



Российские Светодиоды и Светотехника

Тенденции развития технологий



У России есть шанс совершить технологический рывок и с самого начала максимальное внимание уделить внедрению светодиодного освещения, а также избежать серьезных экологических проблем, связанных с массовым использованием ртутно-содержащих ламп

2004: Optogan Oy (Финляндия)

- Старт-ап основан учениками Ж.Алферова, М.Одноблюдовым, В.Бугровым и А.Ковшом
- 300к Евро от финского VC фонда VNT
- “Proof of the concept” на базе Технического Университета Хельсинки



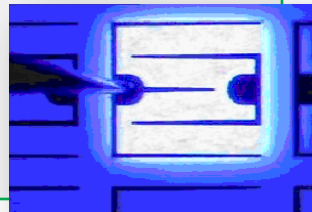
2005: Optogan GmbH (Германия)

- Начало запуска пилотного производства светодиодов в Дортмунде
- Дальнейшая разработка технологии
- Инвестиции от ведущих европейских фондов



2008: выход на рынок

- Конечный продукт мирового уровня
- Первые поставки заказчикам
- Защита интеллектуальной собственности (>50 патентов)



2009: создание ЗАО «Оптоган»

- Выкуп Optogan группой Онексим (with high IRR для VC фондов)
- Проект Роснано
- ЗАО Оптоган :акционеры Онексим и основатели, ГК «Роснано» и ОАО «РИК»
- общий бюджет 3.3 млрд руб

2010: вертикально-интегрированная компания по производству осветительной техники

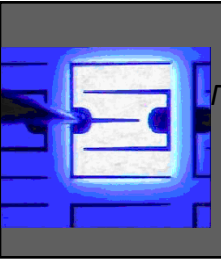
- Сборка светильников моделей Оптоган в профилированных компаниях
- Приобретение современной производственной площадки Elcoteq, С-Петербург для расширения пр-ва светодиодов (>1.5 млрд в год)
- Начало массовых продаж в России



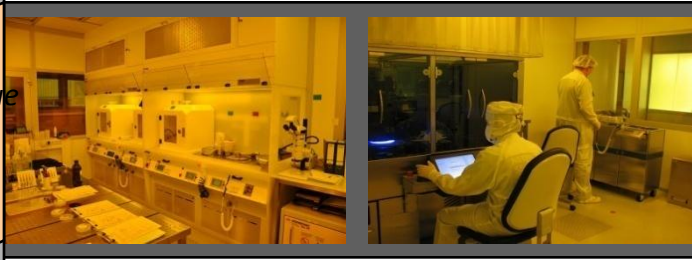
Эпитаксия
MOCVD рост



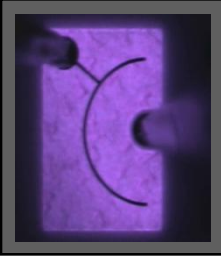
- 2 промышленные установки химического осаждения из паровой фазы методом разложения металлоорганических соединений
- специализированное оборудование по тестированию слоев и подложек (PL mapper, XRD)



Процессирование
Фотолитография
Травление
Напыление металлов



- Фотолитография,
- Установки ионного травления, гальваника
- Установки вакуумного напыления металла
- Профилметр



Чипы
Полировка
Сортировка
Тестирование



- Полировка
- Скрайбирование и резка
- Сортировка
- Тестирование кристаллов



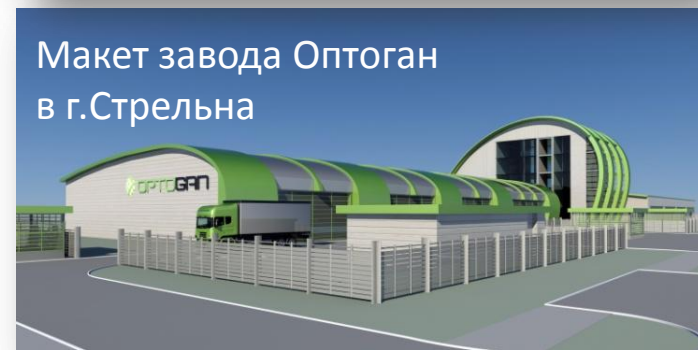
Корпусирование
Прикрепление
Тестирование
Упаковка



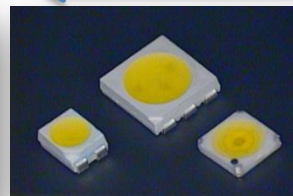
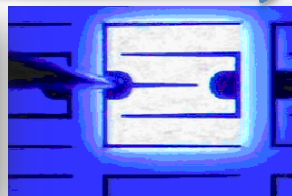
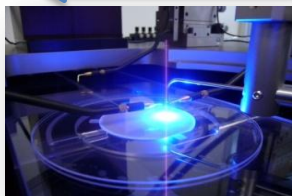
- Монтаж чипа в корпус
- Заливка гелем
- Тестирование, сортировка и упаковка в ленту

- **4 кв 2010:** Производство светодиодов в С-Петербурге на собственной площадке
 - Лето 2010 – Монтаж и запуск оборудования
 - Массовое производство светодиодов (более 30 млн штук в месяц, 100,000 светильников в месяц)
- **2012:** Строительство и запуск второй очереди производства
 - Полная вертикальная интеграция по всей цепочке производства, включая эпитаксиальный рост пластин
- **2014** – производство 1.5 млрд светодиодов в год, возможно быстрое наращивание мощностей до 10 млрд

С 2012 г полная цепочка производства в России



Макет завода Оптоган в г.Стрельна



- **Максим Одноблюдов, кфмн, Генеральный Директор**

- Со-основал Optogan в 2004 году, развивал компанию в должности Вице-Президента по Операциям и Технологиям вплоть до конца 2008
- Опыт организации хай-тек бизнеса с нуля
- До основания Optogan получил широкий опыт разработки технологии полупроводниковых оптоэлектронных приборов в мировых научных центрах, а также при работе в лидирующих компаниях по производству светодиодов на основе GaN
- Автор многочисленных работ по физике твердого тела в том числе и в журнале Phys Rev Letters
- Закончил Кафедру Оптоэлектроники СПбГЭТУ (ЛЭТИ), возглавляемую академиком Алферовым, защитил кандидатскую диссертацию в 1998 в ФТИ им А.Ф.Иоффе



- **Владислав Бугров, кфмн, Управляющий Директор**

- Со-основал Optogan в 2004 году, развивал компанию в должности Вице-Президента по Развитию Бизнеса и Интеллектуальной Собственности
- Опыт организации хай-тек бизнеса с нуля
- С 1994 года занимался развитием технологии GaN для светодиодных применений как в мировых исследовательских центрах, так и вместе с Максимом в лидирующих светодиодных компаниях, автор основополагающих работ по светодиодным технологиям
- Автор основополагающих работ по технологии GaN, начиная с 1994 года
- Закончил ту же Кафедру Оптоэлектроники СПбГЭТУ (ЛЭТИ), что и Максим, защитил диссертацию кфмн в 1999 в ФТИ им А.Ф.Иоффе



- **Ханс-Питер Эхвайнер, MBA, Директор по Производству**

- Ветеран полупроводниковой индустрии, с более чем 20 летним опытом работы в менеджерских позициях на крупных полупроводниковых фабриках
- Предыдущие позиции в группе Infineon: CEO Sensoror Norway, Fab Management Kista Sweden, Production, Manufacturing Superintendent in Altis; Production Manager in Munich Perlach Supply Chain/Logistics, planning and logistics department in Munich Perlach



- **Алексей Ковш, кфмн, Директор по Развитию Бизнеса**

- Со-основал Optogan в 2004 году, служил компании в должности Члена Совета Директоров, полностью не перешел на операционную деятельность в конце 2009
- 2003 – 2009 Chief Technical Officer в Innolume, производитель полупроводниковых лазеров, стоял у истоков компании и вывел ее с нуля в мирового лидера. Интернациональный опыт управления в оптоэлектронике, включая Тайвань, Германию и Калифорнию
- Более 400 научных публикаций, имеет самый высокий индекс цитируемости по версии Scopus среди молодых ученых российского происхождения в области физики твердого тела
- Закончил ту же кафедру и защитился в том же году, что и Владислав

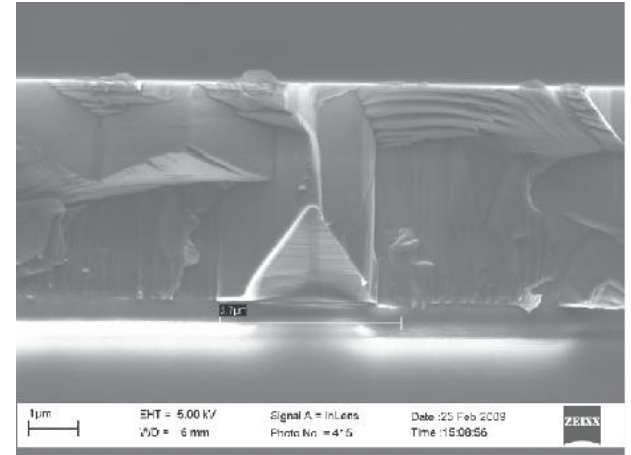


- Светодиоды сегодня
 - Энергоэффективность **ДА**
 - Срок службы **ДА**
 - Экологичность **ДА**
 - Цена на сегодняшний день **НЕТ**
 - Тенденция снижение цены **ДА**
- Технология и бизнес-модель компании со дня ее основания выстраиваются с целью максимально ускорить тенденцию снижения цены светодиодных ЛЮМЕН для использования в системах освещения

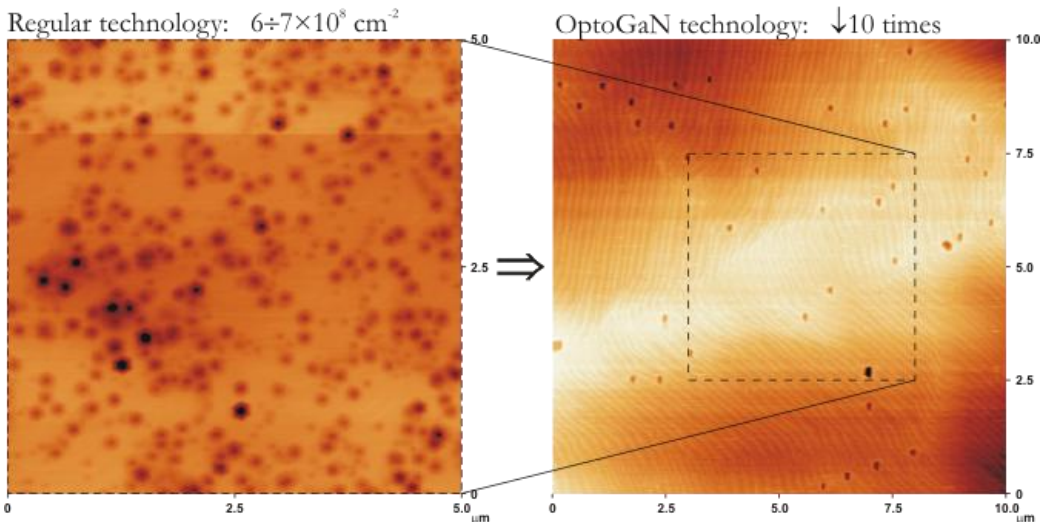
- Минимальная себестоимость Количества Свет (люмен), излучаемого светильниками Оптоган
- Уникальная, патентно-защищенная технология производства светодиодных чипов, разработанная на собственной производственной линии в Германии
 - Уменьшенная плотность прорастающих дислокаций (дефектов) в светодиодных чипах
 - Увеличенный срок службы на более высоких токах
 - Достигается тот же световой поток с меньшего по размерам чипа, по сравнению с ведущими мировыми производителями
- 9 «семейств» патентов в области производства кристаллов и чипов
 - 4 международных полученных патента
 - 4 заявки находятся на рассмотрении PCT (Patent Cooperation Treaty), по 3 заявкам получен положительный ответ (positive IPRP)
 - 38 международных заявок в стадии рассмотрения
 - 3 российских заявки
 - Получен положительное «freedom to operate» заключение по технологии компании эпитаксиального выращивания пластин на базе анализа патентного рынка США

Основные проблемы светодиодов, на устранение которых направлена технология Оптоган

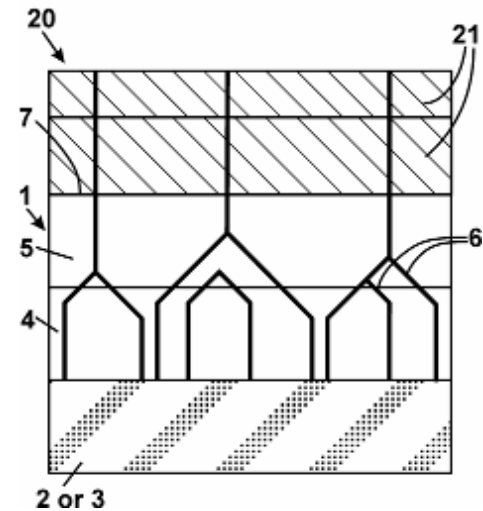
1. Высокая плотность дислокаций: ускоренная деградация при повышенных плотностях токов
2. Волноводный эффект: снижение внешнего квантового выхода
3. Efficiency "droop": падение эффективности при увеличении плотности тока



Threading dislocation density in GaN layers: AFM visualization

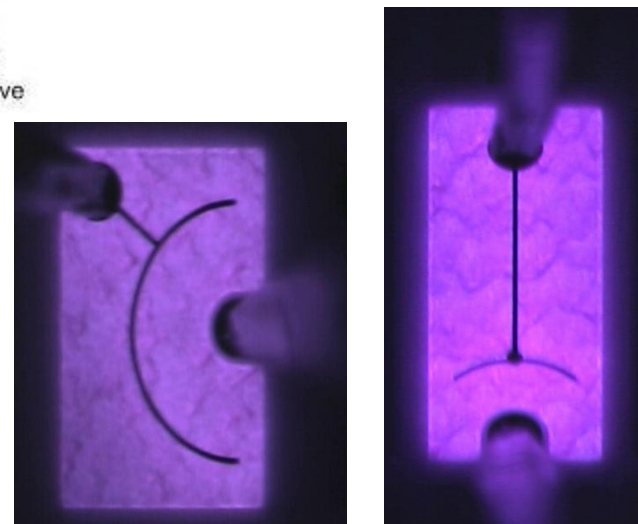
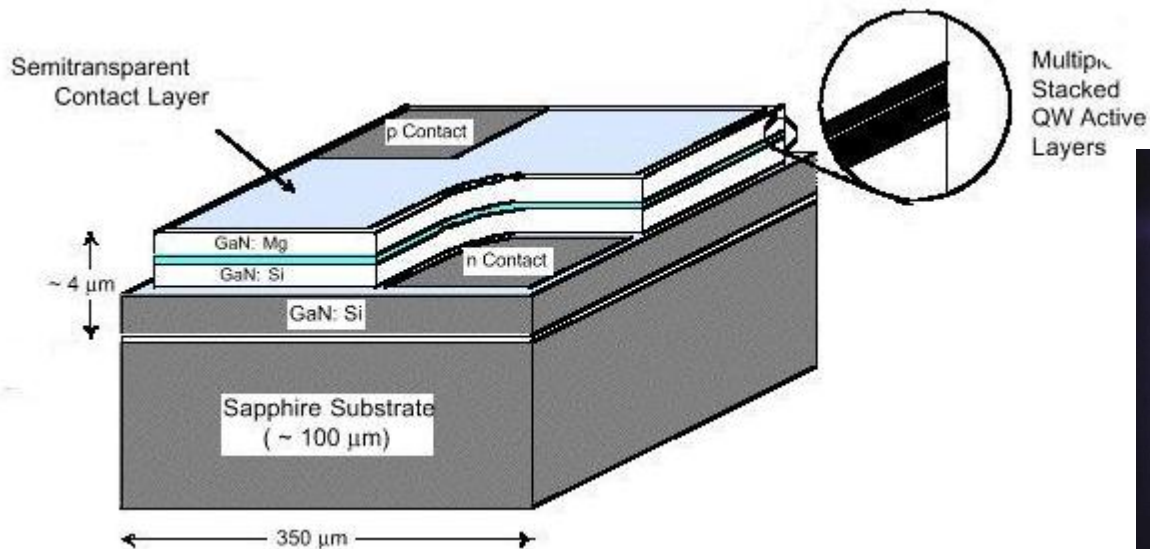
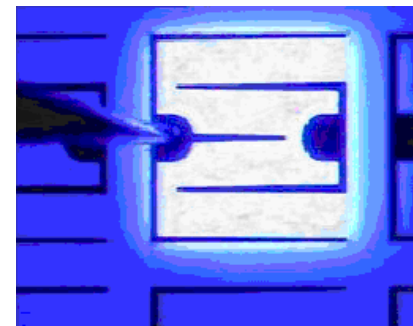


Уменьшение плотности дефектов

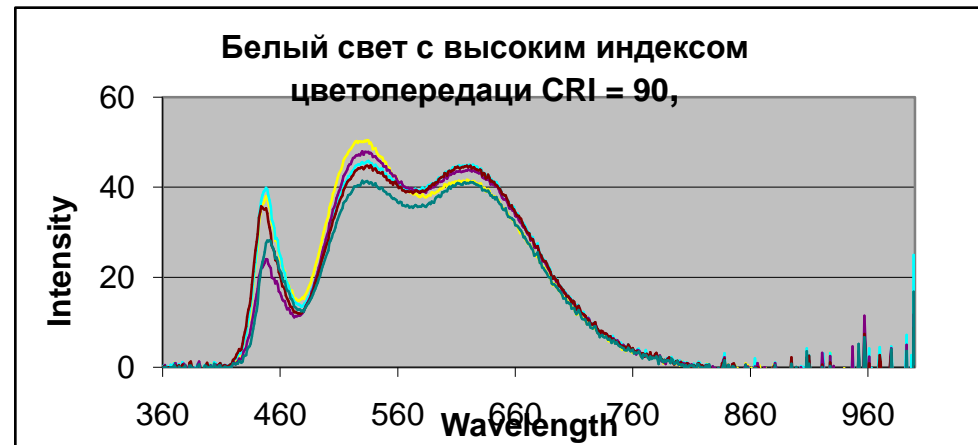
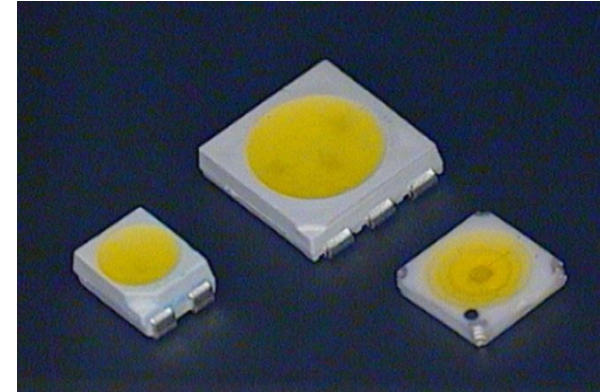


Планарная технология:

- высокорентабельный процесс с минимальным количеством технологических операций и высоким выходом годных
- размер чипа от 200 до 400 мкм
- ограничение по рабочей плотности тока
- эффективность 25-30%
- падение эффективности 5% при плотности тока 70 А/см² в течение 20000 часов



1. Использование стандартных корпусов типа PLCC с низкой стоимостью
2. Рабочий ток 20-30 мА в виду высокого теплового сопротивления
3. Использование PLCC с металлическим основанием, а также коммерчески доступных керамических корпусов, позволяет поднять рабочие токи **до 70 мА**
4. Светоотдача **110 лм/Вт** при $T_c = 6500\text{K}$
5. Использование патентночистых силикатных фосфоров, а также тестирование российских образцов
2. Доступный диапазон цветовых температур $T_c = 2500\text{-}6500\text{K}$
6. Доступный диапазон CRI = 70 – 95

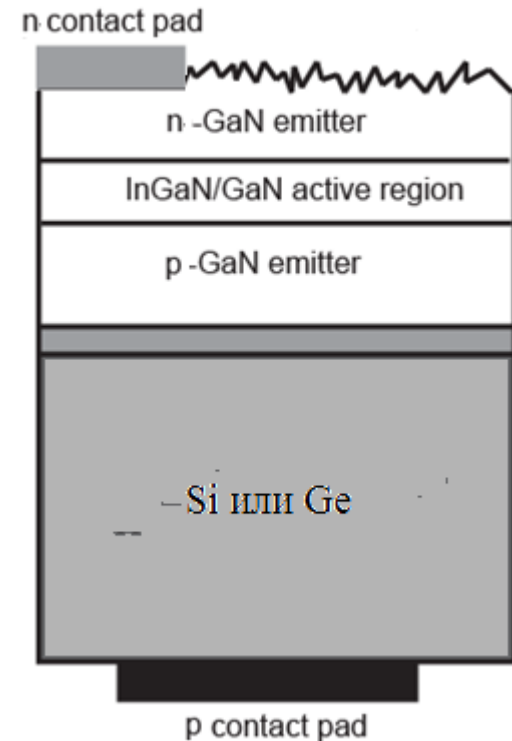


Мощные светодиоды Оптоган

Технология, применяемая ведущими компаниями, основана на методиках Laser Lift-Off и wafer bonding

Технология вертикальных чипов:

- позволяет снизить сопротивление прибора
- позволяет увеличить коэффициент экстракции света из кристалла, **120** Лм/Вт, 6500К
- запатентованные технологии изготовления включают в себя монтаж на вспомогательную подложку и удаление основной подложки посредством лазерного отстрела
- Оптоган представит вертикальный чип по оригинальной технологи без использования LLO и wafer bonding в 2010 г.
- для производства светодиодов будут использоваться керамические корпуса
- Сферы применений: источники света с высокой плотностью излучения (уличные светильники, прожектора)



Чипы f-Power

- Светодиоды и другие технологии
- Компания Оптоган
- Технология и светодиоды Оптоган
- **Бизнес-модель**
- Пример моделей светильников
- Back up foils
 - Оптоэлектроника – есть ли шанс у России

Особенности бизнес-модели

- Вертикально-интегрированная компания с консолидацией маржи в процессе производства светодиодов и с минимальным CapEx на производство самой светотехники
 - Собственное масштабное производство светодиодов, включающее в себя процесс эпитаксиального выращивания гетероструктур, создание чипов, корпусирование светодиодных чипов, их монтаж на PCB платы, и формирование светодиодных модулей
 - Собственный дизайн-хаус, пилотное производство светильников, сертификация
 - **Производство светильников в тесном партнерстве с российскими производителями светотехники при постоянном контроле качества со стороны Оптогана**
 - Экономия на CapEx, его лучше использовать для наращивания мощностей для производства светодиодов
 - Быстрое начало производства и вывод на рынок моделей Оптоган
 - Поддержка регионов → рабочие места → поддержка местных властей
- Максимально ускоренное развитие рынка светодиодной техники в России за счет рекордно низких цен при высоком уровне качества

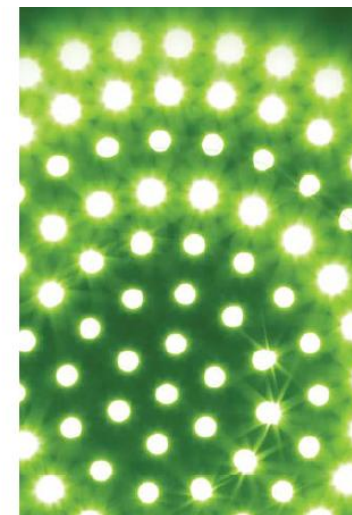


Оптолюкс-Офис-45

Встраиваемый светодиодный светильник предназначен для установки в стандартный подвесной потолок и освещения жилых и офисных помещений.

- 50% снижение электропотребления по сравнению с люминесцентными лампами;
- совместимы с конструкцией стандартных подвесных потолков;
- существенное снижение эксплуатационных расходов за счет длительного срока службы (50 000 часов);
- существенное снижение затрат на технологическое подключение мощности;
- отсутствие в спектре излучения ультрафиолетовой и инфракрасной составляющих.

напряжение питания	100-240 В
потребляемая мощность	45 Вт
световой поток	3600 лм
габариты ДхШ	600х600 мм
цветовая температура	холодный белый 6500К дневной теплый 5500К нормальный белый 4200К теплый белый 3200К
температурный диапазон рабочего использования	от -10 до +35. °С
срок службы	50 000 часов



Оптолюкс-Офис-60

Светодиодный светильник используется для освещения жилых помещений, офисов, интерьеров.

- 50% снижение электропотребления по сравнению с люминесцентными лампами;
- высокая устойчивость к влажности, высокой температуре, механическим нагрузкам;
- существенное снижение эксплуатационных расходов за счет длительного срока службы (50 000 часов);
- существенное снижение затрат на технологическое подключение мощности;
- отсутствие в спектре излучения ультрафиолетовой и инфракрасной составляющих.



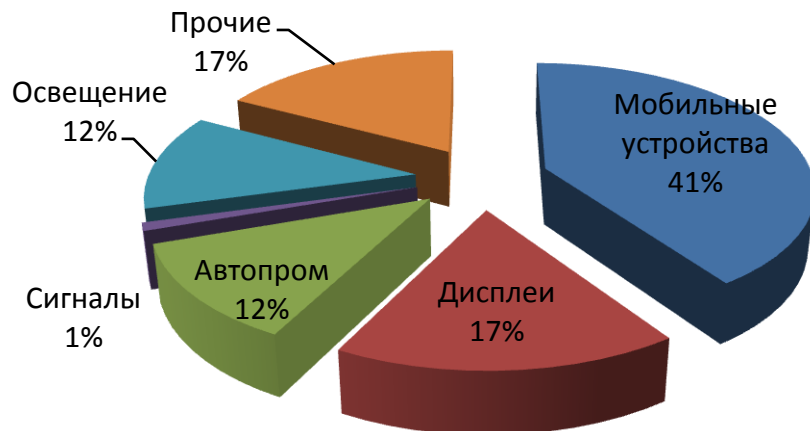
напряжение питания	100-240 В
потребляемая мощность	60 Вт
световой поток	4400 лм
габариты ДхШ	1000x250 мм
цветовая температура	холодный белый 6500 К теплый белый 3200 К
температурный диапазон рабочего использования	от -10 до +35. °С
срок службы	50 000 часов



Мировой рынок светодиодов сегодня

- В 2009 г. рынок светодиодов составил \$5,3 млрд, несмотря на кризис рынок вырос на 5%
- В 2010 г. прогнозируется рост на 53% до \$8.2 млрд
- CARG (рост объема рынка в год) – > в среднем 30-35% в ближайшие годы, к 2014 году объем рынка превысит \$20 млрд
- Рост в основном будет обеспечиваться за счет стремительного проникновения светодиодной подсветки в ЖК мониторы и телевизоры, и уже в ближайшем будущем за счет их использования в системах освещения (CARG 45%)
- Сегодня уже 2% осветительных приборов в мире выполнены на светодиодах
- Прогноз к 2011 – светодиодные светильники будут составлять >10% рынка освещения

Структура рынка в 2009

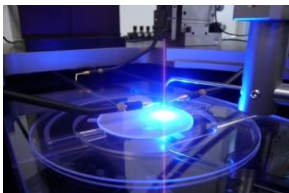


Освещение 12% против 7% в 2008 г.

Структура светодиодного рынка в 2009 г.

источник – Strategies Unlimited
конференция Strategies in Light в Santa Clara, CA,
Feb 2010

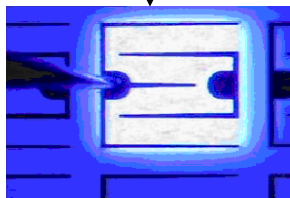
Эпитаксиальный рост (MOCVD)



эпитаксиальная пластина

- Эпитаксиальное выращивание – наиболее наукоемкая и нанотехнологическая часть цепочки
- Пока это все же искусство, нежели чем устоявшаяся технология
- Рецепт (ноу-хау) эпитаксиального роста определяет работу светодиода: КПД и срок службы
- Наиболее охраняемая и патентуемая часть процесса
- Никто из серьезных игроков не продает пластины

Процессирование пластины в чипы

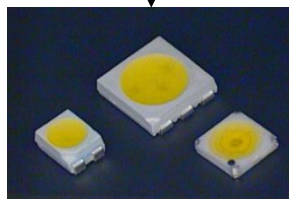


светодиодный чип

- Вторая по сложности и значимости часть цепочки
- Состоит из десятка взаимосвязанных процессов (литография, травление, напыление металла, напыление диэлектриков, резка и пр.)
- Необходим большой опыт (man-years) команды
- Кол-во игроков, продающих чипы резко сократилось и стремится к нулю

Нанесение люминофора и корпусирование

- Основные фосфоры запатентованы!
- Но есть новые силикатные фосфоры



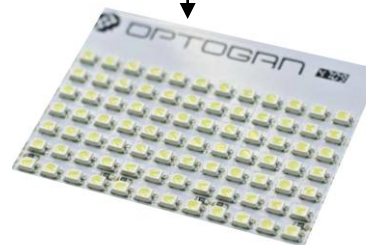
светодиод

- Процессы более простые, но большое кол-во особенностей, которые тщательно скрываются мировыми лидерами
- Необходимы – опыт, собственное развитие технологии и хорошие связи в отрасли, для постоянного мониторинга
- Возможен аутсорсинг

Чистые комнаты низкого класса

Монтаж светодиодных модулей

- Производство PCB плат и драйверов – Китай, Тайвань
- PCB платы массово в России – сомнительно, но возможно
- Драйвера массово – возможно в таких компаниях как Микрон, Ангстрем в Зеленограде



Модуль PCB+драйвер+LEDs

- Монтаж – стандартный процесс поверхностного монтажа электронных компонент
- Монтаж - в России после кризиса имеется большое кол-во предприятий с нужным оборудованием и опытом
- Мы начали с ними активно работать

Чистые комнаты низкого класса

Сборка светильников

Светодиодная лампочка Ильича



Офисный светильник



Промышленный светильник



- Просто и straightforward

Обычное производство

Чистые комнаты высокого класса (1,000-10,000), но ниже чем в кремниевой микроэлектронике, **Очень высокие требования к инфраструктуре**

- **Оптоэлектроника:** шанс есть даже с умеренными инвестициями, в отличие от микроэлектроники, где необходимы на инвестиции в десятки миллиардов долларов на сокращение разрыва с развитыми странами
- Российские наука и технологии всегда играла ключевую роль в оптоэлектронике
 - Николай Басов и Александр Прохоров, Нобелевская Премия 1964 г за создание **лазера** (мазера)
 - Жорес Алферов, Нобелевская Премия 2000 г за создание **гетероструктур** и реализацию первого **полупроводникового лазера**
- Гетероструктуры основа современных опто-приборов
 - Лазеры для телекоммуникаций, DVD-проигрывателей и медицины
 - Светодиоды для всех применений, включая освещение
 - Солнечные элементы для концентрированного излучения и космоса
- Цепочка производства данных приборов несравненно проще, чем цепочка производства кремниевого чипа для процессора
- Оборудование может быть наращено модульным методом (x \$50M), хотя крупные производства несомненно предпочтительнее с экономической точки зрения
- Основные свойства определяются методами выращивания наногетероструктур : Эпитаксии из Метеллоорганических Соединений (МОСVD) и Молекулярно-Пучковой Эпитаксии (МВЕ), которые являются наукоемкими – прогресс в развитии приборов во многом определяется именно эпи-ростом
- В России есть еще сильные кадры, понимающие принципы эпитаксиального роста и физики приборов на основе гетероструктур, прежде всего в ФТИ им.А.Ф.Иоффе СПб
- Велико число российских инженеров, работающих в данной области за рубежом – реэкспорт



Н.Басов



А.Прохоров

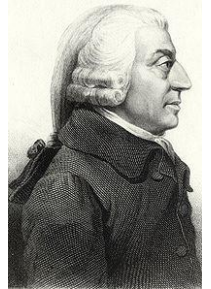


Ж.Алферов

Светодиоды – уникальный для России продукт, сочетающий в себе нанотехнологии и выход на конечного потребителя

Спрос рождает предложение (Адам Смит, XVIII век)

Спрос рождает технологии (XX век)



- В США телекоммуникационная, компьютерная и военные индустрии потребляют электронные и оптические компоненты, приводят к развитию новых материалов
- В Юго-Восточной Азии спрос, рождаемый производством бытовой электроники, двигает развитие высоких технологий
- В Европе спрос, рождаемый автомобилестроением, медициной и всеми вышеперечисленными отраслями, стимулирует развитие технологий, в том числе и нанотехнологий
- В России редкий пример нанотехнологического продукта с выходом на конечного потребителя – светодиоды

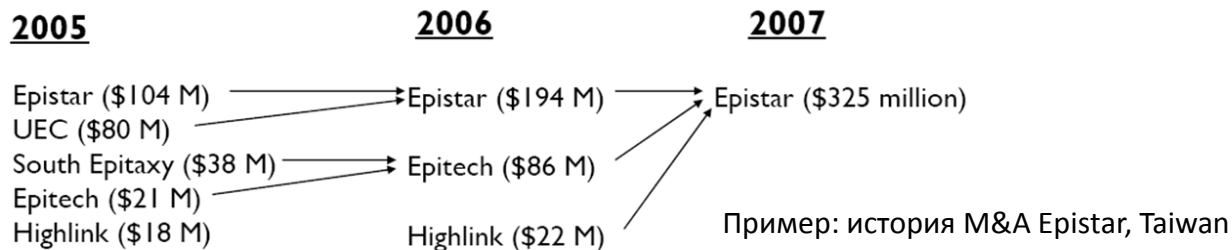
- **Законодательная, методическая и информационная поддержка**
 - Необходимость законодательных изменений для стимулирования энергоэффективности в жилищном, административном и промышленном секторах, где существует огромный потенциал по энергосбережению, но отсутствует законодательная база для привлечения частных инвестиций
 - Внедрение стандартов или «классов» эффективности систем освещенности зданий и объектов упростит процесс разработки и реализации целевых программ по энергоэффективности
 - Информирование населения о перспективности и экологичности светодиодных решений для освещения
- **Формирования механизма кредитования и возврата сэкономленных средств**
 - Уже сейчас многие банки готовы финансировать энергосберегающие проекты со сроком окупаемости до 10 лет!
 - Правовое, нормативное и экономическое стимулирование государственного сектора (бюджетные здания, уличное освещение, прочее) на внедрение инновационных решений по энергоэффективности;
 - Привлечение государственных банков к программам кредитования и субсидирования инновационных проектов на льготных условиях;
 - Формирование правовой и методической базы использования сэкономленных муниципальными образованияами средств на погашение кредитов на инновации;
 - Развитие концепции Энергосервисных компаний (ЭСКО) в бюджетном секторе

продолжение

- **Поддержка внутренних производителей**
 - Опасность со стороны Китая, где недавно начала активно развиваться светодиодная индустрия, в планах Китая к 2015 году – 30% освещения на светодиодах
 - Преференции российским производителям светильников на базе российских светодиодов при гос.закупках
 - Контроль качества, например, некий вид сертификации для гос.закупок , так как сейчас аукцион легко выигрывает фирма, предлагающая минимальную цену, не проходя через предварительную проверку возможности поставки качественной продукции
 - Возможно, стандартная политика с таможенными пошлинами для поддержки внутренних производителей до вступления в ВТО
- **Поддержка НИОКР**
 - Создание центров с современным оборудованием, близким по параметрам к опытно-промышленным образцам для быстрой передачи разработок в индустрию
 - Целевая направленность поддержки с четкой отчетностью, необходимо участие производственных компаний , так как
 - Сегодняшняя наука во всем мире чрезвычайно спекулятивна
 - Получение грантов сегодня не привязано к достижению реальных результатов
- **Решение хорошо известных проблем, препятствующих развитию бизнеса в России**
 - Налоговое законодательство, таможенная практика, судебная практика

Сколько должно быть производителей

- В России имеет смысл иметь 2-3х, максимум 4х крупных производителей светодиодов и множество компаний, производящих светильники на их основе (сейчас есть уже два Светлана-Оптоэлектроника и Оптоган)
 - Нет смысла иметь много мелких производителей, так как они будут неконкурентными по отношению к крупным мировым игрокам
 - Стандартное правило полупроводниковой электроники – **экономика масштаба** (economy of scale)
 - Увеличение CapEx в 3 раза позволяет увеличить объем производства в 10 раз, и снизить себестоимость чипов 2 два раза
 - Мировая тенденция – консолидация игроков (производство, ценовая политика, интеллектуальная собственность итд)



- В США, Европе по две-три крупных компании (CREE, Lumiled, Osram etc)
- В Японии три основных игрока (Nichia, Sony, Toyoda-Goshey)
- ? Откуда брать технологию
 - на сегодняшний день в России только Оптоган обладает патентно-защищенной технологией мирового уровня (>100 Лм/Вт)
 - Привлечение мировых лидеров (Германия, США, Япония, Корея) для создания JVs

- Оптоган – одна из потенциальная компаний для консолидации усилий
- Принципиальные преимущества Оптоган
 - Наличие собственной запатентованной технологии производства светодиодов мирового уровня с основным упором на себестоимость Люмен (**110 Лм/Вт**) в “старшем бине”, динамичное и агрессивное развитие технологии, ясная roadmap к 170-200 Лм/Вт
 - Полная цепочка производства, начиная с самого важного и наукоемкого этапа – эпитаксиального роста
 - Функционирующее пилотное производство на собственном заводе в Германии (эксклюзивная аренда)
 - Интернациональный менеджмент компании с опытом построения хай-тек компаний, пониманием бизнес-процессов и релевантности приоритетов, опытом создания и вывода на международные рынки (Америка, Европа, Азия) высокотехнологичной продукции (светодиоды и полупроводниковые лазеры на квантовых точках)
 - Широкие международные связи менеджмента и признание в международной индустрии, Америка, Европа, Азия
 - Сильные акционеры, сочетание бизнес-интересов и политической воли построить в России нанотехнологичную и инновационную компанию

