

РАЗВИТИЕ СВЕТОДИОДНОЙ СВЕТОТЕХНИКИ В РОССИИ

А.В. Митрофанов, вед. конст. ОАО «Особое конструкторское бюро МЭЛЗ»,
канд. техн. наук

В статье кратко рассмотрены основные этапы развития светодиодной светотехники в России. Отмечается роль предприятий, получивших финансовую поддержку в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы». Описываются усилия разработчиков компании «Оптоган» по разработке технологии отечественных светодиодов полного цикла, начиная от изготовления пластин и выводу этих светодиодов на отечественный рынок. Указываются основные направления будущего развития светодиодной техники в РФ.

Ключевые слова: светоизлучающий диод, уличные светильники, вторичная оптика (линзы и отражатели), «удаленный» люминофор, НИИ ПМ, «Оптоган», «ТУСУР 2».

DEVELOPMENT OF LED LIGHTING ENGINEERING IN RUSSIA

A.V. Mitrofanov, Leading Designer, OJSC «MELZ Special Design Bureau»,
Doctor of Engineering

The article briefly considers the main stages of development of LED lighting engineering in Russia. The role of the enterprises which got financial support within the FTP «Researches and development in the priority directions of development of a scientific and technological complex of Russia for 2014–2020» is noted. Efforts of developers of the Optogan company on development of technology of domestic light-emitting diodes of a full cycle are described, beginning from production of plates and to a conclusion of these light-emitting diodes to the domestic market. The main directions of future development of LED equipment in the Russian Federation are specified.

Keywords: light-emitting diode, street lamps, secondary optics (lenses and reflectors), «remote» phosphor, R&D institute of semiconductor machinery building, «Optogan», «TUSUR 2».

Первые шаги применения светодиодов в приборах, так или иначе связанных с освещением, были сделаны в г. Санкт-Петербурге еще во второй половине 90-х годов. Именно тогда талантливый инженер и организатор Г. Иткинсон организовал малое предприятие по разработке и производству светотехнических приборов пожарного оповещения. Предприятие успешно развивалось благодаря заказам городских властей и требованиям противопожарной безопасности (последние предписывали обязательно применение табличек «Выход» на всех предприятиях промышленности и торговли, в том числе частных). Впоследствии требования ужесточились – МЧС потребовало обязательного наличия приборов оповещения о пожарной опасности, оборудованных датчиками дыма и соответствующими приборами сигнализации – звуковой и световой.

Г. Иткинсон одним из первых пришел к выводу, что такие световые приборы открывают обширный рынок для светоизлучающих диодов (СД), которые тогда уже начали серийно производиться за рубежом. Финансовые средства позволили приобрести часть лабораторно-производственных площадей НПО «Светлана». На них Г. Иткинсон организовал проведение разработок СД, удачно привлекая к этому специалистов знаменитого Алферовского Физтеха им. А.Ф. Иоффе. Этому начинанию было оказана немалая финансовая поддержка со стороны Российского Фонда технологического развития. В результате было создано опытное производство СД полного цикла, начиная с изготовления эпитаксиальных пластин, получившее юридическое наименование ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника».

Однако с самого начала ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника» не было ориентировано на развития массового производства отечественных СД. Оно ориентировалось на собственное производство световых приборов с использованием производимых им СД. Очень скоро оказалось, что СД этого ЗАО значительно уступают зарубежным «аналогам», которые к началу 2000-х годов стали доступными на отечественном рынке, причем с весьма конкурентоспособной ценой. Этот факт вызвал появление на отечественном рынке разработчиков и производителей световых приборов на СД новых участников, среди которых надо в первую очередь выделить ООО «Фокус» г. Щелково. Руководители этого предприятия осознали, что бытовые осветительные приборы на СД вряд ли будут быстро востребованы отечественными потребителями, особенно в связи с тем, что рынок РФ наводнили китайские компактные люминесцентные лампы (КЛЛ), цена которых была приемлемой с учетом быстрой окупаемости за счет экономии электроэнергии. ООО «Фокус» стало пионером применения СД в уличных светильниках и активно искало заказчиков в среде муниципальных органов власти.

Работы по применению СД стали предметом конкурсов Минобрнауки в рамках Федеральной программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы». Один из этих конкурсов выиграло Государственное предприятие «ОКБ МЭЛЗ». Специалистами этого предприятия был предложен впоследствии запатентованный способ изготовления светодиодных светильников, в первую очередь, светодиодных ламп (СДЛ) на основе принципа т. н. «удаленного» люминофора [1, 2].

Как известно, наибольшей энергетической эффективностью обладают СД синего свечения. Белые СД изготавливаются путем нанесения люминофора желтого свечения в непосредственной близости от кристалла СД. Сочетание синего и желтого свечения формирует белый свет (правда, не очень высокого качества). «ОКБ МЭЛЗ», имея опыт разработок КЛЛ (в части, со спиралевидной колбой — СКЛЛ), предложило наносить люминофор на колбы ламп, близкие по форме к лампам накаливания, или на поверхности защитных оболочек светильников. Главный недостаток этого решения — повышенный расход люминофора. Но специалисты не без основания полагали, что массовое развитие светодиодных светильников приведет к организации массового производства этих новых люминофоров и они перестанут быть дефицитными и дорогостоящими.

Преимущества «удаленного» люминофора в первую очередь заключаются в повышении надежности и срока службы световых приборов на СД. Основной фактор снижения эффективности СД — их постоянный нагрев во время работы. Этот нагрев усугубляется из-за люминофора, который дополнительно создает благоприятные условия для нагрева СД. Кроме того, люминофор, находящийся в непосредственной близости к кристаллу СД, также нагревается, что снижает срок его службы.

В результате выполнения конкурсной работы были изготовлены первые в мире СДЛ с удаленным люминофором (рис. 1).

К сожалению, из-за политики ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника» в разработках ООО «Фокус» и «ОКБ МЭЛЗ» применялись исключительно зарубежные СД, в первую очередь американской компании Cree, которая к этому времени оказалась лидером в создании высококачественных синих и белых СД с энергетической эффективностью, достигающей 450 мВт/Вт, или светоотдачей более 120 лм/Вт для белых СД.

С использованием светодиодов компании Cree «ОКБ МЭЛЗ» провело ряд удачных разработок светодиодных световых указателей. На рис. 2 представлены световые указатели, установленные в транспортных Серебряноборских автомобильных тоннелях, отличающиеся повышенной устойчивостью к воздействию внешних факторов.

Удачное применение нашли светодиоды в крупногабаритных световых указателях названий улиц и номеров домов (рис. 3).



Рис. 1. Лампы трех веков: (слева направо – 21-го, 19-го и 20-го)

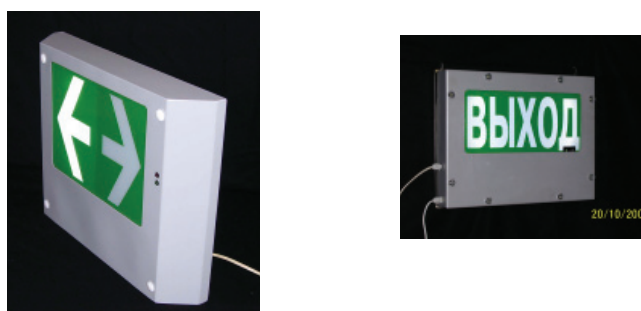


Рис. 2. Светодиодные светуказатели, установленные в Серебряноборских автотранспортных тоннелях в Москве



Рис. 3. Светодиодный указатель названия улиц

В последние годы производители светодиодной светотехники все чаще обращаются к уличным светильникам, так как они оказались востребованными муниципальными органами управления, желающими реализовать на практике идеи энергосбережения в освещении. Чтобы обеспечить нужное светораспределение по поверхности улицы, сначала широко применялся модульный принцип конструирования уличных светильников. Пример такой конструкции можно найти в разработках компании GALAD холдинга БЛ-Трейд. В этих конструкциях планарные светодиодные модули (печатные платы) развернуты под разными углами по отношению к плоскости улицы для формирования нужной кривой силы света.

Однако такая конструкция оказалась нетехнологичной и слишком громоздкой. Исправить положение удалось с помощью линз, одеваемых на светодиоды. Эти линзы – также импортного производства, например, компании LEDIL (Финляндия)

Для уличных светильников созданы комплекты линз [3], с помощью которых плоская поверхность общей платы со светодиодами (и линзами) может обеспечить нужное светораспределение по улице. Благодаря таким комплектам линз исключаются разворотные модули,

упрощается конструкция светильника, в частности, теплоотвода, который в данном случае просто располагается над светодиодной платой.

Специально для российских условий компания LEDIL создала симметричную оптику (рис. 4), которая успешно работает на самых распространенных в России опорах освещения с наклоном консоли на 15° от горизонта [3].



Рис. 4. Внешний вид набора линз Tatyana, разработанный компанией LEDIL для российских условий

В последние годы начал возрождаться интерес разработчиков к светодиодным аналогам ламп накаливания (СДЛ). Определенные успехи в этом направлении достигнуты холдингом «Инкотекс», который освоил в промышленном масштабе производство колб с «удаленным» люминофором. Причем этот люминофор внедрен в структуру материала пластмассы. Хотя эта идея впервые реализована в работе московского ОАО «НИИ Пластмасс им. Г.С. Петрова» [4, 5], «Инкотекс» довел ее до опытно-промышленной реализации (рис. 5). Генеральный директор Холдинга «Инкотекс», известный еще в советские времена как предприимчивый инженер и организатор производства потребительских товаров, по некоторым сведениям, организовал производство необходимых люминофоров в Китае и освоил на своем производстве литье люминесцирующих пластмассовых колб для СДЛ.



Рис. 5. Образцы колб СДЛ из люминесцирующей пластмассы, изготовленные НИИ ПМ и холдингом «Инкотекс»

К сожалению, предприятия холдинга «Инкотекс» не продолжили развитие этого направления разработок СДЛ. В настоящее время, как это следует из обзора сайтов «Инкотекс» и его дочерних предприятий, компания занялась более выгодной с точки зрения получения

прибыли деятельностью, а именно, сборкой и перепродажами продукции из полуфабрикатов зарубежных фирм, преимущественно китайских.

Много позже технологию «удаленного» люминофора освоила компания Philips [6], образец ее СДЛ показан на рис. 6.



Рис. 6. СДЛ, имеющие колбу с «удаленным» люминофором, компании Philips

В настоящее время интенсивность разработок светодиодной светотехнической продукции в РФ существенно снизилась. Большинство предприятий-разработчиков сосредоточились на производственных вопросах, в частности, на проблеме снижения цены. Это особенно касается СДЛ. Существующая в РФ средняя цена на приемлемые по качеству СДЛ – около 400 руб. (можно найти китайские СДЛ по цене 120 руб.). Но такие цены на качественные СДЛ слишком велики для российского розничного покупателя и неконкурентоспособны с ценами на КЛЛ (порядка 100 руб.).

Принципиально новый для отечественной практики подход демонстрирует ООО «Оптоган», который отказался от порочной практики производства СД только для изготовления собственных светотехнических приборов и впервые предложил на российском рынке СД, лишь незначительно уступающие лучшим зарубежным образцам и по конкурентной цене [7].

В лабораториях компании достигнут энергетический показатель в 160 лм/Вт в номинальном режиме для одноваттного светодиода, что соответствует мировому уровню развития светодиодной отрасли. Ожидается, что вскоре такие СДЛ появятся на российском рынке.

Сохранившиеся предприятия-разработчики (преимущественно в г. Томске) активно ищут пути снижения стоимости светодиодной светотехнической продукции. Следует отметить работу Томского университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), который в содружестве с Томским электроламповым заводом (ТЭЛЗ) пытается разработать и организовать производство СДЛ на новом принципе, предложенном, к сожалению, китайскими специалистами. Речь идет о разработке СДЛ с конвекционным газовым охлаждением излучателей – ленточных или нитевидных светодиодов [8], конструкция которой должна быть адаптирована к традиционной технологии массового производства ламп накаливания, имеющейся на ТЭЛЗ

В частности, СДЛ помещается в стеклянной колбе, очень близкой по форме к колбе лампы накаливания. Сохранение традиционной формы лампы позволит использовать привычные способы ее применения и, тем самым, «завоевать» широкого потребителя.

Но, как всегда, торговцы зарубежной бытовой техникой опережают отечественных разработчиков и производителей. Если ТУСУР еще только разрабатывает СДЛ с нитевидными СД, то торговая компания «СтарМастер» уже продает их [9].

Подводя итог этому краткому обзору, автор достаточно пессимистически оценивает перспективы развития отечественной промышленности по выпуску светодиодных светотехнических изделий. Причина такой оценки в том, что парадигма отечественной экономики состоит в приоритете прибыльности над технологическим развитием. Основой современной экономики РФ являются коммерческие организации, к числу которых относятся Открытые акционерные общества. Цель их деятельности, согласно Гражданскому Кодексу (ст. 50) – получение прибыли.

В настоящее время прибыльная эффективность определяется всемирной интеграцией производства потребительских товаров. Имеется несколько национальных центров, обладающих технологическими возможностями разработок и производства СД. К их числу относятся США, Япония, Южная Корея, Нидерланды и Германия (точнее, наднациональные монополии Philips и Osram), а также Китайская Народная Республика. Благодаря международному разделению труда оригинальные отечественные разработки в области светодиодной светотехники остаются коммерчески невостребованными. Например, это относится к технологии «удаленного люминофора». Как упоминалось, приоритет в этой технологии принадлежит России (НИИ ПМ). Российская компания «Инкотекс» организовала опытное производство СДЛ с «удаленным» люминофором, но выход на рынок оказался невыгодным и в настоящее время, насколько известно автору, эта компания вместе со своими «дочками» занимается прибыльной коммерческой деятельностью – сборкой и продажей светодиодных светильников различного назначения из дешевых зарубежных (преимущественно китайских) компонентов.

Свидетельством перехода отечественных производителей светодиодной светотехники к чисто коммерческой деятельности косвенно может служить содержание их сайтов в Интернете. Если до 2011 г. на этих сайтах рекламировались преимущественно их собственные разработки, то в 2015 г. подавляющее большинство сайтов рекламируют продукцию, собранную из зарубежных компонентов. Причем спектр светодиодных светотехнических изделий очень широк – от СДЛ до уличных и офисных светильников, а также светильников для ЖКХ.

В области светодиодной светотехники не до конца решенными являются, по меньшей мере, две технические проблемы. Первая – обеспечение светодиодными источниками света индекса цветопередачи CRI, превышающего 90 (близкого к CRI ламп накаливания) [10]. Эту проблему, по-видимому, можно решить с помощью технологии «удаленного» люминофора, применив в качестве такового пятикомпонентный люминофор, обеспечивающий CRI > 90. Другой проблемой, которая больше относится к СДЛ – получение кривой силы света, выходящей за пределы верхней полусферы. Эта проблема решается с помощью применения СДЛ с нитевидными светодиодами в стеклянной колбе, этим направлением в России занимаются, например, в Томске.

Таким образом, по мнению автора, развитие отечественной светодиодной светотехники в обозримом будущем будет связано с дальнейшей интеграцией с зарубежными промышленными и торговыми структурами. Некоторую надежду на то, что Россия может стать одним из упомянутых национальных центров в области светодиодной светотехники, вселяет развитие компании «Оптоган», а также предприятий и ВУЗов г. Томска.

Список литературы

1. Светоизлучающий узел, способ создания свечения светоизлучающего узла и устройство для осуществления способа создания свечения светоизлучающего узла: Пат. 2301475 Россия, НПО «Экосвет», Холодильников В.И., Орловский В.Н., Кирьянов В.Л., Красовский В.М. № 2005138332/09.
2. Митрофанов А.В., Орловский В.Н., Холодильников В.И. Световые приборы с голубыми светодиодами и люминофором на защитном стекле «Светотехника», 2008, № 4, стр. 51–54.
3. Сайт компании «Ledil». Available at: www.ledil.com.
4. Лазарева Т.К., Андреева Т.И., Осипчик В.С. Полимерная люминесцентная композиция для получения белого света, возбуждаемая синим светодиодом: Патент Рос. Федерации 2405804 РФ., 10.12.2010 г.

5. Лазарева Т.К., Андреева Т.И., Осипчик В.С., Кравченко Т.П. Разработка полимерных композиционных материалов светотехнического назначения. Пластические массы, 2010, 10, С. 58–62.
6. Сайт компании «Philips». Available at: www.philips.ru.
7. Сайт компании «Оптоган». Available at: www.optogan.ru.
8. RU 2013114 922 (F21V 19/00, Чжэцзян Ледисон Оптоэлектроникс Ко., лтд (CN).
9. Сайт компании «Стартмастер». Available at: www.starmaster.ru.
10. Шаракшанэ А. Шкалы оценки качества спектрального состава света – CRI и CQS. Полупроводниковая светотехника № 4, 2011 г.
11. Борискина А.А., Костычев А.А. Светодиодные осветительные приборы с возможностью регулировки цветности // Светотехника, электротехника и метрология: Сб. науч-метод. тр. / О.Е. Железникова (отв. ред.). Саранск: СВМО, 2012. С. 113–114.

References

1. *Svetoizluchayushchiy uzel, sposob sozdaniya svecheniya svetoizluchayushchego uzla i ustroystvo dlya osushchestvleniya sposoba sozdaniya svecheniya svetoizluchayushchego uzla: Pat. 2301475 Rossiya, NPO «Ekosvet». Kholodilov V.I., Orlovskiy V.N., Kir'yanov V.L., Krasovskiy V.M. № 2005138332/09* [Light-emitting knot, a way of creation of a luminescence of light-emitting knot and the device for implementation of a way of creation of a luminescence of light-emitting knot: Stalemate. 2301475 Russia, NPO Ekosvet. Holodilov V.I., Orlovskiy V.N., Kiryanov V.L., Krasovsky B.M. № 2005138332/09].
2. Mitrofanov A.V., Oryol V.N., Holodilov V.I. (2008) *Svetovye pribory s golubymi svetodiodami i lyuminoform na zashchitnom stekle «Svetotekhnika»* [Light devices with blue light-emitting diodes and a phosphor on protective Lighting engineering glass], no. 4, pp. 51–54.
3. *Sayt kompanii «Ledil»* [Site of the «Ledil» company]. Available at: www.ledil.com.
4. Lazareva T.K., Andreyeva T.I., Osipchik V.S. *Polimernaya lyuminescentnaya kompozitsiya dlya polucheniya belogo sveta, vzbuzhdaemaya sinim svetodiodom: Patent Ros. Federatsii 2405804 Ros. Federatsii, 10.12.2010 g.* [The polymeric luminescent composition for receiving this world excited by a blue light-emitting diode: Patent Grew. Federations of 2405804 Dews. Federations, 10.12.2010].
5. Lazareva T.K., Andreyeva T.I., Osipchik V.S., Kravchenko T.P. (2010) *Razrabotka polimernykh kompozitsionnykh materialov svetotekhnicheskogo naznacheniya. Plasticheskie massy* [Development of polymeric composite materials of lighting application. Plastics], no. 10, pp. 58–62.
6. *Sayt kompanii «Philips»* [Site of the «Philips» company]. Available at: www.philips.ru.
7. *Sayt kompanii «Optogan»* [Site of the «Optogan» company]. Available at: www.optogan.ru.
8. RU 2013114 922 (F21V 19/00, Zhecziang Ledison Optoelectronics CO., LTD. (CN).
9. *Sayt kompanii «Startmaster»* [Site of the «Startmaster» company]. Available at: www.starmaster.ru.
10. Sharakshanei A. (2011) *Shkaly otsenki kachestva spektral'nogo sostava sveta — CRI i CQS* [Scales of an assessment of quality of spectral structure of light — CRI and CQS]. *Polupro-vodnikovaya svetotekhnika* [Semiconductor lighting engineering], no. 4.
11. Boriskina A.A., Kostychev A.A. (2012) *Svetodiodnye osvetitel'nye pribory s vozmozhnost' regulirovki tsvetnosti. Svetotekhnika, elektrotekhnika i metrologiya: Sb. nauch-metod. tr. O.E. Zheleznikova (otv. red.)* [LED illuminants about possibility of adjustment of chromaticity. Lighting engineering, electrical equipment and metrology. «Nauch-method». O.E. Zheleznikova (return edition)]. *SVMO* [SVMO]. Saransk, pp. 113–114.