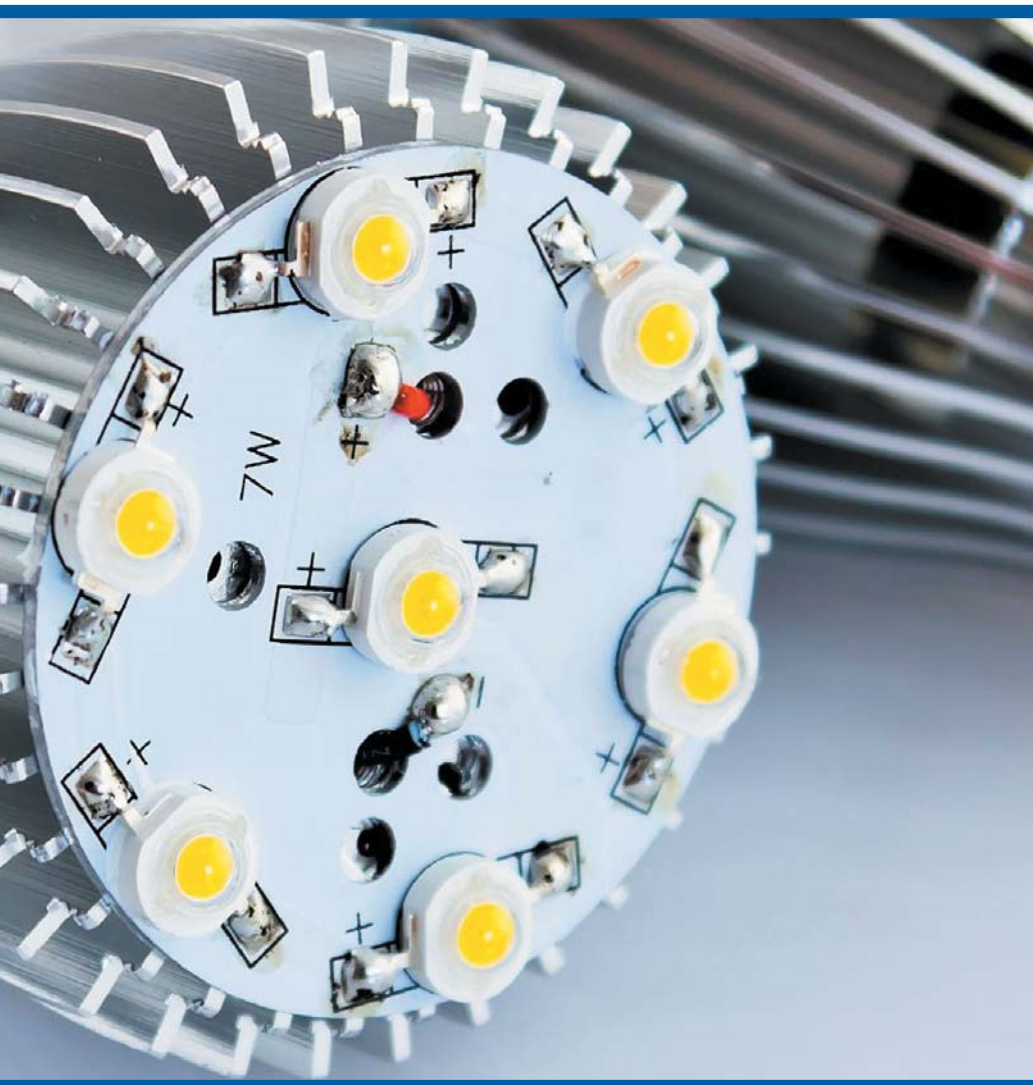


Перевод и комментарии: Владимир Рентюк

Исследования твердотельного освещения, представленные Министерством энергетики США



Дорожная карта 2014 года для производителей обычных и органических светодиодов

Министерство энергетики США опубликовало свою версию документа от 2014 г. под названием «Промышленное производство, дорожная карта: твердотельное освещение — исследования и разработка» (<http://1.usa.gov/1wg02Th>). В нем приведены обновленные сведения, касающиеся достижений в производстве обычных светодиодов (англ. light-emitting diode — LED), а также созданных на основе органических соединений (англ. organic light-emitting diode — OLED). Для реализации процесса изготовления обоих типов светодиодов наряду с оптимизацией технологических процессов, повышающих световую эффективность, требуется решать и другие проблемы, в частности обеспечение однородности цвета. И хотя цены на светодиоды падают, однако в связи с расширением сферы применения твердотельных источников света — SSL — необходимо продолжать работы над их совершенствованием, особенно в части корпусирования. Дорожная карта 2014 г., начинающаяся с двух хороших новостей, особенно подчеркивает энергоэффективность систем освещения на базе SSL. В ней утверждается, что экономия, обеспечиваемая такими источниками освещения, составила 188 триллионов BTU в 2013 г., что эквивалентно \$1,8 млрд затрат на электроэнергию¹.

Впрочем, в документе отмечается, что в настоящее время доля проникновения SSL на рынок систем освещения еще очень невелика — лишь около 1% от всего количества установленных ламп класса энергоэффективности А выполнены на основе светодиодов. Данная дорожная карта наряду с прочим предназначена для разработки руководства направления инвестиций в НИОКР по твердотельным источникам света SSL (<http://bit.ly/WTrrxT>) Министерством энергетики США. А в этом году документ в значительной степени опирается еще и на результаты дискуссии на ежегодном семинаре по НИОКР в области твердотельных источников света SSL, который состоялся в мае 2014 года. Министерство энергетики США призывает к еще большей работе в области как

¹ BTU, англ. British thermal unit — единица измерения тепловой энергии в английской системе мер. В настоящее время используется в основном в англоязычных странах вместо калории как единица количества теплоты.

обычных светодиодных, так и органических светодиодных технологий, которые необходимы для достижения заданной цветовой гаммы, и особенно для понимания всех факторов, влияющих на долговременную стабильность передачи цвета. Действительно, решение проблемы деградации цвета — это один из тех вопросов, который может привести к тому, что дизайнеры и заказчики могут склониться к использованию технологии на базе твердотельных источников света SSL для замены устаревших источников, особенно учитывая намного больший прогнозируемый срок службы SSL-продуктов.

Если постоянство цветовой гаммы не может поддерживаться на протяжении всего срока службы, то заказчики и составители смет не смогут оправдать стоимость твердотельных источников света SSL при их применении. Однако именно стоимость источника света остается главным препятствием на пути к более широкому развертыванию для применения твердотельных источников света SSL, причем это касается даже обычных светодиодов, которые в настоящее время более широко используются в системах общего освещения. Представленная диаграмма показывает, что в случае светодиодов именно стоимость корпусирования доминирует в общих затратах, которые включаются в себестоимость, исходя из всего производственного процесса. Сегодня эти расходы сосредоточены на уровне кристалла светодиода. Министерство энергетики предполагает, что ряд нововведений может изменить структуру затрат в себестоимости, и поэтому финансирует ряд НИОКР, которые варьируются от непосредственно задач производственного процесса до проектирования систем твердотельного освещения SSL в целом. Круговая секторальная диаграмма показывает весовую раскладку затрат в основных общих затратах на корпусирование на основе конструкции с перевернутыми кристаллами (так называемый flip-chip design, англ.). Причем, как видно из диаграммы, если большая часть нынешних затрат на корпусирование будет перенесена на уровень пластины, а не сосредотачиваться на уровне законченного кристалла, то это поможет значительно снизить общие затраты. Кроме того, те проекты светильников, которые могут использовать некорпусированные светодиоды (package-free, англ.)

или светодиоды в облегченных корпусах (package-light, англ.), смогут исключить многие из этапов их корпусирования, которые производители светодиодов выполняют в настоящее время.

Тем временем сектор органических светодиодов (OLED) по-прежнему стоит перед выбором одного из двух путей своего развития, и оба из них полны препятствий. Эти проблемы мы рассмотрели ранее в специальной статье, опубликованной в начале 2014 года (<http://bit.ly/Ou1Zvv>). Индустрия систем освещения надеется использовать достижения телевизионной промышленности в части того, что она достигла при разработке крупноформатных OLED-панелей для телевизионных приложений с дисплеями прямого излучения. Однако низкая себестоимость и высокое качество телевизоров с LED-подсветкой и высокая стоимость органических светодиодов уже заблокировали использование OLED-дисплеев, и следовательно, развитие технологий органических светодиодов, которые могут быть воспроизведены и в системах освещения, затормозилось.

Министерство энергетики США сообщает, что промышленность, ориентированная на органические светодиоды, все же должна примириться с необходимостью разрабатывать изделия, которые должны быть специально разработаны и оптимизированы для использования в системах освещения, а затем и поработать над снижением затрат на производство этих продуктов. Министерство энергетики отмечает, что в отрасли необходимо решить вопрос со стоимостью таких светодиодов

в плане комплексного подхода, то есть к подложке органических светодиодов, осаждению слоя и его сборке (рис. 1). Все это является ключом к сокращению цикла производства и большей производительности использования оборудования.

Как можно видеть, сектора промышленности, выпускающие традиционные светодиоды и органические светодиоды, сталкиваются с совершенно разными проблемами, но движение вперед, которое должно сделать промышленность, является ключом к более широкому развертыванию систем твердотельных источников освещения. Кроме того, конструкция ламп и светильников будет все более и более экономичной, поскольку разработчики этих изделий уже научились использовать такие уникальные свойства для снижения себестоимости, как оптимизация фактора твердотельных источников света SSL.

Проекты энергосбережения: что могут дать светодиодные источники освещения?

Министерство энергетики США опубликовало новый доклад, озаглавленный «Экономия энергии: Прогноз развития твердотельных источников света для решения проблем общего освещения». Этот проект оценивает уровень проникновения твердотельных источников света типа SSL на общий рынок систем освещения США к 2030 г. и ту экономию энергии, которую эта технология сможет обеспечить. Светодиоды, как ожидается, составят 48% от всего объема рынка в люмен-часах всех

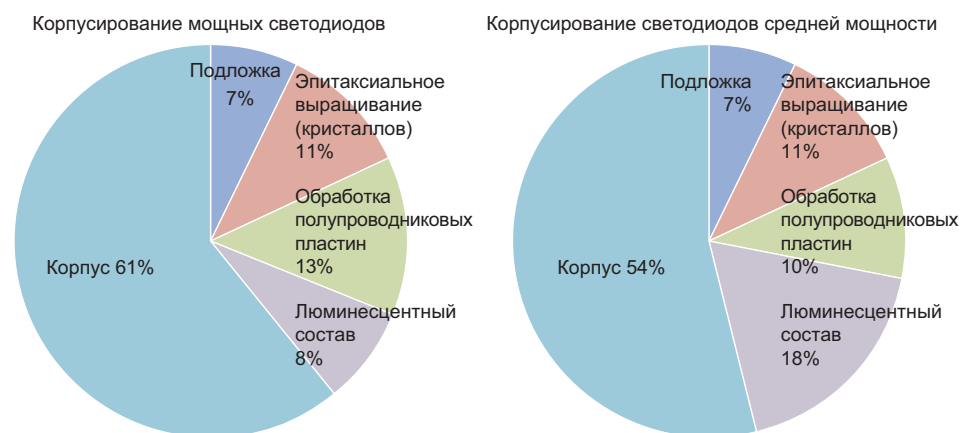


Рис. 1. Типовая расшифровка затрат при производстве корпусированных мощных светодиодов и светодиодов средней мощности. Источник: LEDCOM. Модель с использованием материалов круглого стола, проведенного Министерством энергетики США, и семинара по твердотельным источникам света SSL

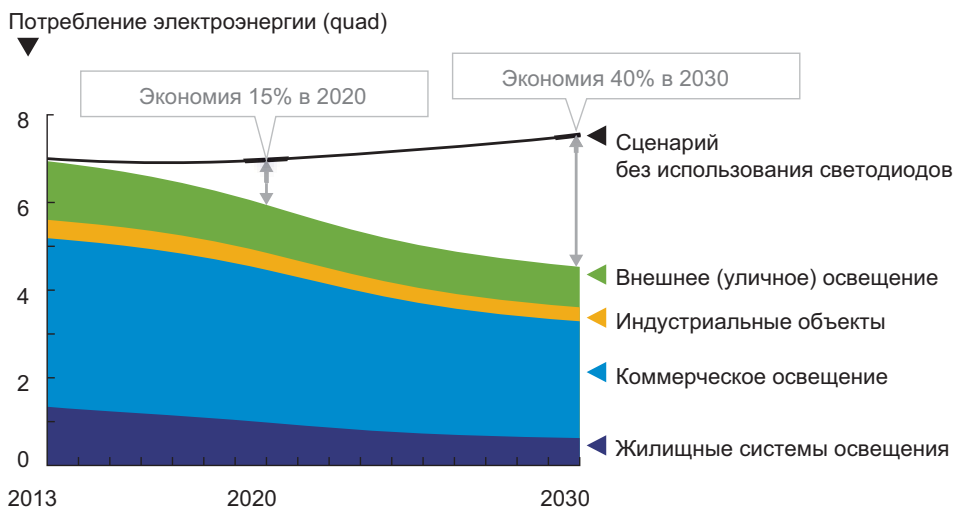


Рис. 2. Объем потребления энергии на освещение в США. Прогноз на период 2013–2030 гг.²

продаж для систем обычного освещения к 2020 г. и 84% к 2030 г.

Министерство энергетики США, сказано в новом докладе, предлагает более подробную разбивку по системам освещения по отношению к предыдущим публикациям, доступным в виде нескольких разрозненных источников статистической информации. Отчет о проектах в части светодиодного освещения, в общем понимании, основан на текущем состоянии технологии с точки зрения отношения их эффективности к цене. Кроме этого, в докладе дана оценка уровня ожидаемого дополнительного их проникновения на рынок, который может быть достигнут в случае, если светодиодная промышленность может превзойти прогноз Министерства энергетики в части эффективности и цены. Основываясь на текущем состоянии технологии, отчет указывает на сокращение общего потребления энергии на 15% в 2020 г. и его снижение на 40% в 2030 г.

Как показано на рис. 2, Министерство энергетики США считает за точку отсчета время, когда еще не имело место дополнительное проникновение светодиодных технологий в системы освещения, и делает расчет по отношению к прогнозируемому разворачиванию широкого проникновения светодиодов в такие сферы применения, как коммерческое освещение, квартирное и уличное. В то время как прогнозируемая экономия основана на текущих уровнях эффективности и ценах, общее сокращение потребления энергии можно будет приравнять к экономии в 261 ТВт·ч в 2030 г., или \$26 млрд только лишь в этом году.

Совокупные прогнозы являются еще более впечатляющими. За период с 2013 по 2030 г., Министерство энергетики прогнозирует, что общая экономия могла бы составить 2216 ТВт·ч или позволила бы избежать расходования \$220 млрд на затраты в части электрической энергии. Новый доклад непосредственно не сопоставим с каким-либо из более ранних исследований, проведенных Министерством энергетики США. Например, отчет Министерства, сделанный в прошлом году на основе общих светодиодных проектов, с учетом темпов проникновения светодиодов на рынок по состоянию на 2013 г., прогнозировал сбережение в 71 триллион ВТУ, или в 21 ТВт·ч (<http://bit.ly/1r3WKIQ>).

В этом докладе также прогнозируется, что имеется возможность ежегодно экономить 1135 ТВт·ч электроэнергии при условии 100%-го проникновения светодиодных технологий в десять основных целевых областей использования, но Министерство энергетики не представило возможные сроки его реализации. Более смелые прогнозы, сделанные в новом докладе, связаны с достижениями в области повышении эффективности и энергосбережения и в других областях деятельности в сочетании с продолжающимся падением цен. Такое развитие событий приведет к дальнейшему увеличению проник-

новения светодиодных технологий. Действительно, если цели промышленности обозначенные в дорожной карте Министерства энергетики США, в части систем на базе твердотельных источников света SSL будут достигнуты, проникновение светодиодов может составить 68% всего объема продаж в люмен-часах в 2020 г. и 90% в 2030 г. Такой прогресс приведет к экономии электроэнергии дополнительно еще на 20%.

Полный отчет доступен на специальном SSL веб-сайте Министерства энергетики (<http://1.usa.gov/1t6exJF>). Агентство опубликовало также интерактивную модель, которая может быть использована для демонстрации динамики развития рынка и которую заинтересованные стороны могут использовать для моделирования как всего рынка систем освещения, так и его отдельных сегментов (<http://1.usa.gov/1qYRWfY>). Модель позволяет проверить воздействие эффективности продвижения, динамики снижения цен, использования элементов управления и скорости его обновления (реноваций).

Применение светодиодного освещения для театральной сцены

Министерство энергетики США опубликовало свой итоговый доклад (Gateway report) с документально подтвержденными результатами тестирования системы светодиодного освещения в театре и танцевальном павильоне Университета штата Флорида. Площадь объекта в 46 тыс. квадратных футов позволила исследователям проверить эффективность использования SSL в полном объеме, от раздевалки и театральных уборных до непосредственно мест представления. Освещение на базе светодиодных технологий было оценено с точки зрения улучшения восприятия и дополнения временной театральной панорамы³. Ранее для этих целей использовались прожекторы на основе компактных люминесцентных ламп (CFL). В усовершенствованной конструкции применены направленные 39-Вт светодиодные лампы типоразмера PAR38 и четырехфутовые линейки из свето-

² Использована единица энергии quad, эквивалентная квадриллиону британских тепловых единиц (или количеству теплоты, получаемому от сжигания 24 млн т нефти).

³ Имеется в виду нейтральный фон для декораций, при соответствующем освещении создающий иллюзию открытого пространства, воздуха.

диодов в качестве настенных светильников, создающих размытое освещение. Первоначально рабочее пространство сцены освещалось люминесцентными светильниками типа Т8, которые затем заменили восьмифутовыми линейными светодиодными излучателями.

С точки зрения требований к качеству систем освещения танцевальный зал (рис. 3) был, пожалуй, наиболее важным объектом. Для общего освещения низких пролетов практически постоянно использовались несколько 320-Вт металлогалогенных ламп (МН). Портативные 575-Вт галогенные осуществляли боковую подсветку при выступлениях. После модернизации стали применяться светильники GE Lumination серии EL (производства компании General Electric), со световодами, которые при расположении по вертикали обеспечивали основное светодиодное освещение театрализованных представлений. Такая модернизация позволяет экономить 418 кВт·ч еженедельно, что сокращает энергопотребление на 73%. Однако проект не будет признан успешным, если качество освещения не будет положительно оценено со всех сторон. Поэтому во время выступлений зрители оценивали театральное освещение до и после модернизации. Они отметили, что результаты получились практически идентичные, но светодиодное освещение позволяет сэкономить около 50–90% электроэнергии.

Средства для проектов повышения энергоэффективности

Министерство энергетики США планирует предложить не меньше чем \$4 млрд в виде кредитных гарантий для поддержки

возобновляемых источников энергии и энергосберегающих проектов. Данная программа не направлена исключительно на развитие светодиодов или освещения, но проекты систем на базе твердотельных источников света относятся к одной из пяти определенных в ней категорий. К первоначальному этапу использования этих кредитных ресурсов отрасль приступила в начале октября 2014 г.

Агентство уже имеет \$2,5 млрд кредитных гарантий от Правительства США с потенциалом их увеличения на основании общего размера выделенных кредитных субсидий. Большая часть средств направлена на проекты развития возобновляемых источников энергии. Такие проекты становятся все более тесно связанными с системами освещения на базе твердотельных источников света SSL, поскольку эффективность светодиодных источников делает такие технологии, особенно на основе солнечных элементов, более жизнеспособными. В данной статье представлен пример коммерческой реализации светодиодного освещения, выполненного с использованием солнечных батарей, в университетском кампусе.

Программа также предполагает финансирование проектов, привязанных к более эффективным поколениям систем передачи и распределения электроэнергии. Светодиодные технологии, используемые в области освещения, связаны с системами передачи электроэнергии, известными как сети постоянного тока, которые потенциально более эффективны, чем сети переменного тока, причем особенно в случае питания систем, требующих постоянного тока, а именно светодиодного освещения.

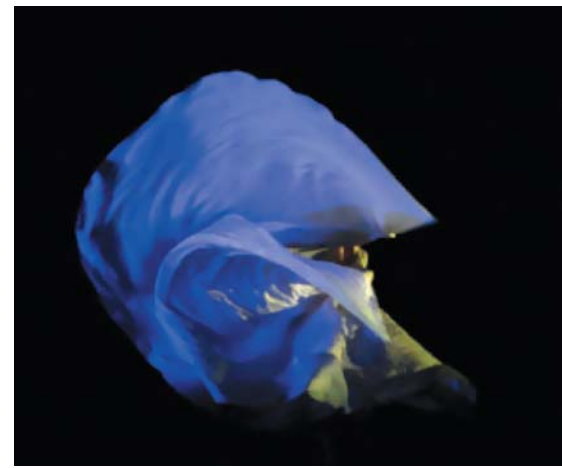


Рис. 3. Результат, полученный после модернизации танцевальной площадки (изображение представлено Министерством энергетики США // фотография Джордана Альбрехта (Jordan Albrighth))

Осуществлять проекты с использованием SSL позволяют технологии, приведенные в следующих разделах программы: «Высокоэффективные проекты целевого использования» (Efficient End-Use Projects) и «Высокоэффективные энергетические проекты» (Efficient Energy Projects). Непосредственно сократить выбросы парниковых газов должны заданные программой проекты, реализуемые с применением новых или значительно улучшенных технологий.

Министерство энергетики США отмечает, что оно будет учитывать три фактора при оценке претендентов на гарантированные кредиты. Основным из них будет кредитоспособность, на которую придется 45%, затем идут технические факторы с 35%, а завершат программные, к которым относятся регламентация и экология, на них останется 20%. ●