

История создания твердотельных источников света.

Технический директор ООО «Техносвет групп»

Гладин Дмитрий Викторович

История создания твердотельных источников света

Гладин Д.В., технический директор ООО «Техносвет групп»

В настоящее время светодиоды стали источниками света, которые производятся в промышленных масштабах для самых разных целей в области освещения. Интерес к светодиодам растет быстрее, чем область их применения в современной электронике. Наряду с этим не следует забывать, что сам эффект свечения полупроводников под действием электрического тока был открыт еще в начале прошлого века.

В 1907 году английский инженер Х.Д. Раунд из всемирно известной лаборатории Маркони случайно заметил, что у работающего детектора вокруг точечного контакта возникает свечение. Всерьез же этим физическим явлением заинтересовался 18-летний русский радиолобитель Олег Владимирович Лосев. Обнаружив в 1922 году во время своих радиовахт свечение кристаллического детектора, он провел серию оригинальных экспериментов, результатом которых стал вывод о возможности использования данного эффекта в качестве светового реле – безынерционного источника света. Весь мир заговорил об «эффекте Лосева», на практическое применение которого изобретатель успел получить до своей гибели в 1942 году четыре патента.

Теоретическое обоснование возможности получения светового излучения определенной длины волны на основе полупроводников принадлежит Макс Планку и Альберту Эйнштейну. Для разрешения проблемы, вошедшей в историю под названием «Ультрафиолетовой катастрофы», и соответствующего согласования теории с экспериментом Макс Планк предположил в 1900 году, что излучение и поглощение света веществом происходит дискретно (неделимыми порциями), а энергия излучаемой порции зависит от частоты света. Некоторое время эту гипотезу даже сам её автор рассматривал как условный математический приём, однако Эйнштейн предложил далеко идущее её обобщение и с успехом применил для объяснения свойств фотоэффекта. Эйнштейн выдвинул тезис, что не только излучение, но и распространение и поглощение света дискретны; позднее эти порции (кванты) получили название фотонов. Этот тезис позволил ему объяснить две загадки фотоэффекта: почему фототок возникал не при всякой частоте света, а начиная с определенного порога, зависящего только от вида металла, а энергия и скорость вылетающих электронов зависели не от интенсивности света, а только от его частоты. Примечательно, что именно за это открытие Эйнштейн в 1921 году получил Нобелевскую премию, хотя к тому времени он уже был родоначальником специальной и общей теории относительности, перевернувшей наши представления об окружающем мире.

Следующим качественным скачком в развитии «полупроводниковых лампочек», основанных на «эффекте Лосева», следует считать начало работы в Америке в 1951 году центра под руководством К. Леховца, в котором самое деятельное участие принял «отец транзисторов» физик В. Шокли. В ходе научных и экспериментальных работ удалось выявить материалы наиболее подходящие по своим характеристикам для производства светодиодов. Такие химические элементы как германий (Ge) и кремний (Si), на основе которых делаются полупроводниковые триоды (транзисторы), не подходят из-за слишком большой «работы выхода» и, соответственно, слабого испускания фотонов на p-n-

переходе. Гораздо более эффективными оказались монокристаллы из сложных композитных полупроводников – соединений галлия (Ga), мышьяка (As), фосфора (P), индия (In) и алюминия (Al).

Потребовалось еще несколько лет, чтобы эти идеи в 60-70-е годы прошлого века были реализованы на практике. В результате появились первые светодиоды на основе люминесценции полупроводниковых соединений типа AIII BV – фосфида (GaP) и арсенида (GaAs) галлия и их твердых растворов. В эти же годы родилась новая отрасль техники – оптоэлектроника.

Большой вклад в начало промышленного выпуска светодиодов с красным и желто-зеленым свечением внес Ник Холок (США) в 60-е годы. Внешний квантовый выход структур GaAsP/GaP был не более 0,1%, а длина волны находилась в пределах 500...600 нм – в наиболее чувствительной области человеческого зрения, и несмотря на то, что световая отдача составляла всего 1...2 лм/Вт, этого было достаточно для целей индикации.

Дальнейшее развитие и совершенствование светодиодов проходило в направлении повышения внешнего квантового выхода, кроме того необходимо было найти материалы и технологии, которые позволяют создать твердотельный источник света, излучающий в голубой и синей части видимого спектра.

Большой прорыв в повышении внешнего квантового выхода, который напрямую связан с коэффициентом полезного действия (КПД) светодиода, как преобразователя электрической энергии в световой поток, связан с видным отечественным ученым Ж.И. Алферовым. Группа исследователей под его руководством в 70-е годы прошлого века разработала технологии получения так называемых многопроходных двойных гетероструктур, позволяющих увеличить внешний квантовый выход для красной части видимого спектра до 15 %, а для инфракрасной - до 30%. Важность и огромное значение этих работ подтверждается вручением в 2000 году Ж.И. Алферову Нобелевской премии.

Появление технологий получения светодиодов, излучающих в синей части спектра связано с исследованиями в области телевидения. Компания Радиокорпорация Америки (RCA) активно проводила исследования в области создания цветных телевизоров. Один из первых цветных телевизоров, выпущенных этой компанией в конце 1960-х годов, был реализован на основе использования электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) с тремя электронными пушками. Однако мечтой начальника отдела по исследованию материалов компании RCA Джеймса Тайтджена было создание цветного телевизора с плоским экраном, который можно повесить на стену как картину. Для создания полного цветного изображения такой экран должен состоять из красных, зеленых и синих пикселей. К тому времени уже были разработаны технологии изготовления красных и зеленых светодиодов на основе GaAsP и GaP:N, оставалось найти способ получения светодиодов с ярким голубым свечением. В мае 1968 года Тайтджен поручил сотруднику своей группы Полу Маруська разработать метод выращивания монокристаллических пленок GaN, из которых по его предположению можно будет изготовить светодиоды голубого свечения. Далее эстафету подхватил Жак Панков, который в январе 1970 года активно включился в работу по созданию светодиодов на основе пленок из GaN. Результатом этой работы стало создание первых светодиодов зеленого и голубого свечения на основе структуры из легированного слоя GaN (n-типа), слоя сильно легированного цинком и поверхностного контакта из индия. К сожалению, такие светодиоды обладали очень низкой

эффективностью, быстро перегревались и выходили из строя, поэтому Тайтджен, начавший эту работу, сам же ее и остановил.

Продолжение работ по дальнейшему развитию технологии получения светодиодов синего и голубого свечения из пленок GaN связано с группой исследователей, в которую входили отечественные ученые Г.В. Сапарин и М.В. Чукичев, а также В.Г. Сидоров из Московского государственного университета им. Ломоносова. В начале 80-х годов прошлого века они смогли увеличить световой поток светодиода на основе GaN легированного Zn после облучения образца пучком электронов. Выявление причины этого эффекта и разработка промышленной технологии производства таких светодиодов принадлежит Исаму Акасаки с группой коллег из Нагойи (Япония), которые в 1989 году представили первый образец.

Название японской компании Nichia Chemical Industries Corporation (NCIC) тесно связано со светодиодами и лазерами из GaN. Ее сотрудники, включая Шуджи Накамуру, внесли большой вклад в развитие современной технологии выращивания GaN и изготовления на его основе светодиодов и лазеров. Они разработали двухпоточную систему выращивания GaN методом металлоорганической газофазной эпитаксии (МОГФЭ), продемонстрировали первые светодиоды InGaN голубого и зеленого свечения с двойными гетероструктурами, КПД которых достигал 10 %, изготовили первые импульсные лазеры и лазеры непрерывного излучения InGaN/GaN, работающие при комнатной температуре в голубой части спектра.

Когда Шуджи Накамура в 1990 году занялся разработкой светодиодов из GaN в компании NCIC, он был никому неизвестным 36-летним инженером без ученой степени и без единой публикации. В конце 1990-х годов он уже стал профессором Калифорнийского университета в Санта-Барбаре.

Оказалось, что система InGaN/GaN также подходит для производства светодиодов белого свечения. Существует несколько способов получения таких светодиодов. Один из них основан на использовании люминофоров, преобразующих длину волны.

В настоящее время на основе этой технологии производят светодиоды белого свечения цветовой температуры от 2700 К до 10 000 К, которые обладают световой отдачей до 150 лм/Вт, при аналогичной характеристике традиционных источников света от 15 до 100 лм/Вт.

Возможность производства в промышленных масштабах, относительно низкая стоимость и простота способа изготовления, при этом высокие характеристики светодиодов, а также их надежность и долгий срок службы, определили массовое производство во всем мире светодиодов белого свечения, которые по прогнозам специалистов, уже к 2025 году станут доминирующими источниками света во всех областях жизнедеятельности человека, где необходимо искусственное освещение.

Компания «Техносвет групп», являясь с 2007 года ведущим разработчиком и производителем светодиодных систем освещения для сельского хозяйства в России, опирается в своих исследованиях на опыт мировой индустрии светодиодной техники. Базируясь на знаниях в области светотехники, электротехники и инженерных расчетов, мы создаем системы освещения на основе светодиодов максимально адаптированные к условиям эксплуатации в специфических условиях животноводческих и птицеводческих хозяйств, которые эффективно сокращают энергопотребление в несколько раз по сравнению с традиционными источниками света, повышают электро и пожаробезопасность при эксплуатации и повышают рентабельность производства.

Постоянно проводимые исследования по влиянию светодиодного освещения на птицу и животных в ведущих сельскохозяйственных научных центрах страны позволяют нам создавать индивидуальные проекты для птицы, как мясного так и ячного направления, перепелов, гусей, индеек, а также свиноводческих и животноводческих предприятий, которые оптимально учитывают интенсивность света, программы прерывистого освещения и другие характеристики для увеличения производственных показателей в каждом конкретном случае.