

Томские светодиоды: история, характеристики и перспективы

Андрей Туркин (Москва)

Статья посвящена одному из ведущих российских производителей – Томскому научно-исследовательскому институту полупроводниковых приборов. Это высокотехнологичное предприятие пережило непростые 1990-е годы и, сумев сохранить научную и технологическую школу, развивает новые направления исследований и производства.

ВВЕДЕНИЕ

Последнее время постоянно говорят о светодиодах как о новых источниках света. Это связано, в основном, с технологическим прорывом, который позволил светодиодам догнать и перегнать лампы накаливания и люминесцентные лампы по энергоэффективности. Наблюдается бурный рост производства различных светотехнических устройств на основе светодиодов. Разработка и производство таких приборов активно ведутся в разных странах. Не отстают в этом отношении и отечественные предприятия.

Необходимо признать, что подавляющее большинство отечественных производителей светотехники используют в своих изделиях импортные светодиоды. С одной стороны, такое предпочтение понятно – для производства качественной продукции требуются надёжные комплектующие. Тем не менее, до недавнего времени в России практически не было производителей светодиодов, выпускавших продукцию соответствующего качества.

В последние годы ситуация изменилась, и в России появились компании, разрабатывающие и производящие светодиоды на промышленном уровне. В статье пойдёт речь об одном из таких предприятий – Томском научно-исследовательском институте полупроводниковых приборов (НИИПП).

История и традиции полупроводникового производства в Томске

Томский НИИПП был организован в 1964 году как специализированное предприятие электронной промышленности по разработке и серийному выпуску изделий электронной техники на полупроводниковых соединениях типа А₃В₅. Первым руководителем института был профессор, доктор тех-

нических наук Виктор Алексеевич Преснов. Институт за годы своего существования превратился в одно из ведущих предприятий электронной промышленности России и долгое время являлся основным разработчиком и поставщиком полупроводниковых приборов из арсенида галлия и кремния. Материаловедческие исследования и разработки способов получения эпитаксиальных структур со сложными профилями легирования обеспечили освоение и выпуск различных дискретных приборов и интегральных схем на основе этих материалов.

Постепенно, с возникшими в начале 1990-х экономическими трудностями и развалом СССР, многие предприятия Томской области прекратили своё существование. Однако НИИПП, выстояв во времена перестройки и справившись с периодом стабилизации, в настоящее время находится в состоянии уверенного экономического роста [1, 2].

Бурный расцвет предприятия пришёлся на 1992 год. СССР уже разваливался, а в НИИПП кипела жизнь [1]. Здесь работали 6 тыс. человек: 4,5 тыс. из них на производстве и 1,5 тыс. в научных подразделениях. Проводились более 100 научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (НИОКР), выпускались комплектующие – миллионы транзисторов и светодиодов для отечественных телевизоров. Около 30% составляли оборонные заказы [1].

В 1994 году оборвались связи с предприятиями бывшего Советского Союза, исчез госзаказ. В результате к 1995 году объёмы производства в НИИПП упали в 150 раз [1]. Буквально за один год коллектив института потерял несколько тысяч человек – люди уходили из-за задержек зарплаты. Руководство НИИПП, находясь в безвыходном положении, пре-

доставило возможность сотрудникам зарабатывать и себе, и предприятию. Возможно, на тот момент это была правильная политика, поскольку предприятие сумело выжить, в отличие от многих других [1, 2].

Однако сотрудники НИИПП не забывали о своём основном направлении и по возможности старались его развивать. В конце 1990-х на предприятии были освоены новые виды высокотехнологичной продукции. Начался выпуск медицинской техники (аппарат «Геска»), а разработанная в НИИПП «кремлёвская таблетка», по сути, стала финансовым спасением, обеспечив почти 80% дохода всего института [1]. Именно в эти годы здесь наладили выпуск приборов для контроля защиты электроустановок, светодиодных ламп для бакенов, занялись изготовлением сигнальной техники. В целом, в период с 1996 по 2000 годы выпуск полупроводниковой продукции вырос в 10 раз, открылись новые лаборатории [1].

В 1998 году в стране произошёл дефолт, и начались новые трудности. Сотрудники НИИПП успешно справились и с ними. С кризисом 2008 года предприятие справилось без больших потерь, – объём производства упал всего на 10% и быстро восстановился, а в последующие годы НИИПП продемонстрировал уверенный рост производства [1]. Начиная с 2004 года, темпы роста составляют не менее 130% в год. Основой развития предприятия являются главные наукоёмкие направления: полупроводниковая СВЧ-электроника и оптоэлектроника [2].

Сегодня НИИПП занимает устойчивое положение на рынке отечественной электроники. У коллектива есть понимание тех задач, которые необходимо решить, есть чёткие векторы развития, а также определённые ресурсы для достижения поставленных целей [2]. Многие сотрудники имеют учёные степени и звания, являются членами аттестационных комиссий и диссертационных советов различных вузов. Научные подразделения НИИПП привлекательны для молодых людей. Студенты проходят в них производствен-

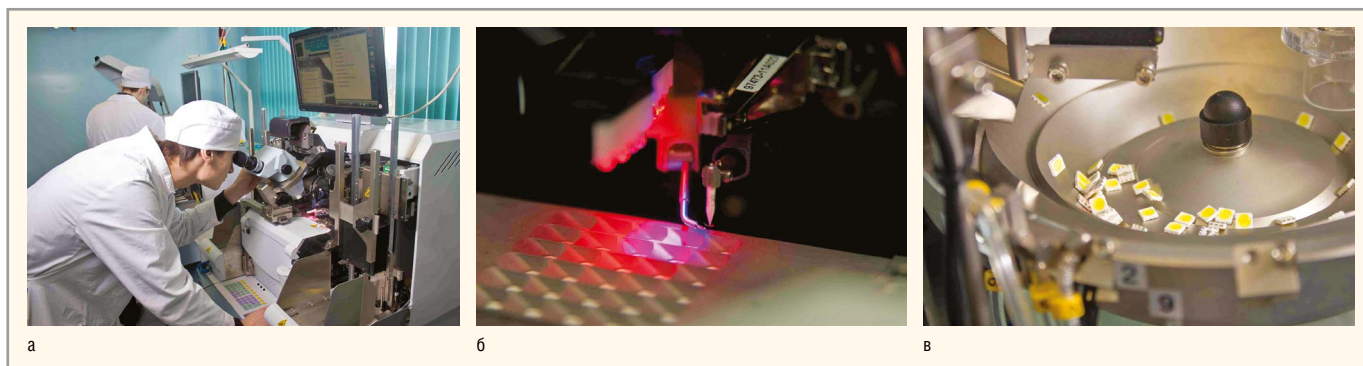


Рис. 1. Оборудование для автоматизированной сборки светодиодов в НИИП:

а – специалисты управляют процессом сборки светодиодов; б – процесс электрического соединения контактов кристалла в корпусе светодиода; в – этап контроля параметров и сортировки светодиодов

ную практику, и многие после учёбы приходят работать. Таким образом, упоминание НИИ в названии не является данью моде или истории, а показывает, что это – исторически сложившееся, современное и эффективно работающее научно-производственное объединение [2]. Наука и производство практически неотделимы друг от друга, а залогом успеха является их тесное и плодотворное взаимодействие в цикле «исследование – разработка – выпуск изделий» [2].

С определённой долей уверенности можно сказать, что на предприятии достигнуто сбалансированное сочетание желаний и возможностей. Это подтверждается производственно-финансовыми показателями за 2012 год: объём производства увеличился на 50%, прибыль до налогообложения выросла в 3,5 раза, среднемесячная зарплата по предприятию в 2012 году увеличилась на 21% по сравнению с 2011 годом [2]. Такие показатели достигнуты благодаря как позитивным внешним факторам, так

и проведённой реорганизации и оптимизации структуры предприятия в соответствии с приоритетными задачами.

Светодиодное направление в НИИП

Высокие темпы роста демонстрирует направление светотехнических изделий на основе светодиодов. Уже более 10 лет серийно выпускаются светодиодные лампы для навигационного ограждения водных путей и заградительных огней воздушного транспорта. Нала-

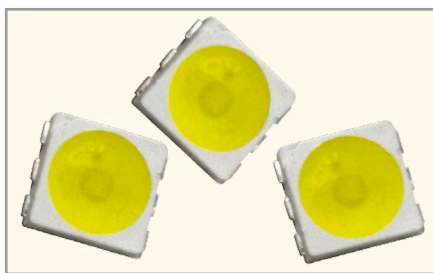


Рис. 2. Внешний вид светодиодов серий TOMSLED TmL-350 и TmL-60

жен серийный выпуск светосигнальных приборов для тех же целей. Номенклатура светодиодных ламп и полупроводниковых светотехнических изделий расширяется с каждым годом.

Изначально сборка светодиодных светильников осуществлялась на основе импортных комплектующих. Но у предприятия есть и собственный опыт выращивания кристаллов и сборки светодиодов на их основе. Этой темой сотрудники НИИПП занимаются с тех пор, когда интерес к светодиодной тематике в мире ещё только зарождался. В последние годы светодиодное направление стало развиваться.

Понимая необходимость объединения усилий в области электронной промышленности, в 2008 году НИИПП вошёл в ГК «Ростехнологии». Спустя два года одно из подразделений госкорпорации – Росэлектроника – приняло решение о строительстве в Томске базового центра внедрения светодиодов, одного из трёх, создаваемых в России [1]. В рамках работы по созданию такого центра НИИПП совместно с Том-

ским государственным университетом систем управления и радиоэлектроники открыл лабораторию по сборке светодиодов. В 2012 году было проведено дооснащение сборочного участка современным оборудованием для автоматизированной сборки светодиодов (см. рис. 1а–в). На новом оборудовании сотрудникам НИИПП удалось отработать цикл производства и подготовить инженеров, как для собственного производства, так и для нового завода, созданного в 2012 году под названием «Базовый центр светодиодных технологий».

На выставке Innovus-2013 институт продемонстрировал различные светодиодные светотехнические изделия, выпускаемые компанией в настоящее время. Ниже будут рассмотрены основные типы светодиодов НИИПП – серий TOMSLED TmL-350 и TOMSLED TmL-60.

Светодиоды серии TOMSLED TmL-350

Светодиоды серии TOMSLED TmL-350 (см. рис. 2) выпускаются в холодном, нейтральном (или естественном) и тёплом диапазонах белого цвета. Номинальный рабочий ток светодиодов данной серии составляет 350 мА, что обеспечивает среднее значение потребляемой мощности чуть больше 1 Вт. Среднее значение светового потока при номинальном токе для холодного белого цвета составляет порядка 140 лм, для естественного белого цвета – около 130 лм, для тёплого белого цвета – примерно 100 лм. Максималь-

ный рабочий ток данных светодиодов равен 700 мА.

Основные характеристики светодиодов серии TOMSLED TmL-350 приведены в таблице 1.

Заказ светодиодов осуществляется по группам приборов с одним значением прямого напряжения, при этом задают световой поток и цветовую температуру (по таблице 2). Светодиоды поделены на группы по световому потоку в соответствии с таблицей 1. Разброс значений светового потока для светодиодов в группе не превышает 10 лм. В качестве примера, номер заказа TmL-350-F100-5000-O1 означает светодиоды TOMSLED TmL-350 со световым потоком не менее 100 лм, цветовой температурой 5000 К и разбросом значений прямого напряжения не более 0,2 В.

Светодиоды изготавливают в стандартном металлопластмассовом корпусе (SMD 5050), размеры основания которого составляют 50 × 50 мм. Этот корпус может использоваться как для ручного, так и для автоматизированного поверхностного монтажа. Светодиоды серии TmL-350 ориентированы на светотехнические изделия для офисного, уличного и архитектурно-художественного освещения.

Светодиоды серии TOMSLED TmL-60

Светодиоды серии TOMSLED TmL-60 (см. рис. 2) также выпускаются в холодном, нейтральном и тёплом диапазонах белого цвета. В отличие от светодиодов серии TmL-350, номинальный рабочий ток светодиодов данной серии равен 60 мА, поэтому среднее значение потребляемой мощности чуть ниже 0,2 Вт, а световой поток составляет 20...22 лм. Максимальный рабочий ток данных светодиодов равен 85 мА. Основные характеристики приборов серии TOMSLED TmL-60 приведены в таблице 3.

Заказ светодиодов TmL-60, как и TmL-350, осуществляется по группам приборов с одним значением прямого напряжения, при этом задают световой поток и цветовую температуру, значение которой также выбирают из таблицы 2. В качестве примера, номер заказа TmL-60-F19-5000-O1 означает светодиоды TOMSLED TmL-60 со световым потоком не менее 19 лм, цветовой температурой 5000 К и разбросом значений прямого напряжения не более 0,2 В.

Светодиоды изготавливают в стандартном металлопластмассовом корпу-

Таблица 1. Основные характеристики светодиодов серии TmL-350 при T_a = +25°C

Светодиод	Цвет	Номинальный ток, мА	Максимальный ток, мА	Цветовая температура, К	Световой поток, лм	Прямое напряжение, В
TmL-350	Холодный белый	350	700	4750...8000	110...150	2,8...3,3
	Нейтральный белый			3700...4750	100...140	
	Тёплый белый			2600...3700	90...120	

Таблица 2. Разброс цветовой температуры светодиодов серии TOMSLED

Цвет	Цветовая температура в заказе, К	Разброс цветовой температуры, К
Холодный белый	5000	4750...5350
	5700	5350...6000
	6500	6000...8000
Нейтральный белый	4000	3700...4300
	4500	4300...4750
Тёплый белый	2700	2600...2850
	3000	2850...3200
	3500	3200...3700

Таблица 3. Основные характеристики светодиодов серии TmL-60 при T_a = 25°C

Светодиод	Цвет	Номинальный ток, мА	Максимальный ток, мА	Цветовая температура, К	Световой поток, лм	Прямое напряжение, В
TmL-60	Холодный белый	60	85	4750...8000	20...26	2,8...3,4
	Нейтральный белый			3700...4750	18...25	
	Тёплый белый			2600...3700	17...24	

се (SMD 5050) с размерами основания 50 × 50 мм. Приборы серии TmL-60 ориентированы на светотехнические изделия внутреннего, в частности, офисного освещения. Также их можно применять в светильниках для наружного и декоративного освещения.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СВЕТОДИОДОВ TOMSLED

При проектировании светотехнических изделий с использованием светодиодов следует исключить выбросы тока в момент включения источника питания, поскольку это может привести к выходу светодиодов из строя. Следует соблюдать полярность включения приборов, и также учитывать, что приложение к светодиоду постоянного обратного напряжения, превышающего 5 В, может привести к его повреждению.

Для обеспечения надёжности и стабильности характеристик в течение срока эксплуатации не следует допускать перегрева активной области кристалла светодиода [3, 4]. Температура p - n -перехода кристалла T_j связана с тепловым сопротивлением участка « p - n -переход – окружающая среда» R_{ja} зависимостью $T_j = T_a + R_{ja} \times W$, где T_a – температура окружающей среды, W – потребляемая мощность, равная произведению рабочего тока на прямое напряжение [4]. Чтобы избежать перегрева активной области кристалла при использовании светодиодов с известным тепловым сопротивлением, следует максимально уменьшить тепловое сопротивление между местом пайки светодиода и окружающей средой. В частности, рекомендуется применять дополнительный теплоотвод, которым может быть и область печатной платы достаточной площади.

При проектировании светотехнических изделий, максимальный рабочий ток определяется по зависимости допустимого прямого тока от температуры окружающей среды [4], которая приводится в технической документации на светодиоды, а также с учётом характеристик теплоотвода [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В России существует производство светодиодов, которое развивается сотрудниками Томского НИИПП на основе сложившихся научных и технологических традиций. Характеристики выпускаемых светодиодов не усту-

пают средним показателям зарубежных производителей. Сотрудники НИИПП имеют достаточный опыт разработки и производства светильников на основе светодиодов.

Достигнутые предприятием успехи свидетельствуют о том, что на рынок в скором времени могут быть выпущены новые типы отечественных светодиодов, а их характеристики приблизятся к показателями лидеров мирового рынка.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://tomsk-novosti.ru/sud-ba-bolshih-zavodov-tomskij-niipp-na-porog-ser-eznogo-tehnicheskogo-perevoorzheniya/>
2. <http://tomsk-novosti.ru/vtoroe-dy-hanie-niipp/>
3. Шуберт Ф.Е. Светодиоды. ФизМатЛит. 2008.
4. Светодиоды и их применение для освещения. Под ред. Ю.Б. Айзенберга. Московский Дом Света. 2012.

