

Светодиодная революция.



Сегодня «Светодиодный проект» — это сотни Исследовательских лабораторий, миллиардные обороты и инвестиции. И невиданный даже для электроники динамизм.

Еще в середине прошлого десятилетия многие специалисты были настроены весьма скептически, из них набирали миниатюрные циферки для часов, весов, калькуляторов, кассовых аппаратов.

Смотрелось очень выразительно, но лишь в комнате, для улицы яркости не хватало. Со временем к светодиодам привыкли и они заняли свою нишу в промышленности, быту, в нашем сознании и перестали волновать.

Революция светодиодов началась с того, что как-то неожиданно за один-два года их яркость возросла в десятки и сотни раз. Они приблизились к люминесцентным лампам, мир традиционной светотехники пошатнулся. Научились делать светодиоды буквально любого цвета свечения — от малиново-красного до густо-фиолетового. Разработали способы получения произвольного распределения светового потока в пространстве: равномерно во все стороны, как у обычной лампочки, узконаправленным прожекторным лучом, в виде кругового сигнального освещения. С другими источниками света подобное достигается с большим трудом и только при использовании внешней оптики, сложных зеркально-линзовых конструкций.

И все же для настоящей революции этого было мало. Решающим событием стало получение белого света. Теперь светодиоды используются не только в информационных и развлекательных системах, но и в освещении. А оно напрямую связано с мировой проблемой номер один — затратами на энергетику. Ведь только на освещение уходит около 35% всей вырабатываемой электроэнергии, а в мегаполисах даже раза в полтора-два больше.

И вот в разработку и производство «полупроводникового света» включаются крупные компании: держатель пионерских патентов японская фирма Nichia, американская Cree, европейские Lumileds, Philips, Osram, а также корейские фирмы, стремящиеся создать своего рода «Светодиодную долину»... Osram уже прикрыла ряд стекольных производств, предопределяя тот факт, что у ламп накаливания нет перспективы. Philips объявила о сворачивании ряда прибыльных

электронных бизнесов ради развития полупроводникового света. Современные белые светодиоды по достигнутой светоотдаче (80- 120 лм/Вт) во много раз превзошли лампы накаливания и люминесцентные источники. Стремительно развиваются мощные светодиоды, ориентированные на освещение. Склонные к броским брендам Американцы в 1995 году окрестили своего одноваттного (всего лишь) первенца «Барракудой»! Наука свое дело сделала, теперь очередь за промышленностью- наращивать люмены (люмен — единица светового потока в Международной системе единиц), снижать их стоимость. К тому же в плюс следует записать традиционные полупроводниковые «фишки»: отсутствие вакуумированных баллонов и нитей накала, сверхминиатюрность, низковольтность, простоту управления свечением, долговечность, надежность, ударо-, взрыво- и пожаробезопасность, экологичность... С таким набором достоинств можно уверенно выходить в свет.

Люкс и люмен.

Чувствительность глаза неодинакова по спектру, она максимальна в зеленой области и резко спадает к фиолетовому и красному краям. Ориентируясь на глаз как приемник света, вводят систему измерений, в которой равными принимаются такие воздействия, которые вызывают одинаковое зрительное ощущение, хотя физические приборы оценивают эти воздействия как разные. Единицей светового потока является люмен (лм), физиологическое действие потока в 1 лм одинаково во всем спектре, но его энергетическая «цена» для зеленой области составляет 1/683 Вт, для фиолетовой — 1/62 Вт, а для малиново-красной — 1/6 Вт. Поэтому глазу комфортнее в зеленой области, здесь фактическое воздействие («давление») на него наименьшее. Эффективность преобразования электрической мощности в световой поток характеризуют светоотдачей, измеряемой в люменах на ватт (лм/Вт). Ее иногда называют световым КПД, хотя ничего общего с действительным КПД эта величина не имеет.



Шестидесятиваттная лампочка накаливания «выдает на-гора» 600 лм (10 лм/Вт), полуметровая люминесцентная трубка — 5 000 лм, уличная натриевая лампа — 10 000–20 000 лм, а S-лампа с СВЧ-возбуждением («последний писк» западной осветительной моды) — 100 000 лм. Световой поток в 1 лм, приходящийся на площадку в 1 м², обеспечивает освещенность в 1 люкс (лк); для чтения книги достаточно нескольких сот люксов, работа с мелкими деталями иногда требует освещенности в десятки тысяч люксов. Для источников направленного излучения определяющей становится пространственная плотность светового потока в заданном направлении, называемая силой света и измеряемая в канделах (1 кд = 1 лм/стерадиан). При этом стремятся «сжать»

все излучение источника до требуемого угла. Так, для уличных светофоров надо обеспечить силу света 200–300 кд в пределах угла 20° , а для железнодорожного — 2 000–4 000 кд при расходимости 3° , чтобы машинист мог увидеть его издалека. Яркость источника определяется отношением силы света к площади излучателя и измеряется в кд/м², к примеру, упомянутые уличные и железнодорожные светофоры имеют яркость около 10 и 100 тыс. кд/м² соответственно, тогда как комнатному ТВ-экрану достаточно всего 500 кд/м².

С появлением суперъярких светодиодов стало возможно создание гигантских рекламных экранов, подобных тому, что занимает фасад 10-этажного торгово-развлекательного комплекса на центральной улице города Токио.

Упущенные приоритеты.

Мировая светодиодная революция рубежа XX–XXI веков наметилась еще в 1922 году, когда Олег Лосев, лаборант Нижегородской радиолaborатории, заметил свечение некоторых точечных кристаллических диодов, которые использовались в радиоприемниках. Через 5 лет он специально занялся исследованием этого эффекта и продолжал их почти до конца жизни (О. В. Лосев скончался от истощения в блокадном Ленинграде в январе 1942 года, не дожив до 39 лет). Открытие *Lossev Licht*, как называли эффект в Германии, где сам Лосев, так и не окончивший университет, публиковался в научных журналах, стало мировой сенсацией. Выяснилось, что свечение не было связано ни с разогревом, ни с электрическими разрядами, оно шло из кристалла и представляло собой «холодный свет», люминесценцию. К тому времени квантовая теория уже доказала, что при изменении состояния электронов в кристалле могут испускаться «частицы света» — фотоны. Свечение было очень слабым и практического значения не имело, однако оно стало физической базой для создания светодиодов в будущем.

После изобретения транзистора (в 1948 году) и создания теории p-n-перехода (основы всех полупроводниковых приборов) стала понятна природа свечения и его низкая эффективность, причина которой оказалась в карбиде кремния (именно этим веществом занимался Лосев). Не решал проблемы и транзисторный кремний, нужны были полупроводники, не существовавшие в природе.

В 1953 году Генрих Велькер в Германии разработал теорию создания необходимых полупроводников из соединения элементов 3 и 5 групп Таблицы Менделеева и синтезировал некоторые из них, в частности арсенид галлия — основу будущих лазеров и светодиодов. Теперь разработку этих приборов можно было вести вполне осознанно и целеустремленно. Здесь стоит отметить, что аспирантка ленинградского Физтеха Нина Горюнова отчасти опередила работы Велькера, синтезировав в 1950 году сурьмянистый индий, но без публикации

на Западе ее открытие осталось незамеченным и не востребованным. За свои недолгие 54 года профессор Н. А. Горюнова внесла огромный вклад в синтез сложных полупроводников, в том числе трех- и четырехкомпонентных, которые сегодня стали определяющими.

В 1962 году американец Ник Холоньяк сообщил о начале полупромышленного выпуска светодиодов. В них при протекании тока через р-п-переход электроны скачком изменяли свою энергию от некоторого равновесного уровня до уровня возбуждения, а их обратный переход сопровождался генерацией фотонов. Состав полупроводника (арсенид-фосфид галлия) обеспечивал такой зазор между этими уровнями, что испускался красный свет. Презентацию этого события озаглавили «Свет надежды», обычный журналистский штамп, а оказалось — пророчество. И вновь Россия упустила свой приоритет: на полгода раньше в одном из «почтовых ящиков» был организован выпуск карбидокремниевых светодиодов для ядерной техники, но все засекретили, а первопроходцем в историю вполне оправданно вошел Холоньяк, получивший в 2003 году российскую премию «Глобальная энергия».

В 1970-е годы группа Жореса Алферова приспособила к светодиодам гетероструктуры (чередование слоев разных полупроводников вместо легирования, то есть добавления примесей), потом американцы подобрали для них очень хитрый полупроводник — алюминий-индий-галлий-фосфор «в одном флаконе» — эффективность возросла многократно. Но только для красного света, а полупроводник для фиолетового края спектра, нитрид галлия, десятилетиями не давался ученым. Но все же упорный японец Шуджи Накамура из фирмы Nichia ухватил жар-птицу за хвост, создав в 1993 году яркий синий светодиод, а еще через 2 года и белый. В сентябре 2006 года Накамура удостоен премии «Миллениум» и «узаконен» как лидер светодиодной революции.



Миниатюрный ($2 \times 2 \times 0,3 \text{ мм}^3$) и с виду простенький чип белого светодиода вобрал в себя последние достижения физики полупроводников и нанотехнологий. Его активную зону образуют два десятка чередующихся разнородных полупроводниковых пленок, содержащих нанокрапления состава «нитрид галлия-алюминия», которые называют квантовыми точками. Именно через них преимущественно протекает ток светодиода, в них рождаются фотоны, соответствующие синему свету. Сквозь другие области этот свет беспрепятственно выходит наружу. На поверхность чипа нанесена пленка люминофора, преобразующего часть светового потока в зелено-желто-красные тона, в результате чего образуется белый свет. Объем излучающей зоны мощного светодиода в десятки тысяч раз меньше объема вольфрамовой нити лампы накаливания той же силы света.

Температура цвета.

Сетчатка глаза содержит около 100 миллионов светочувствительных рецепторов, называемых палочками из-за их продолговатости. Они отзываются только на изменения яркости света. А в небольшой центральной зоне глазного дна некоторые рецепторы имеют грушевидную форму. Это колбочки, их всего около 6 миллионов, и они в сотни раз менее чувствительны, чем палочки, но зато «воспринимают» цвета. Всего есть три сорта колбочек, избирательно чувствительных к красному, зеленому и синему цветам.

Смешение этих цветов позволяет воспроизводить в информационных системах практически всю доступную человеку цветовую гамму. Но для освещения необходим белый свет с непрерывным спектром — от красного до фиолетового. Излучение таких источников характеризуют цветовой температурой, сопоставляя с нагретым «абсолютно черным телом». Дневному белому свету соответствует температура 6 000 К. Это естественная световая среда обитания человека, созданная Солнцем, — эталон для светотехников. Холодному (лунному) белому свету соответствует температура 4 000 К (люминесцентные трубки). Цветовая температура 3 000 К характеризует теплый белый свет от лампы накаливания. Любопытно, что чем горячее тепловой источник света, тем холоднее кажется его излучение.

Экспансия «умного» света.

Едва ли не первыми на сверхъяркие светодиоды обратили внимание транспортники. Дорожные знаки, элементы разметки, светофоры, маяки, створные огни, бакены, габаритные и стоп-сигналы автомобилей на светодиодах — все это уже практически ширпотреб. Здесь экономичность светодиодов дает недостижимое прежде качество. Элементы разметки в антивандальном исполнении наглухо вдавливаются в дорожное полотно на 10 лет, периодическая подзарядка осуществляется индукционно.

Динамично развивается рынок светопанелей — это вывески, рекламы, бегущие строки, набираемые из светодиодов. Один из самых доходных нарождающихся бизнесов — огромные ТВ-экраны, дублирующие в залах или на площадях выступления артистов, спортсменов, политиков. Функциональное многообразие этих экранов, простота их перепрограммирования практически не имеют границ — вот почему применительно к светодиодам говорят об «интеллектуальном», «умном» и даже «цифровом» свете.

Но как же обстоит дело с обычным, так сказать, бытовым освещением? Неплохо зарекомендовали себя светодиодные фонари для дайверов и шахтеров —

им не страшны морская вода и высокое давление, они не искрят и не взрываются. Для хирургов важна «холодность» полупроводникового света: этим предохраняется оперируемая область тела от высыхания при одновременном достижении фантастической освещенности в 50 тысяч люксов. Все активнее



архитекторы и дизайнеры внедряют подсветку зданий, светодиоды для этого особенно привлекательны своей многоцветностью, удобством управления, долговечностью. Органические светодиоды (OLED) способны давать излучение трех основных цветов. Это позволяет использовать их для создания дисплеев.

Любопытно, что светодиоды постепенно могут найти применение и в медицине — но не в качестве источника света. В 1903 году датчанин Н. Финсен получил Нобелевскую премию за излечение волчанки красным светом. Получил еще

до известных И. П. Павлова и Р. Коха — такие серьезные ожидания связывались со светотерапией. Тогда эти надежды не реализовались, но в последние десятилетия низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ) стало модным физиотерапевтическим брендом: лечат суставы и органы дыхания, импотенцию и фригидность, простатит и гинекологические расстройства, растяжения, травмы, гематомы... Светом можно снять усталость, повысить жизненный тонус, подпитать активность мышц. Свет действует как своеобразный необнаруживаемый допинг. Сверхъяркие светодиоды позволяют отказаться от дорогих, громоздких лазеров, используемых лишь амбулаторно, и сделать технологию массовой, мобильной, комфортной. И все же роль светодиодов в медицине, скорее, дело будущего, а пока их эффективность еще не полностью подтверждена надежной клинической практикой.

Одним из основных направлений использования светодиодов стала подсветка жидкокристаллических экранов. Этот сегмент рынка, по оценкам экспертов, составляет 35–50% общего объема производства суперъярких светодиодов. В мир микродисплеев, для мобильных телефонов, все активнее вторгается технология полимерных светодиодов. Это одно из многообещающих ответвлений светодиодной революции. Органические светодиоды (англ. аббревиатура — OLED) работают на тех же принципах, что и кристаллические, но основаны на полимерных полупроводниках. OLED-дисплеи отличаются от жидкокристаллических лучшей цветопередачей, большими углами обзора, экономичностью, потенциальной дешевизной и способностью изгибаться — хоть в трубку сворачивай. Такие ТВ-экранчики, вмонтированные в темные очки, вместе с ушными затычками аудиоплееров обеспечат скучающему пассажиру метро полную герметичность от окружающих.

Прометей вместе с огнем принес людям свет и тепло. После этого дара все
остальное — научить людей говорить, строить жилища, одеваться, заниматься
ремеслами и искусством — оказалось лишь вопросом времени.

www.moydom.ru