

СВЕТОДИОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МИРЕ И В РОССИИ

VII МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ LED-ФОРУМ

И.Кокорева

В рамках выставки Interlight Moscow powered by Light+Building (5–8 ноября 2013 года, ЦВК "Экспоцентр" на Красной Пресне) уже в седьмой раз прошел LED-форум "Светодиоды в светотехнике" – крупнейшая международная конференция по светодиодным технологиям. Каждый год на LED-форуме представители науки, бизнеса и производства из Европы, Азии, США и России обсуждают актуальные тенденции развития светодиодной индустрии. Организатор LED-форума Messe Франкфурт РУС – российское подразделение одного из крупнейших в Германии выставочных концернов Messe Frankfurt. Более 10 лет концерн оказывает услуги по организации и проведению технических выставок на территории России. Партнерами в проведении мероприятия были компании Osram Opto Semiconductors, Philips, Rainbow Electronics. LED-форум прошел при поддержке РОСНАНО, ВНИСИ (Научно-исследовательский институт им. С.И.Вавилова), Фонда "Сколково".

Большую помощь в организации работы форума оказал экспертный совет. В него входили: Ю.Б.Айзенберг – доктор технических наук, профессор, академик Академии электротехнических наук; А.Э.Юнович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики полупроводников МГУ им. М.В.Ломоносова; А.Г.Шахпарунянц – кандидат технических наук, генеральный директор ВНИСИ; В.Пашков – старший научный сотрудник Университета Торонто в области оптоэлектроники.

Участников форума приветствовал заместитель председателя правления ОАО "Роснано" **Андрей Свиаренко**. "Светодиоды являются важным направлением для компании. Достаточно вспомнить один из наших главных проектов – завод

по производству светодиодов "Оптоган". К проблеме производства светодиодов в компании подходят комплексно, решая целый ряд задач. Мы начали с разработки образовательных программ подготовки и переподготовки инженеров и разработчиков светодиодной техники, создаем профессиональные стандарты в этой области. Что касается развития отечественной светодиодной промышленности, то наши специалисты ранее разработали "Дорожную карту развития светодиодной промышленности в России", а сейчас закончили работу над проектом "Технологическая платформа светодиодной промышленности", который будет передан Российскому светодиодному объединению. На наш взгляд, сегодня одна из главных проблем состоит в том, что нормы и стандарты, используемые в России, зачастую препятствуют

широкому внедрению светодиодных технологий. И потому наша компания большое внимание уделяет корректировке нормативной базы, внесению изменений в стандарты, санитарные и строительные нормы некоторых отраслей промышленности. Это позволяет открыть российские рынки для современных технологий", – сообщил Андрей Свиначенко.

В своем докладе на пленарном заседании "Механизмы Фонда по поддержке инновационных проектов в сфере светодиодных технологий" **Павел Морозов**, представитель Фонда "Сколково", обратил внимание присутствующих на то, что в соответствии с программой развития "Сколково" созданы пять кластеров, разрабатывающих и поддерживающих инновационные проекты. Это кластеры информационных, биомедицинских, энергоэффективных, ядерных и космических технологий. В рамках кластера "Энергоэффективные технологии" поддерживаются инновации и прорывные технологии, направленные на сокращение энергопотребления объектами промышленности, ЖКХ и муниципальной инфраструктурой. Но из 300 инновационных проектов этого кластера только 20–25 касаются светодиодных технологий, поэтому предстоит большая работа по привлечению светодиодных проектов.

Сергей Боровков, руководитель российской компании "Лайтинг Бизнес Консалтинг" (Lighting Business Consulting), представил обзор мирового и российского рынка светодиодной продукции и прогноз развития отечественного рынка светотехники до 2020 года. Большая часть его выступления была посвящена роли государства в политике введения энергоэффективного освещения (запрет ламп накаливания и стимулирование применения и производства светодиодов), а также опыту и достижениям других стран в этой области.

Быстрое развитие светодиодных технологий, – отметил докладчик, – привело к революционным структурным изменениям на мировом рынке светотехники: доля светотехнической продукции, изготовленной по капиталоемким традиционным технологиям, стремительно уменьшается, а современной светодиодной продукции – увеличивается. Принимаются законодательные акты, стимулирующие переход на энергоэффективные осветительные технологии. Пока из 191 страны мира эти законы действуют только в 41, еще 35 стран приступили к разработке таких мер.

И здесь основная роль, по мнению докладчика, принадлежит государству – должны быть не только выработаны требования к минимальной

энергоэффективности (ЭЭ) источников света, но и проработаны нормативные механизмы внедрения этих требований (стандарты, субсидирование производства высококачественной продукции, государственные закупки), налажен мониторинг и проверка выпускаемой продукции на соответствие узаконенным нормам.

Как пример Сергей Боровков привел США, где в 1990-е годы была принята программа развития светотехнической промышленности на основе светодиодов. Она послужила фундаментом для разработки и принятия стандарта энергоэффективности. Он не является обязательным. Но если компания выпускает продукцию, прошедшую сертификацию, то может рассчитывать, что государство купит эту продукцию для своих нужд, так как в США законодательно запрещено осуществлять государственные закупки несертифицированной продукции. Продукция, сертифицированная по стандарту ЭЭ, получает субсидии от государства: на одну лампу – 5 долл., на светильник – от 15 до 60 долл. (в зависимости от типа).

Что касается применения светодиодной продукции в мире, С.Боровков привел такие цифры: в 2012 году в общем объеме этой продукции светодиодные лампы составляли 15%, а светодиодные светильники – 25%. (Для сравнения – в России 7 и 9% соответственно.) Немаловажный стимул распространения светодиодной продукции – это снижение розничных цен. Например, на мировом рынке за период январь 2012 – май 2013 цены на светодиодные лампы – аналоги ламп накаливания мощностью 40 Вт – уменьшились на 31%, на аналоги ламп 60 Вт – на 20%.

Далее Сергей Боровков перешел к рассмотрению светодиодного рынка в России и оценке мер, которые предпринимает государство для расширения этого рынка. Во-первых, в России принята Государственная программа по энергосбережению до 2020 года, и освещение – одно из ключевых направлений в этой программе, так как светодиодное освещение имеет наибольший потенциал в энергосбережении. Во-вторых, в России приняты важные законодательные нормы энергоэффективности освещения: Федеральный закон №261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности" (запрет на использование ЛН мощностью больше 75 Вт с 2013 года и больше 25 Вт – с 2014 года), Постановление №602 Правительства РФ (введение требований к минимальной энергоэффективности). Но они не исполняются! Приказ №357 Минпромторга (классификация светодиодной продукции по величине ЭЭ)

тоже не исполняется, так как отсутствуют классы изделий A⁺ и A⁺⁺, соответствующие высокой энергоэффективности.

Для эффективного увеличения рынка светодиодной продукции в России, по мнению докладчика, необходимо:

- разрабатывать и вводить новые стандарты;
- создать регистр высококачественной продукции;
- стимулировать государственные закупки высококачественной светодиодной продукции;
- создать сеть испытательных лабораторий для верификации качества продукции.

В соответствии с политикой энергосбережения, в октябре 2013 года подписан план мероприятий, ограничивающих оборот на территории Российской Федерации ламп накаливания и направленных на стимулирование спроса на высокоэффективные источники света. Планируется введение технического регламента по энергоэффективности и эко-дизайну, т.е. установление требований к минимальной ЭЭ и функциональным характеристикам ламп и светильников.

Стимулом развития отечественной светодиодной промышленности будут международные спортивные мероприятия (чемпионат по хоккею в 2016 году, чемпионат мира по футболу в 2018 году) и инфраструктурные проекты:

- высокоскоростные железнодорожные магистрали (ожидается увеличение объема рынка до 20 млрд. евро к 2018 году);
- развитие Дальневосточного региона (13 млрд. евро к 2017 году);
- центральная кольцевая автомобильная дорога (8 млрд. евро за период 2014–2022).

В заключение своего выступления С.Боровков дал оптимистичный прогноз российского рынка светотехнической продукции до 2020 года. По оценкам компании "Лайтинг Бизнес Консалтинг", российский рынок светотехники будет расти на 35% быстрее мирового и составит 3,6 млрд. евро в 2020 году, а рынок светодиодной продукции составит 75%, или 2,7 млрд. евро. Для сравнения: в 2012 году доля светодиодной продукции составляла 15,7%, или 345 млн. евро, в том числе светодиодных светильников – 200 млн. евро, ламп – 145 млн. евро.

Алессандро Чилано (Alessandro Cilano), менеджер по маркетингу одного из трех крупнейших мировых игроков на рынке светодиодной продукции – компании OSRAM Opto Semiconductors, – рассказал о стратегии компании и представил современную продукцию.

Светотехнический рынок в настоящее время претерпевает значительные, можно сказать, революционные изменения. Полупроводниковые источники света на основе органических и неорганических светодиодов открывают новые возможности для энергоэффективных световых решений.

Специалисты компании провели анализ рынка светодиодной продукции, его тенденций, определили основные секторы рынка для продукции OSRAM и дали заключение по оптимизации ассортимента светодиодных компонентов. Сегодня ассортимент компании включает в себя лампы традиционной, модернизированной и трубчатой форм, светильники потолочные, панельные, узконаправленного света и для наружного освещения. Они применяются в быту, в офисах, торговых залах, медицинских учреждениях, учебных заведениях, для внутреннего освещения салонов автобусов, поездов, самолетов, архитектурной подсветки и рекламных модулей.

Алессандро Чилано отметил, что специалисты компании добились значительных успехов в создании новых технологий производства светодиодных компонентов. Изготовлены и протестированы первые светодиодные кристаллы, в которых светоизлучающий слой из нитрида галлия выращен на пластинах из монокристаллического кремния, а также представлена линейка светодиодных продуктов с керамическим люминофором. Оптимизация слоев нитрида галлия, выращенных на кремниевых подложках, позволила достичь высокого уровня эффективности и яркости светодиодов при высокой надежности.

Использование кремниевых пластин большого диаметра сделает светодиодные продукты значительно дешевле, сохранив при этом прежний уровень качества. Дальнейшее увеличение диаметра кремниевых пластин позволит еще больше снизить затраты на производство светодиодов: исследователи уже продемонстрировали первые структуры на 200-мм подложках.

Специалисты компании считают, что наиболее перспективны светодиоды с люминофором на керамической подложке. В этом они видят свое главное конкурентное преимущество. Благодаря внедрению новых технологий OSRAM уже удалось добиться эффективности излучения 146 лм/Вт. Причем эффективность можно повысить и выйти к 2014 году на новые рубежи, – считает господин Чилано.

Далее докладчик представил современную продукцию компании – светодиоды серий Duris S,

Duris P, Duris E, Oslon SSL, Oslon Square и светодиодные лампы, изготовленные по технологии CoB (chip-on-board), серий Soleriq P 6/9/13, Soleriq S 9/13/19, Soleriq E 30/45 (цифры 6, 9, 13, 19, 30 и 45 – это число кристаллов).

Величина светового потока светодиодов: серия Duris – от 10 лм (Duris E 3) до 500 лм (Duris S 8), серия Oslon SSL – 100 лм, серия Oslon Square – 200 лм, серия Soleriq S 9/13/19 – от 800 до 2000 лм и серия Soleriq E 30/45 – от 2000 до 5000 лм.

Светодиоды Oslon SSL отличаются высокой стабильностью при изменении температуры кристалла. Они излучают световой поток 98 лм для теплого белого цвета свечения (3000 К) при рабочем токе в 350 мА и рабочей температуре кристалла 85°C. Типовая величина светотдачи светодиода Oslon SSL составляет 96 лм/Вт, и он считается одним из самых эффективных приборов среди светодиодов с площадью кристалла 1 мм². Для производителей систем освещения это выгодно, так как существенно упрощает проектирование светильников: при меньшем числе светодиодов достигается такая же величина светового потока и эффективности.

Светодиоды серии Oslon Square изготавливаются с использованием модифицированного

люминофора и по новой технологии, в основе которой лежит усовершенствованный процесс приварки контактных проводников (уменьшен диаметр контактного провода, увеличена отрывная сила провода и сила бокового сдвига сварного шарика). В результате светодиод имеет повышенную механическую прочность и улучшенные параметры температурной стабильности.

Светодиоды Oslon Square используются в разнообразных приложениях – от эффектных дизайнерских светильников до ярких уличных фонарей, поскольку новый светодиод имеет все качества, необходимые для широкого применения, – он миниатюрный, мощный и способен работать при различных токах. Светодиоды имеют размеры всего 3×3 мм и установлены в защищенных корпусах, которые позволяют применять их для уличного освещения. Более того, корпус, в который заключен кристалл светодиода, отражает свет, излучаемый в боковом или обратном направлении, и поэтому эффективность его использования повышается.

Докладчиком был представлен новый продукт компании – линия светодиодных модулей Soleriq, изготовленных по технологии CoB. В зависимости от числа кристаллов на подложке, различают

серии: Soleriq S 9/13/19, Soleriq P 6/9/13, Soleriq E 30/45. Высокоэффективные светодиодные лампы серии Soleriq E со световым потоком от 1500 до 4500 лм предназначены для работы при высоких температурах окружающей среды.

Новые серии светодиодов значительно упрощают проектирование светильников, поскольку вместо множества светодиодов в систему монтируется только один компонент. Отдельные кристаллы модуля расположены под слоем люминофора (технология CoB), что позволяет добиться впечатления поверхности, излучающей равномерный свет. Это гарантирует однородный цвет и равномерное освещение, а также упрощает выход света через внешнюю оптику и уменьшает оптические потери. Преимущества светодиодов Soleriq – высокая энергоэффективность и длительный срок службы – имеют важное значение для потолочных светильников.

Подводя итоги своего выступления, Алессандро Чилано перечислил основные направления развития работ компании на 2014 год: дальнейшее увеличение светоотдачи и обеспечение полной конкурентоспособности; выход на ведущие позиции продукции, изготавливаемой по технологии CoB (Soleriq E, S, P); дальнейшее развитие серий Duris, Oslon, Soleriq; сокращение сроков изготовления новой продукции.

Тему выпуска современной продукции компании Osram Opto Semiconductors продолжил **Василий Зибаров**, инженер по применению, в своем докладе "Светодиоды 2014: что год грядущий нам готовит?". Сделав краткий обзор рынка светодиодной продукции, отдельных его сегментов, он подчеркнул, что в соответствии с требованиями и тенденциями рынка, основное направление деятельности компании на 2014 год – продвижение современной продукции, а именно Duris S 5, Duris S 8, Duris P 5, Soleriq P, Soleriq S, Soleriq E, Topled и Mini Topled, Ostar Stage.

Далее докладчик кратко охарактеризовал эту продукцию.

Duris S 5 – компактный 1-Вт светодиод для линейного и зонального освещения внутри помещений – офисов, вестибюлей гостиниц и музеев. Имеет длительный срок службы (более 35 000 ч) при высоких температурах (до 105°C). Квадратное посадочное место и небольшая круглая светоизлучающая поверхность обеспечивают компактную конструкцию лампы. Это, в свою очередь, означает, что свет можно эффективно направлять во вторичную оптику, например, в линзовую систему или на отражатели. Корпус светодиода

Duris S 5 изготовлен из высокопрочного синтетического материала, который устойчив к воздействию высокой температуры и коротковолнового излучения синего цвета. Светодиод Duris выпускается в трех версиях с различными покрытиями кристалла и, соответственно, тремя разными уровнями яркости.

Первая версия светодиода применяется там, где нужен высокий уровень светового потока, излучаемый с небольшой поверхности, например, в потолочных светильниках и светодиодных лампах замены. При цветовой температуре в 3000K и коэффициенте цветопередачи (CRI) 80 этот светодиод имеет высокие уровни яркости (97 лм) и светоотдачи (более 100 лм/Вт) при рабочем токе 150 мА. Оптимизированное прямое напряжение этого светодиода составляет примерно 6 В.

Вторая версия этого светодиода, обеспечивающая светоотдачу в 125 лм/Вт при токе 65 мА, уровне яркости в 24 лм и цветовой температуре 3000K, предназначена для высокоэффективных решений. Поэтому его предпочтительнее использовать в панельных и линейных светильниках на основе ламп замены, где требуется, чтобы индивидуальные световые точки не были заметны, а энергопотребление было низким.

И третья версия светодиода при цветовой температуре 300K и CRI 80 имеет высокий уровень яркости 97 лм и светоотдачу более 125 лм/Вт при рабочем токе 80 мА.

Duris S 8 – компактный многокристальный светодиод, обеспечивающий большой световой поток с маленькой поверхности, что особенно важно в направленных светодиодных лампах. Корпус Duris S 8 выполнен из инновационных материалов и отличается не только стойкостью к высоким температурам и воздействию света, но и низкой стоимостью (Duris S 8 дешевле, чем керамические корпуса). Светодиод имеет размеры 5,8×5,2 мм и доступен в двух версиях – с шестью и восемью кристаллами. На базе восьмикристалльной версии светодиода можно создавать направленные светодиодные светильники при рабочем токе 200 мА с величиной светового потока в 500 лм. Применение Duris S 8 позволяет уменьшить стоимость систем освещения.

Duris P 5 color – светодиод средней мощности, выпускается в пяти цветовых версиях (синий, голубой, зеленый, желтый и красный). Области применения – архитектурная подсветка, рекламные табло, осветительные устройства с применением технологии "удаленного люминофора". Угол излучения – 120°, величина светового потока

при рабочем токе 100 мА – от 16 лм (красный цвет) до 140 лм (синий), светоотдача при том же рабочем токе – от 25 лм/Вт (голубой) до 80 лм/Вт (красный). Максимальный рабочий ток – 250 мА.

Светодиоды **Topled** и **Mini Topled** создают комфортный белый свет и предназначены для внутреннего освещения салонов автобусов, поездов, самолетов. Характеристики: низкая потребляемая мощность (0,1 Вт), рабочий ток 20 мА, высокая стойкость к коррозии, стойкость к электростатическому разряду 8 кВ. Срок службы более 50000 ч.

Ostar Stage – новый белый многокристальный светодиод с возможностью регулировки цветовой температуры. Применение – настраиваемый белый свет для сцены. Имеет три версии: многоцветную, чисто белую, настраиваемую белую. Характеристики: максимальный световой поток 500 лм, угол излучения 120°, цветовая температура – от 2700 до 10000 К, интенсивность света 48 мкд/м² при рабочем токе 900 мА. Имеется возможность получения узконаправленного луча света 9°.

На одной из секций LED-форума "Технологии и наука" с докладом "Использование квантовых точек в светодиодном освещении" выступил **Арсений Назаркин** из ООО "НТИЦ "Нанотех-Дубна". Он подробно рассмотрел оптические свойства квантовых точек (КТ) и их применение для получения белого цвета в дисплейных технологиях и в качестве материала для органических светодиодов.

Квантовые точки – полупроводниковые кристаллы размером от единиц до десятков нанометров с уникальными флуоресцентными свойствами, которые из-за малого размера проявляют квантовые свойства, характерные для отдельных молекул и не присущие объемным полупроводникам. Особый интерес для различных приложений представляют флуоресцирующие квантовые точки, получаемые методом коллоидного высокотемпературного синтеза. Технология разработана в Центре высоких технологий НИИ прикладной акустики в Дубне и позволяет создавать люминесцирующие составы как в видимой, так и в ближней ИК-области спектра. Поглощая энергию излучения в широком диапазоне, они испускают узкий спектр световых волн. При этом длина волны излучения зависит от размера частиц – квантовые точки из одного материала, но разного размера светятся разными цветами.

Например, кристалл селенида кадмия размером 2 нм флуоресцирует голубым светом, а кристалл размером 7 нм дает красное свечение. Каждый новый размер рождает уникальный

свет. Изменяя величину кристалла, можно получить любую длину волны, с разницей буквально в 1-2 нм.

Чтобы перейти в другой световой диапазон, достаточно заменить один полупроводник на другой. Если селенид кадмия обеспечивает видимое излучение, то сульфид или селенид цинка излучает в ультрафиолетовой области спектра, а сульфид и селенид свинца – в инфракрасной.

В декабре 2011 года состоялось открытие производства квантовых точек в ООО "НТИЦ "Нанотех-Дубна", проектной компании ОАО "РОСНАНО". ООО "НТИЦ "Нанотех-Дубна" – единственный в России производитель в промышленных масштабах полупроводниковых квантовых точек с уникальными оптическими свойствами.

Основная сфера применения квантовых точек – люминофоры нового поколения для светодиодов белого света. Также возможно использование КТ как маркирующих люминесцентных добавок, в частности, предназначенных для защиты ценных бумаг и документов от подделки.

Люминофоры на базе квантовых точек (размер от 2 до 15 нм) обладают более высокой эффективностью излучения и устойчивостью к воздействию агрессивных факторов окружающей среды.

Основные оптические свойства:

- диапазон длин волн – 500–650 нм;
- возможность получения пика эмиссии в заданном диапазоне длин волн с точностью до 5 нм;
- варьируемая ширина пика эмиссии – от 15 до 100 нм;
- высокий квантовый выход – до 90%;
- сохранение высокой фотостабильности при изменении температуры окружающей среды и при воздействии агрессивной среды.

Верхний предел рабочих температур для квантовых точек составляет 80°C, возможен кратковременный нагрев до 100°C.

Далее докладчик рассмотрел возможность применения квантовых точек для получения белого цвета. КТ лежат в основе технологии удаленного люминофора (УЛ), которая позволяет не только увеличить световой поток при использовании правильной конструкции, но и получить ровный, комфортный для глаза свет. Технология удаленного люминофора – это новый подход для российского светотехнического рынка, и она имеет ряд нюансов, которые необходимо учитывать производителям для получения максимального эффекта. Важным индикатором актуальности данной технологии является то, что крупнейшие мировые

компании, такие как Philips, Cree, Osram, уже выводят на рынок решения с применением удаленного люминофора.

Метод УЛ – способ получения белого света в результате взаимодействия излучения синего светодиода с удаленным на некоторое расстояние от кристалла люминофором. Принцип действия основан на флуоресценции люминофоров при возбуждении их излучением определенной длины волны. Использование нескольких люминофоров с различными длинами волн максимумов флуоресценции позволяет получать различные цветности (значения CCT и CRI) результирующего излучения.

Метод УЛ предполагает наличие в конструкции светопреобразующего элемента, изготовленного из оптически прозрачного материала (пластины или изделия более сложной пространственной формы), с нанесенным на поверхность или внедренным в объем люминофором.

Удаление люминофора от источника синего излучения позволяет получить световое излучение со спектральными характеристиками, приближенными к спектру тепловых источников света; повышает эффективность светового прибора; создает новые возможности для конструкторов световых приборов и систем освещения; обеспечивает недоступные ранее эксплуатационные возможности и характеристики.

Арсений Назаркин отметил, что возможно применение КТ в дисплейных технологиях.

Это дает, во-первых, расширение цветовой гаммы ЖК-дисплеев. Замена традиционных белых светодиодов на синие в системах задней подсветки ЖК-дисплеев с одновременным добавлением пленки с красными и зелеными КТ позволяет значительно расширить цветовую гамму дисплея. Пленка с КТ преобразует часть высокоэффективного излучения синих светодиодов в чистый красный и зеленый спектр. Благодаря этому не только расширяется цветовая гамма, но и повышается эффективность до 30%.

Во-вторых, использование КТ в качестве электролюминесцирующего материала для органических светодиодов имеет следующие преимущества: светящаяся гибкая поверхность может быть произвольной формы и размера; можно отказаться от корпуса; отсутствует дополнительная оптика и рассеиватели.

Александр Закгейм из НТЦ микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН представил доклад "Полихромные спектрально-перестраиваемые полупроводниковые источники света:

опыт разработки и применения". Он сообщил, что разработаны цветодинамические управляемые по спектру излучения осветительные приборы со светодиодами, позволяющие синтезировать либо белый свет в широком диапазоне цветовых температур (2000–10 000К), либо хроматическое излучение разной цветности. Подобные осветительные приборы представляют большой интерес для систем освещения как общего назначения, так и специального (архитектурно-художественного, медицинского (хирургия, фототерапия), в микроскопии, для коррекции психофизиологического состояния человека, в агротехнике и др.).

Павел Зак из Института биохимической физики им. Н.М.Эмануэля РАН выступил с докладом "Зависимость зрительных функций от спектрального состава излучения". Институт проводит фундаментальные и прикладные исследования в области химии и биологии функционально-важных молекул. Доклад был посвящен молекулярным механизмам патологии зрения человека. Показаны зависимости основных зрительных функций от спектральных диапазонов освещения, рассмотрены вопросы зрительного утомления, разрешающей способности глаза, светогигиены зрения и возможных глазных рисков, дана физиологическая оценка светодиодного освещения с разными цветовыми температурами. По мнению докладчика, для повседневного бытового использования целесообразно использовать и рекомендовать светильники с цветовой температурой порядка 2800К и сплошным достаточно равномерным спектром излучения; уже сейчас существуют светодиоды для светогигиенических безопасных светильников с тепло-белым излучением. Докладчик отметил, что необходимо проводить информационную работу среди населения, производителей энергосберегающих светильников и офтальмологов по выбору светогигиенических светильников бытового назначения, при этом маркировка с указанием цветовой температуры источника света недостаточно информативна, необходим график его спектра излучения.

В работе форума приняли участие представители более 100 компаний, научно-исследовательских институтов и организаций. Современная светотехническая промышленность развивается стремительно, проследить последние достижения отрасли трудно. В этом отношении форум предоставил участникам возможность познакомиться с самыми последними тенденциями и разработками в области светодиодного освещения. ●

