

СВЕТОДИОДНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ

ДОРОЖНАЯ КАРТА

Сегодня с технологиями твердотельных источников света связывается будущее ряда секторов экономики. Внедрение светодиодов открывает широкие перспективы для развития многих направлений – от сигнальных приборов и оборудования для световой индикации и рекламы до специальных приложений в мобильных устройствах и дисплеях. Главное преимущество светодиодных технологий: с их помощью можно получить более высокий по сравнению с альтернативными решениями уровень светоотдачи. Это обещает большой экономический эффект – радикальное сокращение затрат электроэнергии на освещение, которые составляют, по различным оценкам, до 18–20% всей потребляемой электроэнергии. В апреле 2010 года в Москве по инициативе Российской корпорации нанотехнологий (РОСНАНО) состоялся круглый стол, где управляющий директор РОСНАНО Сергей Поликарпов провел презентацию технологической дорожной карты «Использование нанотехнологий в производстве светодиодов». Цель ее создания – развитие массового производства светодиодов и светотехнических устройств на их основе. В обсуждении представленной дорожной карты и перспектив развития светодиодной индустрии приняло участие более 200 экспертов – представителей ведущих российских и международных промышленных и научных организаций, связанных с исследованиями, разработкой, производством и практическим применением светодиодов и светотехнических устройств на их основе.

Дорожная карта «Использование нанотехнологий при производстве светодиодов» дает комплексное представление не только о состоянии и перспективах российской

И.Романова

светодиодной промышленности, но и о стратегиях ее развития, призванных повысить конкурентоспособность отечественных исследований, разработок и производства в данной сфере. В документе рассматриваются основные технологии, от которых зависит прогресс светодиодной промышленности, изделия, имеющие большой спрос и высокие потребительские свойства, а также перспективные рынки. Дорожная карта построена по данным опроса экспертного сообщества, а также на основе международных и российских аналитических материалов. В работе над дорожной картой приняли участие специалисты метрологического центра ГК «РоснаноТех», Управления по инвестиционной деятельности ГК «РоснаноТех», Департамента анализа и прогнозирования развития нанотехнологий ГК «РоснаноТех», Форсайт-центра Института статистических исследований и экономики знаний Государственного университета – Высшей школы экономики, российские и зарубежные исследователи, разработчики и производители светодиодного оборудования.

Дорожная карта подразумевает, что ее элементы должны быть выстроены с определенной иерархией логических уровней, каждый из которых содержит однотипные элементы. В дорожной карте выделены следующие уровни:

- области применения, определенные по принципу единого функционального назначения входящих в нее продуктов;
- сегменты однородной продукции, которые представляют собой совокупность продуктов по принципу их однородности с точки зрения потребителей;
- продукты – перспективные светодиоды, обладающие принципиально новыми свойствами либо значительно улучшенными рабочими характеристиками;
- компоненты – промежуточные продукты, используемые в производстве светодиодов. Примерами компонентов являются материалы для подложек неоргани-

ческих светодиодов, люминофоры, особо чистые газы, особо чистые металлы и др.;

- технологии – перспективные технологии, применяемые в производстве светодиодов – MOCVD (газофазное химическое осаждение металлоорганических соединений); MBE (молекулярная лучевая эпитаксия) и другие.

Дорожная карта выявляет взаимосвязи между этими элементами в иерархической последовательности и содержит четыре раздела: анализ производства светодиодов и новых материалов, сравнительный анализ областей применения светодиодов, исследование рынка светодиодов и рыночные перспективы основных групп светодиодов.

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА СВЕТОДИОДОВ И НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В этом разделе рассмотрены технологические процессы, связанные с ключевым этапом технологической цепочки разработки светодиода – производством чипов, а также описано фактическое состояние технологических процессов применительно к приложениям светодиодной индустрии и нанопотоники. Кроме того, здесь приводится прогноз на среднесрочную перспективу (2012) и анализируются возможности выхода на массовое производство.

Следует отметить, что значительная часть описываемых

технологических процессов не специфичны для светодиодной индустрии, а во многом определяют общий технологический уровень отраслей, связанных с производством полупроводниковых структур.

Технологии производства чипов принято разделять на две основные группы – восходящие и нисходящие.

Восходящие технологии – это технологии, в которых наноструктуры формируются с активным внесением материала. В самом простом случае они образуют тонкую пленку, а затем применяются последующие нисходящие технологии создания наноструктур. Более сложные восходящие технологии включают способы непосредственного формирования комплексных наноструктур.

Что касается изготовления светодиодов, следует выделить следующие восходящие технологии: MOCVD (газофазное химическое осаждение металлоорганических соединений); MBE (молекулярная лучевая эпитаксия); другие процессы химического осаждения (CVD); изготовление углеродных и SiO_x-нанотрубок методом CVD; изготовление SiO_x-нанонитей; HVPE (газофазная эпитаксия гидридов); прямое осаждение наночастиц; коллоидный химический синтез; изготовление нанолюминофоров; Sol-Gel синтез (химический процесс осаждения из растворов, который обычно используется для получения окислов металлов

и начинается либо с химических растворов, либо с коллоидных частиц, чтобы создать интегрированную среду – гель); пиролиз; струйная печать; OVPD (газофазное осаждение органических соединений); PECVD (плазменное газофазное химическое осаждение); импульсная лазерная обработка (удаление).

МОСVD (газофазное химическое осаждение металлорганических соединений) – это технология массового производства соединений A^3B^5 . Она используется при производстве ярких светодиодов, лазеров, датчиков и многих других устройств. Существуют оборудование и технология как для научно-исследовательских, так и для промышленных целей. В МОСVD-реакторах с высокой пропускной способностью можно одновременно выращивать до 49 подложек диаметром 50 мм (причем диаметр подложек может быть от 50 до 150 мм, а в случае подложек из кремния – даже до 300 мм).

Уровень разработки (готовности) МОСVD-технологии для производства светодиодов сегодня достаточно высок. Она удовлетворяет и условиям массового производства многих устройств нанопотоники (например, самоорганизующейся сборки квантовых точек). Но для других наноматериалов, таких как наностержни на базе ZnO или GaN, эти технологии требуют тщательной проработки.

МВЕ (молекулярно-лучевая эпитаксия) – вторая по значимости и применению после МОСVD технология в массовом производстве материалов A^3B^5 . Однако она имеет значительные ограничения, и сегодня только несколько видов продукции – высокочастотные транзисторы на базе AlGaAs (HEMT, HBT) – получают по этой технологии. На МВЕ-оборудовании можно обрабатывать подложки диаметром до 150 мм. Для фосфоросодержащих составов или составов на базе нитридов технология МВЕ в массовом производстве не применяется.

В научных исследованиях и опытном производстве технология МВЕ позволяет быстро реализовать новые концепции устройств и опробовать новые материалы или структуры, которые затем переводятся на технологический процесс МОСVD. В рамках научных исследований по технологии МВЕ могут быть выращены почти все материалы.

Можно сказать, что сегодня технология МВЕ еще не готова для выпуска продукции светотехники и нанопотоники и из-за относительно высокой стоимости трудно прогнозировать ее перспективу в массовом производстве.

Другие технологии химического осаждения паров (CVD). Есть множество процессов CVD, помимо МОСVD, которые могут быть использованы или уже используются в микроэлектронике, фотонике и светотехнике. Широкое применение CVD-технологий обусловлено тем, что газофазные процессы обычно легко управляются и поэтому

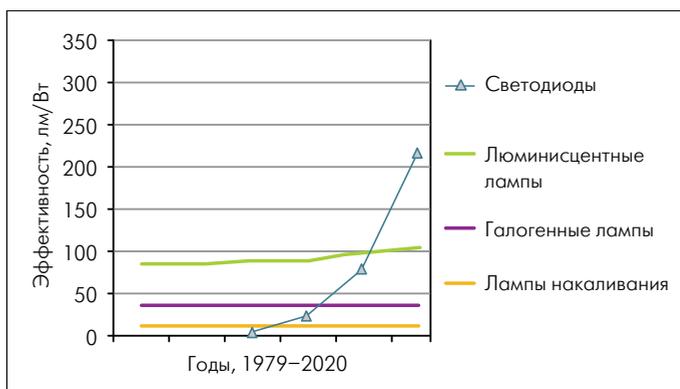


Рис. 1. Изменение эффективности различных видов освещения

они больше всего подходят для производства структур квантовых размеров. Известные технологические процессы, такие как CVD и PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition), могут быть модифицированы для производства устройств светотехники и нанопотоники, а также для производства новых материалов, таких как углеродные нанотрубки.

Высокий уровень готовности кремниевой CVD-технологии для производства устройств светотехники обусловлен ее широким использованием в полупроводниковой промышленности. Но применение этой технологии для нанопотоники (выращивание кремниевых нанонитей) станет возможным только после модернизации технологии и создания специального оборудования.

HVPE (газофазная эпитаксия гидридов) сегодня имеет ограниченное распространение, поэтому для применения в массовом производстве устройств светотехники и нанопотоники необходима ее дальнейшая доработка.

Что касается технологических процессов, в которых происходит осаждение материала, но они не являются процессами МВЕ или CVD (например, получение люминофоров, коллоидный химический синтез, парофазное осаждение органических полупроводников и др.), то можно сказать, что многие из них хорошо отработаны в традиционных процессах с уровнем миниатюризации более нанометра. Но пока нельзя однозначно утверждать, подойдут ли те или иные конкретные технологические решения для производства устройств светотехники и нанопотоники.

Нисходящие технологии – это такие технологические процессы, когда наноструктуры создаются без активного осаждения материала. Это обычно означает, что тонкая пленка, полученная осаждением, затем структурируется. К нисходящим технологиям относится литография (оптическая, глубокого и экстраглубокого УФ, рентгеновская, электронно-лучевая, на основе нанопечати и ионно-лучевая), а также сухое травление.

Фотолитография (в том числе литография глубокого и экстра глубокого УФ) – одна из наиболее разработанных технологий, это стандартный процесс в производстве

Таблица 1. Характеристики источников света (ИС)

Тип ИС	Световая отдача ИС, лм/Вт	Световая отдача изделия с данными ИС, лм/Вт	Ресурс, ч
Лампы накаливания	8–13	6–10	1000
Галогенные лампы	16–37	12–20	50–6000
Компактные люминесцентные лампы	50–70	35–50	6000–15000
Металлогалогенные лампы	60–100	<40	6000–10000
Люминесцентные лампы	60–100	55–70	15000–32000
Полупроводниковые светодиоды (Cree XR-E)	100–110	90–100	>50000
Натриевые лампы высокого давления	90–130	<50	15000–32000

полупроводников. Уровень развития фотолитографии полностью определяется текущим состоянием полупроводниковой промышленности.

Рентгеновская литография позволяет достичь наименьших размеров структур. Однако здесь существуют серьезные ограничения по производительности и стоимости. Поэтому весьма сомнительно, что эта технология будет в обозримом будущем применяться в массовом производстве.

Электронно-лучевая литография в ее различных модификациях широко применяется в промышленности для создания микроструктур. Но использование этой технологии для изготовления наноструктур ограничено пока исследовательскими целями, так как практическое использование сдерживается невозможностью работать с подложками большой площади, малой пропускной способностью и высокой стоимостью оборудования. Данная технология хорошо разработана, но для массового производства она должна быть усовершенствована.

Литография на основе нанопечати – новая технология, которая позволяет сочетать высокое разрешение (нанометровые размеры структур) с низкими производственными затратами. Технология нанопечати может стать высокоэффективным методом с точки зрения стоимости для производства наноструктур, однако окончательное доказательство ее потенциальных возможностей пока не получено. Можно сказать, что уровень готовности этой технологии в настоящее время недостаточен для массового производства.

Интересен тот факт, что в Европейской дорожной карте по фотонике и нанотехнологиям (A.European roadmap for photonics and nanotechnologies, MONA) технология нанопечати была оценена как самая перспективная для изготовления фотонных кристаллов и других наноструктур, так как она позволяет снизить стоимость процесса и увеличить его производительность, что невозможно в случае рентгеновской и электронно-лучевой литографии.

Сухое травление. Сегодня многие технологические процессы сухого травления хорошо отработаны. Наибо-

лее перспективны: реактивное ионное травление, ионно-лучевое или реактивное ионно-лучевое травление и ионно-лучевое травление с химической поддержкой, поскольку эти технологии хорошо разработаны.

Так как весь процесс сухого травления основан на реакциях между единичными атомами или молекулами и материалом, подверженным травлению, то отсутствует принципиальное различие между стандартными процессами травления и такими же процессами для наноструктур. Однако влияние шероховатости поверхности становится более существенным, поскольку наноструктуры намного меньше по сравнению с поверхностной шероховатостью. Поскольку сухое травление – хорошо освоенная технология, усовершенствования потребуются в большей степени для технологического процесса, чем для аппаратуры.

По мнению экспертов, с точки зрения перспективности восходящие технологии можно расположить по значимости в следующем порядке: OVPD (газофазное осаждение органических соединений), химическое осаждение, технология синтеза из раствора/геля, коллоидный синтез, MOCVD, а нисходящие – УФ-литография, сухое травление, нанопечать.

В дорожной карте проанализированы и альтернативные технологии в области освещения и источников света: лампа накаливания (в том числе галогенные лампы), газоразрядные лампы низкого давления (люминесцентная, компактная люминесцентная, плазменные и другие лампы низкого давления), газоразрядные лампы высокого давления и высокой интенсивности, электролюминесцентные источники света, неэлектрические источники света.

Сравнительные характеристики источников света на основе различных технологий по состоянию на сегодняшний день представлены в табл.1, а прогноз относительно будущей эффективности различных видов освещения – на рис.1.

Ниже приведена экономическая эффективность источников света, которая определяется как стоимость за один киллолюмен (соответствует излучению 75-Вт ярко-белой лампы).

Таблица 2. Прогнозируемые характеристики светодиодов по годам

Характеристика	2008	2010	2012	2015
Светоотдача лабораторных образцов, лм/Вт	144	160	176	200
Светоотдача коммерческих образцов холодных белых, лм/Вт	108	147	164	188
Светоотдача коммерческих образцов теплых белых, лм/Вт	64	97	114	138
Цена OEM, долл./клм	85	50	30	14

Примечания:

1. Прогноз для светоотдачи для холодных белых светодиодов проведен для CRI=70→80 и CCT=4100–6500K, в то время как прогноз светоотдачи для теплых белых светодиодов проведен для CRI>85 и CCT=2800–3500K. Во всех прогнозах предполагается, что устройства работают при 25°C.
2. Предполагается, что устройства работают при 350 мА, размер чипа составляет 1 мм², только для светодиодов (драйвер/конструкция не включены) при сроке службы 50 тыс. ч.
3. Цены приведены для «разумных объемов» (несколько тысяч), CRI=70→80 и CCT=4100–6500K, только для светодиода (драйвер/конструкция не включены).
4. Срок службы приблизительно 50 тыс. ч при 70%-ном снижении выходного потока и токе 350 мА.

Источник: NGLIA LED Technical Committee, Fall 2008.

Таблица 3. Прогноз характеристик светодиодных светильников по годам

Характеристика	2008	2010	2012	2015
Светоотдача устройства – коммерческий холодный белый, лм/Вт, 25°C	108	147	164	188
Температурный КПД, %	85	89	91	95
КПД драйвера, %	85	89	91	95
КПД конструкции, %	80	84	88	95
КПД светильника, %	58	68	75	86
Светоотдача коммерческого светильника – теплый белый, лм/Вт	63	97	121	161

Примечания:

1. Прогнозируемый КПД светильников на холодных белых светодиодах для CRI=70→80 и CCT=4100–6500K. Все прогнозы соответствуют току 350 мА, размеру чипа 1 мм², приемлемому сроку службы и рабочей температуре.
2. КПД светильника получен путем перемножения КПД элементов светильника.

Источник: NGLIA LED Technical Committee, Fall 2008

Экономическая эффективность различных источников света

Ярко-белые лампы (A19, 60 Вт).....	0,3 долл./клм
Компактная флуоресцентная лампа (13 Вт)	3,5 долл./клм
Флуоресцентные лампы (F32T8).....	0,6 долл./клм
Разрядные лампы высокого давления (250 Вт).....	2 долл./клм
Светодиоды (1 Вт, холодный белый)....	25 долл./клм

Надо сказать, что, хотя стоимость светодиодов более чем в 50 раз выше стоимости ярко-белых ламп и приблизительно в семь раз выше стоимости компактной флуоресцентной лампы, цена светодиодов значительно снизилась за последние годы и продолжает снижаться. Через несколько лет, при улучшении характеристик и уменьшении цены, светодиодные источники будут вполне конкурентоспособны по себестоимости.

При исследовании в дорожной карте технологических и рыночных перспектив светодиодов рассматривались две основ-

ные группы светодиодов: неорганические и органические. Они различаются как технологическим процессом изготовления, так и потребительскими свойствами и сегментами применения.

Изготовление и применение неорганических светодиодов имеет более чем полувекую историю. Они характеризуются высокой механической прочностью, малыми размерами, значительной энергоэффективностью и высокой скоростью переключения. Традиционные сегменты применения неорганических светодиодов – освещение и подсветка, индикация информации, формирование изображения типа «бегущая строка» и экранов больших размеров.

Неорганические светодиоды производятся в два этапа. Первый – изготовление светоизлучающего чипа методами молекулярно-лучевой эпитаксии и осаждения металлоорганических соединений из газообразной фазы. Второй – включает сборку светодиода: корпусирование, присоединение оптической системы и системы охлаждения. Оба процесса предъявляют повышенные требования к технологическому уровню производства – нужны чистые комнаты и материалы высокой степени чистоты.

Таблица 4. Прогнозируемые характеристики органических светодиодов по годам

Характеристики	2008	2010	2012	2015
Светоотдача лабораторных образцов, лм/Вт	58	99	150	150
Светоотдача коммерческих образцов, лм/Вт	–	44	76	100
Цена от изготовителя, долл./к/м	–	72	27	10
Цена от изготовителя, долл./м	–	216	80	30
Срок службы коммерческого образца, тыс. ч	–	11	25	50

Примечания:

1. При прогнозе КПД принимают CRI=80, CCT=2700–4100K («около» кривой абсолютно черного тела ($\Delta_{\text{сху}} < 0,005$), светимость 1000 кд/м², полный выход ≥ 500 лм и только для светодиода (драйвер/светильник не включены).

2. При прогнозе цены на OEM принимают CRI=80, светимость 1000 кд/м², только для светодиода (драйвер/светильник не включены).

3. При прогнозе срока службы устройства принимают CRI=80, 70%-ный уровень выходного потока от первоначального, светимость 1000 кд/м².

Источник: NGLIA LED Technical Committee, Fall 2008.

Светодиоды на базе фосфидов и арсенидов (инфракрасный, красный, желтый, оранжевый) относятся к наиболее изученному типу. Они имеют высокий уровень светоотдачи и налажено их массовое производство.

Светодиоды на базе нитридов (синий, зеленый, ультрафиолетовый). Несмотря на то, что система InGaN известна давно, основные результаты и коммерческий успех имели место только в последние годы благодаря разработке синих светодиодов высокой яркости. Светодиоды на основе этой системы могут работать при более высоких температурах, чем светодиоды на основе фосфидов. Сегодня уровень разработки нитридных технологий существенно ниже, чем фосфидных.

Нитридные системы позволяют создать синий и ультрафиолетовый светодиоды, а также зеленый светодиод на основе ультрафиолетовых излучателей и потенциально дают возможность разработки источников для всего видимого спектра. По мнению экспертов, одно из долгосрочных направлений исследований данных систем – это разработка источников света для всего видимого спектра.

Получение белого света – одна из основных задач, связанных с массовым применением светодиодов. Именно белые светильники наиболее востребованы в основных сферах применения светодиодов, связанных с освещением.

Сегодня белый свет получают тремя основными способами: использованием синих светодиодов с люминофорами; ультрафиолетовых светодиодов с применением трех или более люминофоров; смешением цветов. Смешение цветов в светодиоде – самый перспективный подход, позволяющий получать высококачественные, эффективные белые светодиоды с высокой эффективностью светоотдачи.

Основными направлениями технологического совершенствования неорганических светодиодов является повышение светоотдачи и срока службы при снижении стоимости. Чтобы решить эти задачи, необходимы как инженерно-конструкторские разработки, так и ряд фундаментальных исследований.

В России наиболее распространены предприятия, где светодиоды собирают на базе готовых светодиодных чипов,

произведенных в основном зарубежными компаниями. О производстве собственных чипов заявляют только три компании. При этом существует значительный задел фундаментальных исследований в сфере неорганических светодиодов, сопоставимый, по мнению экспертов, с международным уровнем. Согласно оценкам, одной из ключевых задач в сфере неорганических светодиодов в России является развертывание производства конкурентоспособных светодиодных чипов.

Относительно перспективных потребительских свойств продукции на базе неорганических светодиодов можно сказать следующее. В соответствии с оценками перспектив развития твердотельного освещения по программе (DOE Solid State Lighting Research and Development Workshop), подготовленными Министерством энергетики США, можно спрогнозировать следующие характеристики неорганических светодиодов.

К 2013 году светоотдача лабораторных образцов холодных белых светодиодов высокой мощности должна достичь 184 лм/Вт, коммерческих – примерно 172 лм/Вт. К 2025 году предполагается достижение практического максимума эффективности 228 лм/Вт для холодных белых светодиодов и 162 лм/Вт для теплых белых светодиодов с индексом цветности (CRI 90). При всех прогнозах предполагается срок службы устройств более 50 тыс. ч.

Согласно оценкам Министерства энергетики США, современный уровень технологий неорганических светодиодов позволяет выпустить на рынок устройства со светоотдачей 80 лм/Вт при цене от изготовителя 25 долл./к/м (только светодиод) и сроком службы 50 тыс. ч с цветовым индексом (CRI) более 80 и цветовой температурой (CCT) менее 5000K. Часто эти сочетания параметров достигаются по отдельности – некоторые продукты имеют светоотдачу более 100 лм/Вт, но проигрывают по другим показателям, в том числе по цене.

В 2010–2015 годах ожидается появление неорганических светодиодов с характеристиками 140 лм/Вт и сроком службы 70 тыс. ч для коммерческого устройства. Наконец к 2015 году

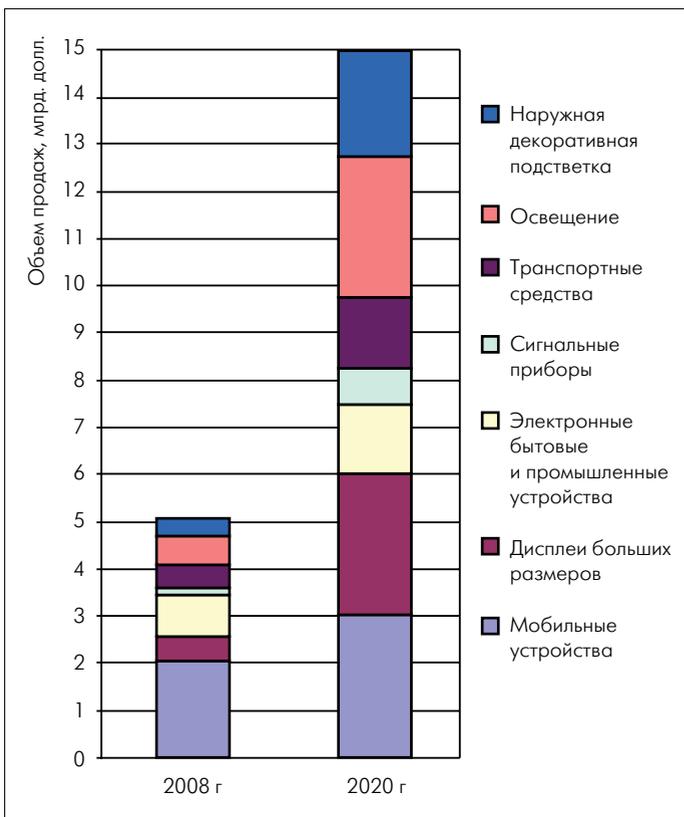


Рис.2. Динамика мирового рынка светодиодов по областям применения

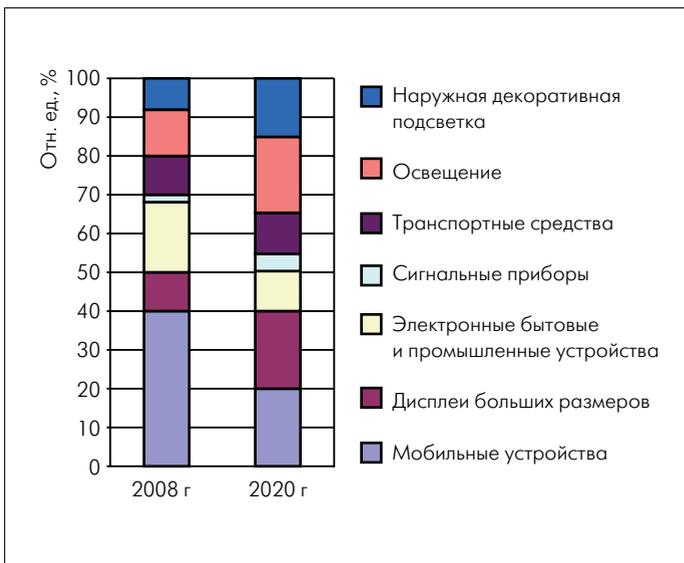


Рис.3. Изменение структуры рынка светодиодов

стоимость света должна быть ниже 2 долл./к/лм при сохранении остальных характеристик (табл.2, 3).

Органические светодиоды производят и используют менее 10 лет, причем отдельные области применения только планируется освоить в ближайшие 15 лет. Основные свойства, характеризующие органические светодиоды, – потенциально низкая стоимость при использовании технологий струйной печати, возможность создания светящихся и отображающих панелей с высоким качес-

твом изображения и большой площадью, гибких и прозрачных источников освещения и дисплеев, а также перспектива использования в гибридных и полностью органических электронных устройствах.

В настоящее время органические светодиоды широко применяются только в сегменте дисплеев и телевизоров, где предполагается вытеснение альтернативных технологий за счет лучшего качества изображения. Отдельно следует отметить разработки, связанные с применением органических светодиодов в освещении, – возможно, что в ближайшем будущем светящиеся панели большой площади найдут широкое коммерческое применение.

Органические светодиоды изготавливают с помощью технологий напыления, осаждения из растворов, а также технологий струйной печати. Данные технологии менее требовательны к оборудованию и технологическому уровню производства, что в перспективе позволит существенно снизить стоимость отдельных устройств.

В области органических светодиодов планируется повысить срок службы устройств, увеличить площадь панели и снизить стоимость. Решение большинства данных задач связано с фундаментальными исследованиями, которые, к сожалению, ведутся недостаточно активно. При этом важно отметить наличие задела в смежных сферах органической химии, что может быть использовано для наращивания научного потенциала в области органических светодиодов. По мнению экспертов, сфера органических светодиодов очень перспективна для России с точки зрения возможного встраивания в международные цепочки производства.

Что же мешает успешному массовому использованию органических светодиодов? Низкая эффективность, недостаточный срок службы, сложность получения светодиодов белого цвета и высокая стоимость.

Сегодня, по-видимому, оптимальный путь для продвижения органических светодиодов на рынок общего освещения – использование легких и гибких светодиодов. Для снижения стоимости органических светодиодов необходимо применять технологию «roll-to-roll», в том числе нанесение электродов, герметизацию и последующее формирование конфигурации источника. Через пять лет стоимость производства может быть доведена до 20 долл./м², если сейчас приступить к решению наиболее важных технологических проблем.

По оценкам Министерства энергетики США, лучшая эффективность для лабораторных образцов органических светодиодов на сегодняшний день составляет 64 лм/Вт. В ближайшей перспективе ожидается появление образца со светоотдачей 100 лм/Вт, стоимостью от изготовителя 100 долл./к/лм (только светодиоды) и сроком службы 5 тыс. ч.

В настоящее время светильники на базе органических светодиодов серийно не производятся. Эксперты считают, что вскоре для целей общего освещения появятся лабораторные опытные образцы с более высокой светоотдачей.

Предполагается, что к 2015 году будут получены коммерческие образцы органических светодиодов со светоотдачей 150 лм/Вт, увеличенным сроком службы и сниженной стоимостью (табл.4).

РЫНОЧНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ СВЕТОДИОДОВ

В дорожной карте приведены данные о фактическом и ожидаемом состоянии основных сфер применения светодиодов в абсолютном выражении (рис.2), а также о динамике развития областей применения светодиодов в мире (рис.3). Данные получены по результатам экспертного опроса, проведенного ГУ ВШЭ.

Сегодня светодиоды используют в основном в производстве мобильных устройств (40%), в первую очередь, мобильных телефонов. В будущем эта тенденция изменится из-за насыщения рынка телефонов. Впрочем, в среднесрочной перспективе данный сегмент все же будет расти за счет других мобильных устройств, а именно – смартфонов, MP3-плееров, портативных компьютеров, GPS-навигаторов, цифровых камер. В относительном же выражении к 2020 году удельная доля сегмента может снизиться до 20%, но не за счет его упадка, а за счет более быстрого прогресса других сегментов (в первую очередь, дисплеев). Относительно стабильным будет спрос на светодиоды в сфере освещения, а также в автомобильной промышленности.

На мировом рынке пока доминируют «стандартные» светодиоды с типичным рабочим током 20 мА. Однако сегмент светоизлучающих диодов (СД) с потребляемой мощностью 0,5 Вт и более увеличивается с 2004 года на 48% в год. Светодиоды высокой яркости (с рабочим током от 20 мА) распределяются на рынке следующим образом: белые составляют 48%, синие и зеленые на основе структур InGaN – 28%, желтые, оранжевые и красные на основе AlGaInP – 17% и RGB – 7%. Характеристики СД улучшаются быстрее, чем прогнозировалось в начале XXI века. Световой поток в 100 лм/Вт был получен на лабораторных образцах в 2007, а не в 2010 году, как ожидалось.

Что касается российского рынка светодиодов, то он составляет, по данным из открытых источников, около 1% от мирового рынка. Следовательно, объем российского рынка в 2008 году можно оценить цифрой порядка 51 млн. долл. или чуть больше 1200 млн. руб.

Даже в период бурного роста мирового рынка российский рынок светодиодов развивался медленнее мирового примерно в два раза. Темпы роста рынка в 2001–2003 годах, по приблизительной оценке, составляли около 20–25%, а в 2004–2008 годах они снизились до 10–12%.

Мнения экспертов относительно более отдаленной перспективы (2020) расходятся. Тем не менее, проанализировав доступную информацию, можно сгруппировать прогнозные оценки в три категории.

Итак, светодиодные технологии сегодня претендуют на доминирование в ряде сегментов применения. В последнее десятилетие мировой рынок светодиодов быстро расширялся.

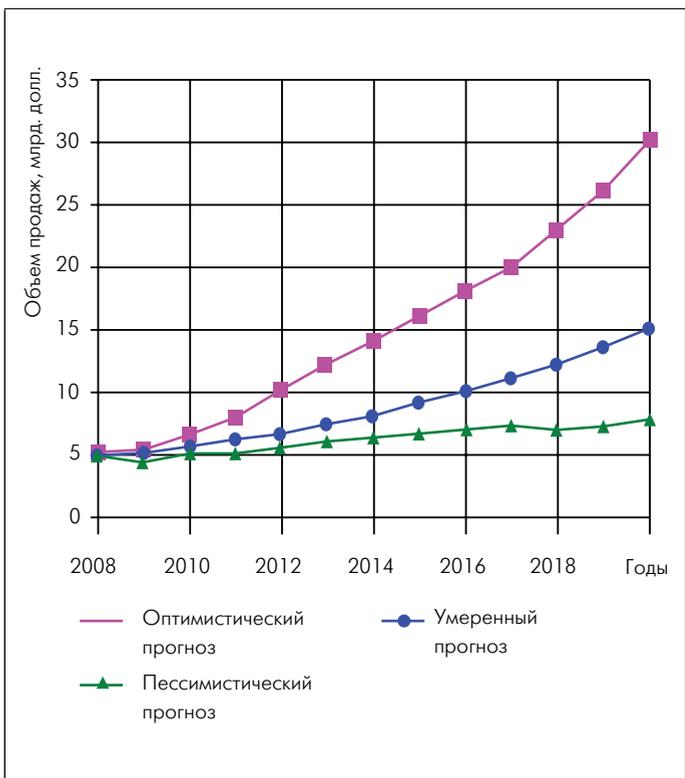


Рис.4. Фактическая и ожидаемая динамика объема мирового рынка светодиодов

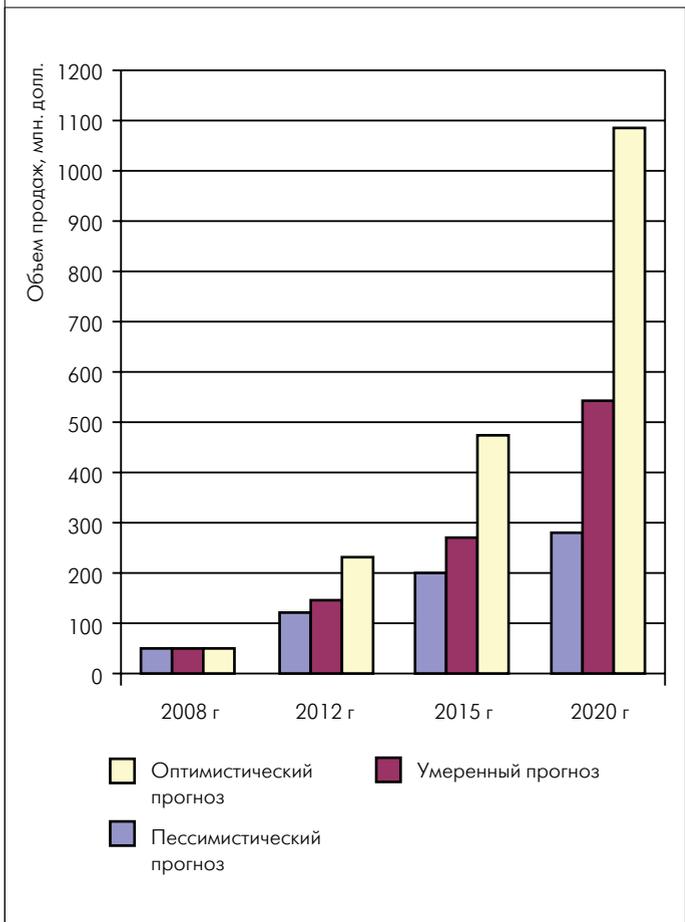


Рис.5. Фактический и ожидаемый объем российского рынка светодиодов

Ожидается, что с 2010 года восстановится положительная динамика рынка, прерванная кризисом. В рамках этого прогноза выделяются три сценария.

Оптимистический прогноз основан на мнении о том, что глобальный экономический кризис на рынке светодиодов проявится только в снижении до нуля темпов роста (в стоимостном выражении), а затем вместе с возобновлением роста мировой экономики темпы роста рынка светодиодов восстановятся до уровня 20–25% в год. Основными движущими силами рынка будут: популяризация (в том числе нормативная) применения светодиодов в осветительных приборах и устройствах; развитие рынка мобильных устройств (телефоны, ноутбуки и т.п.); снижение цен при повышении потребительских свойств самих светодиодов.

Пессимистический прогноз основан на предположении о том, что проблемы в мировой экономике будут носить затяжной характер. Медленный и постепенный выход из рецессии начнется не ранее второй половины 2011 года. «Люминесцентное» лобби очень сильно, потребители весьма консервативны и ориентируются на цену приобретения (а она еще 10 лет будет в разы выше у светодиодов), а не на цену владения. В этом случае рост рынка будет носить скорее «инфляционный» характер на уровне 5–6% годовых.

Умеренный (средний) прогноз исходит из того, что после снижения на 5% в стоимостном выражении в 2009 году рынок возобновит рост. Сначала (в 2010 г.) это будет компенсационный рост в 15–20% за год. А потом темпы роста будут удерживаться на уровне 10–12% в год в денежном выражении. Сравнительная динамика в рамках всех трех вариантов прогноза показана на рис.4.

Российский рынок светодиодов в последние годы развивался медленнее мирового примерно в два раза. Темпы роста рынка в 2001–2003 годах составляли порядка 20–25%, в 2004–2008 годах они снизились до 10–12%. В перспективе возможны три сценария развития (рис.5).

Пессимистический сценарий основан на предположении, что российский рынок не сможет превысить 1% от мирового в силу инертности потребителей, несовершенства нормативной базы, низкой рыночной ориентированности производителей и других негативных факторов.

Оптимистический сценарий предусматривает, что российский рынок светодиодов составит до 5% от мирового в силу больших размеров страны, сложных погодных условий, достаточно инновационного характера потребления, а также при должном уровне поддержки государства и своевременном решении нормативных вопросов.

Умеренный (средний) сценарий носит инерционный характер и опирается на предположение, согласно которому в долгосрочной перспективе развитие российского рынка светодиодов всего лишь вернется к докризисной тенденции (темпы роста останутся в два раза ниже мировых).

Согласно экспертным оценкам, различные сегменты рынка светодиодов будут развиваться неодинаково. В долгосрочной перспективе наиболее высокие темпы роста продемонстрируют сегменты общего освещения и дисплеев больших размеров. Прогнозируется сокращение доли сегмента рынка светодиодов для мобильных устройств. Сегмент сигнальных приборов будет занимать всего 2% рынка светодиодов и останется нишевым.

В заключение можно сказать, что формат карты позволяет оперативно менять представления о перспективах светодиодной промышленности при появлении новых достижений в науке и технологии, или же рыночных факторов (например, изменение спроса на светодиоды). Наличие карты позволяет конструктивно обсуждать в широком кругу экспертов перспективные технологии, целевые ориентиры научных и опытно-конструкторских разработок, перспективные сегменты рынков. Подобное обсуждение представляется не только желательным, но и необходимым условием достижения наилучших результатов от разработки дорожной карты. ○

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



Применение высокоскоростных систем

Под ред. Уолта Кестера

Москва: Техносфера, 2008. – 368 с. ISBN 978-5-94836-199-4

В книге рассмотрен метод высокоскоростного преобразования данных.

В разделе 1 приведены архитектуры ЦАП и области их применения, а также оценочные комплекты АЦП и средство моделирования ADIsimADC®. Раздел 2 посвящен методам оптимизации интерфейсов преобразователей данных с помощью дифференциальных усилителей, трансформаторов и т.д. В разделе 3 рассмотрены ЦАП, оценочные аппаратные и программные средства ЦАП, программа их разработки и моделирования. В разделе 4 приведены сведения о топологии печатных плат. Подробно описываются программы разработки высокоскоростных систем.

Книга предназначена для инженеров-конструкторов.

Цена: 420 р.

Как заказать наши книги?

По почте: 125319 Москва, а/я 594. По тел./факсу: (495) 956-3346, 234-0110.

E-mail: knigi@technosfera.ru; sales@technosfera.ru.