



РОСНАНО
Российская корпорация нанотехнологий

**Основные направления
совершенствования дорожной карты.
«Использование нанотехнологий в
производстве светодиодов»
В. С. Пашков**



Зачем нужна многолетняя дорожная карта ?

- **Дорожная карта — это стратегический план развития светодиодной индустрии**
 - требует ежегодного обновления
- **Формирование направлений R&D**
 - приоритеты
 - определение временных целей
- **Обеспечивает отчет продвижения**
- **Увеличивает прозрачность процесса сопровождения разработок**
 - описывает конкурирующие процессы
 - показывает схемы мониторинга процессов и прохождения проектов

Принципы формирования дорожной карты

- **Ориентация на лучший мировой опыт**
 - Форсайт проекты (Япония, Германия, Великобритания, США)
 - Анализ лучших зарубежных дорожных карт
 - Методические подходы (ITRS, NRM Roadmap и др.)
 - Дорожные карты по светодиодам: Дорожная карта Министерства энергетики США, MONA (Европа), карта Ассоциации по развитию оптоэлектронной промышленной индустрии (США), Совета по содействию светодиодному освещению (Япония) и др.
 - Анализ российских ТДК (РБК, ОАО РЖД)
- **Использование унифицированной методологии**
 - Временная методика формирования дорожных карт (утверждена ГК «Роснанотех» 1.12.2008 г.)
 - Сочетание широкого набора методов: экспертные опросы в форме анкетирования и интервью, панельные дискуссии экспертов, SWOT-анализ и др.
 - Круглые столы (апрель 2008, февраль 2009),
 - Представление на Первом и Втором Международных форумах по нанотехнологиям (декабрь 2008, октябрь 2009), Втором Международном форуме по светотехнике (декабрь 2008)
 - Обсуждение на Рабочей группе по нанотехнологиям OECD (декабрь 2008 г.)
 - Работа экспертной группы

Состав экспертов

Привлечены эксперты:

- Бизнес (ОАО «РЖД», Оптоган, ФГУП «УОМЗ», ОАО «Протон» и др.)
- НПО (НИИАС ОАО «РЖД», ВНИСИ, НПЦ ОПТЭЛ Москва, ОАО «Гиредмет» и др.)
- НИИ, вузы (ФТИ им. Иоффе РАН, ИФХЭ РАН, МГУ, МИФИ и др.)
- ГК «Роснанотех», ГУ-ВШЭ
- Зарубежные эксперты (LG, Seoul Semiconductor, Osram)

Экспертная группа:

Состав – 17 человек (ГК «Роснанотех», бизнес, НПО, наука, ГУ-ВШЭ)

Обновления на 2010

Что произошло в мире в 2010 ?

- Светоотдача коммерческих светодиодов достигла 130 лм/Вт (холодный) and 93 лм/Вт (теплый)
- Цена светодиодного света снизилась до \$11/Клм (холодный) и \$21/Клм (теплый), оба значения превышают прогнозируемые
- Появился прототип OLED светильника с хорошим качеством света (CRI порядка 84), достаточным сроком службы(10000 часов) при светоотдаче 51 лм/Вт
- В настоящее время разработано значительное количество продуктов: [LightingFacts®](#) сейчас показывает около 2000 зарегистрированных продуктов

Акценты на 2011

- Поиск новых конструктивных решений осветительных устройств на основе светодиодов
 - использование преимуществ некоторых специальных характеристик
 - поиск решений «вне лампы»
- Для OLEDs - движение в более значительные области и переход к практическому конструированию светильников
- Не только эффективность (светоотдача), но качество цвета, срок службы, интеллектуальное управление необходимы для выхода на рынок

Уровень разработок LED (2010 г.)

Россия

Мировой уровень

Светильники

Светодиоды

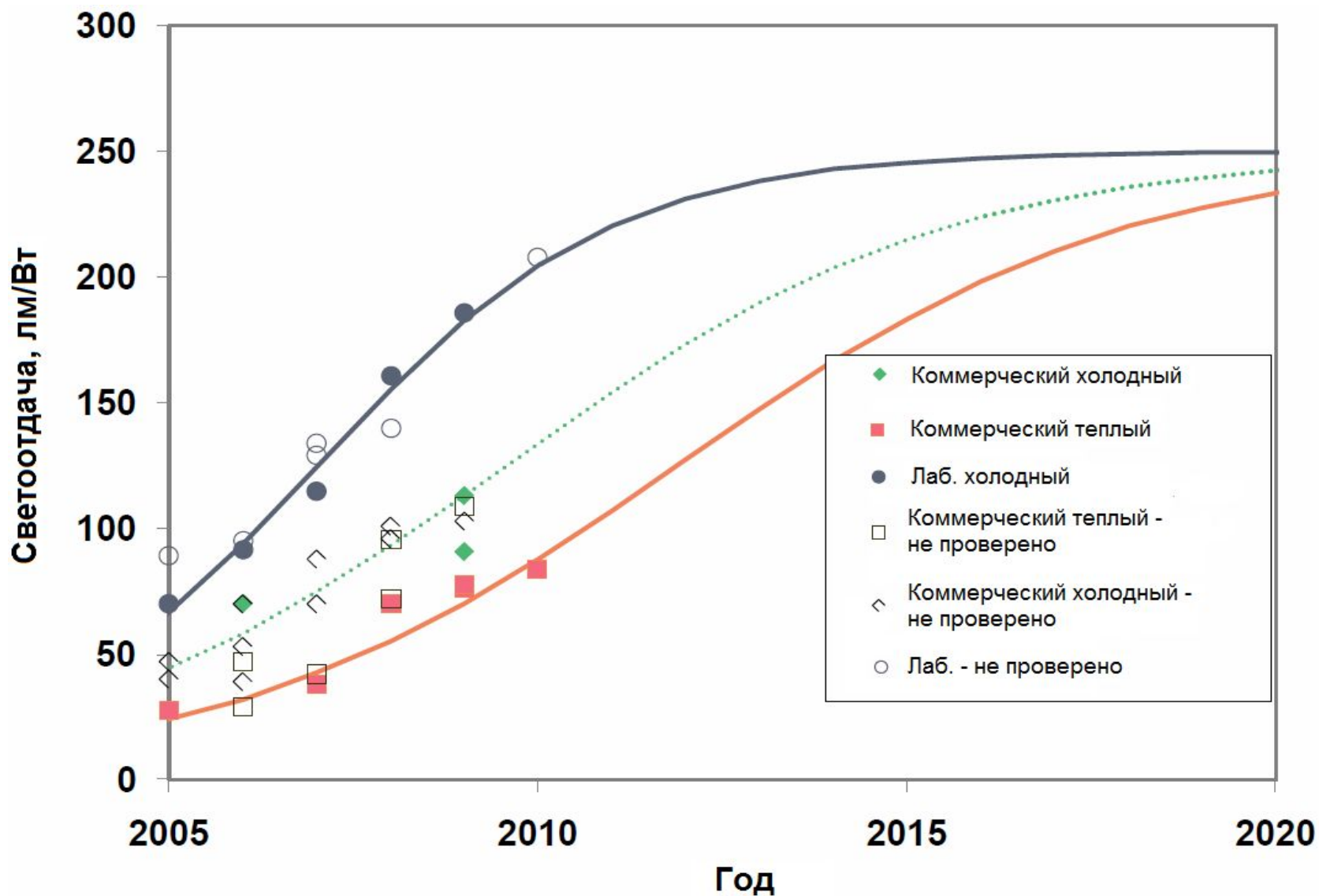
Фирма	Характеристики
ЗАО Оптиган	72 лм/Вт, 138 Вт (10 клм)
Светлана Оптоэлектроника	40 лм/Вт, 18 Вт
Светлана Оптоэлектроника	50-60 лм/Вт, хол. бел., 1,2 Вт, 69 \$/Клм
ЗАО Оптиган	90 - 95лм/Вт,(хол.бел.), 20 – 30 мА, 22 \$/Клм
ОАО «Протон»	40 лм/Вт, хол. бел., 3 Вт
НТЦ при ФТИ им. Иоффе	160 лм/Вт, 350 мА

Характеристики	Фирма
102 лм/Вт, 9 Вт, тепл. бел. 969 лм.	Cree
65 лм/Вт, 21 Вт, тепл.бел. (1022 лм) (LED Cree)	Gallium
32 лм/Вт, 7 Вт, 6 LED, тепл. бел.	Osram
107 лм/Вт, хол.бел., 350 мА, 7 \$ /Клм	Cree
95 лм/Вт (хол.бел.), 68 лм/Вт, (тепл.бел.), 3,7Вт, 4 \$/Клм	Nichia
97лм/Вт, (хол.), 82лм/Вт (тепл.), 1А, 7\$/Клм	Osram
26лм,1Вт(R), 32лм, 1,3Вт(G), 10лм, 1,4Вт (B), 350 мА	Edison Opto Corporation

Представленные характеристики светильников и светодиодов ведущих производителей показывают следующее:

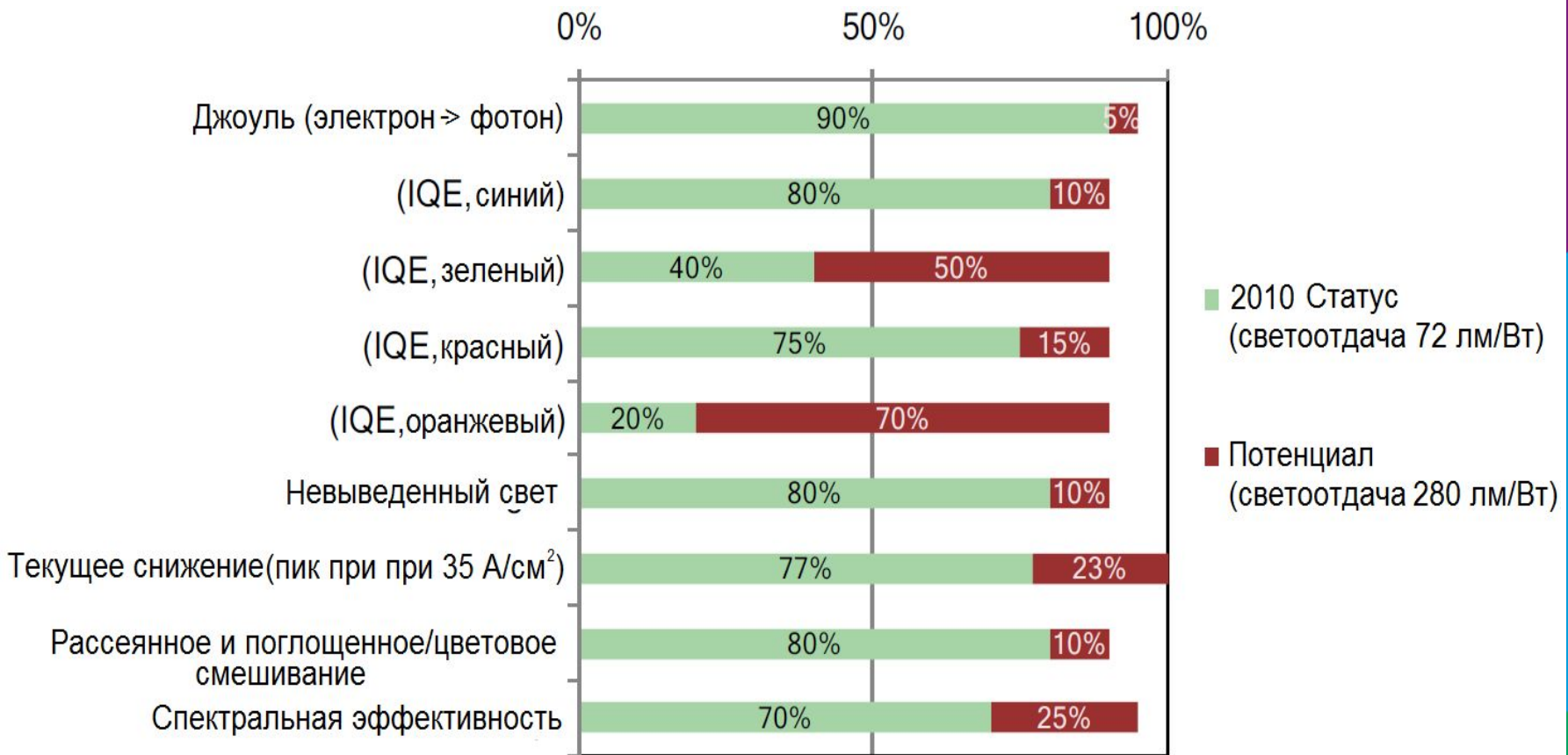
1. Характеристики светильников примерно близки по эффективности (светоотдаче), что объясняется использованием идентичной элементной базы (в первую очередь светодиодов).
2. Характеристики светодиодов несколько отличаются из-за отставания российской технологии производства.

Прогноз повышения светоотдачи LEDs



Соответствует 35 А/см²

Эффективность LEDs со смешиванием цветов



LED источник со смешиванием цветов, включая оранжевый цвет

Основные вехи разработки LEDs

Этапы	Год	Цель
2	2010	Общие для упаковки LED : > 140 лм/Вт, холодный белый; >90лм/Вт, теплый белый; < \$13/Клм холодный белый
3	2012	Светильник: 100 лм/Вт, световой поток ~1000 лм; CCT3500K, CRI ~ 80
4	2015	Упакованный LED: < \$2/Клм; холодный белый
5	2017	Светильник: >140 лм/Вт; >3500 люмен; нейтральный белый; < \$100
6	2020	“Интеллектуальный” светильник <\$85

Приоритетные задачи основополагающих технологий LEDs

Категории задач	Обоснование первостепенности задач
Задачи исследований LED	
Исследование материалов излучателей	<ul style="list-style-type: none">• Исследование механизмов снижения эффективности синих LEDs• Идентификация и использование средств/методов уменьшения текущего снижения и тепловой чувствительности для всех цветов• Разработка эффективных красных (610-620 нм) или янтарных (оранжево-желтых) LEDs (на 585-595 нм), для которых возможна оптимизация спектральной эффективности с высоким качеством цвета по всему диапазону CCT
Преобразова – тели излучения – люминофоры	Исследование новых высокоэффективных материалов для повышения квантового выхода и эффективности люминесценции в целях создания теплых белых LEDs с особым акцентом на высокое качество цвета и улучшение термической стабильности.
Новая архитектура излучателей	<ul style="list-style-type: none">• Изобретение новых конструкций излучателей и механизмов, которые позволяют повысить эффективность цветовую стабильность и направленность излучения, включая объединенные структуры LED/люминофор.• Разработка путей увеличения функциональности на уровне чипа на основе существующих подходов

Приоритетные задачи основополагающих технологий LEDs

Категории задач	Обоснование первостепенности
Задачи разработки продукции LED	
Разработка подложек	<ul style="list-style-type: none">• Разработка альтернативных высококачественных подложек, которые позволяют создавать дешевые высокоэффективные светодиоды (LED packages)• Определение пути к достижению целевых характеристик и снижение стоимости.
Конструкция упаковки LED	<ul style="list-style-type: none">• Разработка новых упаковок LED и конструкций модулей, готовых для интеграции в светильники с учетом теплового управления, стоимость, стабильности цвета, распределения светового потока, электрической интеграции, надежности и простоты интеграции в светильник• Использование новых подходов к люминесценции, RGB + архитектура, система в пакете, гибридный цвет или другие подходы, решающие эти проблемы.
Надежность системы и срок службы	<ul style="list-style-type: none">• Сбор и анализ системных данных о надежности для определения механизмов отказа и повышения надежности светильников и срока службы (включая цветовую стабильность).• Разработка и утверждение ускоренных методов испытаний. Эта задача включает проекты, которые позволяют моделировать определенные подсистемы светильника

Уровень разработок белых OLED (2010 г.)

Россия

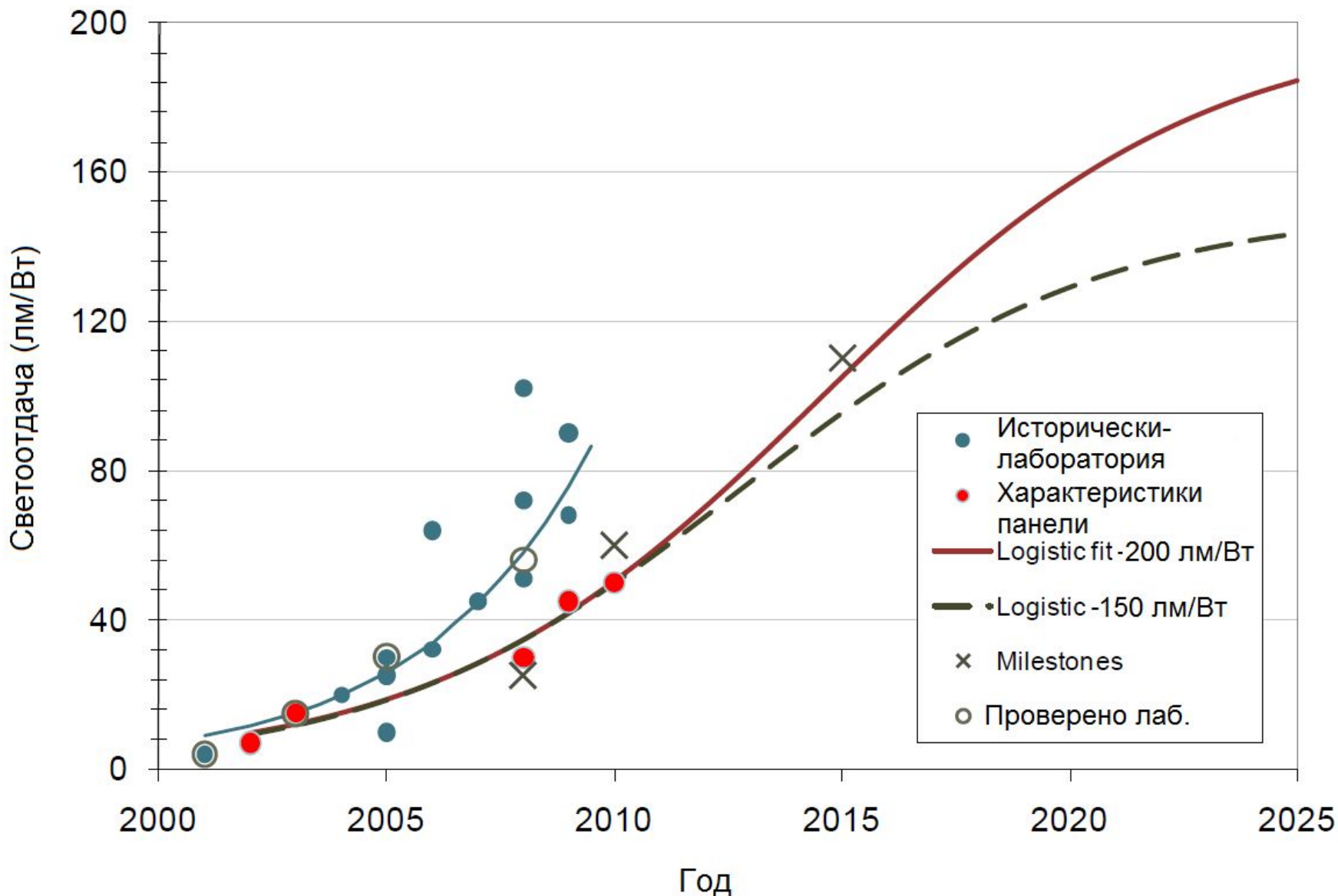
Мировой уровень

	Фирма	Характеристики	Характеристики	Фирма
Светильники	Производятся разработки на уровне НИОКР. Производство отсутствует.		Интерактивные светильники	Philips
			Настольная лампа	Osram
Светодиоды	ОАО КБ Циклон	Белый OLED 16 лм/Вт при яркости 155 кд/м ²	Белый OLED 102 лм/Вт при яркости 1000 кд/м ²	UDC
			Белый OLED 102 лм/Вт при яркости 1000 кд/м ² . Срок службы более 10000 часов	Eastman Kodak

Представленные характеристики светильников и светодиодов ведущих производителей показывают следующее:

1. Разработка светильников в России не производится.
2. Характеристики светодиодов существенно отличаются из-за отставания российской технологии производства.

Эффективность OLEDs



Основные вехи разработки OLEDs

Этапы	Год	Цель
1	2008	>25 лм/Вт, < \$100/Клм, 5000 часов (элемент)
2	2010	> 60 лм/Вт (панель)
3	2012	< \$45/Клм(панель)
4	2015	>110 лм/Вт(панель)@10000 лм/м (панель)
5	2018	50Кчас срок службы, 10000 лм ² /м (панель)

Приоритетные задачи основополагающих технологий OLEDs

Категории задач	Обоснование первостепенности задач
Задачи исследований OLED	
Новые материалы и структуры OLED	<ul style="list-style-type: none">• Исследование новых материалов и структур (между электродами)• Увеличение EQE при уменьшении напряжения, и увеличении срока службы устройства• Снижения стоимости, например, путем увеличения надежности материалов или конструкции, которая упрощает технологию производства устройства• Исследование внутренних структур OLED, которые предлагают больший контроль цвета или направленности света.
Исследование технологии изготовления	<ul style="list-style-type: none">• Разработка новых методов практической эпитаксии материалов, изготовления устройств или герметизации, чтобы, в конечном счете снизить стоимость производства панелей OLED• Показать возможности масштабируемости, высоких объемов выпуска и срока службы более 10 лет.
Решения для вывода света	<ul style="list-style-type: none">• Разработка новых оптических структур и конструкций устройств для улучшения вывода света из OLED при сохранении тонкого профиля OLED панелей. Подход должен быть масштабируемым для больших размеров и обеспечивать возможности для дешевого производства

Приоритетные задачи основополагающих технологий OLEDs

Категории задач	Обоснование первостепенности задач
Задачи разработки продукции OLED	
Интеграция светильника	<ul style="list-style-type: none">• Разработка OLED светильника с тепловыми, механическими, оптическими, свойствами, а также свойствами, достаточными для создания дешевого устройства с большим сроком службы и конкурентоспособностью. Эта задача включает максимизацию использования света для соответствующего применения, тепловое управление и электрические соединения с драйвером и внутри панелей OLED.
OLED большой площади	<ul style="list-style-type: none">• Демонстрация высокой эффективности панели OLED, с площадью, по крайней мере, 200см², высокой однородностью света и долгим сроком службы, используя дешевый дизайн, процессы изготовления, материалы, при этом должна быть возможность для массового производства.
Вывод света	<ul style="list-style-type: none">• Демонстрация возможности улучшения вывода света на уровне производства и, возможно, направленности света для панелей OLED. Подход должен быть продемонстрирован по большим площадям и показана возможность снижения стоимости.

Области применения светодиодов

Устройства освещения, отображения и связи

Цветные индикаторы состояния, индикаторные экраны, полноразмерные экраны для отображения информации, гибкие экраны, подсветка ЖК-экранов, LD-вспышки, подсветки для фото-видео техники

Мобильные устройства

Плоские панели для телевизоров и мониторов, информационные табло

Дисплеи больших размеров

Цветные и монохромные индикаторы, индикаторные экраны, подсветка ЖК-экранов, специальные применения (стимуляция роста растений, УФ-дезинфекция воды и др.)

Бытовые и промышленные устройства

Внутреннее освещение, общее освещение нежилых помещений, общее освещение в жилых помещениях, специальное освещение с переменной цветопередачей, специальное освещение на рабочих местах, освещение в жилых помещениях, не имеющих подключения к электросети

Общее освещение

Сигналы и знаки

Светофоры, ночная дорожная разметка, разметка взлетно-посадочных полос, подсветка дорожных знаков и указателей, аварийные надписи и индикаторы, в т.ч. автономные, системы контроля, датчики «присутствия», и т.д.

Наружная и декоративная подсветка

Декоративная цветная и белая подсветка, реклама и декоративные вывески, наружное освещение больших площадей

Транспортные средства

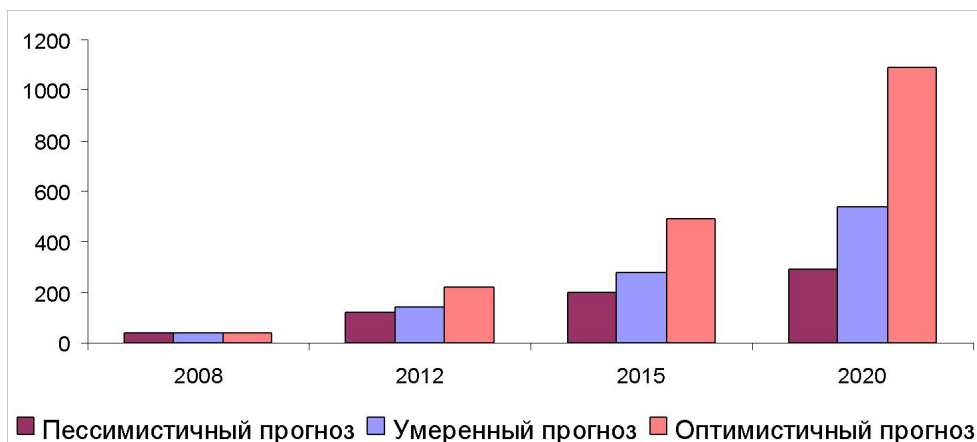
Стояночные огни, указатели поворотов, стоп сигнал, внутреннее освещение салона, индикаторные панели, встроенные парковочные системы, системы индикации в лобовом стекле

Динамика рынка светодиодов

Динамика мирового рынка, млрд. долл. США



Динамика российского рынка, млн. долл. США



- После снижения на 5% в 2009 году рынок возобновит рост со средними темпами 10-20%
- Основные драйверы роста: улучшение потребительских свойств светодиодов при снижении цены, развитие рынка мобильных устройств
- В долгосрочной перспективе российский рынок светодиодов составит от 1% до 5% доли мирового рынка в пессимистичном и оптимистичном сценариях прогноза. Скорость роста российского рынка составит 18-32% в год
- Оптимистичный прогноз учитывает активный сценарий развития отрасли в России: принятие государственных программ, прямое финансирование производителей и разработчиков, формирование налоговых льгот, разработку нормативной базы, финансирование НИОКР, совершенствование системы защиты интеллектуальной собственности

Рекомендации по стратегии

Сегмент	Тенденции	Стратегия
Мобильные устройства	<ul style="list-style-type: none"> • Светодиоды заменили традиционные лампы • Прогнозируется сокращение доли сегмента рынка светодиодов вследствие замедления темпов его роста и опережающего развития других сегментов • Ожидается переход с неорганических светодиодов на органические 	<ul style="list-style-type: none"> • Перспективные направления для вложений в НИОКР, возможно софинансирование со стороны производителей
Дисплеи больших размеров	<ul style="list-style-type: none"> • Светодиоды доминируют на данном сегменте • Сегмент бурно развивается, рост составляет 29% в год 	<ul style="list-style-type: none"> • Необходимо стабильное финансирование в течение длительного времени для поддержания устойчивого темпа роста
Электронные бытовые и промышленные устройства	<ul style="list-style-type: none"> • Светодиоды не имеют конкурентов на данном сегменте • Сегмент обладает невысокой скоростью роста 	<ul style="list-style-type: none"> • Перспективна поддержка отдельных нишевых приложений
Сигнальные приборы	<ul style="list-style-type: none"> • В настоящий момент сегмент занимает 2% рынка, но обладает большим потенциалом роста 	<ul style="list-style-type: none"> • Перспективное направление проектного финансирования, ориентированного на агрессивную стратегию захвата рынка
Транспортные средства	<ul style="list-style-type: none"> • Светодиоды в данном сегменте конкурируют с другими лампами • Сегмент стабильно развивается 	<ul style="list-style-type: none"> • Развитие возможно только при больших и длительных затратах (например, в рамках контрактов с крупными производителями транспортных средств)
Общее освещение	<ul style="list-style-type: none"> • Светодиоды начинают вытеснять традиционные лампы • Один из крупнейших сегментов к 2020 году • Риск - серьезная конкуренция со стороны зарубежных производителей 	<ul style="list-style-type: none"> • Необходима осторожная стратегия, защита отечественного производителя. • Поддержка государственными программами. Важна роль нормативного обеспечения.
Наружная подсветка	<ul style="list-style-type: none"> • Светодиоды активно вытесняют традиционные лампы • Сегмент стабильно развивается 	<ul style="list-style-type: none"> • Финансирование целесообразно только для продуктов высокой степени готовности выхода на рынок.

Использование дорожной карты

Выбор стратегии развития рынка

Ориентация на крупные быстрорастущие сегменты рынка для обеспечения спроса на инновационную продукцию. Учет возможностей российских производителей и конкуренции со стороны альтернативных технологических решений.

Формирование лотов

Формирование лотов на организацию производства продукции и создание необходимых технологий. Конкурс заявок на производство продуктов для перспективных областей применения.

Стратегическая экспертиза

Стратегическая экспертиза проектных предложений на базе направлений развития, указанных в дорожной карте

Приложение: Управление дорожной картой

Сотрудничество

Поддержка и развитие ДК должно осуществляться в сотрудничестве с ассоциациями (например, Ассоциация производителей светодиодов), а также совместно с крупными представителями спроса (например, ОАО «РЖД»)

Создание тех. комитета

Необходимо создание технического комитета на базе экспертного сообщества, ОАО «Роснанотех» и заинтересованных ассоциаций

Периодическое обновление

Необходима регулярная работа технического комитета с целью мониторинга состояния светодиодной индустрии и координации мер поддержки

Взаимодействие с другими отраслями

Оценка возможностей реализации кластерных проектов со смежными секторами (солнечные батареи, мобильные устройства с органическими компонентами, полупроводниковая промышленность и пр.)