

Герберт Вейб (Herbert Weiß) | Томас Нолл (Thomas Noll) | Мартин Мюк (Martin Möck) |
 Мартин Крозен (Martin Creusen) | Фридрих Хольц (Friedhelm Holtz) |
 Перевод: Владимир Рентюк

Новый форм-фактор светильников и новые световые эффекты

➔ Если светильники, предназначенные для традиционных источников света, были просто модернизированы под светодиодные источники света, как это происходило в период так называемой первой волны использования светодиодного освещения, то они никогда не оправдают возлагаемых на них ожиданий, причем по многим пунктам. В статье объясняется, как и почему проявляются эти недостатки, а также рассказывается о том, какие перспективные решения были разработаны в рамках проекта EnLight.



Существует одна общая проблема, объединяющая все недостатки решений первой волны внедрения светодиодных технологий в системы освещения. Она заключается в том, что такое фундаментальное решение требует устранения основных противоречий — как бы ни старались производители, модернизированная лампа уже не будет соответствовать светильнику. Ведь изначально светильник был разработан для совершенно других технологий освещения, таких как лампы накаливания, галогенные или люминесцентные лампы, но не для светодиодных источников освещения.

Примеры недостатков ретрофитных решений

Винтовой цоколь как препятствие для минимизации температуры кристалла

Вполне очевидно, что конструкция лампы накаливания, своим винтовым цоколем весьма напоминающая конструкцию лампы Эдисона, не может выполнить одно из элементарных, но основополагающих конструктивных требований для светодиодных светильников — минимизировать температуру кристалла светодиода. Одна из ключевых особенностей конструкции цоколя лампы Эдисона заключается в том, что тепло передается именно на основание лампы накаливания. В отличие от таких ламп, для обеспечения высокой эффективности и увеличения срока службы светодиодных ламп и светильников оптимизация передачи тепла от светодиода к окружающей среде имеет решающее значение.

Оптика традиционных светильников не подходит для рассеивания света от ретрофитных ламп

Если рассматривать, например, светильник открытого типа с линейными люминесцентными лампами в виде встраиваемой открытой осветительной арматуры (типа троффер), то важным аспектом в их конструкции для производителей была оптимизация соотношения излучаемого светового потока путем применения для отражателей материалов с высокой отражающей способностью, а также с использованием отражателей специальной формы.

Классическим примером является эволюционный профиль отражателя, который

позволяет направлять свет, излучаемый лампой, и минимизировать поглощение отраженного света самим источником. С помощью этих технологий можно реализовать световой выход на уровне до 90%. Проблема возникает, когда линейные светодиодные ретрофитные лампы используются в качестве замены старых ламп в таких светильниках. Проблема заключается в том, что светодиодный источник света формирует весь световой поток далеко не по оси симметрии светильника и для него такая конструкция светильника не подходит. Как следствие, отражатель не оказывает вообще никакого эффекта. В результате распределение света уже не соответствует желанию пользователя или на поверхности появляются блики выше тех, что были установлены спецификацией на светильник.

Опция в виде регулятора яркости, совмещенного с выключателем, может не оправдать ожиданий пользователей.

Ретрофитинг светильника также означает, что для пользователя такие классические опции, как возможность использования одного общего выключателя или регулятора яркости (диммера) с установкой на стене, предназначенного для переключения или регулировки яркости лампы, как правило, сохраняется.

С другой стороны, переход на светодиодное освещение и внедрение цифровых технологий открывает гораздо больше возможностей для управления светильниками. Такие возможности, как автоматическая регулировка, которая срабатывает от датчиков, или дистанционная регулировка яркости и выбор вариантов освещения с применением различных пользовательских интерфейсов, в частности управление светильником при помощи смартфона, являются наглядными примерами новых возможностей. Ретрофиты никогда не будут соответствовать ожиданиям клиентов, по причинам, вытекающим из возможностей этой технологии для целей управления.

Офисные светильники

Для офисных приложений внимание традиционно сфокусировано на требованиях к высокой светоотдаче, быстрой окупаемости инвестиций и продолжительному периоду между процедурами технического обслуживания. В проекте EnLight акцент был сделан на достижение высокого качества освещения. Это пред-



Рис. 1. Светильник PowerBalance: а) с отражателем на 2×8 ячеек; б) мини с 2×2 ячейками

полагает достижение хорошей цветопередачи, создание привлекательного внешнего вида, возможности настройки цвета и цветовой температуры, а также точного управления при распределении света. Все светильники построены как интеллектуальные устройства, с расчетом, что каждый из них может реализовать свое собственное решение в части освещения в соответствии с текущим требованием или на основе данных окружающей световой обстановки. Такие данные для управления могут быть получены от собственных интегрированных в светильник сенсоров или как реакция на действия и информацию от других узлов управляющей информационной сети.

Соответственно поставленным целям были разработаны следующие прототипы светильников.

Интеллектуальные светильники PowerBalance

Семейство PowerBalance компании Philips представляет собой серию ультрасовременных высокоэффективных светодиодных светильников, соответствующих нормативным требованиям для офисного освещения (рис. 1). Эти светильники предлагают высококачественные решения в части освещения путем прямой замены светильников типа T5, применяемых для большинства офисных приложений внутри помещений. Для демонстрации были использованы светильники двух форм-факторов: светильник стандартного размера (типичного для светильников типа трюффер) с отражателем 2×8 ячеек и мини-светильник PowerBalance с четырьмя ячейками 2×2. Светильники содержат перестраиваемые белые светодиодные излучатели проекта EnLight, совместимые со светодиодными драйверами LLE (LLE — LED Light Engine), и оснащены встроенными сенсорами температуры и освещенности, а также пирометрическим

мультисенсором от компании Valora. Внешние размеры светильников 1200×300 и 300×300 мм соответственно.

Управление 4-канальными драйверами LLE (каналы: теплый белый, холодный белый, синий и янтарный) мощных светодиодов осуществлялось от двух 3-канальных плат драйверов UBA3077 от компании NXP. Светильник PowerBalance (по 350 мА на светодиод) с конфигурацией 2×8 ячеек обеспечивает световой поток не менее 3000 лм для теплого белого и не менее 4000 лм для холодного белого с общей светоотдачей 105 лм/Вт. Для внутренней связи между встроенными компонентами светильника (светодиодными драйверами, мультисенсором и платой контроллера) использовалась внутренняя коммуникационная шина ILB (ILB — Intra Luminaire Communication Bus). Все упомянутые компоненты соединены в конфигурации, показанной на рис. 2.

Интеллектуальный светильник Glow («Сияние»)

В отличие от встраиваемого светильника PowerBalance, предназначенного для скрытого монтажа, интеллектуальный светильник Instalight Glow, предоставленный компанией Insta Elektro GmbH, является линейным светильником со световым потоком, формируемым направленными и ненаправленными светодиодными модулями. Распределение света в секции направленного светового потока формируется с помощью линз, которые напоминают большие капли воды, выступающие из светильника. Этот оригинальный дизайн делает светильник не только подходящим для освещения рабочих мест, но и особенно привлекательным для использования в приемных, холлах и конференц-залах.

Оптика светильника, в виде падающей капли диаметром 80 мм, выполнена из прозрачного акрилового стекла. Она опционально доступна в версии с матовым

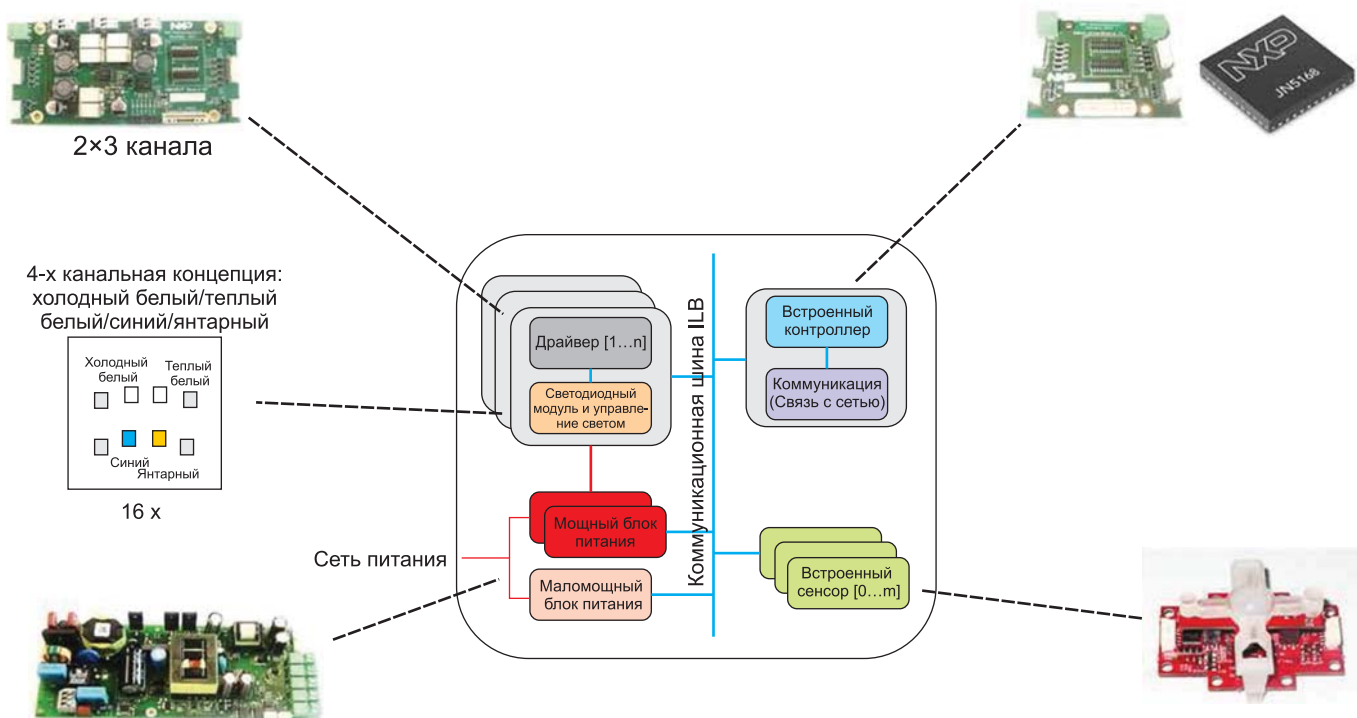


Рис. 2. EnLight-архитектура светильника PowerBalance

внутренним рассеиванием, что позволяет придать светильнику классический внешний вид. Четыре светодиода и модули линзы расположены на каждом конце линейного полутораметрового светильника. Этот осветительный прибор разработан с коррелированными цветовыми температурами 3000 и 4000 К. Он обеспечивает световой поток не менее 3100 лм и имеет индекс цветопередачи, превышающий 85. Общая светоотдача светильника составляет 87 лм/Вт.

Отдельное регулируемое по яркости не-прямое освещение представлено здесь в виде светодиодных модулей RGBW (красный, зеленый, синий, белый), скрытых на тыльной стороне светильника. Пользователь

может по своему усмотрению выбрать цвета из всего диапазона, который дает гамма RGBW.

Светильник соответствует стандарту EN 12464-1 в части неравномерности (наличия бликов) освещения.

В светильник встроены датчики движения, освещенности и контроля цветовой температуры. Архитектура светильника аналогична концепции, представленной на рис. 2, но с иным количеством светодиодных драйверов и плат управления. В светильнике Glow (рис. 3) используется одноканальная плата управления светодиодами для секции направленного освещения и одна четырехканальная плата для

светодиодов секции ненаправленного освещения.

Светильники для гостиничного бизнеса

Для гостиничного бизнеса проект EnLight предлагает нечто гораздо большее, чем просто обычные светильники. Прототипы, продемонстрированные в этом проекте, показали творческая мысль дизайнеров способна создать поистине удивительные решения, не только обеспечивающие больше, чем просто освещение, но и ставшие элементом строительных конструкций.

Luminous Door («Светящаяся дверь»)

Светильник с высокой функциональной универсальностью и интеграцией в строительные конструкции был разработан компанией OSRAM и реализован в этом проекте в виде светящейся двери Luminous Door (рис. 4). Фронтальная и тыльная стороны двери излучают свет и могут управляться индивидуально, в том числе с помощью раздельного управления всеми четырьмя частями (верхней, нижней, левой и правой). Оттенки и цветовые температуры варьируются в широком диапазоне цветовой гаммы, реализованной при помощи различных светодиодов (теплый



Рис. 3. Светильник Instalight Glow

белый, красный, синий и зеленый, цвет мяты). Дверь практически имитирует окно и, таким образом, идеально подходит для внутренних помещений, лишенных окон.

Благодаря очень большой светоизлучающей поверхности Luminous Door предоставляет возможность создавать разнообразные сцены, например восход солнца, или выбрать любимый оттенок, чтобы поднять настроение. Физиологический эффект может быть использован для цветотерапии, в частности, чтобы легче перенести разницу в часовых поясах после перелета или для лечения сезонного аффективного расстройства. При разработке этого проекта, несмотря на очень высокий максимальный световой поток до 10 000 лм в зависимости от цветовой температуры или настроек цвета, блики не были проблемой. Максимальная яркость была 4000 кд/м².

Для взаимодействия с предварительно заданными уровнями света различных цветовых решений и комбинаций дверь оснащена встроенными пирометрическими сенсорами компании Valora. Один датчик помещен рядом с дверной ручкой. Таким образом, светильники или другие устройства в комнате активируются сразу, как только кто-то воспользовался дверной ручкой. Также датчики в комнате проверяют наличие посторонних лиц в помещении, когда ручкой двери воспользовались, выходя из комнаты.

Еще один вариант применения световой двери — возможность указать гостям отеля путь в их номер. Столь оригинальное решение может быть реализовано увеличением яркости (по мере приближения клиента к своей комнате) или особой настройкой цвета двери.

Световая дверь выполнена на базе линейных многоцветных светодиодных плат, размещенных внутри дверного полотна. Их свет направлен в краях специальных листов из материала PLEXIGLAS, создающих однородный свет поверхности двери. Свет с внутренней стороны двери перенаправляется наружу белым листом, обладающим преимущественно диффузионным отражением с эффективностью около 99%. Для отвода тепла организовано эффективное управление: светодиодные платы и чувствительные к перегреву компоненты драйверов конструктивно связаны с металлической дверной рамой, обладающей большой поверхностью и, следовательно, обеспечивающей интенсивное охлаждение всех внутренних компонентов светильника.

Светильник Wedge («Клин»)

Этот светильник разработан компанией OSRAM и служит в качестве платформы для широкого круга систем комнатного освещения и декоративных световых конструкций. Он получил название Wedge («Клин») из-за специфического клиновидного дизайна (рис. 5). Свет излучается

широким краем Wedge, что делает его идеальным для монтажа на вертикальных поверхностях, например для подсветки стола (рабочее освещение), потолка или для эффектного освещения стены. Плоский светильник с максимальной высотой 25 мм не занимает много места для монтажа. Неброский внешний вид сделал светильник почти незаметным, тем самым переключая внимание пользователя на свет и освещаемый объект.

Подобно светящейся двери, многоцветные светодиодные модули Wedge содержат светодиоды с излучением теплого белого, красного, синего и мятного зеленого и обеспечивают полноценную перестройку. Светодиоды расположены в отражающей камере, специально оптимизированной для высокой светоотдачи, однородного смешения цветов и предотвращения формирования прямого яркого света от направленных светодиодных источников. Металлический корпус светильника эффективно используется для отвода тепла, охлаждения светодиодов и электронных компонентов. Для приема управляющих радиосигналов в пределах сети беспроводной связи проекта EnLight в металлическом корпусе светильника предусмотрено пластиковое окно, расположенное над антенной радиомодуля.

Система освещения Wedge Wall

Излучающие стороны светильника Wedge могут быть особенно удачно ис-

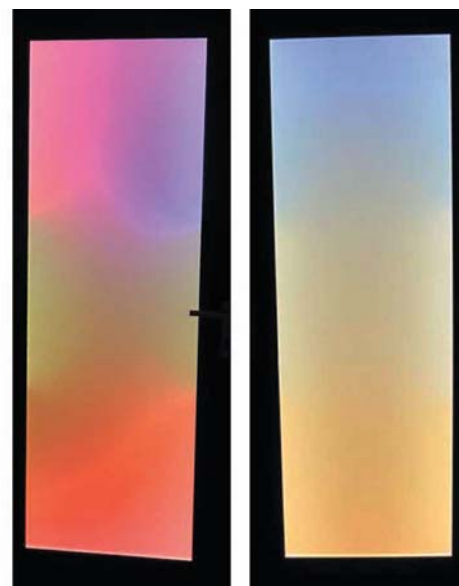
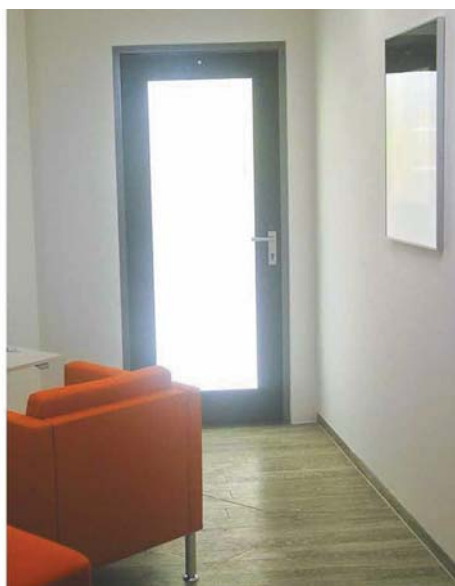


Рис. 4. Светящаяся дверь Luminous Door с двумя светоизлучающими сторонами. В качестве примеров показаны однородный дневной свет и композиции цветовых рисунков

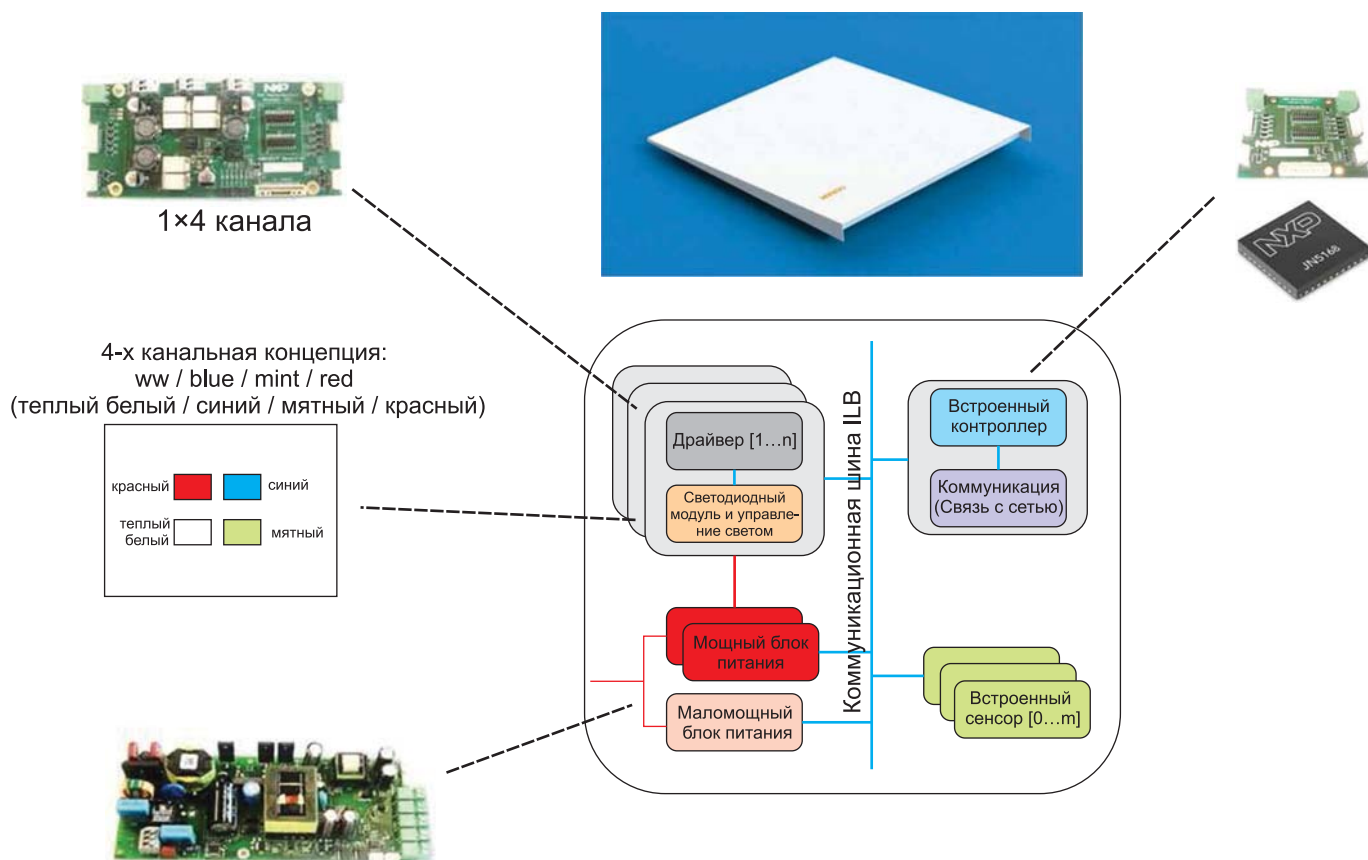


Рис. 5. Светильник Wedge и его архитектура

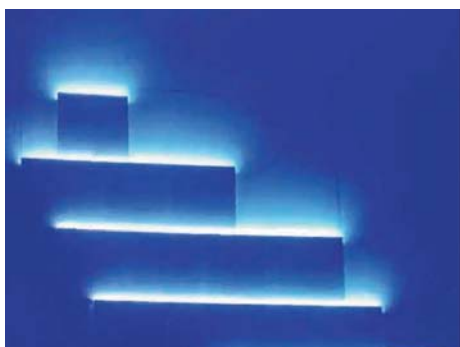


Рис. 6. Настройки Wedge Wall для подсветки в офисе продемонстрированы техническим исследовательским центром VTT, Финляндия

пользованы в виде световых матриц, где конфигурации из нескольких панелей дают свободу для творческой реализации общего замысла светового оформления. Меняющиеся комбинации цветовой температуры и различные цветовые настройки позволяют создать разнообразные сценарии освещения. Варианты настроек показаны на рис. 6 и 7.

Подобно светящейся двери Luminous Door, система Wedge Wall не дает бликов при освещении. Ненаправленное освещение можно динамически настраивать и регулировать. Системы типа Wedge Wall



Рис. 7. Настройки Wedge Wall для использования в гостиничном бизнесе продемонстрированы компанией Osram GmbH, Германия

и Luminous Door способны внести существенный вклад в системы вертикального освещения. Горизонтальное освещение основано, как правило, на требованиях стандартов и выполняет специфические функции. А вот вертикальные решения становятся все более интересными в качестве важного предварительного компонента для пространственного освещения. Рассмотренные клиновые и дверные светильники позволяют не только формировать пространственную архитектуру сооружения при помощи света, но и создавать комфортные условия для приятного общения в публичных местах.

Архитектура Wedge Wall

Система освещения Wedge Wall является хорошим примером того, как

модульная архитектура может быть удачно использована для получения гибкой конфигурации из нескольких компонентов и светильников (рис. 8). Вся Wedge-панель рассматривается как один общий светильник, который состоит из модульных блоков. В варианте для гостиниц, показанном на рис. 7, в общей сложности использовано двенадцать светильников Wedge, объединенных в одной панели. Питание такой панели обеспечивают три блока по 75 Вт. Беспроводная связь для управления контроллером светильника по сети выполнена на базе сетевых протоколов ZigBee. Если для связи с контроллером светильника и контроллерами светодиодных драйверов используется внутренняя коммуникационная шина светильника ILB, разработанная в рамках проекта

EnLight, то необходимые светильники, датчики и пользовательские интерфейсы могут быть легко добавлены или удалены без дальнейшего повторного ввода системы в эксплуатацию.

Система в виде панели из светильников Wedge была выполнена в различных конфигурациях (рис. 6): из восьми Wedge в демонстрационном в офисе компании Philips (Нидерланды) и из шестнадцати светильников Wedge в исследовательском центре VTT (Финляндия). На рис. 7 показан один из вариантов модульной конструкции Wedge.

На примере подсветки стены концепция Wedge демонстрирует, как собрать интеллектуальный светильник только из имеющихся на складе компонентов, используя их в качестве своеобразных строительных блоков.

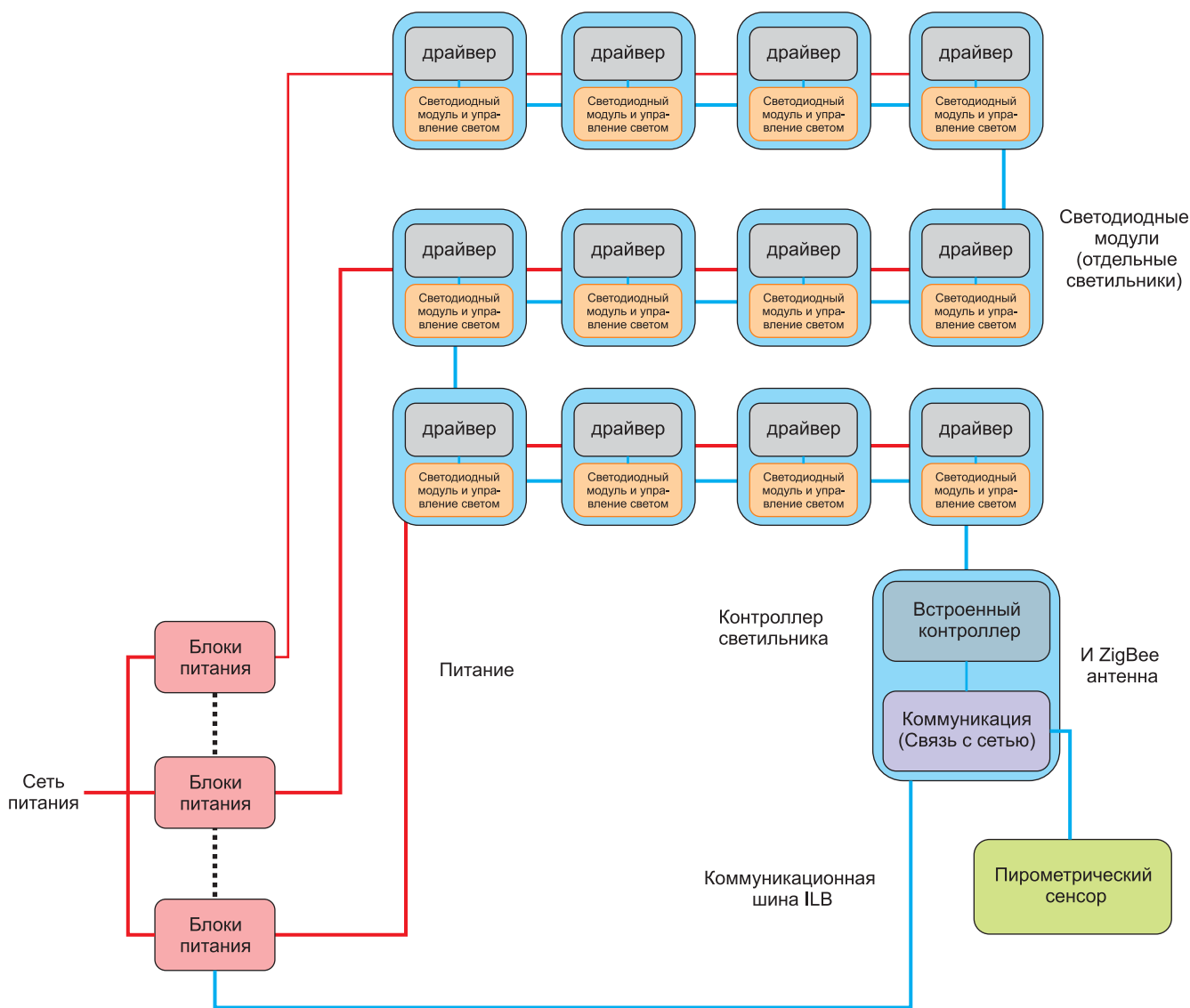
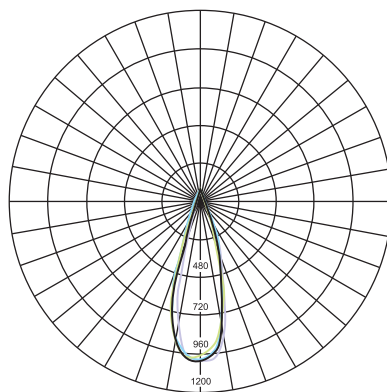


Рис. 8. Архитектура Wedge Wall показана на примере панели с двенадцатью светильниками Wedge



Эффективность = 94,4

Рис. 9. а) Распределение света прожектора в виде проекции на поверхность; б) диаграмма измеренного светового распределения

Светильник для акцентированного освещения

Прожектор

Светильник направленного освещения типа прожектора, подходящий для отдельной установки, был специально разработан с целью добавления акцентированного освещения для инсталляций в ходе выполнения проекта EnLight. Этот светильник показал, что при использовании светодиодной технологии в прожекторах удастся реализовать оригинальные идеи, прежде недоступные в традиционных системах освещения. Светильники в виде прожекторов, предназначенных для применения в сочетании с традиционными источниками света, как правило, были выполнены в виде цилиндров с большими параболическими отражателями. В прожекторах используется

очень маленький светодиод с излучающей поверхностью диаметром 6 мм. Таким образом, его объемный параметр *étendue* (*étendue* — геометрический фактор пучка излучения), который определяет размер всей оптической системы, достаточно мал. В сочетании с линзой Френеля с полным внутренним отражением, которая была оптимизирована для получения максимальной плоскостности, обеспечивается такое соотношение ширины и высоты светильника, которое является полной противоположностью обычной конструкции. Сам световой светоизлучающий модуль и корпус этого трекового светильника имеют форму параллелепипеда со сглаженными углами, которая имеет определенный шарм и придает светильнику гармоничный вид.

Плоская конструкция данного светильника вызвана необходимостью эффективного отвода тепла. Сам излучающий элемент был установлен на радиаторе, расположенном в задней части светильника, а открытая структура позволила воздушному потоку свободно проходить через модуль освещения, обеспечивая его охлаждение путем принудительной конвекции.

Использование линзы с высокой оптической эффективностью привело почти к 95%-му выходу светового излучения от первичного источника (светодиода). Общий световой поток составил 500 лм с общей светоотдачей 80 лм/Вт.

Сам светодиодный излучатель имеет следующую комбинацию цветов: красный, синий и зеленый, цвета мяты. Данная комбинация смешивается с помощью диффузора, наложенного на излучающую поверхность светодиода, и в сочетании с оптикой достиг-

нуто совершенно однородное распределение света в телесном угле $FWHM = 30^\circ$ (англ. *FWHM* — full width at half maximum, угол по полуширине излучения) (рис. 9).

Как и во всех других светильниках проекта EnLight, здесь может быть реализована тонкая подстройка (тюнинг) цвета и цветовой температуры (рис. 10). Для этого в корпусе прожектора имеется соответствующий драйвер и управляющая электроника.

Выводы

Участниками проекта с использованием общей модульной концепции из компонентов EnLight были разработаны разнообразные светильники. Для демонстрации их возможностей светильники были интегрированы в офисные и гостиничные объекты. Все решения показали, что предлагаемая новая система светильников с архитектурой, отличающейся высокой степенью модульности и расширяемости, с подключением по внутренней коммуникационной шине LLB, является полностью работоспособной. В конфигурации представленных светильников был продемонстрирован новый уровень творческой и дизайнерской свободы, позволивший просто и гибко реализовать все те концепции, которые прежде было так сложно воплотить.

В отличие от ретрофитного подхода, светильники проекта EnLight широко использовали новые дизайнерские возможности, которые открывают светодиодные технологии. Эффективность светодиодных источников света оптимизирована путем улучшения их тепловых характеристик, благодаря которым минимизирована температура полупроводникового перехода кристалла светодиодов. Причем все образцы были выполнены с помощью исключительно функциональных конструкторских решений, без добавления громоздких радиаторов для охлаждения. Увеличение в части светоотдачи было достигнуто благодаря улучшению общей эффективности посредством оптических конструкций, которые полностью учитывают свойства светодиодного источника света и желаемого распределения света конкретным светильником.

Светильники нового форм-фактора продемонстрировали, что можно достичь полной свободы от решений, свойственных обычным традиционным конструкциям, и поднять само понятие «светильник» на такой уровень, который вряд ли был бы возможен с традиционными источниками света.



Рис. 10. Светильник в виде прожектора, разработанный в рамках проекта EnLight