий. Выполненные CoStar исследования рынка показали, что при использовании энергоэффективных технологий годовая экономия электроэнергии для среднего здания повышается в 10–15 раз. Например, при годовой экономии 100 000 долларов при инвестициях на энергоэффективные технологии 300 000 долларов капиталовложения окупятся через три года. Кроме этого, стоимость здания увеличится на 1,0–1,5 миллионов долларов. Это соответствует 333–500% немедленно возвращаемых капиталовложений.⁵⁵

Картина мира быстро меняется

Все идет к тому, что происходит быстрое развитие светодиодных систем освещения, которые будут заменять традиционные источники света в системах общего освещения. Светодиодные источники белого света приближаются, а в некоторых случаях превосходят традиционные источники света по световому потоку и качеству света, что делает светодиодные системы освещения очень привлекательным. В десятках стран мира «зеленые» инициативы и директивы об энергоэффективности ускоряют переход с традиционных систем освещения на светодиодные системы освещения, которые снижают потребление электроэнергии и вредное воздействие на окружающую среду, имеют самый большой полезный срок службы и самую низкую стоимость владения и эксплуатации в различных областях применения.

Так как светодиодное освещение является быстроразвивающейся технологией, поставщики светодиодных источников света и светильников должны продолжать внедрять инновации и совершенствовать свою продукцию для ее продвижения на рынке. Производители также должны играть активную роль в информировании потребителей о преимуществах светодиодного освещения и о его отличиях от традиционного. Без необходимых знаний о технологии светодиодного освещения потребители не смогут правильно оценить пригодность светодиодной системы освещения для конкретной области применения или решения практической задачи и правильно сравнить светодиодную систему освещения с традиционной.

Светодиодное освещение является принципиально новым видом освещения, использующим новые принципы, материалы и средства управления. Поэтому поставщики светодиодных осветительных приборов должны помочь потребителям разобраться в их особенностях. Светодиодное освещение может гармонично интегрироваться в окружающее пространство и использоваться людьми во благо, а ведь еще некоторое время назад таких возможностей не существовало. Правильно выбранные и корректно установленные светодиодные системы освещения могут улучшить качество окружающей среды и качество жизни людей во всем мире.



ССЫЛКИ

1. Данные об индустрии светодиодного освещения (“Facts About the Solid State Lighting Industry,”), август 2009. Веб-сайт Союза разработчиков систем освещения нового поколения, www.nglia.org/documents/NGLIA%20Fact%20Sheet%20August%202009.pdf, был посещен 6 ноября 2009 года.
2. Согласно данным Энергетической информационной администрации (EIA), средняя стоимость электроэнергии для жилых домов в США в 2008 году составляла 11,36 центов за киловатт-час. Выпуск “Short-Term Energy and Winter Fuels Outlook,” October 6, 2009, веб-сайт www.eia.doe.gov/emeu/steo/pub/contents.html, был посещен 6 ноября 2009 года.
3. По оценкам EIA, «было израсходовано около 526 миллиардов кВт-час электроэнергии на освещение в жилом и коммерческом секторе» в США в 2007 году. “EIA Frequently Asked Questions – Electricity,” («Часто задаваемые вопросы EIA – Электричество»), в редакции от 21 сентября 2009 года. tonto.eia.doe.gov/ask/electricity_faqs.asp#electricity_lighting, был посещен 6 ноября 2009 года.
4. «Будущее строительства: как сделать, чтобы оно пришло в США» (“The Future of Construction: Getting the U.S. There First.”). James M. Turner, заместитель директора Национального института стандартов и технологии, на ежегодном совещании Института строительной промышленности в г. Кейстоун, штат Колорадо, 7 августа 2008 года. Копия на веб-сайте Национального института стандартов и технологии, www.nist.gov/speeches/turner_080708.html, был посещен 6 ноября 2009 года.

5. В отчете, подготовленном для Департамента энергетики в октябре 2008 года, компания Navigant Consulting заявила: «Если все светофоры и дорожные знаки с лампами накаливания заменить светодиодными, то это позволит сэкономить 5,2 тераватт-часа электроэнергии». Energy Savings Estimates of Light Emitting Di-odes in Niche Lighting Applications, Navigant Consulting, Inc.: Washington, D.C., 2008, стр. 11.
6. Там же, стр. 70.
7. Закон о развитии экономики и реинвестициях (“American Recovery and Reinvest-ment.”). Президент Барак Обама, 8 января 2009 года. Копия на веб-сайте www.scribd.com/doc/9917224/Obama-Economic-Speech-American-Recovery-and-Reinvestment-January-9-2009, посещен 11 ноября 2009 года.
8. Встреча генерального директора компании Cree с президентом Обамой для обсуждения преимуществ светодиодного освещения (“Cree CEO Meets President Obama to Discuss Advantages of LED Lighting.”). Пресс-релиз на веб-сайте Cree Inc. www.cree.com/press/press_detail.asp?i=1246567403800, посещен 11 ноября, 2009 года.
9. Светодиодное освещение – причина увеличения выпуска светодиодов (“Solid-state lighting set to boost LED growth.”) Rob Lineback, LEDs Magazine, May 2006. Веб-сайт LEDs Magazine, www.ledsmagazine.com/features/3/5/6, посещен 11 ноября 2009 года.
10. Качественное освещение белым светом (“Quality White Lighting.”). Веб-сайт Philips, www.philipslumileds.com/technology/whitelighting.cfm, посещен 11 ноября 2009 года.
11. Rea, Mark S., ed. The IESNA Lighting Handbook, Ninth Edition. Illuminating Engineering Society of America: New York, NY, 2000.
12. Там же, стр. 10–13.
13. *IES Approved Method for the Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products*, publication IES LM-79-08. Illuminating Engineering Society: New York, NY, 2008.
14. Spec sheet for Alkco Slique T2, 3/4” Undercabinet/Display, T2 Fluorescent, SQ Series, April 2008. Веб-сайт Philips Alkco, www.alkco.com/upload/A10-0.pdf, посещен 11 ноября 2009 года.
15. Roscolux color filter technical data sheets, from Rosco Laboratories, Inc. Веб-сайт Rosco Laboratories, Inc., www.rosco.com/us/filters/roscolux.asp#colors, посещен 11 ноября 2009 года.

16. Rea, Mark S., ed. *The IESNA Lighting Handbook, Ninth Edition*. Illuminating Engineering Society of America: New York, NY, 2000. Pp. 10–5, 10–13, Interior-13, and Interior-16.
17. National Product Lighting Information Program (Национальная информационная программа по светотехнической продукции). Specifier Reports: CFL Downlights, Vol. 3, No. 2, August 1995, and Specifier Reports: Energy-Efficient Ceil-ing-Mounted Residential Luminaires, Vol. 7, No. 2, September 1999.
18. Измерение характеристик светодиодов: индекс цветопередачи и светодиода (LED Measurement Series: Color Rendering Index and LEDs, Building Technologies Program). Департамент энергетики США. Публикация PNNL-SA-56891, январь 2008.
19. Цветопередача источников света (“Color Rendering of Light Sources.”). Национальный институт стандартов и технологии, физическая лаборатория, отдел оптической технологии (National Institute of Standards and Technology, Physics Laboratory, Optical Technology Division). Веб-сайт физической лаборатории Национального института стандартов и технологии, physics.nist.gov/Divisions/Div844/facilities/vision/color.html, посещен 11 ноября 2009 года.
20. Американский национальный стандарт – Спецификации цветности твердотельной светотехнической продукции (American National Standard for electric lamps—Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting Products). Публикация ANSI_NEMA_ANSLG C78.377-2008, p. 8. 2008.
21. Data sheet for Golden DRAGONPlus warm white with Chip Level Conversion (CLC). OSRAM Opto Semiconductors GmbH, June 2009.
22. Энергоэффективность белых светодиодов (Energy Efficiency of White LEDs, Building Technologies Program). Департамент энергетики США. Публикация PNNL-SA-50462, январь 2008.
23. Измерения светодиодных источников света: портативные приборы для настольного рабочего освещения (LED Measurement Series: Portable Desk/Task Lighting, Building Technologies Program). Департамент энергетики США. Публикация PNNL-SA-54863, февраль 2008.
24. Тепловой режим белых светодиодов (Thermal Management of White LEDs, Build-ing Technologies Program). Департамент энергетики США. Публикация PNNL-SA-51901, апрель 2007.
25. Там же.
26. Там же.

27. "Cree® XLamp® Long-Term Lumen Maintenance," July 2009, p. 7. Веб-сайт Cree Inc., www.cree.com/Products/pdf/XLampXR-E_lumen_maintenance.pdf, посещен 11 ноября 2009 года.
28. Срок службы белых светодиодов (Lifetime of White LEDs, Building Technologies Program). Департамент энергетики США. Публикация PNNL-SA-50957, апрель 2007.
29. Срок службы светодиодов для общего освещения: определение понятия срока службы ("LED Life for General Lighting: Definition of Life."). ASSIST recommends . . . , Vol. 1, Issue 1. Alliance for Solid-State Illumination Systems and Technologies, February 2005.
30. Испытание на срок службы одноцокольных компактных люминесцентных ламп (Life Testing of Single-Ended Compact Fluorescent Lamps), публикация IES LM-65-01. Illuminating Engineering Society: New York, NY, 2001.
31. Измерение спада светового потока светодиодных источников света (Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources), публикация IES LM-80-08. Illuminating Engineering Society: New York, NY, 2008.
32. "CALiPER Round 7 results reveal SSL progress." Brian Owen, LEDs Magazine, April 2009. Веб-сайт LEDs Magazine, www.ledsmagazine.com/news/6/4/16, посещен 11 ноября 2009 года.
33. Rea, Mark S., ed. The IESNA Lighting Handbook, Ninth Edition. Illuminating Engineering Society of America: New York, NY, 2000. p. 10-13.
34. Tudelson, Jerry and Galayda, Jaimie. Green Goes Mainstream: How to Profit from Green Market Opportunities. National Association of Electrical Dealers 2008 Whitepaper. NAED Education & Research Foundation, Inc., 2009.
35. Там же.
36. Там же.
37. Там же.
38. Lighting Fixtures: Industry Study with Forecasts to 2005 & 2010. The Freedonia Group: Cleveland, OH, 2006.
39. Energy Savings Estimates of Light Emitting Diodes in Niche Lighting Applications. Navigant Consulting: Washington, D.C., 2008.
40. Solid State Lighting: Brilliant Solutions for America's Energy Future. U.S. Department of Energy, April 2009.

41. LED Lighting Fixtures Market Review and Forecast, section I.4.2. Strategies Unlimited, February 2009.
42. Там же, параграф 4.3.
43. Key World Energy Statistics 2009. International Energy Agency: Paris, France, 2009.
44. Там же.
45. Там же.
46. Там же.
47. Закон о политике в области энергетики (EPAAct) от 2005 года (“Energy Policy Act (EPAAct) of 2005”). Веб-сайт Федеральной комиссии по управлению энергетикой, www.ferc.gov/legal/fed-sta/ene-pol-act.asp, посещен 9 декабря 2009 года.
48. Закон об энергетической независимости и безопасности (“Energy Independence & Security Act”). Веб-сайт Департамента энергетики США, www1.eere.energy.gov/femp/regulations/eisa.html, посещен 9 декабря 2009 года.
49. Стандарты энергоэффективности жилых и нежилых зданий штата Калифорния (“California’s Energy Efficiency Standards for Residential and Nonresidential Build-ings”). Веб-сайт энергетической комиссии штата Калифорния, www.energy.ca.gov/title24/, посещен 9 декабря 2009 года.
50. Программа светодиодного освещения ENERGY STAR Департамента энергетики (“DOE’s ENERGY STAR LED Lighting Program.”). Веб-сайт программы ENERGY STAR, www.energystar.gov/index.cfm?c=ssl_res_pt_ssl_program, посещен 9 декабря 2009 года.
51. “LEED Version 3.” Веб-сайт совета “Зеленые здания” США, www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1970, посещен 9 декабря 2009 года.
52. Yudelson, Jerry and Galayda, Jaimie. Green Goes Mainstream: How to Profit from Green Market Opportunities. National Association of Electrical Dealers 2008 Whitepaper. NAED Education & Research Foundation, Inc., 2009.
53. Strandberg Consulting. The Business Case for Sustainability. December 2009, p. 6.
54. Mattioli, Dana. “How Going Green Draws Talent, Cuts Costs.” Веб-сайт Wall Street Journal Digital Network, <http://online.wsj.com/article/SB119492843191791132.html>, посещен 3 марта 2010 года.

55. Burr, Andrew C. CoStar Study Finds Energy Star, LEED Bldgs. Outperform Peers. CoStar Realty Information, Inc. press release, March 26, 2008.



Словарь светотехнических терминов

AlGaAs

Система полупроводников алюминий – галлий – мышьяк, используемая для производства индикаторных светодиодов, которые излучают свет в желтой или оранжевой области спектра видимого излучения.

AlInGaP

Система полупроводников алюминий – индий – галлий – фосфор, используемая для светодиодов высокой яркости, излучающая свет от красного до желтого цвета.

ANSI

См. Американский национальный институт стандартов.

DALI

См. Цифровой адресуемый интерфейс управления освещением.

DMX

Протокол цифровой связи для управления световыми приборами, первоначально разработанный для целей сценического освещения.

Ethernet

Цифровой коммуникационный протокол, широко используемый в компьютерных сетях. Может применяться и для управления Ethernet-совместимыми светодиодными световыми приборами.

GaAsP

Система полупроводников галлий – мышьяк – фосфор, используемая для производства индикаторных светодиодов, излучающих свет в красной и желто-зеленой областях видимого спектра.

GaP

Система полупроводников галлий – фосфор, используемая для производства индикаторных светодиодов, излучающих свет в зеленой и оранжевой областях видимого спектра.

HB-LEDs

Светодиоды высокой яркости. Синоним для индикаторных светодиодов.

HP-LEDs

Светодиоды высокой мощности. Синоним для индикаторных светодиодов.

IES

См. Светотехническое общество Северной Америки.

IESNA

См. Светотехническое общество Северной Америки.

InGaN

Система полупроводников индий – нитрид галлия, используемая для производства зеленых, синих и голубых светодиодов высокой яркости.

p-n-переход

Место контакта в светодиоде материалов p- и n-типов, в котором происходит рекомбинация электронов и дырок, в результате которой излучаются фотоны света и генерируется тепло.

абсолютно черное тело/полный излучатель

Объект, который поглощает все падающее на него электромагнитное излучение. Поскольку абсолютно черное тело не отражает свет, то оно выглядит черным. При нагревании оно излучает свет различного цвета, при этом спектр свечения зависит от температуры: красный – оранжевый – желтый – белый – голубой. Эту последовательность цветов описывает кривая в цветовом пространстве, которая называется кривой излучения черного тела.

абсолютное фотометрирование

Стандартный метод измерения светового потока и распределения света светодиодных световых приборов.

аддитивное смешение цветов

Цветовая модель RGB, описывающая образование цветов путем сложения в разных пропорциях трех первичных цветов – красного, зеленого и синего. При аддитивном смешении цветов синтез красного, зеленого и синего света в равных пропорциях дает белый свет.

Американский национальный институт стандартов (ANSI)

Некоммерческая организация, разрабатывающая рекомендательные стандарты и методики оценки соответствия для изделий, услуг, процессов, систем и персонала в США.

балласт

Электронная схема, обеспечивающая нужные электрические условия для зажигания и работы люминесцентных ламп и разрядных лампы высокого давления.

встроенный источник питания

Технология, при которой источник питания встраивают в корпус светового прибора, устраняя тем самым необходимость в применении внешнего источника питания.

гониофотометр

Фотометрический прибор для измерения распределения интенсивности излучения, КПД и светового потока световых приборов.

даунлайт

Излучающий вниз светильник.

диммер ELV-типа (низковольтный диммер)

Электронный низковольтный диммер, используемый для регулирования светового потока светодиодных приборов, в которых применены электронные трансформаторы.

диммер с отсечкой по переднему фронту

Тип диммера, который регулирует подаваемую на лампу мощность с помощью отсечки переменного тока в начале каждого полупериода переменного напряжения. Обычно используется с лампами накаливания.

индекс цветопередачи

Параметр, характеризующий способность источника света правильно передавать цвета различных объектов в сравнении с идеальным источником света. Максимальное приближение к параметрам эталонного источника света характеризуется индексом цветопередачи, равным 100.

индикаторные светодиоды

Недорогие, маломощные светодиоды, подходящие для использования в качестве световых индикаторов в индикаторных панелях и электронных устройствах или для подсветки дисплеев компьютеров и автомобильных приборных панелей.

интегрированный источник питания

Технология, при которой источник питания внедряется непосредственно в схему светового прибора для создания эффективного силового каскада, объединяющего в себе преобразование сетевого напряжения и стабилизацию тока светодиода.

инфракрасное (ИК) излучение

Электромагнитное излучение с длиной волны выше диапазона видимого света.

кандела

Стандартная единица измерения силы света – энергии, излучаемой источником света в определенном направлении, взвешенной с помощью функции спектральной эффективности света.

КЛЛ

См. Компактная люминесцентная лампа.

компактная люминесцентная лампа

Разновидность люминесцентной лампы с относительно низким потреблением электроэнергии. Часто используется для замены лампы накаливания.

контроллер

Устройство, с помощью которого выполняется регулирование светового потока прибора изменяемого цвета свечения или белого света с настраиваемой цветностью. Контроллеры обычно включают в себя программные компоненты для настройки конфигурации осветительной системы и для создания световых шоу с помощью отправки световым приборам соответствующих команд.

корректор коэффициента мощности

В электрическом устройстве, таком как светодиодный световой прибор, это система катушек индуктивности, конденсаторов или преобразователей напряжения для изменения коэффициента мощности с приближением его к идеальному значению, равному 1,0.

коррекция Джамда-Воса

Корректирует функцию спектральной эффективности светового потока таким образом, что она более точно представляет нормальную чувствительность человеческого глаза.

коррелированная цветовая температура

Показывает, каким выглядит белый свет: теплым (красноватым), нейтральным или холодным (голубоватым). Коррелированная цветовая температура основана на представлении о том, каким выглядит свет, излучаемый абсолютно черным телом, нагреваемым до разных температур, выраженных в градусах кельвина (К).

коэффициент мощности

Мера эффективности преобразования потребляемого электрического тока в полезную мощность.

коэффициент полезного действия

Выраженная в процентах доля общего количества люменов, излучаемых лампами в световом приборе, излучаемая наружу световым прибором. По определению, КПД светодиодных световых приборов, в которых светодиоды являются неотделимыми компонентами, равен 100%.

КПД светового прибора

См. Коэффициент полезного действия.

кривая излучения абсолютно черного тела

Кривая в пределах цветового пространства, описывающая последовательность изменения цветности абсолютно черного тела при изменении его температуры.

лампа

Источник света, используемый в светильнике или световом приборе.

люкс (лк)

Единица освещенности, оценивающая удельную интенсивность света, падающего на поверхность, площадь которой измеряется в квадратных метрах.

люмен

Единица измерения светового потока, или полной световой энергии, излучаемой источником света в диапазоне длин волн видимого света.

люминофор

Покрытие из люминесцентного материала, поглощающее свет, излучаемый синим или УФ-светодиодом, и излучающее желтый свет. Правильное сочетание синего или УФ-светодиода и люминофорного покрытия обеспечивает получение белого света.

люминофорный белый свет

Метод получения белого света с помощью одного светодиода с короткой длиной волны, например, синего или УФ-светодиода в комбинации с желтым люминофорным покрытием.

материал n-типа

Используемый в диоде материал n-типа имеет отрицательный заряд. Атомы материала n-типа имеют избыточные электроны.

материал p-типа

Используемый в диоде материал p-типа имеет избыточный положительный заряд. Атомы материала p-типа имеют дырки – свободные места на внешних орбитах атома, на которых нет электронов.

Международная комиссия по освещению

Известна как CIE по ее французскому названию Commission Internationale de l'Éclairage. Организация, занимающаяся «всемирной кооперацией и обменом информации по всем вопросам, связанным с наукой и искусством в области освещения, цвета и зрения, а также технологиями отображения изображений» (с веб-сайта МКО).

МКО

См. Международная комиссия по освещению.

нанометр (нм)

Наиболее часто используемая единица для измерения длины волны света, равная одной миллиардной доле метра.

низковольтная питающая сеть

Метод подачи питания на световые приборы, для которого требуются низковольтные источники питания, преобразующие сетевое напряжение в низкое, и специальная кабельная разводка.

осветительные светодиоды

Высокоэффективные мощные светодиоды, подходящие для использования в системах освещения.

освещенность

Интенсивность света, падающего на поверхность. Если площадь поверхности измеряется в квадратных футах, то единицей освещенности является фут-кандела. Если площадь поверхности измеряется в квадратных метрах, то единицей освещенности является люкс (лк).

полезный свет

Количество света, которое световой прибор или осветительная установка доставляет на освещаемую поверхность, измеренное в фут-канделах или в люксах (лк).

послесвечение

Эффект слабого свечения светового прибора в выключенном состоянии в результате остаточного напряжения в цепи.

**Программа NLPIP
(National Product Lighting Information Program)**

Организация, основанная в 1990 году Исследовательским центром по вопросам освещения Политехнического института Ренселаера, которая предоставляет информацию о световых приборах, полученную в NLPIP и взятую из каталогов производителей осветительной арматуры.

прямое падение напряжения

Возникает на светодиоде, когда к стороне материала p-типа подсоединяется «минус» источника питания, и через диод протекает электрический ток в направлении от материала p-типа к материалу n-типа.

радиатор

Устройство, отводящее тепло от чувствительных к нему компонентов, таких как светодиоды и электронные схемы.

разрядная лампа высокого давления

Электрическая лампа, излучающая свет за счет электрической дуги, которая горит между вольфрамовыми электродами, расположенными внутри полупрозрачной или прозрачной колбы из кварца или оксида алюминия.

световая отдача (светоотдача)

Светоотдача светового прибора равна количеству света (в люменах), производимому на единицу потребляемой электроэнергии (в ваттах) и измеряется в лм/Вт. Ее не следует путать с КПД светового прибора.

световой поток

Общее количество света, излучаемое источником в диапазоне видимых длин волн, измеряется в люменах.

световой прибор прямого наблюдения

Устройство, предназначенное не для освещения, а для непосредственной демонстрации. Примером таких приборов могут служить матрицы источников света прямого наблюдения или элементы, используемые в крупномасштабных видеодисплеях.

светодиод

См. Светоизлучающий диод.

светодиодный драйвер

Электронная схема, которая превращает источник питающего напряжения в источник тока, т. е. поддерживает ток на постоянном уровне, независимо от изменения входного напряжения. Светодиодный драйвер защищает светодиоды от колебаний напряжения, а также от перенапряжений и скачков напряжения.

светоизлучающий диод (LED)

Полупроводниковый прибор, излучающий свет определенного цвета.

Светотехническое общество Северной Америки (IES)

Общепризнанная техническая организация, занимающаяся вопросами освещения, которая предоставляет своим членам, сообществам, занимающимся освещением, и потребителям информацию по всем вопросам, связанным с освещением в рамках различных программ, публикаций и сервисов.

система полупроводников

Составные материалы, такие как алюминий, индий, галлий, фосфид галлия (AlInGaP), а также индий, нитрид галлия (InGaN), которые используются для изготовления светодиодов, излучающих свет определенного цвета.

сортировка по бинам

Общий термин для технологии производства и сортировки, используемой производителями светодиодов для обеспечения соответствия величины прямого напряжения, цвета и светового потока производимых светодиодов требуемым значениям.

стабильность светового потока

Показывает, как долго источник света будет сохранять определенный процент своего исходного светового потока. Например, L50 – это временной период, в течение которого источник света будет сохранять не менее 50% исходного светового потока.

температура перехода

Температура вблизи р-п-перехода светодиода. Контроль температуры перехода важен для обеспечения оптимального баланса между световым потоком и стабильностью светового потока.

фотометрическая яркость

Количество света, излучаемого или отражаемого определенной площадью, измеряется в канделах на кв. метр (другое название – ниты).

фотометрический шар

Фотометрический прибор для измерения полного светового потока и цветности (цвета) ламп, используемых в осветительной арматуре.

фотометрия

Измерение света, воспринимаемого человеческим глазом.

фотон

Элементарная частица электромагнитного излучения, в том числе видимого света.

фут-кандела

Единица освещенности, измеряющая интенсивность света, падающего на поверхность, площадь которой измеряется в квадратных футах.

цветность

Объективная характеристика качества цвета, не зависящая от его яркости и определяемая насыщенностью и оттенком цвета.

цветовая модель

Абстрактная математическая модель, описывающая представление цветов в виде наборов чисел или цветовых компонентов. RGB – цветовая модель с тремя цветовыми компонентами, а CMYK – цветовая модель с четырьмя цветовыми компонентами.

цветовая температура

См. Коррелированная цветовая температура.

цветовое пространство МКО 1931

Цветовое пространство, разработанное Международной комиссией по освещению (МКО) в 1931 году для определения всей гаммы цветов, различаемых стандартным наблюдателем.

Цифровой адресуемый интерфейс управления освещением (DALI)

Протокол цифровой связи для управления и регулирования светового потока осветительных приборов, изначально разработанный в Европе.

эллипс Мак-Адама

Эллипс, вычерченный на диаграмме цветового пространства, определяющий порог, при котором разница цвета становится заметной.

энергетическая эффективность

См. Световая отдача.

«яркость» (в бытовом понимании)

Показатель визуального ощущения, по которому можно судить об интенсивности источника света. Часто неправильно используется в качестве синонима светового потока, являющегося объективной мерой интенсивности видимого света, испускаемого источником.

яркость

См. Фотометрическая яркость.



Выражаем свою признательность

Эта книга – результат совместной работы многих людей. Мы хотим выразить признательность всем, кто руководил, вносил правки, собирал материалы, давал комментарии и рецензировал данное издание:

В компании Philips:

Jim Anderson
Brian Bernstein
Jeff Cassis
Scott Dallaire
Mike Datta
Kevin Dowling
Chris Fournier
Lisa Giefer
Tom Hamilton
Jill Klingler
Steve Landau
Kate O'Connell
Eddy Odijk
Matt Payette
Nadya Piskun
Justin Rawlings
Tomas Sandoval
Igor Shikh
Annette Steinbusch
Mark Sterns
Rob Timmerman
Martyn Timmings

В компании Cree, Inc.:

Mark McClear

*Комитет по образованию при
Международном содружестве
работников электротехнической
сферы в США:*

Terry Coleman

*Тихоокеанская северо-западная
национальная лаборатория
Министерства энергетики США:*

Marc Ledbetter



Справочник

Светодиодное освещение

Светодиодное освещение является самым значительным прорывом со времени изобретения электрического освещения более столетия назад.

Это – новый вид освещения, принцип работы которого кардинальным образом отличается от всего того, что существовало прежде в этой области.

Перед производителями и поставщиками светотехнического оборудования стоит важная задача помочь потребителям разобраться в его особенностях и объяснить общепринятые критерии, по которым оценивается качество светодиодных световых приборов.

Вашему вниманию предлагается книга-справочник, которая поможет вам сориентироваться на стремительно развивающемся рынке светодиодного освещения.



©2010 Koninklijke Philips Electronics N.V.

Все права защищены. Воспроизведение в полном объеме или частично запрещено без предварительного письменного согласия правообладателя. Информация, представленная в данном документе, не образует части какого-либо предложения или контракта, считается точной и надежной и может быть изменена без предварительного уведомления. Издатель не принимает на себя никакой ответственности за любые последствия ее использования. Ее публикация не означает и не подразумевает передачи права на лицензию из патента или других прав на промышленную или интеллектуальную собственность.

Дата выпуска: сентябрь 2010

Напечатано в России

Перевод с английского

www.philips.ru