

УДК 621.383.933

## РАЗВИТИЕ СВЕТОДИОДНОЙ ТЕХНИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ю.В. ТРОФИМОВ, В.С. ПОСЕДЬКО, С.И. ЛИШИК, В.И. ЦВИРКО

*Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси  
Логойский тракт, 22, к. 2207, Минск, 220090, Беларусь*

*Поступила в редакцию 29 апреля 2011*

Проанализированы основные направления и тенденции развития светодиодной техники. Приведены этапы создания производства светодиодной техники в Республике Беларусь и их особенности. На примере Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси представлены основные достижения, возможности и проблемы развития.

*Ключевые слова:* светодиоды, светодиодная техника, световая эффективность, оптическая система светильника.

### Введение

Одной из областей внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий является освещение, что обусловлено научно-техническим прогрессом в создании высокоэффективных твердотельных источников света (светодиодов).

В Беларуси доля электроэнергии, идущей на нужды освещения, составляет около 18%. Поэтому, учитывая объем потребления электроэнергии в Республике Беларусь (35 млрд. кВт·ч), получим, что на нужды освещения в масштабе страны расходуется около 6 млрд. кВт·ч. С финансовой точки зрения это означает, что в свет ежегодно «превращается» около 600 млн. \$. (при среднем тарифе на электроэнергию 0,1 \$/кВт·ч), а с точки зрения экологии – в окружающую среду ежегодно выделяется около 4 млн. тонн углекислого газа CO<sub>2</sub>.

Гигантский объем финансовых средств и электроэнергии, ежегодно расходуемых на нужды освещения, отчасти обусловлены низкой эффективностью используемых в настоящее время источников света (ламп накаливания, галогенных и люминесцентных ламп). Применение светодиодной осветительной техники позволит уменьшить эти расходы в несколько раз, а также улучшить экологическую обстановку в регионе за счет снижения выбросов CO<sub>2</sub> и уменьшения загрязнения окружающей среды ртутью, которая содержится в люминесцентных лампах.

### Этапы создания производства светодиодной техники в РБ

Учитывая неоспоримые преимущества светодиодов, руководством страны поддержана инициатива Национальной академии наук Беларуси по созданию в республике современного производства светодиодной техники.

Определены три этапа реализации проекта

1. На первом этапе создается производство светодиодной техники на основе импортной светодиодной элементной базы с максимальной степенью локализации производства остальных компонентов. В случае коммерческого успеха первого этапа будет принято решение о целесообразности перехода на второй этап.

2. На втором этапе планируется создание сборочного производства (корпусирования) светодиодов на основе импортных светодиодных кристаллов и материалов.

3. На третьем этапе будет создано собственное производство светодиодов по полному технологическому циклу, включая выращивание гетероструктур, резку пластин и т.д.

## Результаты реализации 1 этапа

Реализацию 1 этапа, стартовавшего в 2009 году, Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси начал с организации производства светодиодных уличных светильников и светильников для жилищно-коммунального хозяйства (рис. 1, *а, б*). К настоящему времени завершена НИОКР: разработана конструкторская документация, изготовлены опытные образцы светодиодных светильников, проведены лабораторные и натурные (рис. 2, *а, б*) испытания светильников, исследованы их светотехнические и эксплуатационные характеристики, осуществляется подготовка серийного производства.

Кроме вышеуказанной светодиодной продукции предприятие разрабатывает и офисные светильники (рис. 1, *в*), прожекторы (рис. 1, *г*) и светодиодные тепличные облучатели (рис. 2, *в*).



Рис. 1. Светодиодные светильники: *а* – уличный, *б* – для ЖКХ, *в* – офисный; *г* – светодиодный прожектор



Рис. 2. Примеры практического использования разработанной светодиодной техники: *а* – уличный светильник; *б* – светильник для ЖКХ, *в* – биотехнологический комплекс для выращивания томатов

При создании производства светодиодной техники необходимо решить целый ряд научных, технических, метрологических, маркетинговых и организационных проблем. Рассмотрим их более подробно.

В первую очередь светильник должен характеризоваться не декларативной, а реальной световой эффективностью  $\eta \geq 75$  лм/Вт. Для этого необходимо использовать не только эффективную светодиодную элементную базу, но и снижать потери в оптической системе  $\xi_{opt}$ , улучшать эффективность отведения тепла  $\xi_{th}$  и КПД электрического блока питания и драйвера  $\xi_{el}$ :

$$\eta = \eta_{LED} \xi_{opt} \xi_{th} \xi_{el}$$

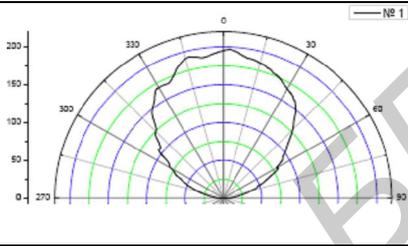
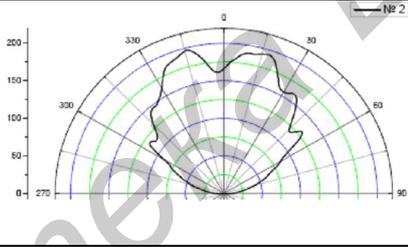
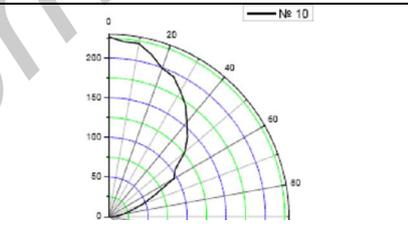
Известно [1, 2], что даже у ведущих производителей светодиодов (Cree, Osram, Philips Lumileds, Nichia, Seoul Semiconductors) измеряемый световой поток светодиодов в большинстве случаев не соответствует бинам, заявляемым производителем. Причина несоответствия заключается как в маркетинговой политике производителей, так и в методиках разбивки светодиодов. В связи с этим на предприятии создана система входного контроля параметров све-

одиодной элементной базы, светодиодных модулей и дисплеев, основанная на использовании комплекса прецизионного измерительного оборудования производства компании Instument Systems (Германия).

### Оптическая система светильника

Рассмотрим несколько вариантов плафонов для ЖКХ-светильника (табл. 1). Плафоны отличаются текстурой поверхности и изготавливаются на собственном технологическом оборудовании методом 3D-фрезерования и вакуумной формовки. Световой поток от светильника без плафона составляет 619 лм. Легко увидеть, что плафон №10 является оптимальным с точки зрения минимизации оптических потерь и получения требуемой кривой силы света (КСС).

Таблица 1. Световые характеристики ЖКХ светильника с различными типами плафонов

№	Фото плафона	Кривая силы света (КСС)	Световой поток, лм / оптические потери, %
1			566 лм 8,5 %
2			590 лм 4,6 %
...			
10			597 лм 3,5%

### Тепловая система светильника

Обеспечение оптимальных тепловых режимов работы светодиодов в составе светодиодных устройств является первостепенной задачей, от решения которой зависят надежность и срок службы изделия.

Вся разрабатываемая нами светодиодная продукция обязательно проходит тестирование при экстремальных температурных условиях работы. Проверяется работоспособность и надежность светодиодных изделий, определяются локальные места перегрева, что позволяет определять слабые места в конструкции и своевременно (на этапе макетного образца) их устранять. В качестве примера на рис. 3 показана термограмма светодиодного уличного светильника, извлеченного по прошествии 4 ч из так называемой «тепловой шубы» – листа теплоизолирующего синтетического материала, в который заворачивался светильник.

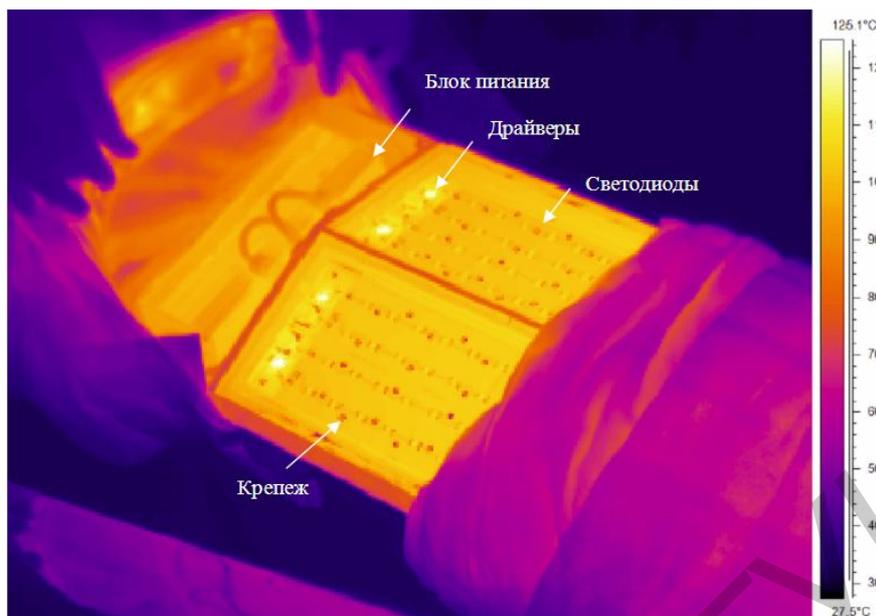


Рис. 3. Термограмма поверхности светодиодного уличного светильника

При данных условиях тестирования максимальная температура отдельных элементов светильника (блок питания, драйверы) возростала до  $+128^{\circ}\text{C}$ , однако светильник продолжал исправно функционировать. О качестве теплового дизайна говорит также хорошая равномерность распределения температуры по поверхности печатных плат, которая не превышает  $+1^{\circ}\text{C}$ , что достигается улучшенным тепловым дизайном корпусных деталей светильника, применением стеклотекстолитовых печатных плат с повышенным коэффициентом теплопроводности, а также специальных теплопроводящих интерфейсных материалов (ТИМ).

### Электрическая система светильника

Основными требованиями к блокам питания светодиодных уличных светильников являются высокая эффективность  $\eta_{el}$ , расширенный диапазон рабочих напряжений, встроенные функции защиты от перенапряжений и перегрева, гальваническая развязка, высокая надежность (срок службы), пыле-влагозащищенность и грозозащита. Как правило, в светодиодной технике применяются покупные блоки питания. Однако практика показывает, что даже качественный и сертифицированный блок питания не гарантирует отсутствия проблем со светильником после его включения в сеть питания. Так, например, при подключении уличного светильника монтажник может перепутать фазы. В момент включения электрического питания в производственных цехах, в которых наряду со светильниками установлено силовое оборудование (станки, машины), могут возникнуть наносекундные броски сетевого напряжения, которые могут вывести из строя блок питания и светодиодные модули, и др.

Кроме рассмотренного выше показателя световой эффективности  $\eta$  при разработке светильников также учитываются такие нюансы, как устойчивость защитных покрытий к долговременному воздействию UV-излучения, влаги, температуры и других факторов окружающей среды. Светильники, особенно наружного применения, должны быть самоочищающимися – так как накопление на них грязи и пыли снижает эффективность теплорассеяния и, как следствие, надежность изделий. Для решения вышеуказанных задач корпусные детали покрываются защитным нанопокрывтием на основе флуорокарбона, установка по нанесению которых также имеется в распоряжении предприятия.

Оптимизация оптической, тепловой и электрической систем, например, уличного светильника позволили нам достичь высоких значений соответствующих коэффициентов:  $\xi_{opt} = 0,8$ ,  $\xi_{th} = 0,96$ ,  $\xi_{el} = 0,88$ . Таким образом, используя эффективную светодиодную элементную базу с оптимальной комбинацией бинов (bin) по световому потоку и по падению на-

пряжения, становится возможным достичь суммарной световой эффективности светильника 75 лм/Вт и выше, что соответствует лучшим мировым достижениям.

К недостаткам светодиодной техники обычно относят ее высокую первоначальную стоимость. Однако экономические расчеты показывают, что первоначальные затраты на приобретение светодиодных светильников достаточно быстро окупаются (рис. 4). Так, по сравнению со светильниками на основе ламп накаливания (ЛН), светодиодные светильники окупаются за 3 года. Если же светильник на основе ЛН оснащен устройством автоматического включения освещения (АСУ), то срок окупаемости светодиодного светильника возрастает до 6 лет. С другой стороны, если светодиодный светильник также оснастить АСУ, срок его окупаемости уменьшится до 5,5 лет. Более долгим сроком окупаемости характеризуется светодиодный светильник в сравнении со светильником на основе компактной люминесцентной лампы (КЛЛ) – 7 лет (6 лет – если светодиодный светильник оснащен АСУ).

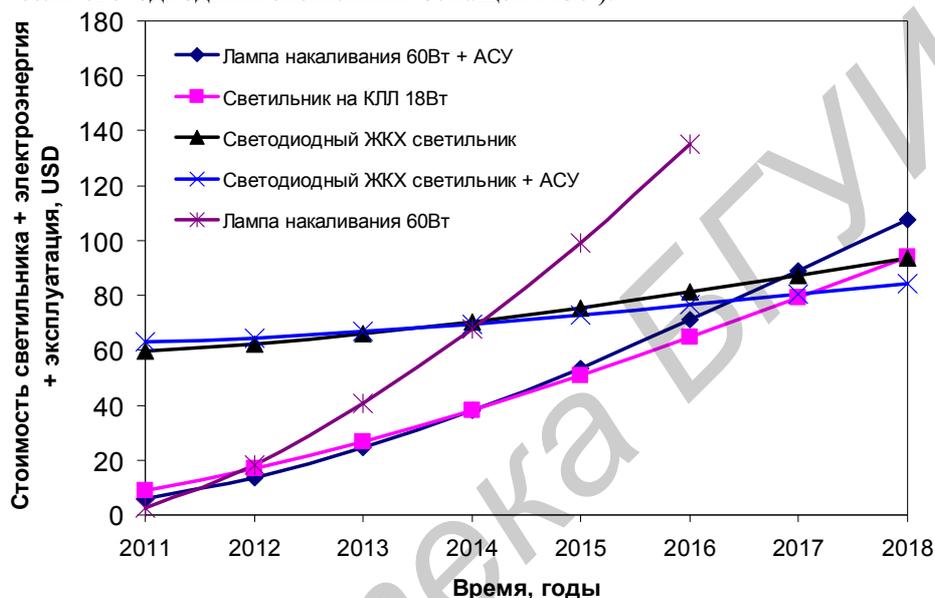


Рис. 4. Периоды окупаемости осветительных устройств различного типа

Резюмируя вышеизложенное нужно отметить, что, несмотря на сравнительно небольшой срок реализации проекта, предприятие существенно продвинулось в разработке и создании производства конкурентоспособной светодиодной продукции.

## DEVELOPMENT OF LIGHT-EMITTING DIODE TECHNICS IN REPUBLIC OF BELARUS

YU.V. TROFIMOV, V.S. POSEDKO, S.I. LISHIK, V.I. TSVIRKO

### Abstract

The basic directions and tendencies of development of light-emitting diode technics are analysed. Stages of creation of manufacture of light-emitting diode technics in Republic of Belarus and their features are resulted. On an example of the Center light-emitting diode and optoelectronic technologies NAS of Belarus the basic achievements, opportunities and problems of development are presented.

### Литература

1. Трофимов Ю.В., Лишик С.И., Цвирко В.И. // Сб. статей 7-ого Белорусско-Российского. 2009. С. 141–144.
2. Трофимов Ю.В. // Современная светотехника. 2010. №1. С. 14–17.