

## РАЗВИТИЕ СВЕТОДИОДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИИ КРУГЛЫЙ СТОЛ В РОСНАНО

И.Романова

Государственная корпорация "Российская корпорация нанотехнологий" (РОСНАНО) учреждена федеральным законом №139-ФЗ 19 июля 2007 года для "реализации государственной политики в сфере нанотехнологий, развития инновационной инфраструктуры в сфере нанотехнологий, реализации проектов создания перспективных нанотехнологий и nanoиндустрии". Корпорация решает эту задачу, выступая соинвестором в нанотехнологических проектах со значительным экономическим или социальным потенциалом, а также участвует в создании объектов нанотехнологической инфраструктуры (центров коллективного пользования, бизнес-инкубаторов, фондов раннего инвестирования). Приоритетные направления инвестирования РОСНАНО выбирает на основе долгосрочных прогнозов развития, к разработке которых привлекаются ведущие российские и мировые эксперты.

**26** февраля в международном конгресс-центре "ИнфоПространство" по инициативе госкорпорации "Роснано" состоялся круглый стол, в рамках которого обсуждалась технологическая дорожная карта "Долгосрочная программа развития светодиодной промышленности и светодиодного освещения в России".

В работе круглого стола приняли участие специалисты по светодиодной технике, научные эксперты в области изучения светодиодов, а также представители федеральных и муниципальных органов власти.

**Руководитель сертификационного центра госкорпорации "Роснанотех" В.Иванов** первым выступил с презентацией. Он отметил, что целью дорожной карты по развитию светодиодной индустрии является развитие в России нового направления промышленности, основанного на нанотехнологиях: массового производства светодиодов и светотехнических устройств на их основе. Он задал основную тему для обсуждения и обобщил основные вопросы, которые в дальнейшем рассматривались на круглом столе.

Основная тема его выступления – разработка технологий, позволяющих максимально быстро создавать и внедрять све-

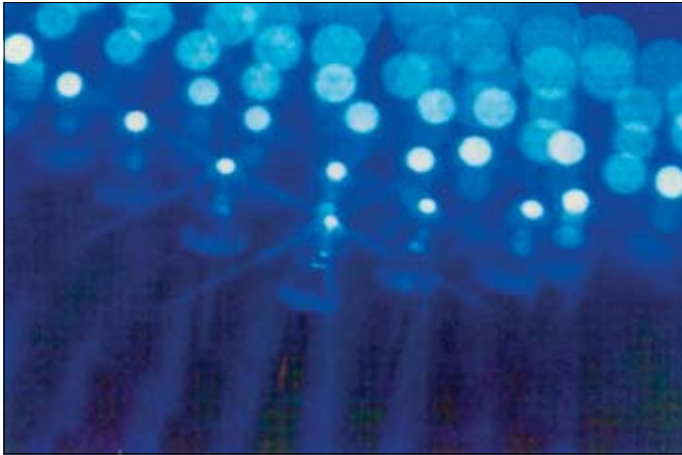
одиодное освещение. Кроме того, необходимо определить рыночные ниши для светодиодной продукции. Очень важно выявить узкие места в емком технологическом процессе и сформировать комплексный, или, иными словами, кластерный проект, способный привлечь широкий круг разработчиков.

Что касается развития рынка светодиодной продукции, то аналитики дают весьма оптимистичные прогнозы. До 2012 года предполагается интенсивный рост – порядка 23% в год. Основной стимул этого роста – замещение люминесцентных ламп и ламп накаливания на более эффективные и перспективные источники света светодиоды. Объем мирового рынка светодиодов в 2007 году составил 4,2 млрд. долл. Согласно прогнозам, в 2012 году его объем составит 12 млрд. долл. (рис.1), а распределение по типам источников освещения на рис.2.

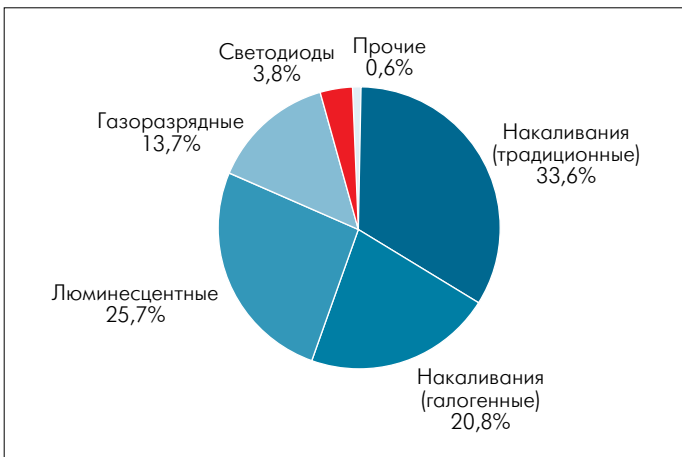
На начало 2007 года объем российского рынка светотехники, по данным ИА "РБК", составил около 1,7 млрд. долл. Рост рынка составляет в среднем 13% и ожидается на уровне 15% в ближайшие 3–5 лет. Распределение российского рынка светодиодной продукции по сегментам приведено в статье В. Беляева [1].

В докладе В.Иванова обсуждалась проблема светодиодных технологий LED и OLED, которые сейчас развиваются семимильными шагами. К сожалению, сегодня светодиодная индустрия России значительно отстает от ведущих мировых держав в этой области. Но благодаря тому, что уже сейчас Роснано запущен пилотный проект по созданию производства неорганических светодиодов, к 2012 году предполагается сократить отставание (получить светоотдачу на уровне 120лм/Вт). Большие надежды Роснано возлагает на научный потенциал страны.

Говоря о технологии LED, В.Иванов отметил, что большая часть сырьевых материалов и особо чистых материалов производится в России. Это особо чистые газы, металлы, подложки, полупроводниковые материалы, люминофоры. И только некоторые материалы (подложки из карбида кремния и нитридов) пока не могут производиться. В случае с OLED ситуация гораздо сложнее – только половина сырьевых ма-



**Рис. 1.**



**Рис.2. Распределение рынка по типам источников освещения**

териалов может производиться в России. Остальное разработчики вынуждены закупать за рубежом.

Основная тенденция развития технологии LED – это повышение световой эффективности за счет более совершенных материалов подложек и кристаллодержателей с очень малым тепловым сопротивлением.

Другими важными направлениями развития являются: применение эффекта Пельтье непосредственно под излучающим кристаллом при больших плотностях тока (до 200 А/см<sup>2</sup>); интеграция групп кристаллов в одну структуру с параллельным их включением внутри самой структуры; совершенствование широкополосной излучающей полупроводниковой структуры (прежде всего для белых светодиодов с люминофорами); совершенствование конструкции светодиода; достижение значений светового потока 120 лм с 16-кристальной матрицы белого цвета размером 50×50 мм на кристаллах 250×250 мкм.

Относительно перспектив развития OLED можно сказать следующее. В России источники освещения на основе OLED серийно не производятся, но ведутся разработки на стадии НИОКР, есть сильные команды. Поэтому необходима интенсификация разработок. Ожидается, что в перспективе (2010–2011 годы) могут быть разработаны OLED-светильники боль-

шой площади и другие устройства. Но для эффективной коммерциализации OLED в России необходима закупка технологических линий для производства OLED.

В докладе В.Иванова отдельно рассматривался вопрос о сырьевых ресурсах и исходных материалах. Появление нитрида галлия (GaN) и его использование в качестве подложек для LED поделило рынок между сапфировыми подложками и подложками из карбида кремния (SiC) (рис.2). SiC, GaN и сапфир используются как подложки для эпитаксии слоев GaN. 90% карбида кремния производится для изготовления синих/белых светодиодов. GaN и экспериментальные подложки из нитрида алюминия (AlN) открывают новые возможности в технологии сложных светодиодов (на нитридах 111 группы).

В заключение В.Иванов сказал, что для развития российских компаний, принимающих участие в программе развития светодиодной промышленности, необходимы следующие меры:

- поддержка государством разработок перспективных конструкций светодиодов;
- технологическое вооружение предприятий;
- развитие отечественного производства оптимизированного технологического оборудования (с использованием импортных комплектующих);
- развитие малотоннажного химического производства материалов для оптоэлектронной промышленности (подложек, реакционных газов и т.п.);
- развитие диагностических (испытательных) центров;
- введение мер (нормативов и т.п.), поощряющих энергосбережение и внедрение осветительных приборов на светодиодах для общего освещения, транспорта (в том числе железнодорожного).

Проект развития светодиодной промышленности получил положительные заключения научно-технической, патентной и производственно-технологической экспертиз. Развитие производств светодиодной светотехники в инвестиционном плане – перспективное направление. Это связано в первую очередь с высокими темпами роста рынка из-за возрастающего спроса со стороны потребителей. Светотехника на основе полупроводниковых наногетероструктур приходит на замену традиционным источникам света, таким как лампы накаливания, люминесцентные и прочие лампы. Использование светодиодных источников света позволит существенно сократить затраты на электроэнергию и эксплуатацию систем освещения. Обыкновенная лампа – 60 Вт, срок службы – 1 тыс. ч, светоотдача – 10-15 лм/Вт; люминесцентная лампа – 16 Вт, срок службы – 15 тыс. ч, светоотдача – 45 лм/Вт; светодиод компании "Онэксим" – 3,7 Вт, расчетное время работы – 50 тыс. ч, светоотдача – 90 лм/Вт. (технология разработана компанией OptoGaN GmbH (Германия), впоследствии купленной группой "Онэксим").

**М.Одноблюдов, исполнительный директор OptoGaN GmbH**, выступил с презентацией проекта "Твер-

## О ГОСКОРПОРАЦИИ "РОСНАНОТЕХ"

Главная задача госкорпорации — находить и поддерживать проекты, перспективные с точки зрения коммерциализации, либо имеющие серьезный социальный эффект, либо способные снизить инвестиционные риски для нанотехнологических компаний в направлениях, на которых может наступить качественный прорыв. Предпочтение отдается проектам, находящимся на стадии, максимально близкой к коммерциализации и способных принести реальную прибыль. Не обязательно сразу. Финансирование может быть долгосрочным, но в любом случае тщательно экспертно обоснованным.

Внутри Корпорации создана система научно-технической и инвестиционной экспертизы, в основу которой взяты лучшие образцы мировой практики. Принципы работы Корпорации — прозрачность и открытость. Кроме того, деятельность корпорации тщательно контролируется Правительством РФ, перед которым корпорация обязана отчитываться ежегодно, а также Наблюдательным советом, Научно-техническим советом и Ревизионной комиссией. Корпорация будет регулярно проходить качественный внешний и внутренний аудит.

Все перспективные проекты будут проходить внутри Корпорации тщательнейшую научно-техническую и инвестиционную экспертизу по мировым стандартам, кроме того, прошедшие экспертизу проекты будут рассматривать Научно-технический совет и Комитет по инвестиционной политике при Наблюдательном совете Корпорации. Экспертиза строится на принципах прозрачности, объективности, компетентности и независимости. Таким образом, мы надеемся сократить к минимуму риски неэффективного, а тем более незаконного, использования средств Корпорации.

В первую очередь будут финансироваться образовательные проекты, которые обеспечивают кадрами уже финансируемые или финансируемые в будущем проекты Корпорации. Если говорить в терминах образовательного сообщества, то это — проекты дополнительного образования, дообразования, доучивания, переподготовки, повышения квалификации. Образовательная политика корпорации в области профессионального образования находится в процессе разработки. Ведутся консультации с сотрудниками Министерства образования и науки, руководством ведущих вузов, сотрудниками, преподавателями

По состоянию на конец 2008 года корпорация получила более 800 обращений о финансировании проектов на общую сумму более чем 300 млрд. руб. Из них около 70 находится на различной стадии рассмотрения, и к концу 2008 наблюдательным советом корпорации одобрено шесть инвестиционных проектов. Один из них "Твердотельная светотехника: создание вертикально интегрированного производства энергосберегающих и экологически чистых систем общего освещения на основе полупроводниковых светодиодных чипов (на основе GaN)" рассматривался на круглом столе.

дотельная светотехника: Производство нового поколения экологически чистой и энергосберегающей светотехники на основе нанотехнологий".

Цель проекта — создание экологически чистого, нового, энергосберегающего промышленного производства, а также поколения сверхъярких светодиодов и светотехнических систем на их основе (светодиодов на базе неорганических элементов — нитрида галлия).

Такое производства позволит значительно сократить затраты на электроэнергию, обслуживание, высвободит электрогенерирующие мощности, поможет решить проблемы утилизации существующих систем освещения, которые содержат ртуть и другие вредные химические элементы. Внедрение светодиодных технологий будет способствовать переходу российской экономики на инновационную модель, стимулируя развитие множества смежных областей и технологий.

Планируется организовать полный цикл производства в России — от наногетероструктур до светильников на светодиодных чипах. При реализации этого проекта технология будет перенесена с пилотного производства в Германии на производственную линию в России. Постоянно будут проводиться НИОКР по улучшению технических характеристик светотехнических изделий, чипов, эпитаксиальных структур и сопутствующих элементов.

Участники проекта — выступающие как финансовые инвесторы корпорация Роснано и группа "Онэксим", Уральский Оптико-механический завод (УОМЗ). Последний в данном проекте выполняет несколько функций, в том числе финансовое инвестирование и предоставление производственных площадей. УОМЗ, кстати, — заметный игрок на рынке светодиодного освещения, он производит линейку продукции на основе светодиодов и имеет налаженную филиальная сеть сбыта. Кроме того, УОМЗ — это большое промышленное высокоэффективное предприятие, и в современной экономической ситуации его опыт в организации массового производства является важным для проекта фактором.

Структура проекта такова: производство эпитаксиальных пластин будет располагаться в Санкт-Петербурге, в свободной экономической зоне, где имеется школа выращивания полупроводниковых гетероструктур. Производство светодиодов и изделий на их основе будет организовано в Екатеринбурге на площадке Уральского оптико-механического завода. Научно-исследовательская работа (на данный момент список партнеров открыт) будет проводиться в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе (эпитаксия и технология чипов), Федеральном ядерном центре ВНИИ технической физики (г.Снежинск), где также имеется необходимое оборудование для производства гетероструктур на основе нитрида галлия, Уральском политехническом институте, в котором сейчас разрабатываются новые отечественные люминофоры. В качестве кузницы кадров предполагается использовать на-

учно-образовательный центр в Санкт-Петербурге и Физико-технический университет на его базе.

Кроме этого, компания OptoGaN имеет центр опытно-конструкторских разработок в Нормандии, где есть полная линия по производству светодиодов – от выращивания эпитаксиальных пластин до чипов на пленке. Этот центр также будет в дальнейшем поддерживаться и повышать конкурентоспособность новой продукции.

Размер рынка светодиодов в 2008 году по данным конференции Strategies in Light (бизнес-конференция и выставка, посвященная производству сверхъярких светодиодов, - прим ред.), которая проходила в США, превысил 5 млрд. долл. И это несмотря на то, что в 2008 году начался финансово-экономический кризис. Так вот, годовой прирост отрасли превысил 10%, тогда как в 2007 году он составил 7% – это достаточно заметный рост даже в современных условиях. При том, что процент сегмента общего освещения на данный момент составляет порядка 10% от общего объема рынка. Этот сегмент имеет наибольший годовой прирост – его скорость прироста превышает 40%. Один из факторов, мешающих внедрению светодиодного освещения, – это стоимость люмена, т.е. это тот фактор, за который платит конечный потребитель.

Поэтому, чтобы стоимость изделия снизилась, надо уделять особое внимание не только экономическим факторам (снижение энергопотребления), но и технологическим.

Основных технологических факторов два.

1. Повышение эффективности. Сейчас эффективность в типовых моделях составляет 100 лм/Вт, а в лабораториях – 150 лм/Вт. Но над этой проблемой надо серьезно работать. При этом нужно помнить, что производство на основе чужих запатентованных технологий может принести большие убытки, так как есть риск того, что такое производство запретят.
2. Повышение рабочей плотности тока (одновременно с повышением эффективности). Это позволит увеличить количество света, производимого светодиодной лампой, с поверхности чипа при сохранении его себестоимости, то есть напрямую снизить стоимость люмена. Но здесь существует много трудностей, и множество НИР сейчас посвящено проблеме увеличения и поддержания высокой эффективности чипа при повышении рабочей плотности тока.

Особое внимание уделяется патентной чистоте технологий, которые будут внедряться. Сегодня есть множество патентов в области производства кристаллов и чипов, несколько заявок находятся на рассмотрении, по нескольким – получен положительный ответ. Также на стадии рассмотрения находится 38 международных заявок, имеются и российские заявки по части технологий, связанных с эпитаксиальным выращиванием.

В заключение своего выступления М.Одноблюдов отметил, что в сотрудничестве с партнерами (УОМЗ, немецкие фирмы по производству светотехники) его компания делает

первые шаги в применении светодиодов для светотехнических устройств и освещения офисов, коммерческих помещений, промышленных объектов, складов и хранилищ. Можно долго обсуждать, хороши ли светильники или плохи, какая у них эффективность, но это продукты, которые реально производятся и продаются в достаточно больших объемах.

В ходе дискуссии были высказаны интересные и конструктивные, а иногда и спорные предложения и мнения.

#### **А.Юнович, профессор МГУ.**

Конкурировать можно (про технологию LED – Прим. авт.), но достичь высоких показателей мы сможем только к 2012–2015 годам. Однако планировать надо уже сейчас. Сейчас максимальный уровень светоотдачи у мировых производителей в лабораторных условиях составляет порядка 150–160 лм/Вт. Лучшие светодиоды, которые я видел в наших лабораториях, при малых токах достигают 120 лм/Вт, но промышленные – не более 60 лм/Вт. Для сравнения – зарубежные производители смогли достичь 100–120 лм/Вт в промышленных масштабах.

#### **Н.Усов, ЦНИИ "Циклон", Москва.**

В представленной дорожной карте, направление, связанное с OLED, отражено очень слабо. Понятно, что направление, связанное с традиционными светодиодами развивается примерно в течение полувека, и поэтому проблемы применения их в системах освещения решаются быстро. В то время как органические светодиоды как осветительное направление начало развиваться только последние несколько лет. Быть может, именно в связи с этим OLED имеет смысл вывести либо в отдельную дорожную карту, либо в подраздел?

#### **А.Казаков, генеральный директор ФГУП НИИ "Полюс", Москва.**

Первое. С учетом сегодняшнего состояния дел в промышленности, ставить задачу конкурировать с ведущими мировыми странами – излишне оптимистично. Главное – не пустить конкурентов на наш рынок. Поэтому сохранить отечественный рынок для России – основной приоритет.

И второе. Мне кажется, что максимальное внимание нужно уделить импорту и замещению компонентов и элементов, которые требуются для производства светодиодной техники, таких как нитрид галлиевых чипов и пр.

#### **В.Бородин, генеральный директор ФГУП "ЭЗАН" (г. Черноголовка).**

Сейчас ситуация складывается так, что все технологическое оборудование мы пытаемся закупить на Западе. Есть опасение, что так будет продолжаться дальше. Поэтому мне кажется, что производство оборудования для осаждения и травления пленок обязательно надо налаживать здесь, в России. И, конечно же, надо налаживать производство подложек. И в том, и в другом случае есть существенные заделы – и у нашей науки, и отчасти у нашего производства. Эта задача нам вполне по силам. Мне известно, что сейчас подложки, в том числе и сапфировые, уже



экспортируются за рубеж нашими производителями. Есть серьезные, хорошие школы и небольшие производства, к сожалению, пока еще не очень крепко стоящие на ногах, которые выпускают подложки из карбида кремния и нитрида алюминия.

**А.Шишов.**

Я бы хотел остановиться вот на каком вопросе: какие технологии определяют стоимость производства светодиодов? В последнее время мы все чаще рассматриваем чипы, как отдельные элементы. Много времени сейчас уделяется созданию матриц. Я считаю, это одно из важных возможных направлений с точки зрения удешевления стоимости светодиодных изделий. Я имею в виду матрицы в гибридно-интегральном и в монолитном исполнениях непосредственно на полупроводниковом материале. Этим направлением сейчас занимаются практически все фирмы, но, к сожалению, в дорожной карте данный факт не отображен. А мне кажется, что создание матриц станет отдельным направлением.

**С.Поликарпов, управляющий директор ГК "РоснаноТех".**

Я позволю себе ремарку. Может показаться, что мы мало уделяем внимания технологии OLED. Это не так, ведь это та область, в которой мы действительно можем сделать серьезный прорыв. Но при этом, на круглом столе, который мы проводили в прошлый раз, и на рабочих совещаниях, которые мы проводили в госкорпорации, мы все время призываем к конкретным предложениям по OLED. Но пока таких предложений по органическим СИД нет.

**Д.Паращук, МГУ.**

Не надо сравнивать LED и OLED, так как это разные категории. Не нужно их сопоставлять и сталкивать лбами. У OLED есть своя ниша. Ниша, которую не заполняют обычные LED.

**Н.Усов, ЦНИИ "Циклон", Москва.**

Сейчас существуют две технологии изготовления OLED – из паровой фазы и из жидкой фазы – на основе полимерных соединений. В НИИ "Циклон" выбрана технология низкомолекулярных соединений из паровой фазы. На сегодняшний день это наиболее отработанная технология во всем мире.

**С. Калюжный, член Правления, руководитель научно-технической экспертизы ГК "РоснаноТех"**

Итак, обобщая, можно сказать, что OLED пока еще уступают LED, но есть большой потенциал в сторону снижения стоимости, поскольку полимерное органическое сырье дешевле неорганического кристалла. Теоретические пределы примерно одинаковы, но практически светоотдача OLED существенно ниже, однако к 2015 году специалисты обещают достичь 150 лм/Вт.

Также в рамках круглого стола обсуждались вопросы стандартизации, сертификации и проблема кадров.

**В.Иванов, руководитель сертификационного центра госкорпорации "РоснаноТех".**

Вопросам государственного регулирования отрасли уделяется много внимания. Поскольку речь идет о новых ус-

ройствах, безусловно, нужно разработать программу стандартизации продукции светодиодной индустрии, создать метрологическую инструментальную базу, диагностические центры, подготовить соответствующие кадры. Важно ввести меры государственного регулирования спроса и стимулирования производства, и эти вопросы должны решаться на самом высоком государственном уровне.

Необходима разработка новой нормативной базы, регулирующей взаимоотношения в данной области, в том числе в строительстве, влиянии на ЖКХ, в транспортной индустрии. Не менее важна разработка сертификатов оборудования на территории РФ. И, поскольку много компонентов приходится закупать за рубежом, значимым моментом является доработка таможенного законодательства с учетом потребности отрасли.

Кадровые проблемы, мы полагаем, не требуют обширных комментариев. Сейчас существуют серьезные проблемы с научными, конструкторскими, рабочими кадрами, а так же с технологами. Сегодня, как никогда, необходимы централизованная поддержка научных школ, переподготовка кадров технологов и конструкторов, а также создание специализированных колледжей и техникумов для нужд промышленности.

В области стандартизации требуется разработка стандартов по подтверждению параметров и характеристик элементов светотехнических устройств и систем на их основе, а также конструктивных элементов установки и замены. Нужны общие стандарты по установочным размерам для крепления, устройствам электропитания, интерфейсам управления с учетом взаимозаменяемости ламп.

В области сертификации необходимо сформировать сеть лабораторий/центров по проверке и подтверждению параметров (характеристик) элементов светотехнических устройств и их безопасности.

Для систем метрологического обеспечения требуются методики и оборудование по измерению спектральных характеристик, индикатрисс излучения и т.д.

Проблема кадров частично будет решаться путем создания научно-образовательных центров (НОЦ) нанотехнологий.

В программу круглого стола были включены также доклады ведущих специалистов светодиодной отрасли.

Н.Бакин (ОАО "НИИ полупроводников", Томск) рассказал об опыте организации производства полупроводниковых источников света для промышленного применения.

А.Казаков, А.Чельный (ФГУП «НИИ Полюс им.М.Ф. Стельмаха», Москва) сообщили о базовых технологиях, кадрах и соответствующих инфраструктурах, которые имеются в НИИ. Создан производственный участок гетероструктур для светодиодов повышенной яркости видимого диапазона на основе твердых растворов AlGaInP/GaAs и AlGaIn/GaN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Разработана конструкция и технология светоизлучающих диодов мощностью 1 Вт и технология изготовления нанокompозитно-

го материала медь-алмаз повышенной теплопроводности.

И.Аксенов (ОАО "Протон", Орел) информировал собравшихся о том, что на предприятии разработана конструкция и организовано производство кристаллов на твердых растворах GaInN для мощных LED (более 1 Вт). Создан участок серийной (до 10 млн. штук в месяц) сборки мощных светодиодов для осветительных устройств. Организовано производство световых приборов двойного применения на основе энергосберегающих полупроводниковых твердотельных источников света.

В заключительной части круглого стола выступил В.Бородин, он доложил о разработках в области MOCVD-технологии и оборудования для светодиодной промышленности (Экспериментальный завод научного приборостроения со Специальным конструкторским бюро, г.Черноголовка). Предприятие основано в 1973 году для обеспечения научно-исследовательских институтов Академии наук СССР и других организаций особо сложным оборудованием и приборами. Завод специализировался на выпуске высоковакуумных установок, приборов для исследования структуры и химического анализа материалов, а также средств автоматизации и обработки данных. В настоящее время ЭЗАН производит широкий спектр оборудования для науки, промышленности, телекоммуникации, транспорта, энергетики, медицины и сельского хозяйства.