

## РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ВКЛАД ФГУП ГЗ "ПУЛЬСАР"

Энергетический кризис 1980-х годов показал, что справиться с дефицитом энергии и ресурсов в основном можно путем энерго- и ресурсосбережения. Сегодня вся вырабатываемая в мире электроэнергия расходуется на электроприводы (50–52%), освещение (17–20%), источники тепла и холода (15–17%), телекоммуникации (13–15%). Многими исследованиями установлено, что при насыщении систем энергоснабжения средствами силовой электроники и доведении уровня преобразования электроэнергии до 50–60% можно сэкономить до 15% всей вырабатываемой электроэнергии. В частности, использование систем силовой электроники в электроприводах позволяет уменьшить энергопотребление на 30–40%. Одновременно ресурс рабочего электропривода повышается до 20%. Учитывая долю всей вырабатываемой электроэнергии, которую потребляет электропривод, понятно, что именно здесь существует основной резерв энерго- и ресурсосбережения. Благодаря применению систем силовой электроники и новых полупроводниковых источников света не менее существенная экономия может быть достигнута и для систем уличного освещения и освещения помещений.

За последнее десятилетие светодиоды стали чем-то большим, чем просто электронные компоненты. Сохранив функции сигнализации и индикации, новые сверхъяркие светодиоды начали заменять в системах освещения обычные лампы накаливания и неоновые лампы. И хотя лампочки Ильича еще крепко держатся в своих патронах, скорее всего в ближайшие десятилетия светодиоды заменят традиционные источники света в масштабах всей планеты.

Благодаря низким эксплуатационным затратам, длительному сроку службы, электробезопасности, высокой механической прочности, отсутствию нагрева, ультрафиолетового и инфракрасного излучений светодиоды являются лидерами в рейтинге источников света (см. таблицу). Уже сегодня они

В.Буробин, А.Коновалов, Ю.Матвеев, д.ф.-м.н.

обогнали по световой отдаче лампы накаливания. Скорость, с которой светодиоды будут завоевывать рынок, зависит от таких факторов, как световая отдача, цена и общее признание их достоинств. Правда, их цены заметно не снизятся, и светодиоды по этому показателю не смогут конкурировать с другими источниками общего освещения.

Больше всего в экономичных и долговечных источниках света высокой эффективности заинтересованы поставщики промышленных и коммерческих средств освещения аппаратуры, где сегодня в основном применяется люминесцентные лампы. Деятельность этих поставщиков рассчитана на перспективу, поэтому снижение расходов на обслуживание, безопасность и энергозатраты имеет для них первостепенное значение. Сравнивая светодиоды с люминесцентными лампами, нельзя говорить однозначно о преимуществе тех или других. На сегодняшний день световая отдача белых светодиодов вдвое меньше, чем у люминесцентных ламп, а цена выше. Однако во многих случаях в системах освещения на основе люминесцентных ламп по техническим показаниям и условиям безопасности уже сегодня предпочтительнее использовать светодиодные источники. Классический пример – освещение шахт. Кроме того, нельзя забывать, что расходы на эксплуатацию люминесцентной лампы не заканчиваются с ее "смертью". Использованные люминесцентные лампы после завершения срока эксплуатации должны быть подвергнуты обязательной утилизации как содержащие ртуть отходы. Ежегодные расходы на утилизацию люминесцентных ламп в России составляют приблизительно 700 тыс. долларов.

Кроме указанных очевидных выгод, следует обратить внимание на следующие специфические особенности светодиодов как новых источников белого света:

- малое тепловыделение и низкое питающее напряжение (гарантирует высокий уровень безопасности);
- отсутствие стеклянной колбы (обуславливает высокую механическую прочность и надежность);
- отсутствие разогрева или высоких пусковых напряжений при включении;



**Сравнение параметров осветительных приборов и прогноз эффективности полупроводниковых светодиодов, разрабатываемых в рамках американской программы освещения будущего**

Параметр	Лампа накаливания	Компактная люминесцентная лампа	Люминесцентная лампа	Светодиодные источники			
				2002 г.	2007 г.	2012 г.	2020 г.
Потребляемая мощность, Вт	75	18	40	1	5	6,7	7,5
Световая отдача, лм/Вт	10	60	80	25	75	100–150	150–200
Срок службы, тыс.ч	1	10	20	100	100	100	100
Световой поток, лм	1200	1100	3400	25	200	1000	1500
Стоимость одной лампы, долл.	0,5	12	5	5	4	менее 5	менее 3

- безынерционность включения/выключения (реакция <100 нс);
- отсутствие необходимости применения преобразователя постоянного/переменного тока;
- возможность абсолютного управления (регулировка яркости и цвета в полном динамическом диапазоне);
- полный спектр излучаемого света (или, если требуется, специализированный спектр);
- встроенное светораспределение;
- компактность и удобство в установке;
- отсутствие ультрафиолетового и иных вредных для здоровья излучений.

Люминесценция в гетероструктурах на основе арсенида галлия впервые была исследована в лаборатории Ж.И.Алферова в 1960-е годы. Была показана возможность создания структур с внутренним квантовым выходом, близким к 100%. Разработки таких структур и светодиодов на основе нитрида галлия велись в 1970-е годы в Политехническом и Электротехническом институтах Ленинграда, в Калуге и Зеленограде. Но создать эффективные голубые светодиоды тогда не удалось.

Свечение возникает при рекомбинации электронов и дырок в области р-п-перехода. Но не всякий р-п-переход излучает свет. Во-первых, ширина запрещенной зоны в активной области светодиода должна быть близка к энергии квантов света видимого диапазона. Во-вторых, вероятность излучения при рекомбинации электронно-дырочных пар должна быть высокой, следовательно, плотность дефектов полупроводникового материала, из-за которых рекомбинация происходит без излучения, должна быть низкой. Эти условия в той или иной степени противоречат друг другу. Чтобы соблюсти оба условия, вместо обычного р-п-перехода приходится изготавливать так называемые гетероструктуры – многослойные полупроводниковые структуры. За достижения в области изучения этих структур российский физик академик Жорес Алферов получил Нобелевскую премию 2000 года. Это признание важности для настоящего и будущего исследований гетеропереходов, которые лежат в основе устройств, кардинально улучшающих нашу жизнь.

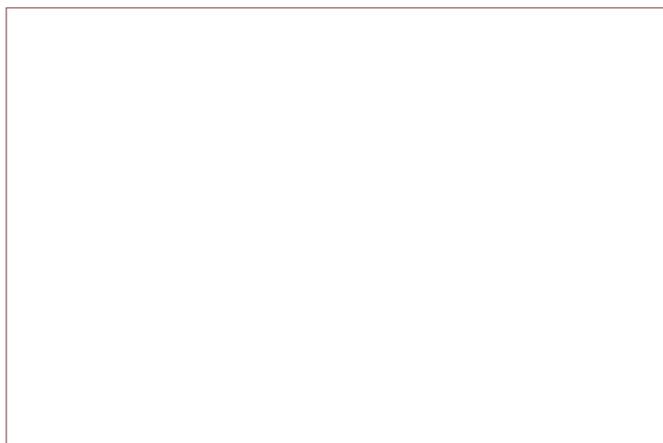


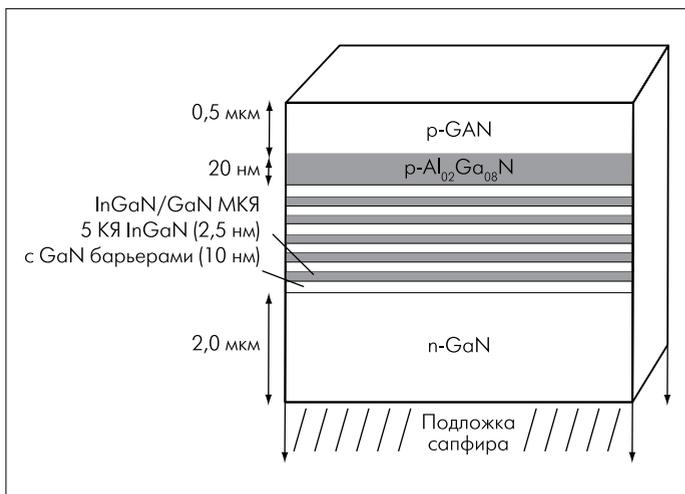
**Рис. 1. Установка компании Veeco**

В 1960–1970-е годы были созданы светодиоды на основе фосфида галлия и арсенида галлия, излучающие в красной, желтой и желто-зеленой областях видимого спектра.

Промышленность СССР к концу 1980-х годов выпускала более 100 млн. светодиодов в год, мировая промышленность – несколько десятков миллиардов диодов. Уже тогда по светоотдаче, долговечности, надежности и безопасности светодиоды превзошли обычные лампы накаливания.

Однако никак не удавалось создать светодиоды синего, зеленого и белого света. Эту задачу решил в начале девяностых годов прошлого столетия профессор Накамура, который в то время работал в химической лаборатории японской компании Nichia. Он исследовал пленки нитрида гал-





**Рис.2. Гетероэпитаксиальная структура InGaN/GaN светодиода с областью множественных квантовых ям (МКЯ)**

ля, которые осаждал из металлоорганических соединений. Его работа была сродни манипуляциям искусного кулинара. Один слой, другой, легирование индием, легирование цинком. Так, шаг за шагом, он вырастил многослойные гетероструктуры на основе нитрида галлия с добавками индия, которые излучали яркий синий свет, а при легировании фосфором удалось получить светодиод, излучающий белый свет.

ФГУП ГЗ "Пульсар" последовательно разрабатывает и осваивает производство устройств и компонентов силовой электроники, а также светодиодных источников освещения, представляющих собой технологически и физически сложные электронные твердотельные компоненты. Завод "Пульсар" предлагает не только гарантированно качественную и надежную продукцию, но и "комплексные" услуги по приобретению у одного изготовителя изделий любого конструктивного уровня – светодиодов, светодиодных чипов и светодиодных модулей, с оптимальным соотношением цена–качество.



**Рис.3. Оборудование технологического участка по изготовлению светодиодов**

Сегодня на основных технологических этапах производства светодиодных модулей используется следующее оборудование.

**Установка компании Veeco** (ЗАО "Элма-Малахит") для изготовления гетероэпитаксиальных структур InGaN/GaN (рис.1). Такая структура представляет собой довольно сложный "пирог". На сапфировой подложке, поверх зародышевого слоя GaN (толщиной 30 нм) выращивается относительно толстый (4 мкм) слой n-GaN:Si. Затем формируется активная зона структуры, так называемая область с множественными квантовыми ямами (КЯ), состоящая из нескольких (обычно не менее пяти) чередующихся КЯ на основе  $In_xGa_{1-x}N$  (толщиной 3–4 нм) и барьеров GaN (8–10 нм). Расположенный выше барьерный широкозонный слой  $p-Al_{0,1}Ga_{0,9}N:Mg$  (толщиной ~100 нм) инжектирует дырки и согласует кристаллические решетки n-GaN и верхнего слоя  $p-GaN:Mg$  (толщиной 0,3 мкм) (рис.2). Длина волны света, излучаемого такой структурой



**Рис.4. Технологический участок сборки светодиодных модулей**

при прохождении электрического тока, определяется эффективной шириной запрещенной зоны  $In_xGa_{1-x}N$  КЯ и при составе активного слоя в пределах  $x=0,2-0,4$  соответствует излучению в диапазоне от голубой до желтой области спектра (450–580 нм). Кроме того, длина волны излучения зависит от толщины КЯ. Поэтому, чтобы получить излучение требуемой длины волны, необходимо с высокой точностью контролировать параметры получаемых структур, что предъявляет жесткие требования к технологическому процессу их роста.

**Оборудование технологического участка по изготовлению светодиодов (СД)** (рис.3) со следующими параметрами:

- светоотдача – не менее 30 лм/Вт;
- потребляемая мощность – не более 1,2 Вт;
- световой поток – не менее 36 лм.

**Оборудование технологического участка сборки светодиодных модулей** (рис.4). Светодиодный модуль объ-



**Рис.5. Энергосберегающее осветительное устройство**

единяет 10–15 чипов СД с люминофорным покрытием, содержащим оптические линзы. Потребляемая мощность модуля не превышает 12–18 Вт, световой поток составляет 360–540 лм.

Завод "Пульсар" планирует выпуск энергосберегающих осветительных устройств (ЭОУ) (рис.5) на основе светодиодных модулей. Такое ЭОУ содержит 10 светодиодных модулей, блок питания (БП) и драйвер управления (ДУ). Его

потребляемая мощность не превышает 120–180 Вт, световой поток составляет не менее 4 000 лм.

Подводя итоги, можно сказать, что потребности в светодиодных модулях освещения, необходимых для эффективного решения задач энергосбережения в масштабах страны, не могут быть удовлетворены только импортом. Именно поэтому сегодня настоятельно требуется осваивать новейшие технологии и полупроводниковые материалы, коренным образом обновлять изношенное технологическое оборудование, реконструировать и модернизировать всю производственную инфраструктуру. Необходима подготовка новых кадров и создание условий труда, привлекательных для молодежи. И здесь не обойтись без крупных как частных, так и государственных инвестиций и, на наш взгляд, при определяющей роли государства. Ведь эти инвестиции, несомненно, окупятся научно-технической независимостью нашей страны.



12 марта 2009 года состоялась объявленный Министерством промышленности и торговли РФ конкурс на замещение должности директора ФГУП "ГЗ "Пульсар". По результатам конкурса победителем признан Валерий Анатольевич Буробин, возглавляющий завод "Пульсар" с 1995 года.

ФГУП "Государственный завод "Пульсар" – одно из старейших предприятий электронной промышленности – в 2008 году отметил свое 55-летие.

Продукция, выпускаемая заводом "Пульсар", используется в специальных бортовых и наземных системах связи, радиолокации, электропитания авиационной и космической техники, обеспечивающей стратегические и оборонные интересы страны.

С 2000 года среднегодовой прирост производства завода стабильно составляет 20%. В результате только за период 2006–2008 годы более 100 млн. руб. собственных оборотных средств были направлены на реконструкцию и техническое переоснащение действующего производства, позволившее улучшить условия и привлекательность высокотехнологичных рабочих мест.

Производственная деятельность завода не раз отмечена дипломами, свидетельствами и другими знаками отличия. Завод является членом Московской торгово-промышленной палаты и имеет Сертификат надежного предприятия города Москвы. В 2008 году ФГУП "ГЗ "Пульсар" получил сертификат "Европейский стандарт" на соответствие международным нормам организации бизнес-процессов и качества конечной продукции.

**Валерий Анатольевич Буробин** с 1978 года после окончания Московского института радиотехники, электроники и автоматики работал в НПП "Пульсар". В 1987 году он принял пост начальника цеха завода "Пульсар" и прошел путь до руководителя этого предприятия. Более чем 25-летний опыт работы Валерия Анатольевича, достигнутые научные и управленческие успехи делают его авторитетным экспертом в области развития отечественной полупроводниковой технологии.

Личные производственные заслуги В.А.Буробина отмечены Правительственными и ведомственными наградами: медалью в честь 850-летия Москвы (1997 год); медалью ордена "За заслуги перед отечеством" 2 степени (2002 год); знаками "Почетный радист" (2003 год) и "Почетный машиностроитель" (2005 год); медалью и премией имени Министра электронной промышленности СССР А.И.Шокина (2008 год). В 2004 году В.А.Буробин стал Лауреатом Московского и Российского конкурсов "Менеджер года-2003", а в 2007 году – победителем X юбилейного Московского и Российского конкурса "Менеджер года-2006".

С 2003 года В.А.Буробин – член партии "Единая Россия".