

Эстетическое восприятие OLED-освещения

Освещение на основе органических светодиодов (OLED) — это освещение будущего, предоставляющее огромное разнообразие возможностей. Форма, размер, цвет освещения, дизайн светильника — все эти параметры можно варьировать и подбирать по вкусу. Статья является авторизованным переводом [1].

На сегодняшний день OLED-освещение еще не достигло коммерческого масштаба, находится в стадии разработки и относится к технологиям будущего. Однако этот сегмент все больше интересует потребителей и имеет большой потенциал. Это принципиально новый тип источника света, который, в первую очередь, отличается от существующих распределенной геометрией. Именно поэтому сейчас все чаще запускаются различные проекты, такие как Oled100.eu, призванные продемонстрировать возможности OLED-технологии и дать толчок ее развитию.

ТЕХНОЛОГИЯ OLED

Органические светодиоды приходят на смену классическим источникам света (ИС) с большой рабочей площадью. Для развития технологии важно убедиться, что она будет востребована на рынке. Новые светильники должны совпадать по форме и размеру с существующими, чтобы заменить их с минимальными затратами. Кроме того, необходимо учитывать пожелания потребителей — светильники на основе органических светодиодов должны быть эстетически привлекательны и обеспечивать оптимальные характеристики света.

Органические светодиоды испускают рассеянный неслепящий свет с высоким индексом цветопередачи. В отличие от всех других ламп, за исключением люминесцентных, они светят равномерно, то есть имеют низкую габаритную яркость. ИС на основе

OLED — тонкие и плоские — могут быть на подложках практически любой формы. К тому же, они включаются мгновенно и потребляют мало энергии, что выгодно отличает их от остальных источников света.

Технически довольно сложно изготовить OLED-светильник с очень большой площадью, поэтому на практике светящиеся поверхности выкладываются из светодиодных ячеек, подобно мозаике. За счет различной формы ячеек можно создавать оригинальные рисунки, декорируя интерьер помещения (см. рис. 1).

Принцип действия и механизм излучения органического светодиода аналогичны принципу действия и механизму излучения других типов светодиодов. Как показано на рисунке 2, органический светодиод состоит из следующих элементов:

- подложки (пластиковой, стеклянной, фольги);
- катода;
- многослойной органической электролюминесцентной структуры;
- прозрачного анода.

В качестве материала анода обычно используется оксид индия-олова (ITO), в качестве катода — металлы, такие как алюминий и кальций, а в качестве светоизлучающих материалов — низкомолекулярные органические вещества или полимеры.

Благодаря плоской поверхности, органические светодиоды как никакой другой источник све-

та определяют интерьер помещения в целом. Это одновременно и осветительный и дизайнерский элемент.

ПРОЕКТ OLED100.EU

Европейское сообщество продолжает инвестировать в развитие органических светодиодов. Проект OLED100.eu — это комплексное исследование, в котором участвуют эксперты из ведущих производственных и учебных организаций, работающих над технологией OLED в Европе. Целью проекта является разработка светильников на основе органических светодиодов со следующими характеристиками:

- высокая эффективность (100 лм/Вт);
- длительный срок службы (100 000 часов);
- большая рабочая поверхность (100x100 см²);
- низкая стоимость производства (100 евро/м²).

В рамках проекта проводится анализ архитектурного и эстетического восприятия освещения, цель которого — выявить наиболее комфортные параметры освещения в жилых и рабочих помещениях. Оценивались четыре критерия: форма и размер ячеек, цветовая температура и тип поверхности светильника. По каждому параметру участникам было предложено выбрать один вариант, который им наиболее предпочтителен.

Более подробно о проекте можно узнать в интернете на странице www.oled100.eu.



Екатерина Самкова, samkova@ecomp.ru

Технический консультант «ИД Электроника». Получила квалификацию «инженер-физик» по специальности «Электроника и автоматика физических установок» в МИФИ. С 2007 г. занимается переводом и подготовкой научных статей по электронике. Является постоянным автором-переводчиком для журналов «Современная светотехника», «Электронные компоненты» и «Встраиваемые системы».

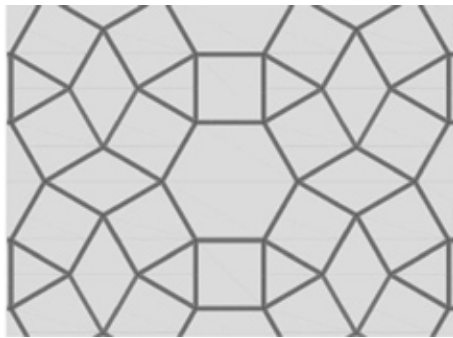


Рис. 1. Один из вариантов нестандартного рисунка, выложенного OLED-ячейками



Рис. 2. Структура органического светодиода

ЭТАПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В опросе участвовал 61 человек, возраст респондентов — от 19 до 55 лет. Для большей объективности среди участников было практически одинаковое количество мужчин и женщин, про-

фессионалов в сфере освещения и людей, работающих в других областях, в возрасте до 27 лет и старше. Каждая серия испытаний состояла из двух частей (офисное и жилое помещение). Респондентам показывали 4 модели освеще-

ния, отличающиеся по одному из параметров. Участники должны были выбрать тот вариант, который понравится им больше всего. Данные заносились в анкеты и затем обрабатывались.

В первой серии (А и Е) были представлены светящиеся поверхности, выложенные из квадратных ячеек с разным размером стороны (15, 30 или 60 см). В первой и четвертой моделях размер ячеек совпадал, 15×15 см, однако в последнем случае использовались дополнительные светильники для выделения определенного предмета в интерьере или увеличения яркости в рабочей зоне (письменный стол и пр.). Во всех моделях цветовая температура составляла 4000 К. В серии А рассматривалась комната офисного типа, в серии Е — жилого (см. рис. 3).

Ячейки из органических светодиодов изготавливаются в форме квадратов, прямоугольников, ромбов, треугольников, кругов и шестиугольников. Сочетая одинаковые или различные формы, можно получить довольно оригинальный рисунок (см. рис. 1). Во второй серии (С и G) производилась оценка рисунка светящейся поверхности (квадраты, соты и

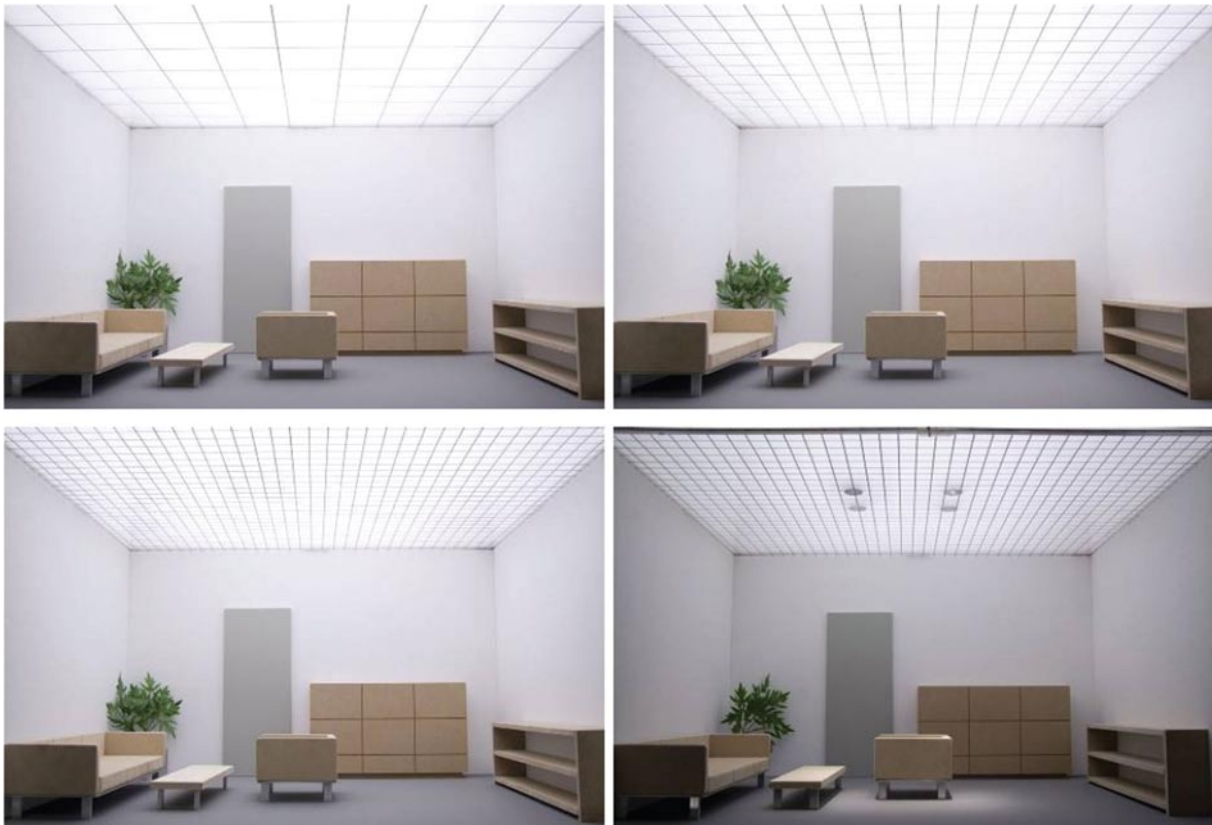


Рис. 3. Выбор оптимального размера светящейся ячейки для жилого помещения (серия Е)

декоративная). В четвертой модели потолок был выложен квадратными ячейками, как и в первой, но с белыми рамками, между ячейками. Длина грани во всех моделях составляла 15 см. Цветовая температура 4000 К. В серии С представлена комната офисного типа (см. рис. 4), в серии G — жилого.

Органические светодиоды могут иметь либо зеркальную поверхность, либо матовую белую. Рассеивающая белая поверхность получается за счет добавления внешних световых структур, которые увеличивают светоотдачу светильника. С точки зрения эстетики эти две поверхности во включенном состоянии не различаются, однако в светлое время суток, когда лампы выключены, они могут существенно повлиять на восприятие помещения.

В сериях D (для офиса) и H (для жилого помещения) были представлены следующие четыре модели освещения: квадратные ячейки размером 60×60 см с рассеивающей поверхностью, квадратные ячейки со стороной 15 см с белой и зеркальной поверхностью, квадратные ячейки размером 15×15 см с белой рамкой.

Следует заметить, что в данной серии испытаний создать ре-

листичную модель светильника с рассеивающей поверхностью оказалось затруднительно, поскольку внешняя поверхность оргстекла оставалась блестящей. С другой стороны, ячейки с зеркальной поверхностью, отражали края рамки дважды, поскольку между рамкой и поверхностью светильника был зазор. Оба этих эффекта усиливались, если смотреть под углом. В связи с этим респондентов просили оценивать вид потолка не в целом, а только в перпендикулярном направлении. Поскольку нельзя сказать, все ли опрошенные следовали инструкции, результаты данной серии нельзя считать надежными.

Последний раздел опроса был посвящен цветовой температуре. В освещении используются различные цветовые температуры в зависимости от применения. От нее зависит не только удобство для человека, но и его самочувствие и трудоспособность.

На сегодняшнем уровне развития органических светодиодов они имеют наилучшие характеристики на низких цветовых температурах в отличие от неорганических светодиодов.

В соответствующей серии испытаний (В и F) целью было опре-

делить, какая цветовая температура наиболее предпочтительна для офисных и жилых помещений соответственно. Кроме того, организаторов интересовало, будет ли эта оптимальная температура согласовываться с возможностями органических светодиодов.

Для анализа были выбраны три температуры: 3000 К, 4000 К и 6500 К. Разные цветовые температуры были получены за счет использования дополнительных люминесцентных ламп с более высокой (модель 3) или низкой (модель 1) цветовой температурой. В моделях 2 и 4 цветовая температура равна 4000 К, как и в других тестах. В модели 4 применялись дополнительные элементы подсветки, чтобы выделить рабочую зону. Во всех четырех моделях светильники имели форму квадратов со стороной 15 см и черной рамкой (см. рис. 5).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В серии А оценивалось освещение офисного помещения квадратными светильниками со стороной 15, 30 или 60 см. Наиболее подходящими для рабочей обстановки были признаны средние и большие лампы (30×30 см и 60×60 см). Мелкие ячейки

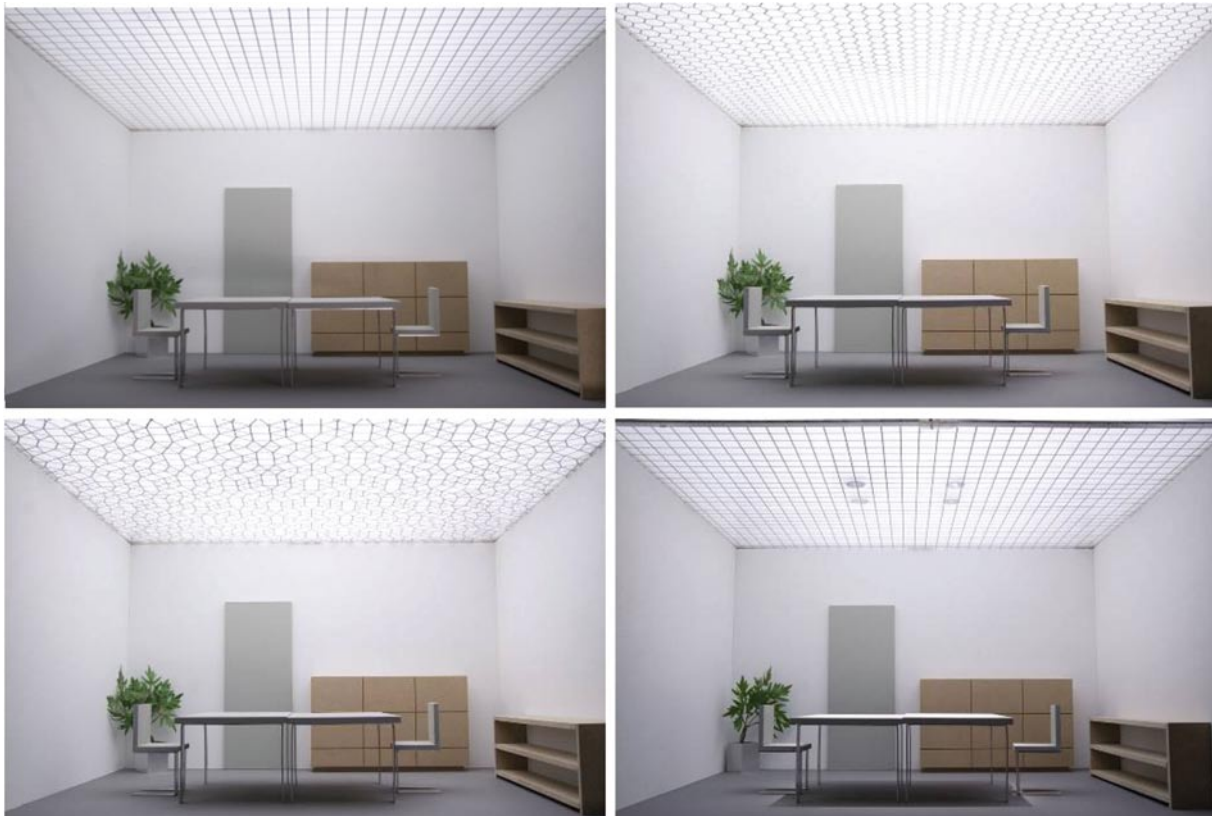


Рис. 4. Выбор оптимальной для рабочей обстановки формы ячеек (серия С)



Рис. 5. Модели с разной цветовой температурой (серия F)

(15×15 см) получили наименьшее количество голосов, даже при сбалансированном распределении яркости (модель 4).

В серии E с такими же параметрами, что и A, но для жилого помещения, для света яркостью 100 кд/м² не было выявлено предпочтительного размера светильника. Для более яркого света 300 и 1000 кд/м² наиболее хорошо вписывались в интерьер светильники размером 30×30 см.

В серии C, где размер светильников был одинаков, 15 см, и оценивалась их форма, при низкой яркости (100 кд/м²) большинство респондентов выбрали квадратную форму светильников. Однако при более ярком освещении эта разница стирается. Возможно, оценка ставилась больше за яркость, нежели чем за форму.

К удивлению организаторов, в серии G для жилого помещения при любой яркости не было выявлено самой удачной с эстетической точки зрения формы светильника, все смотрятся одинаково. Возможно, в данном случае все поверхности комнаты рассматриваются как декоративный элемент, который может привлекать внимание. С помо-

щью светильников не только потолок, но и стены можно заставить «играть».

В выключенном состоянии вариант 3 (ячейки 15×15 см с зеркальной поверхностью) оказался самым неудачным — маленькие ячейки в черной рамке явно уступили ячейкам с белой рамкой.

С другой стороны, респондентам больше понравились светодиоды с белой поверхностью и черной рамкой, независимо от типа помещения, в котором они установлены.

По результатам серии B было выявлено, что для маленьких квадратных светильников цветовая температура воспринималась по-разному. При яркости 300 кд/м² наиболее комфортными оказались температуры 3000 и 4000 К, при яркости 1000 кд/м² 4000 К воспринималась гораздо лучше, чем 3000 К или та же температура, 4000 К, но при использовании дополнительных осветительных систем. Во всех случаях температура 6500 К была признана худшим вариантом.

В серии F самым неудачным был признан вариант 6500 К, а 3000 и 4000 К принимались одинаково хорошо. Таким образом,

для жилых помещений диапазон комфортных температур расширен по сравнению с офисными от нейтрального до нейтрального и теплого белого.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В анализе проводилась оценка эстетического восприятия моделей освещения OLED-светильниками в рабочем и жилом помещении. Были представлены светодиодные ячейки различной формы и размера. Кроме того, в исследование были включены светильники с органическим стеклом и задней подсветкой из люминесцентных ламп. Результаты исследования сведены в таблице 1.

Проанализировав приведенные данные, можно сделать следующие выводы:

- Декоративные элементы и ячейки нестандартной формы более уместны в жилых помещениях, в то время как для офисных помещений более значимы размер и форма ячейки.

- Квадратные ячейки со стороной 15 см оказались наименее привлекательны с эстетической точки зрения, хотя с технической точки зрения они имеют преимущества.

Табл. 1. Результаты исследования

Параметр	Офисное помещение	Жилое помещение
Размер ячейки	Предпочтительны квадратные ячейки со стороной 30 или 60 см, независимо от яркости освещения	Предпочтительны квадратные ячейки со стороной 30 см, независимо от яркости освещения
Форма ячейки	Квадратная форма ячеек при яркости 100 кд/м ² . При более ярком освещении форма светильника значения не имеет	Нет разницы
Поверхность светильника	Отвергнуты квадратные ячейки со стороной 15 см и зеркальной отражающей поверхностью	Отвергнуты квадратные ячейки со стороной 15 см и зеркальной отражающей поверхностью
Цветовая температура	6500 К — отвергнута независимо от яркости освещения; 3000 К и 4000 К — предпочтительны при яркости 100 и 300 кд/м ² ; 4000 К — предпочтительна при яркости 1000 кд/м ²	6500 К — отвергнута независимо от яркости освещения; 3000 К и 4000 К — предпочтительны независимо от яркости освещения

– Предпочтения потребителей касательно формы ячейки и цветовой температуры частично зависят от яркости излучения. В целом, чем выше яркость, тем больше она влияет на восприятие.

– В выключенном состоянии светильники должны быть едва заметны. Рекомендуется использовать нейтральный белый, хотя промоделировать этот вариант оказалось затруднительно.

– Более низкие цветовые температуры благоприятно

влияют на восприятие интерьера.

Большие ячейки оказались эстетически более привлекательными, чем маленькие. При высокой яркости форма ячеек не имеет большого значения, а при средних уровнях декоративные мозаичные рисунки не подошли для офисных помещений, а в жилых — наоборот, получили наибольшее количество голосов.

Для офисных помещений наиболее подходит температура

4000 К. Для жилых помещений хорошо были оценены две температуры: теплый белый (3000 К) и нейтральный белый (4000 К). Заметим, что именно на этом диапазоне органические светодиоды имеют самую высокую эффективность.

ЛИТЕРАТУРА

Отчет по проекту OLED100.eu «Three aesthetical perception case studies»// www.oled100.eu/receive_report_D52.asp.

Найден способ продления жизни OLED-ов



Сферический нанокристалл с оболочкой (схематическое изображение)

Российские физики из ФИАНа нашли способ продления срока жизни органических светодиодов. С этой целью ученые предлагают примешивать к органической основе OLED-а долгоживущие нанокристаллы на основе халькогенидов кадмия. Эти неорганические люминесцентные точки не только избавят от работы быстро устающие органические хромофоры, но и значительно упростят технологию производства светодиода с нужным спектром излучения.

Органические светодиоды имеют несколько преимуществ по сравнению с иными световыми конструкциями. Во-первых, органическая химия весьма разнообразна, и подбор нужной длины волны излучения обуславливается лишь выбором вещества, во-вторых, для синтеза новых органических веществ не нужны сложные ростовые установки, как для лучевой эпитаксии или прецизионного осаждения. Однако не все так безоблачно. Создание долговечных органических светодиодов из-за малого срока жизни

непосредственно излучающих точек — хромофоров — на сегодняшний день является проблемой. Физики из ФИАНа с помощью химиков из МГУ нашли способ устранения этого существенного недостатка.

«Мы предлагаем вместо органических хромофоров вводить неорганические люминесцентные центры — это центры на основе полупроводниковых нанокристаллов. В частности, нанокристаллы на основе халькогенидов кадмия (халькогениды — химические соединения элементов 6-ой группы — кислород, сера, селен, теллур, полоний — таблицы Менделеева с металлами, в данном случае речь идет о соединениях с кадмием) обладают довольно прочными связями, и потому не разрушаются во время эксплуатации. Более того, эти нанокристаллы обладают очень интересной сущностью — с изменением размеров объекта меняется и длина волны люминесценции, и для того, чтобы получить другую длину волны, достаточно лишь поменять размеры одного и того же вещества», — рассказывает один из основных исследователей свойств кадмиевых нанокристаллов, кандидат физ.-мат.наук Сергей Амброзевич.

Технология изготовления органических светодиодов с внедренными неорганическими нанокристаллами практически ничем не отличается от технологии в случае чистой органики. С разницей в одно действие — к органическому полупроводнику предварительно примешиваются полупроводниковые нанокристаллы, синтезированные в виде коллоидного раствора (в данном случае командой химиков из МГУ под руководством кандидата хим. наук Романа Васильева). Тогда получается, что проводящей частью получившегося состава является хорошо справляющаяся с этим органика, а

люминесцирующей — долгоживущая неорганическая примесь. Однако для того, чтобы эта примесь люминесцировала, она должна уметь «завлекать» на свою территорию электроны и «дырки», и только после их рекомбинации выделится фотон люминесцентного излучения.

Одной из основных областей применения OLED-технологии является создание «органических» дисплеев. Такие дисплеи обладают более привлекательными характеристиками по сравнению с плазменными и жидкокристаллическими. Это и меньшее энергопотребление, и возможность создания гибких дисплеев, и меньшие габариты и т.п., поэтому освоение методик продления срока их жизни — весьма полезное занятие. Между тем фиановские физики, будучи все-таки приверженцами фундаментальной науки, уверены — кадмиевые квантовые точки интересны не только в составе OLED-а, но и сами по себе.

«Оказалось, — комментирует руководитель работы, профессор Алексей Витухновский, — что даже если оградить нашу квантовую точку потенциальным барьером, то есть создать условия для рекомбинации электрона и дырки в центре системы, поверхностные состояния все равно играют определенную роль. Это проявляется при непрерывном облучении системы лазерным излучением, — вместо непрерывной флуоресценции наблюдается мерцающая флуоресценция, так называемый «blinking» — быстрая смена состояний «on»-испускание света и «off» — отсутствие свечения. Сейчас мы исследуем электронные процессы в квантовых точках с помощью недавно приобретенного уникального прибора — сканирующего конфокального микроскопа».