

ISSN 2079-9462

ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ

№ 3'2011

СВЕТОТЕХНИКА

www.led-e.ru

solid-state lighting

МАЙ

Новые драйверы светодиодов
и светодиодных дисплеев фирмы **Holtek Semiconductor**

Двухфазные теплопередающие системы
для охлаждения светодиодных светильников



Программная модель для оценки
эффективности и надежности
светодиодных источников света и приборов

Созвездие ярких решений для светотехники

BRIDGELUX®

The Magic of Light™

molex®

one company > a world of innovation

держатели для
быстрого монтажа

aimtec

Your Power Partner

источники питания

LEDIL

A WORLD OF
INNOVATION

внешняя оптика

Кластеры Bridgelux это:

- Световой поток от 200 до 8000 Лм любых цветовых температур.
- Рекордно низкое тепловое сопротивление от 2 до 0.2 К/Вт.
- Равномерный белый свет без множественных теней и «горячих точек».
- Простота монтажа и технологичность.
- Вертикальная интеграция производства – от выращивания кристалла до производства кластера.
- 5-летняя гарантия на все кластеры.



ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА • СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТОВ • СКЛАД

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

198099, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Калинина, д. 13 (м. Нарвская)
Тел.: +7 (812) 325-36-85
Факс: +7 (812) 786-85-79
E-mail: micro@mtgroup.ru

МОСКВА

Россия, Москва,
ул. Красноармейская, д. 11, корп. 1
Тел.: +7 (495) 988-20-73
Факс: +7 (495) 988-20-74
E-mail: info@mosmtgroup.ru



MT system

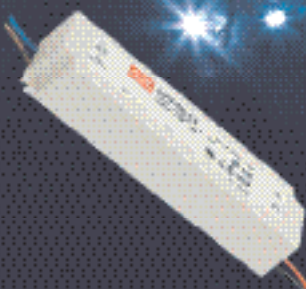
www.mt-system.ru



AC-DC для светодиодного освещения



IP64-67 12...240 Вт
-40...+75°C



Наименования	Мощность	Корпус		Защита комплексом	ККМ	Подстройка $U_{вых}$	IP	Пульты дистанц.	Регулировка выхода	Применения
		металл	пластик							
HLG-80/100 120/150/185/240	80/100/120/ 150/185/240	+		+	+	+	65/67	нормальные	+	общее
CLG-150	150	+		+	+	+	65/67	нормальные	+	общее
CLG-100	100	+		+	+		67	нормальные		общее
CLG-80	80	+		+	+		67	высокие		LED
CEN-60/75/100	60/75/96	+			+	+	66	высокие		LED
PLN-20	20		+		+	I_{max}	64	высокие		общее
PLN-30/45/60	30/45/60		+		+	+	64	высокие		LED
PLN-100	100		+		+	+	64	высокие		общее
ELN-30/60	30/60		+			+	64	нормальные	+	общее
LPH-18	18		+	+			67	нормальные		общее
LPHC-18	18		+	+			67	нормальные		LED
LPV-20/35/60	20/35/60		+	+			67	нормальные		общее
LPC-20/35/60*	20/35/60		+	+			67	нормальные		LED
PCD-18/25* NEW	18/25		+	+	+			высокие	внешний диммер	LED
APC-12* Speed	12		+					нормальные		LED
APV-12 Speed	12		+					нормальные		общее
LPF-40/60 NEW	40/60		+	+	+		67	нормальные	+	общее

*стабилизаторы тока

Образцы доступны со склада ЭЛТЕХ

meanwell@eltech.spb.ru

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР MEAN WELL



- Санкт-Петербург ул. Дачная, д.10, к.6 тел.: (812) 635-50-60 факс: (812) 635-50-70 info@eltech.spb.ru
- Москва (495) 788-5946 (495) 788-5946
- Новосибирск (383) 363-3550 (383) 223-4737
- Екатеринбург (343) 253-1707 (343) 253-1708
- Ростов-на-Дону (863) 206-2020 (863) 206-2040
- Чебоксары (8352) 563-678 (8352) 560-505

Главный редактор

Сергей Никифоров | s.nikiforov@finestreet.ru

Заместитель главного редактора

Павел Правосудов | Pavel@finestreet.ru

Выпускающий редактор

Елена Якименко | elena.yakimenko@finestreet.ru

Новостной редактор

Наталья Новикова | natalia.novikova@finestreet.ru

Дизайн и верстка

Дмитрий Никаноров | dmitry.nikanorov@finestreet.ru

Отдел рекламы

Ольга Зайцева | olga_z@finestreet.ru

Ирина Запрыгаева | irina@finestreet.ru

Отдел подписки

Наталья Виноградова | podpiska@finestreet.ru

Москва

105120, Нижняя Сыромятническая ул.,

д. 5/7, стр. 4, оф. 218

Тел./факс (495) 987-3720

Санкт-Петербург

190121, Садовая ул., 122

Тел. (812) 438-1538

Факс (812) 346-0665

e-mail: led@finestreet.ru,

web: www.finestreet.ru

Республика Беларусь

«ПремьерЭлектрик»

Минск, ул. Маяковского, 115, 7-й этаж

Тел./факс: (10*37517) 297-3350, 297-3362

e-mail: murom@premier-electric.com

Подписано в печать 20.05.2011

Тираж 3000 экз.

Свободная цена

Журнал «Полупроводниковая светотехника» зарегистрирован Управлением Федеральной службы по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ТУ 78-00232 от 6 февраля 2009 года.



Учредитель: ЗАО «Медиа Группа Файнстрит»

Издатель, редакция: ООО «Медиа КиТ»

197101, г. Санкт-Петербург,

Петроградская наб., 34Б

Отпечатано в типографии «Премиум Пресс»

197374, Санкт-Петербург, ул. Оптиков, д. 4

Редакция не несет ответственности за информацию, приведенную в рекламных материалах. Полное или частичное воспроизведение материалов допускается с разрешения ООО «Медиа КиТ».

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

На сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru) доступны полные тексты статей. Статьи из номеров журнала текущего года предоставляются на платной основе.

Содержание

СВЕТОДИОДЫ, СВЕТОДИОДНЫЕ КЛАСТЕРЫ И СБОРКИ

- Юрий Петропавловский**
Обзор светодиодной продукции тайваньских компаний 4
- Валерий Сушков | Сергей Никифоров**
Метод контроля потенциальной степени деградации характеристик светодиодов на основе твердых растворов AlGaInN..... 10

ИСТОЧНИКИ И СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ, ДРАЙВЕРЫ СВЕТОДИОДОВ

- Bill Weiss (Билл Вейс) | Перевод: Геннадий Бандура**
Регулирование уровня яркости светодиодных светильников без эффекта мерцания..... 14
- Кристофер Ричардсон (Christopher Richardson)**
Использование технологий фоновой подсветки для уличных фонарей 16
- Юрий Петропавловский**
Новые драйверы светодиодов и светодиодных дисплеев фирмы Holtek Semiconductor 20

СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

- Валерий Кисеев | Дмитрий Аминев | Виктор Черкашин | Радислав Мурзин**
Двухфазные теплопередающие системы для охлаждения светодиодных светильников..... 27
- Анастасия Шевырева**
Решение Sunon для охлаждения мощных светодиодов 32

СРЕДСТВА ТЕСТИРОВАНИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ И ПОВЕРКИ

- Мальва Мурашова | Сергей Никифоров | Алексей Шищенко**
Уточнения авторов к статье «Исследование фотобиологической опасности светодиодных осветительных приборов для нужд железнодорожного транспорта» 34
- Джанген Пан | Кван Ли**
Универсальный гониофотометр 36

КОНСТРУИРОВАНИЕ

- Ирина Байнева | Виталий Байнев**
Программная модель для оценки эффективности и надежности светодиодных источников света и приборов..... 40

ПРИМЕНЕНИЕ И ПРОЕКТЫ

- Дмитрий Тарасов | Сергей Титков**
Применение светодиодов в неослепляющих автомобильных фарах..... 44
- Артем Буреев | Дмитрий Жданов | Владимир Сырякин | Василий Юрченко**
Современные технологии в медицинских приборах для визуализирующей диагностики 46
- Виктор Волков**
Светодиодные излучатели для приборов ночного видения..... 49
- Андрей Агафонов**
Комплексные энергосберегающие решения на основе светодиодных светильников и системы Force..... 54



СЛОВО РЕДАКТОРА

Как вожделенно жаждет век нащупать брешь у нас в цепочке...

На сегодня наше издание насчитывает 10 выпущенных номеров. Можно сказать, что статистический и достаточный для подведения первых итогов порог достигнут. За полтора года с помощью авторов нашего журнала мы познакомились с проблемами и достижениями одной из самых молодых и развивающихся современных отраслей электроники, узнали о развитии рынка, продвижении научных разработок. За это время мы постарались отразить большинство самых актуальных тем, показать состояние дел с разных точек зрения, обнажив их «остроугольные» места. На страницах журнала мы создали обещанную некогда атмосферу компетентности и среду высокого интеллектуального уровня для общения и обсуждения вопросов науки, разработки, применения и реализации светотехнической продукции на основе полупроводниковых излучающих структур. Мы постарались акцентировать внимание читателей именно на отечественных разработках, коллективах и отдельных людях, их ведущих, в их лице указав на продолжающуюся добрую и исключительно национальную российскую традицию оригинального научного мышления и нестандартного инженерного подхода к рядовым задачам. По неведомым причинам только лишь российского человека природа наделила зачастую небывалым уровнем интуиции, отличающей «человека разумного» от компьютера, который не может предполагать. Только «наш» человек способен найти такое сочетание, казалось бы, несочетаемых вариантов, при реализации которого обнаруживается то, до чего не могли дойти другие. Интуиция — это качество, позволяющее «перешагнуть» через стену под названием «так не должно быть». Поэтому в нашем журнале мы в первую очередь поддерживаем тех, кто самостоятельно работает над проблемой, а потому имеет самое интересное и компетентное мнение.

Сколько бы ни обсуждалась эта тематика, всем ясно, что так же, как и личность в истории, конкретный работающий в науке человек занимает особое место. Именно поэтому мы знаем множество имен людей, чьи научные интересы и амбиции были подтверждены открытиями и мировыми достижениями. Однако творившие науку в нашей стране почти всегда понимали, что они «среди совсем чужих пиров» и что «когда ж придет дележки час, не нас калач ржаной поманит, и рай настанет не для нас...». Но все равно продолжали свое дело: так устроен увлеченный человек. В век тотальной коммерции и гипертрофированных капиталистических отношений между людьми понятие государственной, общественной науки или государственных достижений в науках стирается до неприличия. И здесь во всем разнообразии появляются те, кто и в то время занимал «околовсяческое» положение. Их современная стезя — коммерция в науке методом перетянутого на себя «одеяла» прежних и отнюдь не собственных наработок. Плоды их деятельности, как результаты лечения давно не практикующего хирурга, могут портить не только само здоровье науки, но и существенно влиять на взаимодействие тех, кто всегда был и остается на передовой. Это обстоятельство также позволяет неоправданно разгрузить озабоченность людей, ведущих бизнес в этой сфере и доверяющих лоцманские обязанности таким «ученым-коммерсантам», продающим все, от чужих идей до диссертаций. Зато удобно: заплатил, получил то, что хотел услышать, а справедливо это или нет — на совести и на уровне амбиций продающего услугу. Однако далеко не все помнят о необходимости быть образованным не только в географии, и что нынче далеко не каждый кучер знает, куда везти бизнес седока, теперь извозчики сами только с навигатором ездят или по наводке самого пассажира везут. Вот и приходится самому пересаживаться на облучок.

Проблема взаимодействия, конструктивизма в науке, некоего взаимного пособничества, формирующего общее поле научного знания, обостряется сейчас в светотехнической отрасли. Это было отмечено и на предыдущих конференциях «Нитриды галлия и алюминия», на «круглых столах» РОСНАНО, на тематических выставках и везде, где встречаются и общаются специалисты в области полупроводников, метрологии и светотехники. Данная тема поднималась и в рамках прошедшей недавно в Москве выставки «ЭкспоЭлектроника». Не исключение и наш журнал, более того, он является одним из активных сторонников укрепления взаимодействия и конструктивного обмена информацией в научно-популярном пространстве страны. И «пока не грянула пора нам отправляться понемногу...», я призываю всех заинтересованных людей объединить усилия по развитию отрасли, соединившей в себе несколько наук сразу — оптоэлектронику, физику полупроводника, светотехнику и квантовую механику. Ведь основная ее идея и состоит в том, чтобы, в конце концов, дать возможность этим направлениям существовать вместе, дополняя друг друга.

Сергей Никифоров,
главный редактор

Обзор светодиодной продукции тайваньских компаний

Тайваньские компании обеспечивают значительную часть всего мирового производства светодиодов. По данным аналитического агентства IMS Research, в 2009 г. на их долю приходилось 37,3% (12 625 млн шт.) всех выпущенных светодиодных кристаллов, на долю японских фирм — 24,4%, корейских — 21,3%, США — 10,8%, европейских — 4,4%, китайских — 1,9% [1]. Ряд азиатских компаний имеют значительные производственные мощности и выпускают широкую номенклатуру светодиодной продукции на заводах Тайваня и Китая, располагают дистрибьюторскими сетями по продвижению продуктов в различных регионах мира. Многие тайваньские фирмы предлагают светодиодную продукцию с оптимальным соотношением цена/качество, что делает их привлекательными на различных рынках, в том числе и в России.

Продукция Harvatek

Молодая, но быстроразвивающаяся компания Harvatek Corporation (Синчу, Тайвань), основанная в 1995 г., является одним из ведущих производителей светодиодных чипов и компонентов, поставляемых OEM- и ODM-клиентам

в Азии, Америке и Европе. Компания сертифицирована по стандартам ISO9001/2000/2008, ISO14001, ISO/TS16949/2009, имеет лицензии на производство белых светодиодов фирмы OSRAM. В июле 2010 г. завершено строительство производственных мощностей на площади 4881 м² в научно-технологическом парке г. Синчу (Hsinchu Science Park), мощности нового производственного комплекса позволяют выпускать до 1,5 млрд светодиодных чипов в месяц [2].

Harvatek производит светодиодную продукцию в следующих категориях:

- светодиодные линейки белого света (Light Bars, три серии);
- единичные белые светодиоды для освещения (Lighting, 16 серий);
- приборы SMD/RGB Harva LED (пять серий);
- светодиоды в корпусах SMD (23 серии);
- светодиоды в корпусах PLCC2/PLCC4 RGB (девять серий);
- инфракрасные светодиоды (восемь серий).

Основные сферы применения приборов, рекомендованные изготовителем: общее и декоративное освещение, световые панели, подсветка дисплеев, клавиатур и индикаторов, мобильные и автомобильные приложения. В таблице 1 приведены классификационные параметры ряда

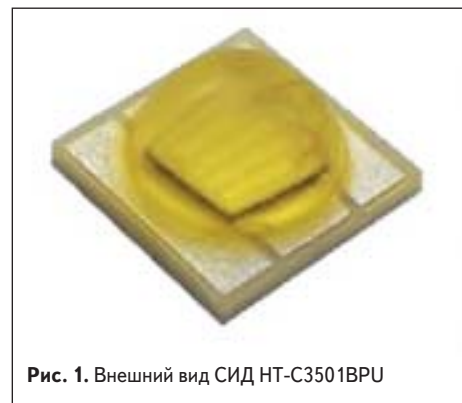


Рис. 1. Внешний вид СИД HT-C3501BPU

приборов белого света из каталога компании 2011 г. [3]: минимальные и максимальные значения светового потока Φ_v (или силы света I_v), прямого напряжения $U_{пр}$ и диапазон цветовых температур различных исполнений (бинов) приборов каждой серии. В зависимости от типа прибора может быть от четырех до более чем 15 бинов по каждому параметру.

HT-C3501BPU (рис. 1) — высокоэффективный белый светодиод в миниатюрном корпусе. Его преимущества:

Таблица 1. Классификационные параметры светодиодов компании Harvatek

Категория Lighting								
Тип прибора	Наименование продукта	Φ_v , лм (I_v , мкд)	$I_{пр}$, мА	$U_{пр}$, В	ССТ, К	Размеры, мм		
HT-C3501BPU	LED Ceramic Light	58,9–129,5	350	3,03–3,99	3000–9000	3,5×3,5×1,9		
HT-F1X31MW	Luxeon 1W	20–150		3–4	2650–7000	∅5,9×6		
HT-R178BPU	Harva LED	51,7–113,6		3,03–3,99	3000–9000	10×8,5×3,3		
HT-T1A31TW	PLCC SMD LED Lighting	65–85	300	3–3,6	2700–6500	5,1×5,1×3,1		
HT-T1A61BP	PLCC Lighting	58,9–113,6		3,03–3,99	3000–9000	5,2×5×1,3		
HT-T5301BP	PLCC LED Lighting	12–22,01	60	2,7–3,9	2400–9500	5,7×3×0,9		
HT-T6614X	COB 5W	285–400	700	6,8–7,2	2700–6500	20×20×1,7		
HT-T6619X	COB 10W	640–890	1050	10,2–10,8				
HT-T6A6BPT	5050 PLCC 6	50–80	300	3,9–4,5	2750–6250	5×5,2×1,3		
HT-U16DBPH	3528 PLCC 2 LED	(10 000–19 500)	20	3,2–4,2	2550–10 000	3,5×2,8×1,3		
HT-U138BP	3014 PLCC 2 LED	(1900–2530)		2,7–3,4				
HT-U158BP	3020 PLCC 2 LED	(1700–2530)		2,9–3,7			2400–9500	3×1,4×1,2
HT-U169BP	3528 PLCC 2 LED	(1610–2850)						3,5×2,7×1,8
Категория Harva LED								
HT-N178TWW	SMD Harva LED	87,4–192	700	3,03–3,99	2750–9500	10×8,5×3,3		
HT-T1A3TWT	White Harva LED	67,2–113,6	300		4250–9000	5,2×5×2,87		
HT-T1A61TW	White Harva LED	58,9–113,6			2400–9500	5,2×5×1,3		

Таблица 2. Классификационные параметры светодиодов компании Kingbright

Тип СИД	Серия	Тип прибора	Материал	$\lambda_{\text{д}}$, нм/цвет	$I_{\text{пр}}$, мА	$P_{\text{д}}$, Вт	$\Phi_{\text{в}}$, лм/ $I_{\text{в}}$, мкд	Ширина диаграммы, °	Корпус, примечания
Высокой яркости	KAD1-9090	KAD1-9090SE28Z1S	AlGaInP	625/красный	350	1	35	100	PLCC, 6 типов
	KAD1-1010	KAD1-1010SY28Z1S	AlGaInP	588/желтый	350	1	35	20	PLCC, 2 типа
	KT-2117-VFS	KT-2117ZG25Z1S-VFS	InGaN	525/зеленый	140	0,5	22	120	керамический, 8 типов
	KT-2520	KT-2520QB10Z1S	AlGaInN	458/синий	350	1	13	120	керамический, 8 типов
	KT-3020	KT-3020SEL1Z1S	AlGaInP	618/красный	150	0,5	9	120	керамический, 4 типа
	KT-5050	KT-5050SY9Z1S	AlGaInP	591/желтый	350	1	25	120	керамический, 8 типов
	KT-3535	KT-3535ZG10Z1S	AlGaInN	530/зеленый	350	1	55	120	керамический, 8 типов
	KT-5051	KT-5051QB10Z1S	AlGaInN	458/синий	350	1	15	120	керамический, 8 типов
	KTGDG-9072	KTGDG-9072SY9Z1S/2	AlGaInP	591/желтый	500	2	53	90	керамический, 4 типа
KT-1213	KT-1213QR412SX9/10-C1	InGaN	белый	1000	10	640	120	керамический, 3 типа	
Для монтажа на поверхность	KA-3528	KA-3528SGCT	GaP	568/зеленый	—	—	(10/25)	120	размер 3,5×2,8 мм
	KPTR-3216	KPTR-3216ZGC-G	InGaN	525/зеленый	—	—	(380/700)	120	обратного излучения
	KA-4040	KA-4040ZGCT-G	InGaN	525/зеленый	—	—	(700/1500)	90	бокового излучения
	KPED-3820	KPED-3820ZGC-G	InGaN	525/зеленый	—	—	(1800/2700)	60/35	с линзой
	KAА-3528	KAА-3528SURKSYRCT	AlGaInP	630; 590/ двухцветный	20	—	(110/350)	120	сдвоенный
	KAАF5051	KAАF5051QB25/24/253S	—	445; 635; 515/ трехцветный	150	0,6	4,5/11/20	120	строенный
	KM2520	KM2520SURCK03	AlGaInP	630/красный	20	—	(900/2400)	20	сверхминиатюрный
СИД-лампы	L793	L793YD	GaAs/GaP	588/желтый	10/20	—	(18/50)	30	диаметр 8 мм
	L5603	L-5603ZGDL/SD-G	InGaN	525/зеленый	10/20	—	(2200/3500)	100/50	овал 5,2×3,8 мм
	L1394	L-1394HDT	GaP	660/красный	10/20	—	(0,4/1)	120	плоская, 2 мм
	L503	L-503GDT	GaP	568/зеленый	10/20	—	(1/3)	110	квадрат 5×5 мм
	DLX/6	DLC/6SRD	GaAlAa	640/красный	10/20	—	(110/400)	120	Ø20 мм
СИД-прожекторы	L7700C4	L-7700C4SEC-H	InGaAlP	630/красный	50/70	—	(6700/12000)	30	зажимной
	L7701C4	L-7701C4SYC-H	InGaAlP	589/желтый	50/70	—	(2200/5700)	50	зажимной
	L76765C	L-76765CZGC-G	InGaN	525/зеленый	20	—	(900/1800)	70	со штыревыми выводами
	L7676C	L-7676CQBC-G	InGaN	465/синий	20	—	(380/780)	70	
	L7679C1	L-7679C1SURC-G	AlGaInP	630/красный	50/70	—	(1800/3000)	70	
	L7677C2	L-7677C2SYC-H	InGaAlP	589/желтый	50/70	—	(1500/5000)	30	
	L7678C2	L-7678C2PBC-Z-DTS	InGaN	465/синий	50/70	—	(3300/7000)	30	

Таблица 3. Классификационные параметры светодиодов компании Ligitek

Тип прибора	$\Phi_{\text{в}}$, лм (мин./тип.)	$I_{\text{пр}}$, мА	$U_{\text{пр}}$, В (тип.)	ССТ, К	Ширина диаграммы, °	Тип исполнения				
LGLV-311E	39,8/55	350	3,6	2670–3800	130	1W EMITTER				
LGLV-311E1	60/—					3W EMITTER				
LGLV-313E	87/100	700				5000–10 000	130	1W EMITTER		
LGLV-313E1	100/—							3W EMITTER		
LGLW-311E	51,7/60	350		2800–3800	160			1W EMITTER		
LGLW-311E1	70/—							1W STAR		
LGLW-313E	87,4/100	700						5500–10 000	160	1W EMITTER
LGLW-313E1	100/—									3W STAR
LGSV-311E	30/39,8	350		2670–4500	120	1W EMITTER				
LGSV-311H	23,5/35					1W STAR				
LGSV-313E	51,5/85	700	4500–10 000			120	1W EMITTER			
LGSV-313H	51,2/85						3W STAR			
LGSW-311E	39,5/55	350		2670–4500	120		1W EMITTER			
LGSW-311H	30,6/48						1W STAR			
LGSW-313E	67,2/100	700					4500–10 000	120	3W EMITTER	
LGSW-313H	67,2/100								3W STAR	
LGXV-0225A7X	480/—	1050	10,5	2670–4500	120	10W EMITTER				
LGXV-0225A7X-P	430/—									
LGXW-0225A7X-P	430/—									



Рис. 2. Внешний вид СИД HT-T1A61BP, HT-T1A61TW

- широкий угол диаграммы распределения силы света ($2\theta_{1/2}=115-130^\circ$ в обеих плоскостях);
- длительный срок службы (до 50 000 ч);
- точечный источник однородного белого света;
- возможность работы с малым прямым напряжением (3 В);
- высокое быстродействие (Instant Light), не более 100 нс;
- устойчивость к электростатическому напряжению 1 кВ;
- отсутствие ультрафиолетового излучения;
- совместимость с линзами серии XP-E фирмы Cree.

Светодиоды данной серии выпускаются в шести исполнениях по световому потоку (Flux Rank), четырех исполнениях по величине прямого напряжения (Electrical Rank) и 30 исполнениях по цветовой температуре (CCT Rank). Рекомендуются производителем области применения: светильники в автомобилях, автобусах, самолетах; фары велосипедов; освещение рабочих мест, садовых участков; подсветка ЖК-панелей; светофоры, ландшафтная подсветка и другие приложения. Приведем основные электрические и эксплуатационные параметры светодиодов HT-C3501BPU:

- импульсный прямой ток 1 А (при $t_{\text{имп}}$ менее 10 мкс и скважности 10%);
- максимальная температура кристалла $+120^\circ\text{C}$;
- диапазон рабочих температур $-30\dots+85^\circ\text{C}$;
- тепловое сопротивление — $9^\circ\text{C}/\text{Вт}$.



Рис. 3. Внешний вид приборов HT-T6114/T6119, HT-T6614/T6619

При эксплуатации приборов следует иметь в виду, что с повышением температуры кристаллов приборов от $+25^\circ\text{C}$ до $+100^\circ\text{C}$ световой поток уменьшается примерно на 20% от номинальных значений, а цветовая температура увеличивается (для «холодных» исполнений — с 6200 до 6700 К).

Внешний вид светодиодов серии HT-T1A61BP, HT-T1A61TW показан на рис. 2.

Особенности, области применения и число исполнений этих приборов такие же, что и у вышерассмотренных. Отличающиеся электрические и эксплуатационные параметры:

- импульсный ток 0,5 А (при $t_{\text{имп}}$ менее 10 мкс и скважности 10%);
- тепловое сопротивление $15^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

HT-T6114, HT-T6614, HT-T6119, HT-T6619 (рис. 3) — светодиодные сборки с большим световым потоком, предназначенные для осветительных приборов различных областей применения.

Первые две сборки состоят из двух параллельных цепочек светодиодов, в каждой из которых последовательно включены два прибора. Особенности:

- компактный источник белого света с большим световым потоком;
- высокоэффективный теплоотводящий корпус;
- малые управляющие напряжения;
- типовой $\Phi_v = 380$ лм/5 Вт;
- ширина диаграммы углового распределения силы света — 130° .

Выпускаются исполнения с теплым (2700–3500 К) и стандартным белым светом (4500–6500 К). При увеличении прямого тока до 1,5 А свето-



Рис. 4. Внешний вид СИД HT-U16DBPH

вой поток возрастает примерно на 80% относительно номинальных значений.

В состав сборок HT-T6119, HT-T6619 входят три цепочки, состоящие из трех последовательно соединенных светодиодов. В отличие от двух предыдущих, они обеспечивают типовое значение светового потока 850 лм/10 Вт. При увеличении прямого тока прибора до 3 А световой поток возрастает примерно на 120% от номинальных значений. Выпускаются исполнения с теплым (2700–3500 К) и стандартным белым светом (Pure White, 2700–6500 К).

HT-U16DBPH (рис. 4) — высокоэффективный светодиод средней мощности в миниатюрном корпусе для поверхностного монтажа. Он оптимален для мобильных приложений, в частности, для вспышек цифровых фотокамер и мобильных телефонов, а также для всех приложений, приведенных для прибора HT-C3501BPU. Основные электрические и эксплуатационные параметры модели:

- устойчивость к электростатическому напряжению 8 кВ (в прибор встроены защитный стабилитрон);
- максимальный импульсный ток 250 мА (при $t_{\text{имп}} = 0,5$ с и скважности 10%);
- промышленный диапазон рабочих температур $-40\dots+85^\circ\text{C}$;
- ширина диаграммы углового распределения силы света — 110° .

Выпускается шесть исполнений по силе света (Iv Bin), пять исполнений по прямому напряжению (Electrical Rank) и 30 исполнений по цветовой температуре (CCT Rank).

HT-T368FCH (рис. 5) — трехцветная (RGB) сборка из красного, синего и зеленого светодиодов в миниатюрном корпусе PLCC4 (3,5×2,8×1,8 мм). Прибор предназначен для применения в цветных информационных панелях и табло. Основные параметры:

- доминирующие длины волн λ_c : красный — 615–630 нм (три исполнения), зеленый 515–530 нм (три исполнения), синий — 460–475 нм (три исполнения);
- сила света красного/зеленого/синего светодиодов при прямом токе 20 мА: 71,5–285/360–715/71,5–285 мкд (по три исполнения Iv Bin);
- прямое напряжение — 1,6–2,4 В (красный), 2,7–3,7 В (зеленый/синий).



Рис. 5. Внешний вид СИД HT-T368FCH

HT-B2023FCH, HT-B3023FCH, внешний вид которых также показан на рис. 5, отличаются от предыдущих размерами корпуса: 2×2×0,9 мм. Основные параметры приборов при прямом токе 20 мА:

- типовые длины волн λ_d : красный — 620–633 (четыре исполнения), зеленый — 517–540 (восемь исполнений), синий — 450–475 (девять исполнений);
- сила света HT-B2023FCH (HT-B3023FCH): красный — 90–360 мкд (180–360), зеленый — 285–715 мкд, (360–715), синий — 45–140 мкд (71,5–140), по три-шесть исполнений каждого цвета;
- прямое напряжение — 1,6–2,4 В (красный), 2,8–3,8 В (зеленый/синий).

Продукция Kingbright

Компания Kingbright (Тайбэй, Тайвань), основанная в 1980 г., поставляет светодиодную продукцию в десятки стран мира (рис. 6). Компания имеет мощности, позволяющие выпускать 300 млн SMD-светодиодов, 200 млн приборов в корпусах для монтажа в отверстия и 7 млн светодиодных дисплеев в месяц. Фирма сертифицирована по стандартам ISO9001, ISO14001, TS16949, она давно и хорошо известна в России как крупный и надежный поставщик светодиодов. Дистрибьюторами Kingbright в России являются компании «Промэлектроника» (г. Екатеринбург), «МТ-Систем» (Санкт-Петербург), «МикроЭМ» (Москва), «Оптроника» (Москва) и др. [4].



Рис. 6. Штаб-квартира компании Kingbright

Компания выпускает более 1500 типов цветных светодиодов (СИД), светодиодных сборок и дисплеев, подразделяемых на различные категории. В таблице 2 приведены классификационные параметры ряда приборов

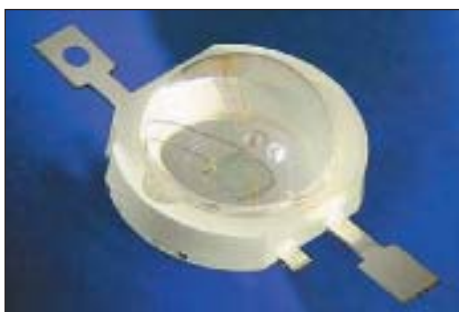


Рис. 7. Внешний вид СИД KADS-8070

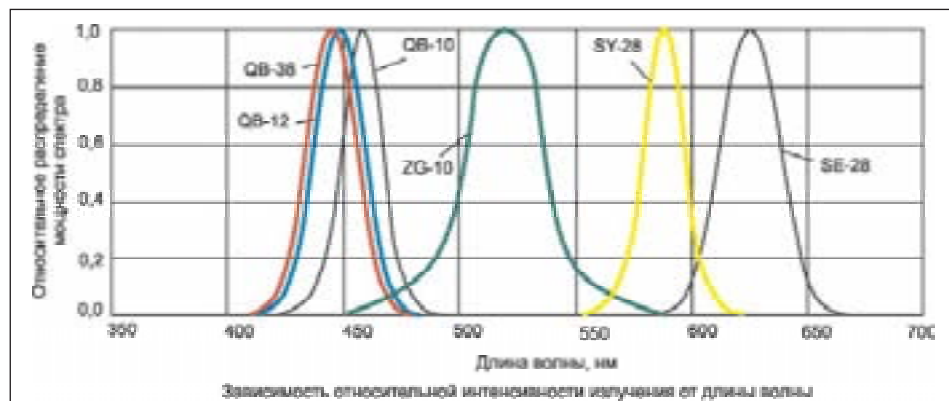


Рис. 8. Спектральные характеристики светодиодов серии KADS-8070

из каталога фирмы 2011 г. следующих категорий: СИД высокой яркости, СИД в SMD-корпусах, светодиодные лампы, прожекторы [4]. Рассмотрим некоторые современные СИД компании, не включенные в таблицу 2, более подробно.

KADG1-8080, KADG1-8080-XPowеr — сверхъяркие цветные светодиоды с большим световым потоком (корпус $\varnothing 8 \times 4,7$ мм). Особенности этой серии:

- конструкция, рассчитанная на большие рабочие токи;
- низкое тепловое сопротивление;
- силиконовый материал линзы;
- совместимость с технологией пайки ИК-излучением;
- соответствие требованиям директивы RoHS, упаковка 500 шт. в рулоне;
- электростатическая защита (8000 В, модель НВМ, в прибор встроены два последовательно включенных стабилитрона).

Основные области применения, рекомендуемые изготовителем: замена миниатюрных ламп накаливания; портативные светильники; сигнальные и символные ориентиры; световые маркеры и указатели; подсветка интерьеров; аварийные светильники транспортных средств (проблесковые маячки, фары и т. п.).

- Параметры СИД:
- доминирующие длины волн (типичные значения): 458 нм (синие), 530 нм (зеленые), 625 нм (красно-оранжевые), 588 нм (ярко-желтые);
 - световой поток при $I_{np} = 350$ мА — 12–24 лм (для синих, четыре исполнения), 50–80 лм (для зеленых, три исполнения), 20–42 лм (для красно-оранжевых, четыре исполнения), 20–42 лм (для ярко-желтых, четыре исполнения);
 - ширина диаграммы углового распределения силы света — 100°;
 - прямое напряжение — 2,7–3,8 В (синие и зеленые), 2–3 В (оранжево-красные и ярко-желтые);
 - тепловое сопротивление — 9 °С/Вт;
 - диапазон рабочих температур –40...+85 °С.

В состав серии KADS-8070 (рис. 7) входят шесть типов СИД. На основе материала AlGaInN — синие и зеленые; AlGaInP — красно-оранжевые и ярко-желтые; InGaN — синие (два типа). Основные особенности и области применения, рекомендованные изготовителем,

те же, что и СИД серий KADG1-8080. Основные параметры этих приборов:

- доминирующие длины волн (типичные значения): 625 нм (красно-оранжевые), 588 нм (ярко-желтые), 530 нм (зеленые), 454/450/452 нм (синие, три типа СИД);
- световой поток при $I_{np} = 350$ мА — 24–42 лм (для красно-оранжевых и ярко-желтых, по три исполнения); 50–80 лм (для зеленых, три исполнения); 8,6–24 лм (для синих, 11 исполнений);
- ширина диаграммы углового распределения силы света — 90°;
- прямое напряжение (типичные значения) — 2,5 В (красно-оранжевые, ярко-желтые), 3,3 В (зеленые), 3,5 В (синие InGaN-СИД);
- тепловое сопротивление — 9–16 °С/Вт (в зависимости от конкретного типа прибора);
- максимальная температура кристаллов — +110 °С, рабочий диапазон температур –40...+100 °С.

Спектральные характеристики для всех типов приборов серии приведены на рис. 8: QB-28 (KADS-8070QB38Z1S, InGaN, синий), QB-12 (KADS-8070QB12Z1S, InGaN, синий), QB-10 (KADS-8070QB10Z1S, AlGaInN, синий), ZG-10 (KADS-8070ZG10Z1S, зеленый), SY-28 (KADS-8070SY28Z1S, ярко-желтый), SE-28 (KADS-8070SE28Z1S, красно-оранжевый).

В состав серии KTDG-8080/2 (рис. 9) входят четыре типа СИД высокой яркости на керамической подложке, обеспечивающей выдерживаемое напряжение 8000 В (Withstand Voltage). Области применения приборов, рекомендо-

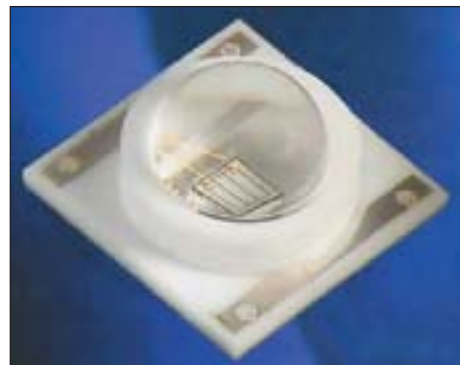


Рис. 9. Внешний вид СИД KTDG-8080/2

Таблица 4. Серии светодиодов для монтажа на поверхность

Размер, мм	Серия
1×0,5	КРННС-1005
1,6×0,8	КРР-1608, КР-1608, КРТ-1608
2×1,25	КР-2012, КРТ-2012, КРТС-2012, КРСНМ-2012
3×1,5	КРЛ-3015
3×2	КА-3020А, КА-3021
3×2,2	КА-3022-4,5SF
3,2×1,6	КР-3216, КРТ-3216, КРС-3216, КРТЛ-3216
3,5×2,8	КА-3528

ванные изготовителем: внешнее освещение (паркинги, шоссе, пешеходные переходы и т. п.); внутреннее освещение (потолочные светильники и т. п.); подсветка прилавков магазинов; освещение холодильников; архитектурная и ландшафтная подсветка; медицина, стоматология и др. Основные параметры зеленого светодиода (KTDG-8080ZG10Z1S/2):

- Φ_v — до 90 лм, типовое значение при $I_{np} = 500$ мА, 50–80 лм (три исполнения) при $I_{np} = 350$ мА;
- λ_d — 530 нм при $I_{np} = 350$ мА;
- U_{np} — 3,3 В при токе 350 мА и 3,4 В при токе 500 мА;
- $2\Theta_{1/2} = 90^\circ$;
- R_{th} — 15 °С/Вт (типовое значение).

В категорию светодиодов для монтажа на поверхность входят десятки типов с самыми различными параметрами и размерами, в том числе и приборы высокой яркости. Выпускаются светодиоды прямого излучения следующих типоразмеров (табл. 4).

Помимо перечисленных, выпускаются приборы с обратным излучением (Reverse Mount LED, серия КРТР-3216); с боковым излучением (Right Angle SMD LED, девять серий); с куполообразными линзами (Dome Lens SMD LED, пять серий); двойные двухцветные (Bi-Color SMD LED, девять серий); строчные полноцветные (Full Color SMD LED, КААФ-5061, КААФ-5060); в корпусах SOT-23 (четыре серии) и сверхминиатюрные (десять серий). Многие из перечисленных приборов могут быть с успехом использованы при построении полноцветных светодиодных дисплеев различных размеров для систем Digital Signage, а также для различных мобильных приложений.

КА-3020AVGC-Z — SMD-светодиод на основе InGaN прямого излучения зеленого цвета ($\lambda_d = 535$ нм) типоразмера 3×2×1,4 мм, обеспечивающий силу света до 1000 мкд ($I_{np} = 20$ мА) при $2\Theta_{1/2} = 90^\circ$. Максимальная мощность рассеяния 111 мВт, диапазон рабочих температур –40...+85 °С.

КРРД-3820SECK — оранжевый AlGaInP-светодиод высокой яркости (Super Bright Orange, $\lambda_d = 601$ нм) с куполообразной линзой (Dome Lens SMD LED) типоразмера 3,8×2×3,2 мм. Прибор обеспечивает силу света 800 мкд при ширине диаграммы распределения силы света в двух плоскостях 60/35° и токе 20 мА.

КРРД-3224SURCGK — двоянный AlGaInP-прибор с куполообразной линзой типоразмера 3,2×2,4×2,4 мм. В его состав входят два

единичных светодиода с красным (Hyper Red, $\lambda_d = 630$ нм) и зеленым (Green, $\lambda_d = 570$ нм) излучением, линза формирует узкий световой поток шириной 20° с силой света 1200 мкд (красный луч) и 300 мкд (зеленый луч) при токе 20 мА. Светодиоды управляются независимо друг от друга, максимальная рассеиваемая мощность 75 мВт, диапазон рабочих температур –40...+85 °С. Приборы серии КРРД-3224 можно с успехом использовать для задней подсветки дисплеев и различных индикаторов.

КААФ-5060QBFSEEGZCT — строчный прибор типоразмера 5×6×2,3 мм. В его составе три единичных светодиода: синий InGaN ($\lambda_d = 465$ нм), красный AlGaInP (Hyper Red, $\lambda_d = 621$ нм) и зеленый InGaN ($\lambda_d = 525$ нм). Светодиоды управляются независимо и обеспечивают силу света 350 мкд (синий луч, $I_{np} = 30$ мА), 1000 мкд (красный луч, $I_{np} = 50$ мА) и 650 мкд (зеленый луч, $I_{np} = 30$ мА) при $2\Theta_{1/2} = 100^\circ$. Максимальная мощность рассеяния 350 мВт. Приборы серии КААФ-5060 можно использовать для создания полноцветных информационных дисплеев.

К категории светодиодных ламп относятся следующие серии приборов: светодиоды для монтажа на ленту (Tape and Reel); круглые (Round); овальные (Oval); плоские (Flat Top); цилиндрические (Cylindrical); прямоугольные (Rectangular); квадратные (Squar); с несколькими светодиодами (Big LED); со светодиодами высокой яркости (Super LED); двухцветные и биполярные (Bi-Color & Bi-Polar LED); полноцветные (Full Color LED); стробирующие (Blinking LED); с экономичными светодиодами (Low Current LED); с «резистивными» светодиодами (Resistor LED); со сверхминиатюрными светодиодами (Subminiature Solid State LED). Все приборы этой категории, в том числе высокой яркости, выполнены в традиционных корпусах с проволочными выводами и линзами различных типов и цветов (Diffused, Semi-diffused, Water Clear).

L-7104ZGC-E (диаметр 3 мм) — зеленый InGaN-светодиод с линзой типа Water Clear. Прибор обеспечивает силу света 6800 мкд при ширине луча 34° и токе 20 мА, $\lambda_d = 525$ нм, $U_{np} = 3,2$ В, $P_{расс. макс}$ — 120 мВт. В состав серии входят 23 типа светодиодов высокой яркости различных цветов, используются линзы типов Transparent, Diffused, Water Clear; сила света 150–3500 мкд (красные, GaAlAs, AlGaInP), 700–2000 мкд (желтые, AlGaInP), 40–6800 мкд (зеленые, GaP, AlGaInP, InGaN), 1500–2300 мкд (синие, InGaN).

L-819SURKMGKW (двухцветные, диаметр 10 мм) — AlGaInP-прибор с двумя светодиодами с общим катодом (три вывода): красный (Hyper Red, $\lambda_d = 630$ нм) и зеленый (Mega Green, $\lambda_d = 570$ нм). Светодиоды могут быть включены как одновременно, так и раздельно, используется белая линза типа White Diffused. Прибор обеспечивает силу света 750 мкд (красный) и 130 мкд (зеленый), ширина углового распределения силы света 50° при токе 20 мА, $U_{np} = 2,5$ В, $P_{расс. макс}$ — 75 мВт.

L-154A4SUREQBFZGEC (полноцветный, диаметр 5 мм) — прибор, содержащий три светодиода с общим катодом (четыре вывода): красный (AlGaInP, Hyper Red, $\lambda_d = 630$ нм),

синий (InGaN, Blue, $\lambda_d = 465$ нм) и зеленый (InGaN, Green, $\lambda_d = 525$ нм). Светодиоды прибора могут быть включены как одновременно, так и раздельно, используется белая линза типа Water Clear. Прибор обеспечивает силу света 1200 мкд (красный), 1700 мкд (синий), 3800 мкд (зеленый), ширина углового распределения силы света 50° при токе 20 мА, $U_{np} = 2,5$ В (красный) и 4 В (синий, зеленый), мощность рассеяния 75 мВт (красный), 120 мВт (синий и зеленый).

L-7113SRD-14V («резистивный», диаметр 5 мм) — красный GaAlAs-светодиод высокой яркости, управляемый напряжением (Super Bright Red, $\lambda_d = 640$ нм). В прибор встроен преобразователь напряжение/ток, сила излучаемого света прямо пропорциональна напряжению питания ($I_v = 160$ мкд при $U_{пит} = 14$ В), ширина углового распределения силы света 30°. В составе серии имеются приборы на номинальные напряжения 5 и 12 В.

Продукция Ligitek

Компания Ligitek Electronics (Shulin City, Тайвань), основанная в 1989 г., является крупным производителем светодиодных компонентов и заказных изделий на базе светодиодов (Customized Design). В 1999 г. компания сертифицирована по стандарту ISO9001, в 2003 г. — по стандарту ISO14001, в 2010 г. — по стандарту OHSAS 18001. В 2010 году было открыто новое здание штаб-квартиры Ligitek (рис. 10) с автономным снабжением электроэнергией от солнечных батарей.

**Рис. 10.** Штаб-квартира компании Ligitek

Количество типов светодиодных компонентов, выпускаемых фирмой, исчисляется многими сотнями. Выпускаемые компоненты компания подразделяет на ряд категорий: СИД большой мощности; СИД в корпусах SMD; стандартные и сверхъяркие СИД; инфракрасные и специальные приборы; светодиодные линейки; матрицы и дисплеи. В таблице 3 приведены классификационные параметры ряда СИД белого света большой мощности компании из каталога 2011 г. [6]. Внешний вид приборов в исполнении 1W/3W EMIТTER, 1W/3W STAR и 10W EMIТTER показан на рис. 11–13. Особенности этих мощных источников белого света:

- длительный срок эксплуатации (для приборов 1W/3W до 100 000 ч, 10W — до 20 000 ч);
- малые рабочие напряжения;
- малый нагрев при эксплуатации;
- высокое быстродействие (не более 100 нс);
- большой диапазон регулировки яркости;



Рис. 11. Внешний вид приборов 1W/3W EMITTER

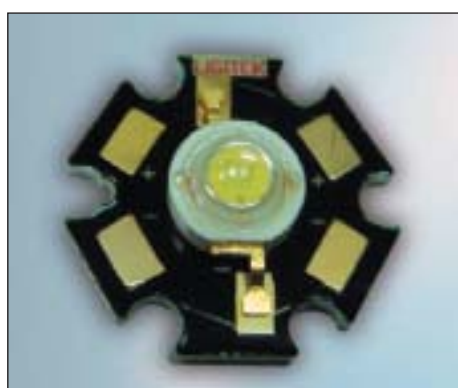


Рис. 12. Внешний вид приборов 1W/3W STAR



Рис. 13. Внешний вид приборов 10W EMITTER

- отсутствие ультрафиолетового излучения;
- надежная защита от статического электричества (два встроенных стабилитрона).

Спектральные характеристики приборов 1W/3W с теплым белым светом приведены на рис. 14, с холодным белым светом — на рис.15.

Сферы применения приборов, рекомендуемые изготовителем, весьма широки: индивидуальные светильники (в автомобилях, авто-

бусах, самолетах), подсветка ЖК-панелей, внешние автомобильные сигналы, подсветка ландшафтов, портативные и направленные светильники (прожекторы), светофоры, световые сигналы, указатели и др.

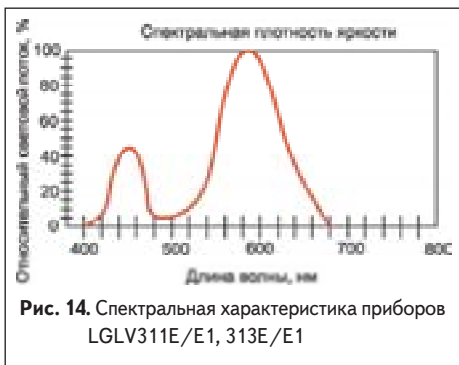


Рис. 14. Спектральная характеристика приборов LGLV311E/E1, 313E/E1

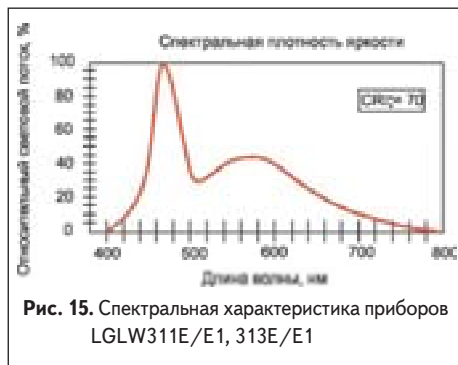


Рис. 15. Спектральная характеристика приборов LGLW311E/E1, 313E/E1

Чертежи светодиодных компонентов, рассмотренных в статье, приведены на сайте журнала: http://led-e.ru/filez/drawing_harvatek.zip; http://led-e.ru/filez/drawing_kingbright.zip; http://led-e.ru/filez/drawing_ligitek.zip.

Литература:

1. http://ledcommunity.org.ru/links/papers/le_dleaders
2. http://www.harvatek.com/style/frame/templates13_t/about.asp?content_set=color_1&lang=2&customer_id=2278&name_id=98228
3. <http://www.harvatek.com>
4. http://www.kingbright.com/product_main.php?lang=English
5. <http://www.ligitek.com/>
6. <http://www.ligitek.com/modules/products/index.php>

МОСКВА
телефон (495)
649-84-45
Факс (495) 646-80-01

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
телефон (812)
313-28-33
Факс (812) 313-28-44

ИЖЕВСК
телефон (3412)
50-33-30
Факс (3412) 51-64-29

Elitan.ru
ИНТЕРНЕТ МАГАЗИН

**ПРИБОРЫ
И ИНСТРУМЕНТ**

**ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ**

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ
КОМПЛЕКТУЮЩИЕ**

1 000 000 товаров от 999 изготовителей

- Минимальный заказ не ограничен
- 12 способов доставки по России и за рубеж
- Удобная система оплаты:
Банк, VISA, MasterCard, Webmoney, ЯндексДеньги, RBK Money
- Ежедневное обновление склада
- Отслеживание состояния заказа через сайт

Info@elitan.ru www.elitan.ru

реклама

Метод контроля потенциальной степени деградации характеристик светодиодов на основе твердых растворов AlGaInN

Статья посвящена исследованиям деградационных явлений в излучающих кристаллах светодиодов. Рассмотрены причины возникновения деградации светового потока, изменения спектрального состава излучения со временем наработки. На основе представленных результатов измерений и теоретических расчетов разработана система оценки потенциальной степени изменения основных параметров светодиодов на производстве. Материал может быть полезен для производителей светодиодов, разработчиков и исследователей характеристик излучающих гетероструктур на основе твердых растворов AlGaInN.

Причины разработки метода

Стремительное развитие технологии производства излучающих структур в последние годы привело к значительным успехам в области повышения качества приборов на их основе. Существенно увеличилось число различных конструкций и типов серийно производимых кристаллов, изготовленных на основе эпитаксиальных гетероструктур твердых растворов AlGaInN, позволяющих создавать источники излучения с любыми необходимыми характеристиками для различных сфер применения. Однако имеет место ряд проблем при изготовлении как самих гетероструктур, так и светодиодов на их основе, которые до сих пор недостаточно исследованы, а отсутствие методов их комплексного решения на стадии производства излучающих кристаллов и технологии их сборки в светодиодах существенно ограничивает применение готовых приборов в большинстве устройств специальной сигнализации (светофоры, световая сигнализация), в устройствах ответственного применения с повышенной степенью надежности (судовое, шахтное и аварийное освещение) и в устройствах стратегического назначения (военная и космическая техника). Наиболее значимой является проблема изменения (деградации) всего комплекса первоначальных параметров излучающих структур и светодиодов в целом. Изучение механизмов деградации в сложившихся условиях массового производства кристаллов и светодиодов на их основе является очень актуальным. Результаты исследований выходят за рамки чисто научных программ и становятся востребованными не-

посредственно на производстве, где уже сейчас все больше требуется достоверная оценка не только параметров произведенных светодиодов, но и прогнозирование их надежности и срока службы.

Установление связи между скоростью деградации важнейших параметров светодиодов в процессе наработки с величинами этих параметров до наработки в перспективе дает возможность количественно предсказывать срок службы светодиодов еще на стадии производства.

Актуальность совершенствования методик

Основным параметром, взятым для исследования светодиодов, является световой поток Φ . Детальное наблюдение за его изменением в процессе длительной наработки именно с целью сопоставления с физикой работы структур не производилось ранее из-за относительной «непоказательности» этой зависимости для пользователя, чтобы объяснить картину происходящих изменений в светотехнических параметрах, к которым привязаны большинство спецификаций на светодиоды. «Интегральность» этого параметра не позволяет проследить за изменениями угловых характеристик и значений силы света на разных участках диаграммы. Однако именно световой поток является наиболее корректной величиной с точки зрения физики работы излучающей структуры [1]. Это позволяет сделать изучение причин деградации более частным и предоставляющим возможность дифференцировать причины, относящиеся только к энергетиче-

ским. В то же время при необходимости можно легко перейти к характеристикам мощности излучения, используя данные измерений спектрального состава этой мощности [2]. Следует также отметить, что предположение о том, что в процессе наработки изменяется значение силы света в определенных точках диаграммы углового распределения излучения структуры, но не изменяется значение светового потока при этом, а только лишь перераспределяется его плотность в пространстве диаграммы распределения, обязано именно изучению поведения светового потока. При этом важно иметь в виду, что перераспределение мощности в описанном случае может быть совсем другим, не таким, как перераспределение потока (поскольку возможно пропорциональное этому изменению спектра излучения по объему диаграммы углового распределения), что подчеркивает уже совсем иной эффект [3–5]. Поэтому существующие в настоящее время результаты исследования деградации по методу фиксации значения силы света в определенной точке индикатрисы излучения, спектрального распределения или измерения мощности излучения не отражают всей картины происходящих в излучающей структуре изменений в процессе наработки.

Физические механизмы деградации параметров

Исходя из модели построения площади излучающей структуры в виде большого числа площадей отдельных p - n -переходов с различными характеристиками, включенными параллельно (рис. 1) и имеющими функцию распределения по площади, можно установить связь между изменениями суммарных характеристик всей структуры и отдельных ее составляющих. Это утверждение хорошо объясняет факт именно перераспределения энергетических параметров излучения, а не их количественного изменения. Если принять также, что отдельные участки пространства заряда имеют, помимо отличающихся значений прямого напряжения, еще

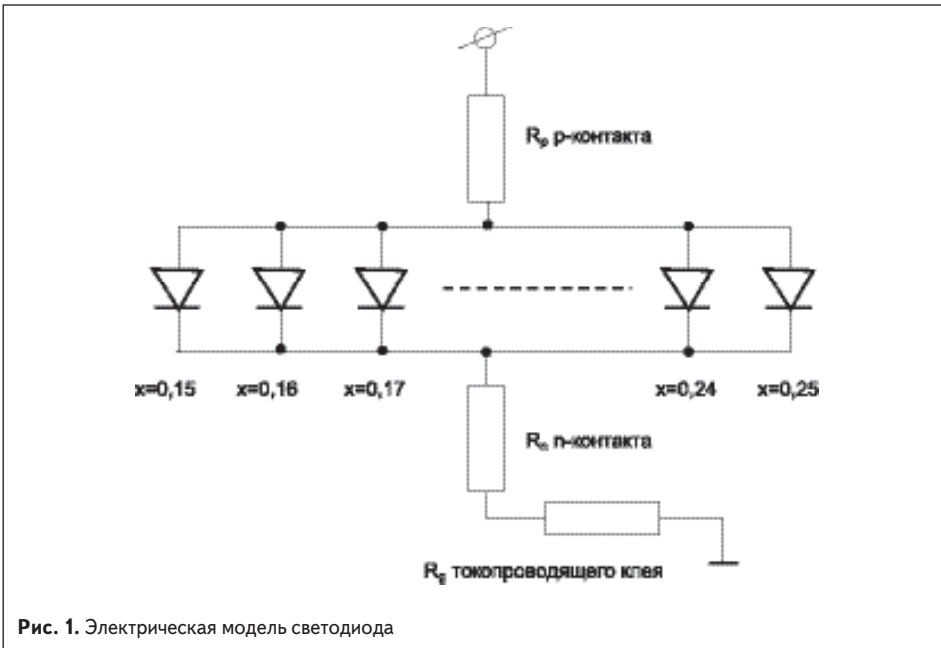


Рис. 1. Электрическая модель светодиода

и различные значения ширины запрещенной зоны E_g , то можно предположить, что изменение суммарного U_f вызовет изменение эффективной E_g , а функция распределения сегментов с отличными U_f будет соответствовать функции распределения E_g . Это, в свою очередь, и показывает диаграмма относительного спектрального распределения мощности излучения структуры, которая определяется формулой (1) и пропорциональна плотности состояния заполнения в зоне проводимости и свободных состояний в валентной зоне в соответствии с законом распределения Ферми — Дирака для электронов и дырок:

$$I(h\nu) \sim \nu^2 \times (h\nu - g)^{1/2} \times \exp[-(h\nu - E_g)^{k/T}], \quad (1)$$

где E_g — ширина запрещенной зоны; $h\nu$ — энергия фотона.

Более развернутая пропорциональность $I(h\nu) \sim E_g$ для гетероструктур InGaN/AlGaIn/GaN подробно описана в [6] с применением модели рекомбинации в хвостах 2D плотности

состояний. Вероятно также, что размеры площадей микро- p - n -переходов определяются флуктуациями содержания индия в активном слое.

В некоторых публикациях [7, 8] было высказано предположение, что многие экспериментальные данные по свойствам синих светодиодов, таких как ширина спектрального распределения, сдвиг максимума излучения в коротковолновую область при увеличении плотности прямого тока в отсутствие нагрева активной области (например, при питании в импульсном режиме), вольт-амперные характеристики и т. д., могут быть рассмотрены на основе модели неравномерного распределения состава $In_xGa_{1-x}N$ в активной области кристалла. При этом предлагалось рассматривать модель кристалла и светодиода, изображенную на рис 1.

Согласно этой модели, светодиод представляет собой совокупность параллельно включенных микродиодов, имеющих одинаковые параметры широкозонных GaN-эмиттеров

n - и p -типа, но отличающихся друг от друга содержанием индия в квантовых ямах. Последовательно с этой совокупностью микродиодов включено общее сопротивление контактов. Площади микродиодов (секторов, площадок) $S(x)$ с различным содержанием индия (x) в квантовых ямах в первом приближении могут быть описаны гауссовским распределением относительно средних значений $x = 0,4$ для зеленых светодиодов и $x = 0,2$ для синих. Поэтому был принят следующий вид распределения (2):

$$S(x) = \frac{S_0}{\sqrt{2\pi} \times \sigma} \times \exp\left[-\frac{(x - x_0)^2}{2 \times \sigma^2}\right] = \frac{S_0}{\sqrt{2\pi} \times 0,0167} \times \exp\left[-\frac{(x - x_0)^2}{2 \times 0,0167^2}\right], \quad (2)$$

где S_0 — полная площадь кристалла светодиода, величина x изменяется дискретно в пределах 0,15–0,25 с шагом $dx = 0,01$, а величина $x_0 = 0,2$.

По многим экспериментальным данным, величина x_0 является типичной для синих светодиодов. Распределение и величины $S(x)/S_0$ для различных значений x показаны на рис. 2. Здесь S_0 — полная площадь кристалла светодиода. Величина $\sigma = 0,0167$ выбрана из необходимости соблюдения условия (3):

$$(x_{\min} - x_0) = (x_{\max} - x_0) = 3\sigma. \quad (3)$$

Таким образом, необходимо рассчитать ВАХ каждого микродиода со своим значением x и своей величиной площади, а затем, учитывая их параллельное соединение при заданной величине прямого напряжения, рассчитать вольт-амперную характеристику светодиода в целом.

Моделирование вольт-амперных характеристик светодиодов с различной величиной состава x в квантовых ямах проведено в диапазоне прямых напряжений между GaN-эмиттерами n - и p -типа $U_{p-n} = 1-4$ В.

В результате моделирования определено, что при значениях $x = 0,15...0,17$ (более мелкие квантовые ямы) плотность тока значительно больше, чем при значениях $x = 0,18...0,25$ (рис. 3).

Моделирование спектра излучения было основано на расчетах суммарной скорости излучательной рекомбинации в наборе квантовых ям (UBB) и полного числа квантов, излучаемых в наборе ям ($UBB \times S \times d$) при различных значениях состава x [9].

Соответствие полученных различными способом характеристик позволяет использовать рассчитанные данные для обоснования закономерностей в изменениях характеристик синих светодиодов, наблюдающихся при их длительной наработке.

$$\Phi(t) = \Phi(0h) \times \exp(-J \times \alpha \times t), \quad (4)$$

где J — плотность тока (A/cm^2); t — время наработки (ч); α — коэффициент, описываю-

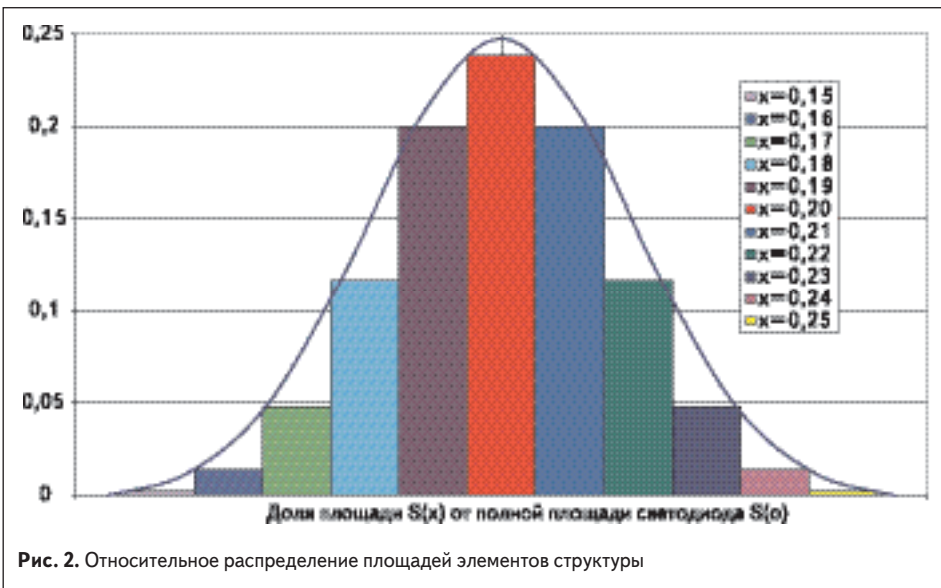


Рис. 2. Относительное распределение площадей элементов структуры

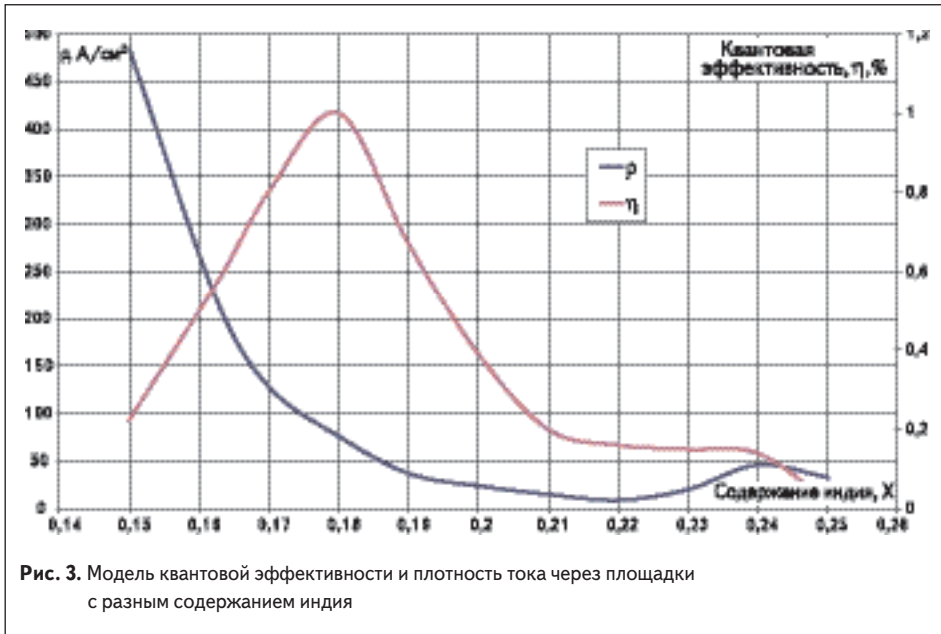


Рис. 3. Модель квантовой эффективности и плотность тока через площадки с разным содержанием индия

щий скорость деградации ($\text{см}^2 \times \text{А}^{-1} \times \text{ч}^{-1}$); $\Phi(t)$ — световой поток через время наработки t ; $\Phi(0h)$ — начальный световой поток (лм).

Поскольку деградация величины светового потока экспоненциально зависит от плотности тока (4), то в большей степени деградации подвержены области структуры с малыми значениями $x = 0,15 \dots 0,17$, через которые протекают токи с большой плотностью (рис. 3). Вследствие этого спектры излучения в процессе наработки смещаются в длинноволновую сторону, поскольку более коротковолновая часть спектрального распределения деградирует быстрее. Таким образом, можно рассчитать фактор деградации светового потока α и значение светового потока в любой момент времени наработки t_n относительно начального $\Phi(0h)$ или установившегося периода стабилизации параметров (1000–3000 ч), что может служить долгосрочным прогнозом поведения этой важной характеристики.

Определено, что расчетная кривая практически совпадает с усредненной ВАХ для образцов, имеющих наибольшее начальное прямое напряжение, однако также установлено, что ВАХ светодиодов с наименьшим $U_f(0h)$ отличается крутизной характеристики как на самых малых токах, так и при самых больших плотностях, в некоторой части (при средних значениях тока) пересекая расчетную кривую (рис. 4).

На рис. 4 видно отличие крутизны характеристик на самых малых и самых больших токах, свидетельствующее о большом содержании дефектов, которые отсутствуют как в образцах с большим U_f , так и в расчетной ВАХ. Предполагается, что в процессе деградации распределение общей площади фрагментов с различным содержанием индия будет тяготеть к преобладанию сегментов с более высоким его содержанием, что будет соответствовать увеличению суммарного прямого напряжения при больших плотностях тока и увеличению максимальной длины волны излучения. В то время как при малых плот-

ностях тока прямое напряжение, наоборот, уменьшается. Хорошо доказывает это предположение подробное рассмотрение ВАХ, показавшее, что при малых токах (до 10 мА, где последовательное сопротивление оказывает минимальное влияние на ход ВАХ) в начальный момент имеются существенные расхождения в крутизне характеристик с кривыми, снятыми на последующих стадиях наработки. Это происходит из-за наличия шунтирующих центров безызлучательной рекомбинации, самое большое содержание которых заметно при самых низких прямых напряжениях в начале наработки (изменение наклона кривой ВАХ происходит при меньших напряжениях смещения, она становится линейной гораздо раньше, стремясь к характеристике линейного сопротивления).

При больших плотностях тока доминирующее влияние на ход ВАХ будет оказывать

уже последовательное сопротивление светодиода, и шунтирующее действие дефектов будет не столь различимо на среднем участке этой характеристики, оказываясь вновь заметным лишь на самых больших допустимых плотностях тока, где оно становится причиной существенно большей крутизны характеристики. Именно этот участок ВАХ и выбран для применения при сортировке светодиодов на производстве.

Изменение спектрального состава излучения со временем наработки указывает на тенденцию увеличения числа длинноволновых составляющих спектра, которые соответствуют увеличению площади сегментов с более низким (по сравнению с исходным) U_f , что хорошо объясняет существенно меньший градиент увеличения напряжения при наработке у светодиодов с небольшой степенью деградации светового потока. Динамика изменения спектрального состава состоит в том, что центральная длина волны не только всегда больше максимальной, но и еще больше увеличивается относительно нее в процессе наработки, что происходит также на фоне растущей ширины спектра. Однако увеличение значения интеграла спектра за счет длинноволновой части должно привести к пропорциональному увеличению светового потока из-за большей световой эффективности излучения на большей длине волны. Этот подъем и наблюдается практически во всех типах светодиодов при достижении наработки 1000–3000 ч, и это всегда означает окончание периода стабилизации параметров.

Далее динамика изменения параметров значительно уменьшается, что подтверждается высокой стабильностью суммарного светового потока (изменение не более 3–5%), сохраняя лишь его перераспределение (изменение максимальной силы света — до 10%), а рост прямого напряжения уже практически полностью становится зависимым от описанных факторов. Последующее очень медленное

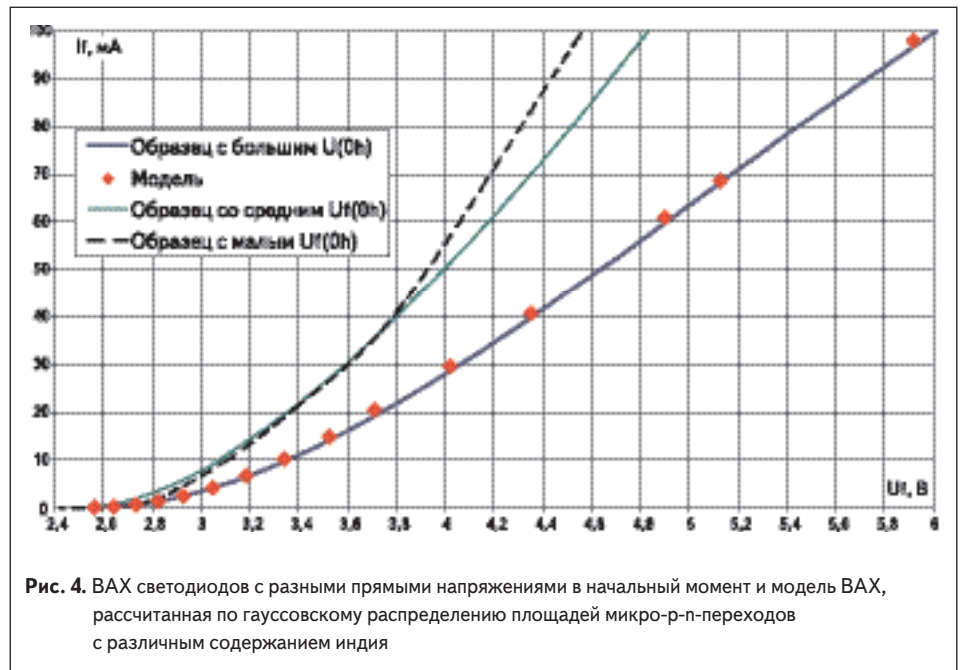


Рис. 4. ВАХ светодиодов с разными начальными напряжениями в начальный момент и модель ВАХ, рассчитанная по гауссовскому распределению площадей микро-р-п-переходов с различным содержанием индия

уменьшение светового потока при незначительном росте U_f и продолжающемся сдвиге спектрального распределения в область длинных волн, тем не менее, может быть связано с перераспределением и миграцией дефектов структуры в виде центров безызлучательной рекомбинации с малым сопротивлением (являющихся каналами утечки), которые также оказываются параллельно включенными во всю структуру в виде элементарных площадок со своими E_g и U_f , шунтирующих соседние сегменты, в которых происходит излучательная рекомбинация и прямое смещение которых существенно выше. Другими словами, растекание токов утечки вызывает значительное падение напряжения на соседних участках, интенсивность излучения которых становится менее эффективной вследствие недостаточности внешнего приложенного к ним электрического поля для полноценной инжекции носителей заряда, чем тех, что удалены от дефекта. При этом перераспределении суммарное прямое напряжение структуры изменяется незначительно (общая площадь каналов утечки остается постоянной: изменяется только их дислокация), а шунтирующее действие этих площадок существенно увеличивается, уменьшая суммарный световой поток. Такое предположение также хорошо объясняет и значительное перераспределение светового потока по объему излучающей структуры, увеличивающееся с деградацией.

Однако выявлено также, что при производстве пластин кристаллов всегда существует некоторая их часть, изначально содержащая в себе такое распределение центров безызлучательной рекомбинации и такую функцию распределения площадок с различными характеристиками, которые будут существенно доминировать при наработке и приводить к значительной деградации параметров относительно остальной массы образцов. Причем все характеристики, свойственные исправным светодиодам на осно-

ве этих кристаллов, будут присутствовать в начальный момент, и такие светодиоды будут признаны годными на производстве [10].

Этот факт вызвал необходимость разработки новой методики сортировки светодиодов на производстве еще и по той причине, что существующая сортировка проводится при одном значении плотности тока в диапазоне 30–40 А/см². Однако значения прямого напряжения на этом токе не имеют достаточно большого разброса для разделения светодиодов на группы из-за специфического хода ВАХ, и, как уже говорилось, существенное отличие может быть замечено лишь при больших плотностях тока. Выявление данного факта стало возможным благодаря исследованию по предложенной методике большого числа светодиодов. Это обнаруживает очень важный недостаток в принятой мировой практикой производства системе сортировки готовых светодиодов и объясняет причину появления потенциально дефектных приборов в общей массе признанных годными.

Выводы

Таким образом, обосновано, что критерии сортировки должны быть рассчитаны при больших плотностях тока через кристалл, что подтвердила серия выполненных сортировок по так называемой «пятиточечной» схеме — измерения параметров в пяти точках при разном прямом токе (в диапазоне плотности 0–100 А/см²) в импульсном режиме. Установлено, что предложенная методика такой сортировки позволяет также сделать достоверный прогноз качества произведенных светодиодов (выявить более 95% потенциально негодных приборов) и мобильно скорректировать необходимые технологические операции для устранения возможного брака на выходе. Показано также, что предложенные методы сортировки

на производстве не несут дополнительных затрат ни времени, ни оборудования, ни энергии, ни трудозатрат персонала. ●

Литература

1. Measurement of LED's // Technical report CIE127-1997.
2. Котюк А. Ф. Основы оптической радиометрии М.: ФИЗМАТЛИТ. 2003.
3. Никифоров С. Г. Почему светодиоды не всегда работают так, как хотят их производители? // Компоненты и технологии. 2005. № 7.
4. Агафонов Д. Р., Аникин П. П., Никифоров С. Г. Вопросы конструирования и производства светоизлучающих диодов и систем на их основе // Светотехника. 2002. № 6.
5. Абрамов В. С., Никифоров С. Г., Сушков В. П., Шишов А. В. Особенности конструирования мощных белых светодиодов // Светодиоды и лазеры. 2003. № 1, 2.
6. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. Том 1, 2. М.: Мир. 1984.
7. Абрамов В. С., Никифоров С. Г., Соболев П. А., Сушков В. П. Свойства зеленых и синих InGaN-светодиодов // Светодиоды и лазеры. 2002. № 1, 2.
8. Кудряшов В. Е., Мамакин С. С., Туркин А. Н., Юнович А. Э., Ковалев А. Н., Маняхин Ф. И. Спектры и квантовый выход излучения светодиодов с квантовыми ямами на основе гетероструктур из GaN — зависимость от тока и напряжения // Физика и техника полупроводников. 2001. Т. 35. Вып. 7.
9. Рабинович О. И. Моделирование электрических и оптических характеристик светоизлучающих диодов на основе многокомпонентных гетероструктур AlInGaN: Дис. на соискание ученой степени канд. ф.-м. наук. Москва, МИСиС, 2008.
10. Ермаков О. Н., Сушков В. П. Полупроводниковые знакосинтезирующие индикаторы. М.: Радио и связь. 1990.

НОВОСТИ

МГК «Световые Технологии» вступает в НП ПСС



Крупнейшая в России компания по производству световых приборов — МГК «Световые Технологии» — вступила в НП Производителей светодиодов и систем на их основе (НП ПСС), единственную в РФ профессиональную ассоциацию в светодиодной отрасли.

Это знаковое событие для всего рынка светотехники России, залог консолидации отрасли и успешного ее дальнейшего развития. Участие

одного из ключевых производителей традиционной светотехники в развитии рынка светотехники светодиодной знаменует кардинальный разворот отрасли в сторону стремительного внедрения нового поколения источников света и световых приборов.

МГК «Световые Технологии» соответствует всем требованиям, предъявляемым к участникам НП ПСС. По оценкам экспертов, компания является крупнейшим производителем световых приборов в странах СНГ и занимает около 15% рынка России. На собственных производствах «Световых Технологий» в РФ и Украине выпускается более 1000 модификаций светильников для 50 областей применения — от административных и офисных зданий

до промышленных объектов и стадионов. Особое внимание компания уделяет новым направлениям и тенденциям в области разработки световых приборов с использованием светодиодов, прорабатывая и изучая последние достижения в этой области, что позволяет создавать наиболее качественные, эффективные и безопасные решения для потребителей как в странах СНГ, так и в Западной Европе. Основной ассортимент торговой марки «Световые Технологии» в настоящий момент прошел сертификацию по европейскому стандарту ENEC, а все производства сертифицированы по международному стандарту управления качеством ISO 9001:2008.

www.nprpss.ru

Bill Weiss (Билл Вейс) | Перевод: Геннадий Бандура

Регулирование уровня яркости светодиодных светильников без эффекта мерцания

На сегодня светодиодная технология является господствующей в области устройств освещения. Уже обычными стали светодиодные фонари, светофоры, устройства освещения автомобилей, кроме того, наблюдается тенденция замены люминесцентных и ламп накаливания на светодиодные в жилых, коммерческих и производственных помещениях. Объем электроэнергии, который будет сэкономлен при переходе к светодиодному освещению, просто ошеломляет. В одном только Китае власти подсчитали, что при переводе одной трети страны на светодиодное освещение ежегодно будет экономиться 100 млн кВт электрической энергии, а выброс углекислого газа в атмосферу уменьшится на 29 млн т. Однако в светодиодной технологии есть одна проблема, а именно — технология регулирования светового потока.

На лампах накаливания легко реализовать функцию уменьшения яркости, используя простой и дешевый регулятор освещенности, основанный на симисторе. Как результат — они применяются повсеместно. Чтобы светодиодные лампы стали действительно популярными и широко распространенными, необходимо внедрить в них эту функцию при использовании существующих контроллеров и инфраструктуры затемнения.

Яркость свечения ламп накаливания прекрасно поддается регулированию. По иронии судьбы этому способствует крайне низкая их эффективность и, как следствие, высокий ток, который позволяет диммеру (устройству для регулировки уровня освещения, или, иными словами, для затемнения) хорошо работать. Тепловая инерция нити накаливания также позволяет замаскировать любую неустойчивость или колебания, создаваемые диммером. Попытка регулировать яркость светодиодного светильника этим способом создает ряд проблем, таких как мерцание и другие нежелательные эффекты. Чтобы пояснить, почему это происходит, рассмотрим, как работают симисторные диммеры и как они взаимодействуют со светодиодными светильниками.

На рис. 1 изображен типичный симисторный диммер и его вольт-амперная характеристика.

Потенциометр R2 регулирует фазовый угол симистора, который открывается на каждой

волне переменного напряжения, когда V_{C2} превышает напряжение переключения симистора. Когда ток симистора падает ниже его тока удержания (I_H), симистор закрывается и ждет зарядки конденсатора C2 в течение следующей половины цикла для включения снова. Напряжение, прилагаемое к нити накаливания лампы, является функцией от фазового угла затемнения, который может варьироваться в диапазоне практически 0–180°.

Светодиодная лампа, призванная заменить лампу накаливания, как правило, содержит матрицу светодиодов, расположенных так, чтобы обеспечить максимальную светоотдачу. Светодиоды включены в цепь последовательно. Яркость каждого из них является функцией от тока, текущего через него. Кроме того,

прямое падение напряжения на светодиоде составляет примерно 3,4 В (может изменяться в интервале 2,8–4,2 В). Цепочка светодиодов должна питаться от источника постоянного тока со строгим контролем выходных параметров для обеспечения соответствия между соседними лампами.

Чтобы светодиодная лампа была затемняемой, ее источник питания должен преобразовывать изменение фазового угла диммера в изменение постоянного тока питания светодиодной лампы. Трудности достижения этого эффекта в сочетании с правильной работой диммера могут привести к существенному снижению производительности. Могут появиться такие проблемы, как: большое время запуска, мерцание, неравномерное освещение,

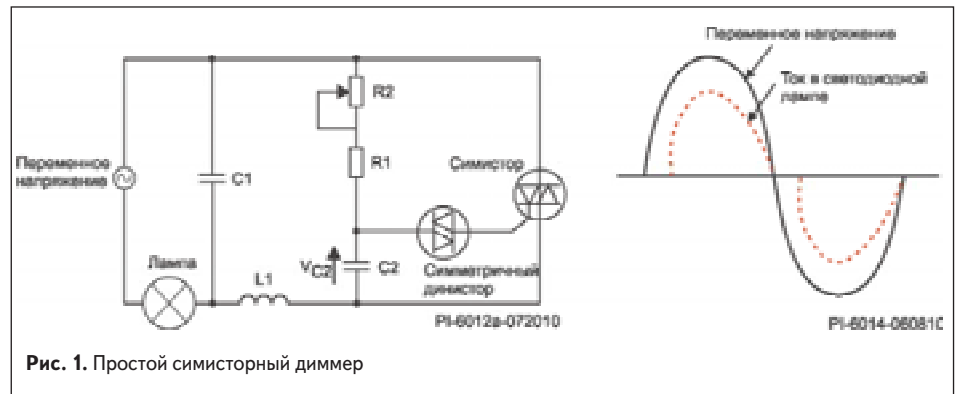


Рис. 1. Простой симисторный диммер

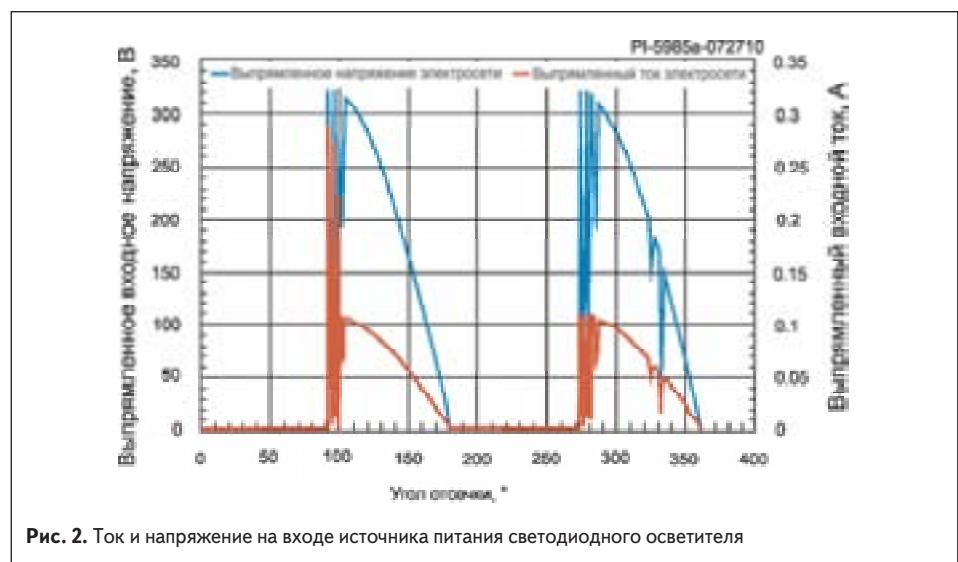


Рис. 2. Ток и напряжение на входе источника питания светодиодного осветителя

мигание (при установке минимального уровня освещения). Есть также проблемы с повторяемостью параметров (от изделия к изделию) и нежелательные аудиощумы, идущие от лампы. Эти нежелательные эффекты, как правило, вызваны сочетанием ложных открытий и преждевременных закрытий симисторов, а также недостаточным контролем тока светодиодов. Первопричиной ложного открытия симистора является так называемый токовый «звон» при открытии симистора. Рис. 2 наглядно иллюстрирует эту ситуацию.

В тот момент, когда симистор открывается, напряжение практически мгновенно прикладывается к входному LC-фильтру источника питания. Напряжение, приложенное к индуктивности, вызывает «звон». Если при этом ток тиристора упадет ниже тока удержания симистора, последний закрывается. Цепь диммера перезаряжается и вновь запускает симистор. Эти многократные перезапуски симистора могут вызвать нежелательные аудиощумы и мерцание светодиодной лампы. Простые ЭМИ-фильтры могут минимизировать этот нежелательный «звон». Для уверенной работы функции затемнения необходимо, чтобы входные дроссели и конденсаторы были как можно меньше.

Наиболее «звонящим» считается фазовый угол 90° (когда напряжение на пике синусоидальной волны прикладывается ко входу источника питания светодиодного светильника и высокое напряжение сети обуславливает минимальный питающий ток). Если необходимо осуществить глубокое затемнение (т. е. фазовый угол приближается к 180°) при низком питающем напряжении, может произойти преждевременное отключение светодиодной лампы. Чтобы этого не происходило, симистор должен открываться каждый цикл и оставаться открытым практически до того момента, когда переменное напряжение падает до нуля. Для обеспечения этого необходим ток удержания 8–40 мА. Для ламп накаливания поддержать этот ток не составляет никакого труда, однако при использовании светодиод-

ных ламп, потребляющих менее 10% энергии эквивалентной лампы накаливания, ток может опуститься ниже уровня тока удержания, что заставит симистор преждевременно выключиться. Это объясняет мерцание и/или ограничение диапазона затемнения.

Ряд других проблем, с которыми может столкнуться разработчик при проектировании светодиодного осветителя, составляют: коэффициент мощности (по стандарту Energy Star он должен быть не менее 0,9 для коммерческих и промышленных применений), строгие требования по энергетической эффективности, строгие допуски по нестабильности выходного напряжения и ЭМИ, безопасность при КЗ и разрыве цепи светодиодов.

Последние разработки компании Power Integrations показывают, как можно обеспечить питание светодиодного осветителя и одновременно совместимость с существующими симисторными диммерами. На рис. 3 приведена схема источника питания 14 Вт для светодиодного светильника с возможностью внешнего затемнения, разработанного этой фирмой.

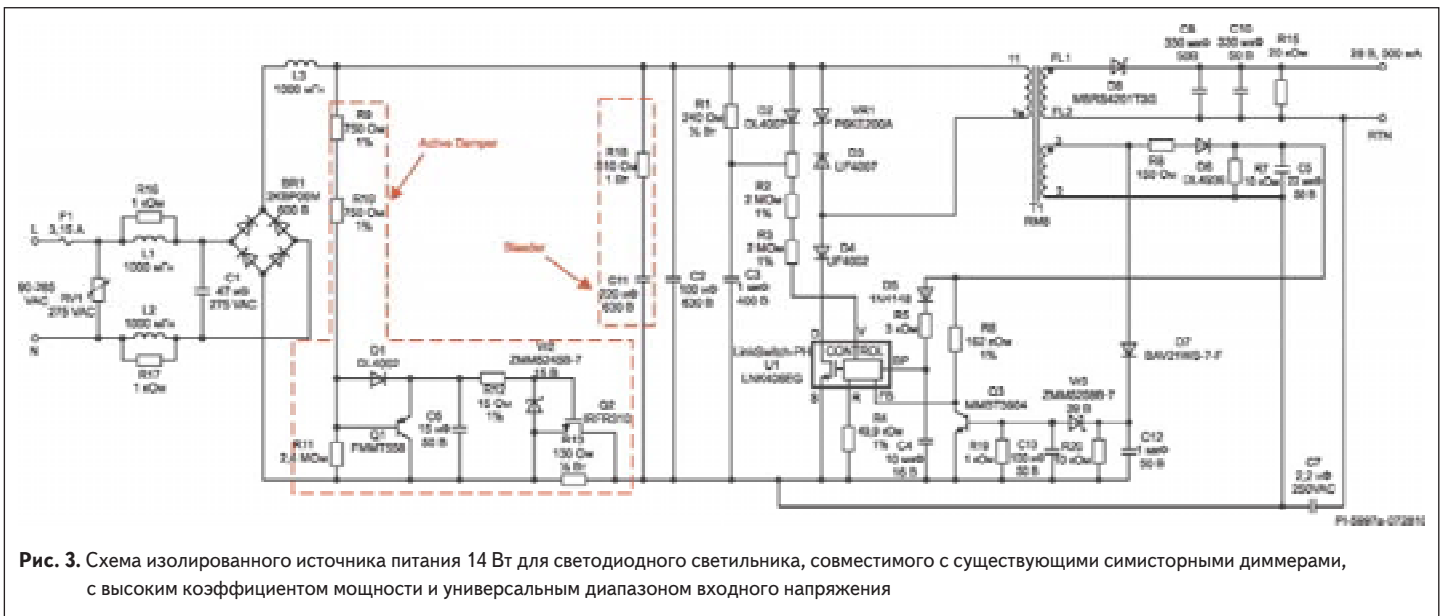
Основой источника является микросхема LNK406EG(U1) семейства LinkSwitch-PH. Представители данной линейки микросхем сочетают силовой MOSFET-ключ на 725 В и ШИМ-контроллер, работающий в режиме без разрыва тока основного дросселя. Контроллер выполняет функцию корректора коэффициента мощности (ККМ) и обеспечивает постоянный выходной ток. Технология контроля выходных параметров по первичной стороне, используемая в микросхемах LinkSwitch-PH, обеспечивает точный контроль выходного тока, избавляет от использования оптопары и части вторичной цепи, обычно применяемых в обратноходовых изолированных преобразователях, притом, что функция, отвечающая за ККМ, избавляет от использования входного накопительного электролитического конденсатора.

Микросхемы семейства LinkSwitch-PH могут быть настроены для работы как в режиме с за-

темнением, так и в режиме без затемнения. Для применения в связке с симисторным диммером используется резистор R4 на выводе REFERENCE и связка резисторов R2+R3 4 МОм на выводе VOLTAGE MONITOR для обеспечения линейного соотношения между входным напряжением и выходным током и максимального расширения диапазона затемнения.

Режим работы без разрыва тока основного дросселя обладает двумя ключевыми достоинствами: сниженным уровнем потерь на проводимость (следовательно, выше КПД) и меньшим уровнем ЭМИ (следовательно, для соответствия стандарту по ЭМИ требуется фильтр меньших размеров). Один X-конденсатор может быть исключен и использован дроссель меньшего типоразмера (либо также исключен). Встроенная в семейство микросхем LinkSwitch-PH функция джиттера основной частоты переключения MOSFET-ключа еще более снижает необходимость в фильтрующих компонентах. Меньший входной ЭМИ-фильтр представляет собой меньшее реактивное сопротивление для диммера, что, соответственно, уменьшает уровень «звона». Стабильность еще больше увеличена благодаря тому, что питание микросхем LinkSwitch-PH осуществляется от собственного внутреннего источника опорного напряжения. Добавление демпфера для работы с диммерами и цепи деления напряжения обеспечивает надежную работу без эффекта мерцания в максимально широком диапазоне затемнения.

Вышеописанный источник питания для светодиодного светильника полностью совместим с существующими симисторными диммерами в очень широком диапазоне затемнения (1000–1, 500–0,5 мА), обладает КПД >85% и коэффициентом мощности >0,9. Он наглядно показывает, что проблемы несовместимости светодиодных светильников и симисторных диммеров могут быть преодолены и, как результат, может быть построен простой драйвер для недорогой и надежной светодиодной лампы с функцией затемнения.



Кристофер Ричардсон (Christopher Richardson)

Использование технологий фоновой подсветки для уличных фонарей

Светодиодные технологии фоновой подсветки и общего освещения различаются по типу используемых светодиодов. В то время как многие светильники общего освещения состоят из менее чем десяти светодиодов достаточно высокой мощности (например, 1 Вт), фоновый светильник обычно содержит сотни и даже тысячи небольших светодиодов мощностью приблизительно 50–200 мВт. Соответственно, и типы схем управления светодиодами, применявшихся в таких светильниках до настоящего времени, также существенно различались. Разной была и архитектура систем. С появлением светодиодных уличных светильников (а также парковочных, складских и др.) эти два мира на шаг приблизились друг к другу. Связано это с тем, что мощные широкозонные светильники (High Power Wide Area lighting, HPWA), значительную часть которых составляют уличные светильники, требуют гораздо большей суммарной мощности излучения, чем светодиодные заменители ламп накаливания или флуоресцентных ламп. Соответственно, необходимо большое количество светодиодов. В схемах управления, которые используются в фоновых светильниках, большое число светодиодов упорядочивается в последовательно-параллельные массивы, где каждая строка питается от линейного источника тока, а КПД системы повышается за счет использования одного импульсного источника питания с динамически регулируемым выходным напряжением. До сих пор ток, который способны были обеспечить такие системы, был ограничен значениями примерно в 200 мА на канал. Компания National Semiconductor взяла эту идею за основу, но увеличила ток до 500 мА на канал, а также добавила функции управления и защиты, необходимые в высоконадежных светильниках наружного освещения (проще говоря, в уличных фонарях).

При проектировании электронных схем управления светодиодами для уличных фонарей на 50–200 светодиодов мощностью 1 Вт каждый конструкторам приходится сталкиваться с трудностями принципиального характера. Это, в частности, удержание суммарного выходного напряжения в безопасных пределах, согласование тока между строками последовательно-параллельного массива светодиодов, обеспечение надежности в части отказов светодиодов, а также подавление электромагнитных помех, справиться с которыми становится все труднее и труднее по мере роста общей мощности.

На рис. 1 показана ИС LM3432 — шестиканальный контроллер фоновой подсветки, способный вырабатывать ток до 40 мА на канал при выходном напряжении до 80 В. В зависимости от максимального прямого напряжения (V_F) каждого светодиода это позволяет одному контроллеру LM3432 питать 20–25 светодиодов на канал или 120–150 светодиодов в общей сложности. Именно такое количество светодиодов обычно используется для подсветки ЖК-экранов ноутбуков, для чего изначально и предназначалась данная ИС.

Динамическое управление запасом по напряжению

Каждый канал LM3432 представляет собой линейный стабилизатор втекающего тока. Линейные стабилизаторы не отличаются высоким КПД, поэтому для эффективного питания светодиодов ИС LM3432 спарена с импульсным стабилизатором (рис. 1), который вырабатывает напряжение питания светодиодов и, что более важно, принимает от LM3432 команду на динамическое регулирование V_O , обеспечивающее постоянную минимизацию напряжения на каждом из линейных стабилизаторов. За основу для регулирования V_O берется канал с наибольшим напряжением строки. Даже светодиоды, отсортированные по прямому напряжению, будут демонстративно определять разброс, а сортировка по падению V_F с ростом температуры не предусмотрена. Канал с наибольшим суммарным напряжением строки светодиодов — это канал, ближе всего подошедший к напряжению выключения своего линейного стабилизатора втекающего тока. Этот канал дает команду

установить на первичном источнике питания такое напряжение, чтобы удержаться несколько ниже напряжения выключения. Управляющий канал может меняться динамически, отсюда и название «динамическое управление запасом по напряжению» (Dynamic Headroom Control, ДНС). Функция ДНС поднимает общий КПД системы до уровня выше 90% и делает ее конкурентоспособной за счет импульсного стабилизатора, непосредственно питающего светодиоды.

Преимущества перед схемой с несколькими понижающими преобразователями

Один большой импульсный стабилизатор с регулируемым выходным напряжением, питающий ряд линейных стабилизаторов, имеет ряд преимуществ перед схемой с несколькими понижающими преобразователями, описанной в первой части. Для мобильных телефонов, ноутбуков и GPS-приемников это меньший объем занимаемого физического пространства и более низкая стоимость. В уличных светильниках, содержащих от 50 до 200 светодиодов мощностью по 1 Вт с типичным потребляемым током 350 мА, проявляется другое преимущество — отсутствие электромагнитных помех (ЭМП) на частотах биений. В то время как на вход повышающего стабилизатора, от которого питается контроллер подсветки вроде LM3432, поступает тщательно отфильтрованное постоянное напряжение, уличные фонари и мощные широкозонные светильники питаются от сети переменного тока. В этой связи первичный источник питания должен удовлетворять целому ряду законодательных требований. Безопасность

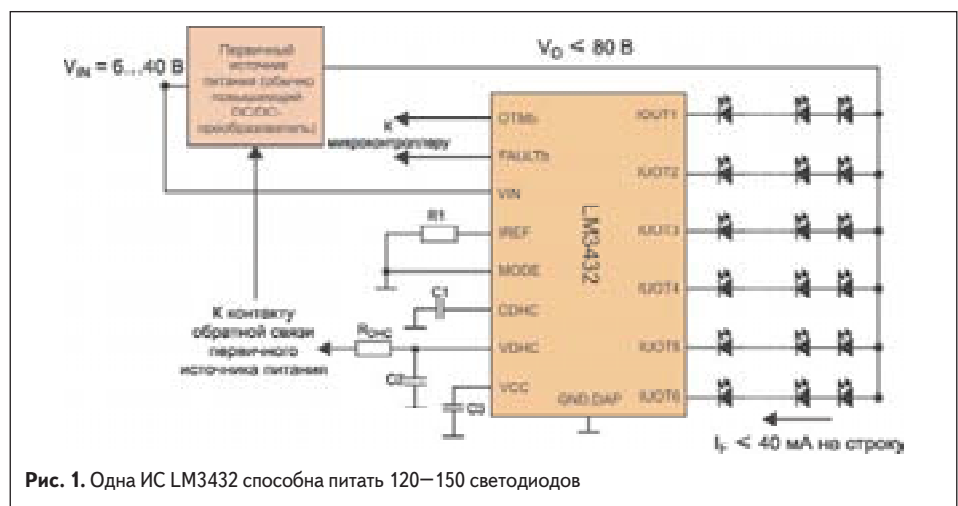


Рис. 1. Одна ИС LM3432 способна питать 120–150 светодиодов

и коррекция коэффициента мощности чрезвычайно важны, но зачастую при выводе электронного прибора на рынок труднее всего оказывается соблюдение нормы, касающейся ЭМП. По рис. 2 видно, что для системы с четырьмя строками по 14 светодиодов в каждой (суммарное напряжение менее 60 В постоянного тока) в рамках рассматриваемого подхода потребовалось бы пять понижающих стабилизаторов. В зависимости от общей выходной мощности выпрямительная часть могла бы представлять собой просто однокаскадный обратноточный стабилизатор с коррекцией коэффициента мощности. В целях обеспечения приемлемого КПД такие стабилизаторы редко работают на частотах выше 200 кГц. Каждый из понижающих стабилизаторов будет, скорее всего, работать на более высокой частоте (например, 500 кГц) для уменьшения размеров выходного дросселя. Таким образом, в системе будут присутствовать две частоты переключения с разными потребными характеристиками фильтров, и, как описано в первой части, в отсутствие частотной синхронизации между всеми понижающими преобразователями будет существовать риск возникновения ЭМП на частотах биений, так как рабочая частота каждого преобразователя будет несколько отличаться.

ИС LM3464 — новая схема управления светодиодами, в которой многоканальная DMC-технология фоновой подсветки сочетается с гораздо большими выходными токами. Каждый контроллер LM3464 может управлять максимум четырьмя внешними мощными N-канальными полевыми МОП-транзисторами, играющими роль силовых линейных стабилизаторов. Рекомендуемый максимальный средний ток составляет до 500 мА на канал. На рис. 3 показано, как ИС LM3464 может управлять первичным выпрямительным источником питания с гальванической развязкой подобно тому, как ИС LM3432 управляет повышающим DC/DC-стабилизатором. Даже при токе 350 мА на канал КПП контроллера LM3464 может превышать 95%, что эквивалентно четырем тщательно спроектированным схемам управления светодиодами на базе по-

нижающих стабилизаторов. Одно важное отличие между рис. 2 и рис. 3 заключается в том, что LM3464 не вносит в систему новых частот переключения. Помехи переключения генерируются только в выпрямительной части.

Общий КПД системы также зависит больше от выпрямителя-стабилизатора. Обратноточный преобразователь с коррекцией коэффициента мощности экономичен, но его КПД редко превышает 85%. При мощности свыше 50–75 Вт более распространен другой вариант — повышающий предварительный стабилизатор с коррекцией коэффициента мощности и расположенный за ним прямоходовый преобразователь. Поскольку тепловыделение является одним из основных факторов, ограничивающих характеристики и срок службы светодиодов, и поскольку количество выделяемого тепла обратно пропорционально КПД,

цепочка из повышающего стабилизатора с коррекцией коэффициента мощности и резонансного преобразователя находит применение даже в диапазоне 100–200 Вт.

Точность, обнаружение неисправностей и тепловое ограничение

Когда всеми светодиодами управляет одна ИС с одним опорным напряжением, легче согласовывать токи в разных строках. При использовании измерительных резисторов с допуском 1% ИС LM3464 гарантирует, что разброс токов между строками светодиодов не будет превышать ±3%. Обнаружение неисправностей, таких как обрыв или короткое замыкание светодиодов, показано на рис. 4. При этом можно по выбору инициировать отключение только

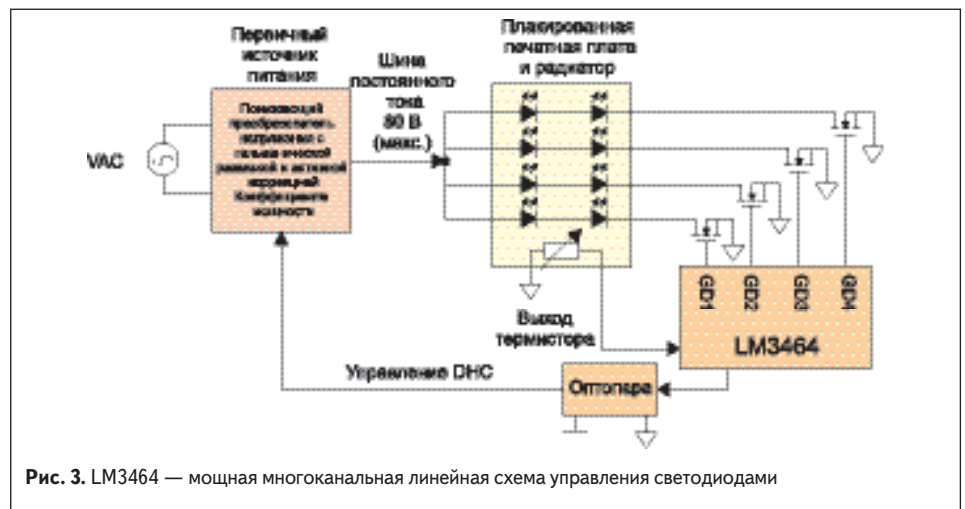


Рис. 3. LM3464 — мощная многоканальная линейная схема управления светодиодами

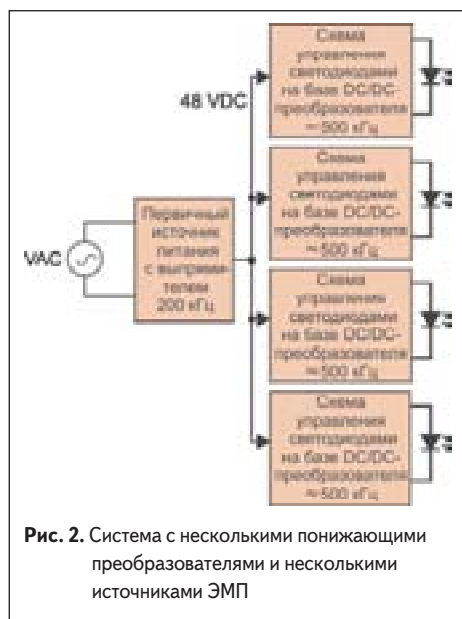


Рис. 2. Система с несколькими понижающими преобразователями и несколькими источниками ЭМП

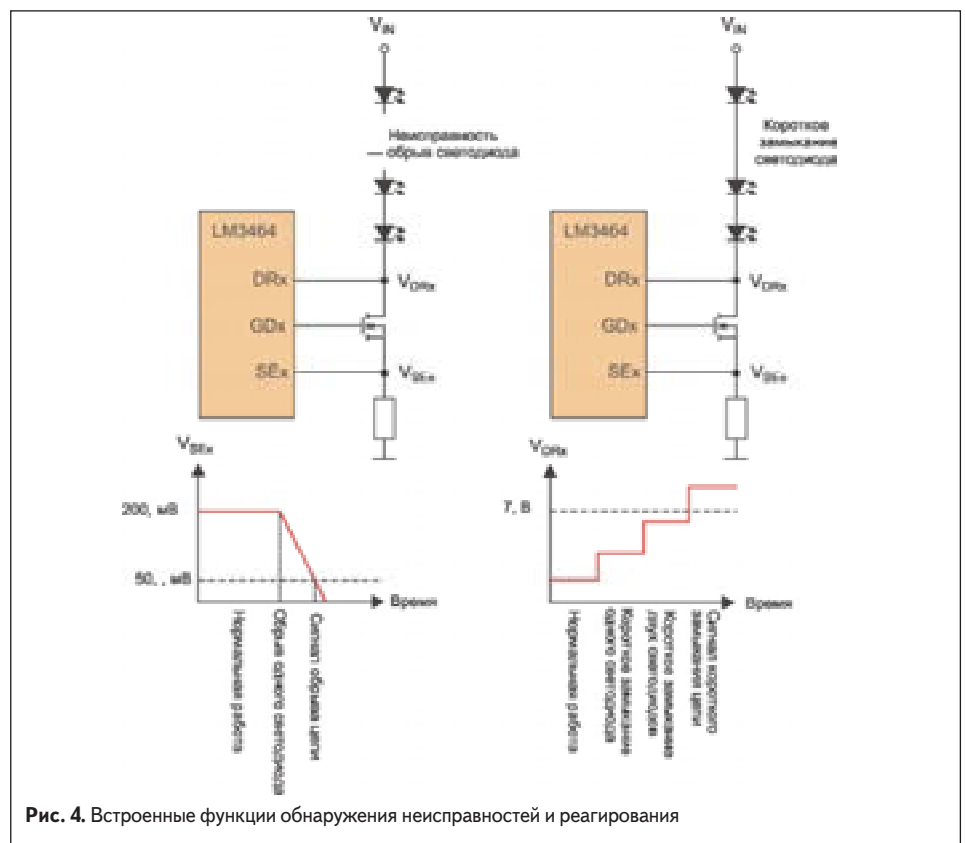


Рис. 4. Встроенные функции обнаружения неисправностей и реагирования

НОВОСТИ

Первый в мире светодиодный аналог 75-ваттной лампы накаливания

Компания Royal Philips Electronics представила новую лампу Philips EnduraLED A21 на международной выставке LIGHTFAIR. Светодиодная лампа мощностью 17 Вт представляет собой аналог 75-Вт лампы накаливания и позволяет сократить потребление энергии на 80%, а срок ее службы в 25 раз дольше.

Лампа EnduraLED A21 17-Вт является новинкой в широком портфолио светодиодных решений компании Philips, которые представляют равноценную эффективную замену традиционных ламп накаливания. Портфолио включает аналоги ламп накаливания мощностью 25 Вт и 40 Вт, а также лампу MASTER LED 12 Вт — светодиодный эквивалент 60-ваттной лампы накаливания.

Лампа Philips EnduraLED A21 17-Вт, в которой используются светодиоды последнего поколения LUXEON, разрабатывалась специально, чтобы соответствовать и превосходить требования международного стандарта ENERGY STAR для замены 75-Вт лампы накаливания. Согласно этим требованиям при потреблении лампой 17 Вт электроэнергии световой поток должен составлять 1100 лм, цветовая температура — 2700 К, индекс цветопередачи — 80, а жизненный цикл — 25 000 часов. В ближайшее время новая лампа будет предоставлена ENERGY STAR для квалификационных тестов.

По оценкам экспертов Philips, только в США ежегодно продается около 90 млн 75-ваттных ламп накаливания. Замена всех таких ламп на светодиодные способна потенциально сократить потребление электричества на 5220 МВт, что эквивалентно экономии \$630 млн в год. По оценкам Philips, переход на EnduraLED A21 17-Вт позволит сократить выбросы углекислого газа на 3 255 205 тонн в год, что соответствует сокращению количества автомобилей на дорогах на 1 000 000 штук.

Новая лампа EnduraLED A21 17-Вт служит до 25 раз дольше стандартной лампы накаливания. За время службы EnduraLED A21 17-Вт можно сократить расходы на электроэнергию до \$160 за лампу. В широкую продажу в США лампа поступит в четвертом квартале 2011 года. Розничная цена для потребителей еще не определена, но ожидается, что она будет варьироваться в диапазоне от \$40 до \$45.

EnduraLED A21 17-Вт дает привычный мягкий белый свет, может быть использована в обычных светильниках и работает со стандартными диммерами, предоставляя потребителям простое и долгосрочное решение для домашнего освещения.

www.philips.com

затронутого канала или же всей системы. Вместо этого LM3464 можно также запрограммировать на попеременное отключение и включение до тех пор, пока неисправность не будет устранена. Зачастую светодиодные уличные фонари оборудуются системным микроконтроллером, способным распознавать сигналы о неисправностях и реагировать на них. Высокоскоростные системы могут даже передавать сообщения о неисправностях по электросети или каналу беспроводной связи.

Еще одна важная функция LM3464, обеспечивающая безопасность и надежность, — тепловое ограничение. С помощью термистора или датчика температуры, обычно помещаемых в центр массива светодиодов, система будет постепенно снижать средний выходной ток каждого канала путем ШИМ-регулируемой яркости, если температура превысит программно заданный порог. Тепло — главный враг светодиодных систем, и забавный, но тем не менее серьезный пример с птицами, выющими гнезда на радиаторах, служит реальной демонстрацией необходимости теплового ограничения. Зачастую перед конструктором стоит задача обеспечить хоть какой-то световой выход даже в том случае, если на уличном фонаре решит поселиться семейство чаек, — это необходимо для соблюдения норм дорожной безопасности. По этой причине LM3464 также предоставляет конструктору выбор между контуром теплового ограничения, который полностью отключает систему при заданной температуре, и контуром со второй

точкой перегиба при минимальном управляющем токе (рис. 5).

Шлейфовые подключения и системы с нечетным количеством строк

Не во всех системах имеется по четыре канала, поэтому в контроллере LM3464 предусмотрена возможность подключения по шлейфовой схеме, как показано на рис. 6. Контур регулирования ДНС сравнивает напряжения стока в каждом канале каждого контроллера для поддержания высокого КПД. А если требуется сконструировать систему с тремя, шестью или другим количеством каналов, не кратным четырем, в одной (любой) из ИС LM3464 можно отключить до трех каналов.

Выводы

Первичный источник питания и многоканальный линейный стабилизатор с динамическим управлением запасом по напряжению — привлекательная конфигурация для проектировщиков осветительных систем, которые желают иметь отдельный источник тока на каждую строку светодиодов, но сталкиваются с проблемами при использовании понижающего стабилизатора в каждой строке. Контроллер LM3464 — это более компактный, дешевый и простой вариант схемы управления светодиодами, отличающийся вместе с тем высоким КПД, надежностью и гибкостью. ●

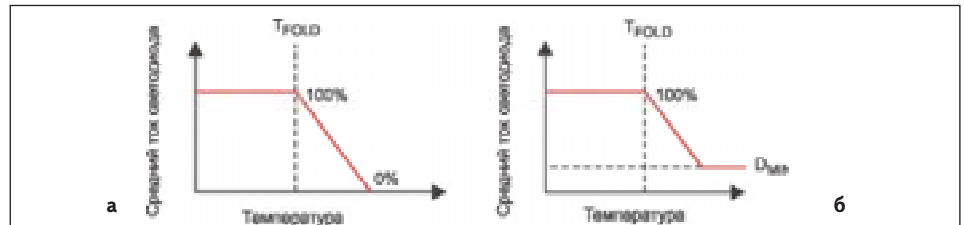


Рис. 5. Контур теплового ограничения: а) без минимума; б) с минимальным выходным током

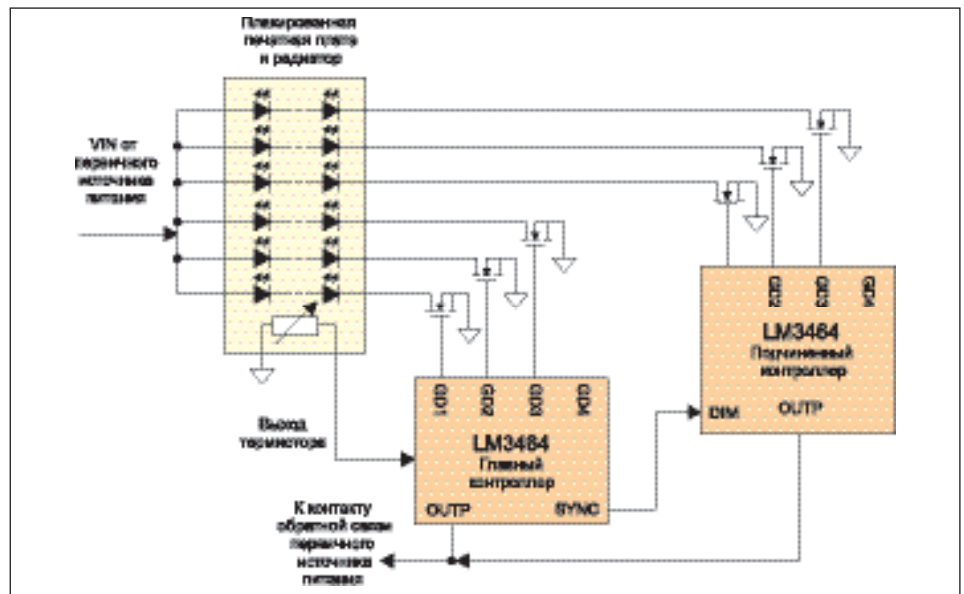


Рис. 6. Шлейфовое подключение контроллеров и отключение каналов

ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ!



Функции

- Поиск по более чем 2 млн. наименований товаров
- Формирование списка покупок и заказа
- Размещение заказа
- Доступ к счету My Digi-Key
- Просмотр характеристик и фотографий товаров
- Проверка последних поступлений товаров

Свыше 565 000 товаров от более чем 470 поставщиков в ассортименте и готовы к немедленной отгрузке.

Digi-Key является официальным дистрибутором всех импортных поставщиков. Эксклюзивно работает с немецким филиалом. © 2011 Digi-Key Corporation, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA



Самый широкий в отрасли выбор изделий, предлагаемых для немедленной отгрузки.

www.digikey.ru/smartphone

Юрий Петропавловский | info@chipselect.ru

Новые драйверы светодиодов

и светодиодных дисплеев фирмы Holtek Semiconductor

Компания Holtek — один из ведущих разработчиков и производителей полупроводниковых приборов на Тайване. Фирма основана в 1983 году как дизайн-центр по разработке микросхем, который расположен в Тайбэе. В 2000 году компания сертифицирована по стандарту IS9001. В настоящее время деятельность Holtek сосредоточена на разработке приборов ASIC, встраиваемых микроконтроллеров, периферии для компьютеров, телекоммуникаций, памяти и микросхем широкого назначения.

Введение

В каталоге Holtek Semiconductor 2010 года предлагались полупроводниковые приборы в следующих категориях:

- Однократно программируемые 8-разрядные микропроцессоры (One-time programmable MCU, OTU) — общего назначения; в миниатюрных корпусах. Это контроллеры дисплеев, МП с малым токопотреблением (TinyPower MCU), с батарейным питанием 1,5 В, контроллеры интерфейсов UART/USB, контроллеры высокочастотных и инфракрасных пультов дистанционного управления (ДУ), клавиатур, телефонов, мультимедийных интерфейсов и др.
- 8-разрядные флэш-микропроцессоры — по назначению в дополнение к вышеперечисленным: микропроцессоры управления бесконтактными двигателями постоянного тока, голосовые процессоры.
- 32-разрядные флэш-микропроцессоры общего назначения.

- Контроллеры и драйверы ЖК, светодиодных и флуоресцентных дисплеев.
- 3-проводные и I²C ЭСППЗУ.
- Микросхемы для систем дистанционного управления — кодеры/декодеры; высокочастотные и программируемые кодеры.
- Микросхемы для источников питания и импульсных преобразователей — стабилизаторы LDO, DC/DC-преобразователи, драйверы светодиодов подсветки и белых светодиодов, драйверы светодиодов для освещения.
- Компьютерная периферия — мыши, клавиатуры, высокоскоростные USB-мосты.
- Микросхемы для телекоммуникаций и модемов.
- Аналоговые микросхемы — ЦАП, ОУ общего назначения, УЗЧ.
- Микросхемы для обработки видеосигналов — CIS (Contact Image Sensor) и ПЗС-процессоры, драйверы ПЗС-сенсоров, процессоры для обработки изображений.
- Микросхемы различного назначения — для сенсорных панелей, передатчиков систем ДУ,

систем контроля доступа, часов и других приборов для измерения времени, медицинских термометров, драйверов электродвигателей, устройств звуковых эффектов [2].

Микросхемы драйверов светодиодов и светодиодных кластеров Holtek подразделяются на следующие категории:

- драйверы многосегментных светодиодных индикаторов (HT1632C, HT16K33);
- драйверы светодиодных дисплеев со стабилизацией тока (HT16D595, HT16D723);
- драйвер светодиодов для освещения с сетевым питанием HT7L4091;
- драйверы светодиодов подсветки ЖК-дисплеев (серия HT79xxx).

Классификационные параметры приборов приведены в таблице 1. Рассмотрим особенности двух новых приборов, представленных компанией в ноябре 2010 года, более подробно.

Драйвер HT7L4091

Этот драйвер сверхъярких светодиодов бюджетного класса предназначен для систем освещения с питанием от сетей переменного или постоянного тока и ШИМ-управлением яркостью. Источники питания для светодиодов на базе этого прибора отличаются высокой эффективностью и малым токопотреблением в дежурном режиме. Микросхемы используются совместно с выходными ключами на NMOS

Таблица 1. Классификационные параметры приборов

Тип прибора	Топология	Входное напряжение, В	Частота, МГц	Выходное напряжение, В	Число светодиодов	Управление	КПД, %	Корпус	Примечания
HT7936A	charge pump	2,8–5	1	5	4	ШИМ	–	SOT23-6	Параллельное включение
HT7936B	charge pump	2,8–5	1	4,5	6	ШИМ	–	SOT23-6	Параллельное включение
HT7937	boost	2,5–5,5	1,2	28	6	ШИМ/аналог	85	SOT23-6	Последовательное включение
HT7938	boost	2,6–5,5	1,2	39	10	ШИМ/аналог	88	SOT23-6	Последовательное включение
HT7939	boost	2,6–5,5	1,2	32	40	ШИМ/аналог	90	SOT23-6	Посл.-паралл. включение
HT7943*	boost	4,5–26	0,5/1	I _{np} — 20 мА	66	ШИМ	88	20QFN	До 11 светодиодов, 6 каналов
HT7945*	boost	4,5–26	0,5/1	I _{np} — 20 мА	88	ШИМ	88	24QFN	До 11 светодиодов, 8 каналов
HT7953*	boost	10–26	0,3/0,6	I _{np} — 80 мА	66	ШИМ	88	48TQFP	До 11 светодиодов, 6 каналов
HT7955*	boost	10–26	0,3/0,6	I _{np} — 80 мА	88	ШИМ	88	48TQFP	До 11 светодиодов, 8 каналов

Примечания. * — разрабатываемые приборы (готовность — 1-й квартал 2011 г.); charge pump — преобразование с подкачкой заряда; boost — повышающее преобразование; I_{np} — максимальный выходной ток в каждом канале.



Рис. 1. Светодиодные лампы



Рис. 2. Линейные светильники



Рис. 3. Светодиодные прожекторы

полевых транзисторах и могут работать в широком диапазоне входных напряжений. Драйверы защищены от перегрузок по току и перегрева. Схемы драйверов содержат минимальное число внешних элементов; площадь, занимаемая элементами схемы, невелика.

Микросхемы могут быть использованы для питания светодиодных светильников в корпусах ламп накаливания (рис. 1), светодиодов в линейных светильниках (рис. 2), светодиодных прожекторов (рис. 3), плоскочастотных дисплеев

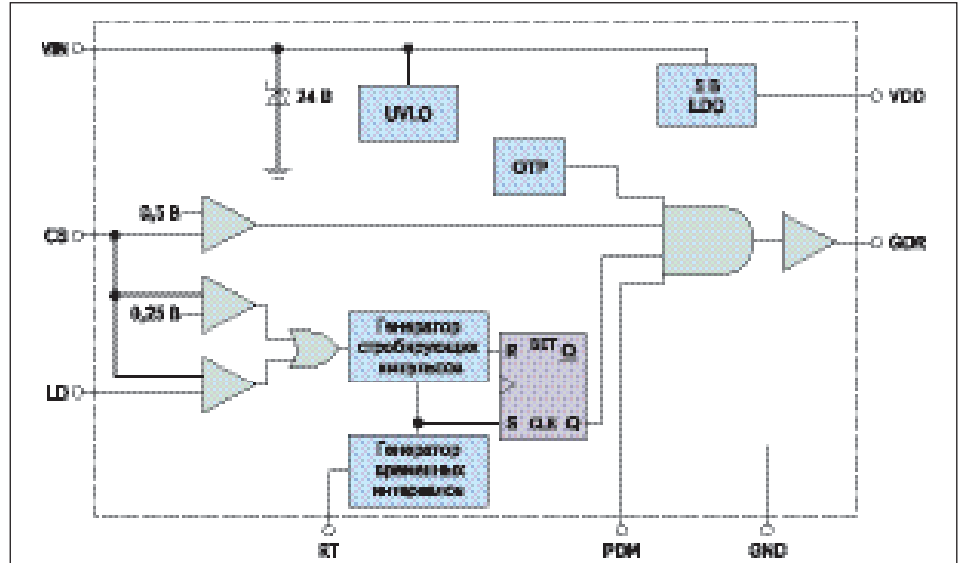


Рис. 4. Структурная схема HT7L4091

большого размера и для других приложений. Схемы источников питания светодиодов (ИПС) на базе HT7L4091 не содержат электролитических конденсаторов, что увеличивает их надежность, уменьшает себестоимость и улучшает стойкость к перегреву. ИПС могут подключаться непосредственно к сети переменного тока напряжением 85–277 В. Выходное напряжение на цепочках светодиодов может находиться в пределах 6–200 В, выходной ток — от 60 мА до 2 А (в зависимости от типа ключевого MOSFET).

Особенности микросхем:

- режим перестройки частоты переключения для уменьшения побочных излучений;
- широкий диапазон рабочих напряжений — от +11 до +24 В;
- малый ток потребления — 0,6 мА;
- высокая эффективность (КПД) — более 85%;
- защита от пониженного напряжения питания (UVLO);
- потактовое ограничение выходного тока;
- защита от перегрева (OTP);
- большой ток управления для мощных полевых транзисторов;
- линейное и ШИМ-управление яркостью светодиодов;
- защита от коротких замыканий.

Структура микросхемы приведена на рис. 4. В ее состав входят: входные компараторы (входы CS, LD); логические элементы «4-И», «2-ИЛИ», генератор стробирующих импульсов; генератор временных интервалов; RS-триггер; схема защиты от пониженного напряжения UVLO, схема защиты от перегрева (OTP); стабилизатор напряжения +5 В; защитный стабилитрон на напряжение 24 В; выходной усилитель (вывод GDR). Расположение выводов микросхем в корпусах 8-DIP-A/SOP-A приведено на рис. 5.

Назначение выводов:

- 1 (VIN) — вход, напряжение питания 11–24 В.
- 2 (CS) — вход. Вывод предназначен для подключения датчика тока I_{np} , проходящего

через светодиоды. В качестве датчика используется резистор R_{cs} , включенный в цепь истока выходного MOSFET.

- 3 (GND) — корпус.
- 4 (GDR) — выход оконечного драйвера. Вывод подключается к затвору выходного MOSFET.
- 5 (PDM) — вход управления, предназначен для регулировки яркости свечения светодиодов (управление изменением скважности ШИМ-импульсов).
- 6 (VDD) — выход внутреннего стабилизатора напряжения LDO +5 В. Вывод соединяется с корпусом через керамический конденсатор 0,1 мкФ.
- 7 (LD) — вход управления яркостью свечения светодиодов изменением напряжения $U_{упр}$ (в пределах от 0 до 0,25 В).
- 8 (RT) — вход, от величины сопротивления между этим выводом и корпусом зависит время выключения внутреннего генератора. Рекомендованные режимы эксплуатации микросхем:
- Входное напряжение — $UVLO+0,1 В - V_{clamp}$, где UVLO — порог срабатывания схемы защиты от пониженного напряжения, V_{clamp} — пороговое входное напряжение.
- Диапазон рабочих температур — $-40... +85^{\circ}C$.
- Температура хранения — $-65... +150^{\circ}C$.
- Температура корпуса — $-40... +125^{\circ}C$.



Рис. 5. Расположение выводов микросхемы HT7L4091

Таблица 2. Параметры микросхем

Параметр	Значение
Максимально допустимые параметры микросхем	
Пиковый выходной ток	1 А (допустим только для испытаний)
Диапазон рабочих температур	-40...+85 °С
Мощность рассеяния при температуре окружающей среды 25 °С	1 Вт
Допустимое электростатическое напряжение (Electrostatic Discharge, ESD)	3 кВ (модель человеческого тела)
Допустимое напряжение ESD в смонтированном устройстве	200 В
Основные электрические параметры	
Входной ток (через вывод 1)	0,6 мА, максимальный — 1 мА при входном напряжении $U_{in} \geq 17$ В, $R_T = 410$ кОм и отключенном выводе 4 (R_T — резистор между выводом 8 и корпусом)
Пусковой ток (через вывод 1)	15 мкА, максимальный — 30 мкА при $U_{in} \leq 15$ В, $R_T = 410$ кОм
Пороговое входное напряжение	26 В, максимальное — 27,6 В
Выходное напряжение стабилизатора LDO	4,5–5,5 (номинальное — 5 В) при $U_{in} = 12–24$ В и отключенном выводе 6
Нестабильность выходного напряжения стабилизатора	Не более 100 мВ (при $I_{out} = 3$ мА или при изменении U_{in} в пределах 12–24 В)
Напряжения срабатывания/выключения схемы защиты UVLO (H)/UVLO (L)	16/10 В (типичные значения)
Управляющие напряжения «лог. 0»/«лог. 1» на выводе 5	Не менее 0,8 В/не менее 2 В (максимум — 5 В)
Сопротивление входа R_{in} (между выводом 5 и корпусом)	50–150 кОм
Пороговое напряжение U_{CS} на выводе 2	0,225–0,275 В (типичное — 0,25 В)
Время задержки импульсов t_{delay} от вывода 2 на вывод 4	110 нс (типичное значение)
Диапазон управляющих напряжений на выводе 7	0– U_{in} (не более 5 В)
Время бланкирования t_{blank}	300 нс (типичное значение)
Время выключения (Off time) t_{off}	16,4 мкс при $R_T = 410$ кОм
Выходные напряжения включения/выключения на выводе 4 (затвор внешнего MOSFET)	Не менее 12 В/не более 0,3 В при $U_{in} = 17$ В, $I_{out} = 20$ мА
Время нарастания/спада импульсов на выводе 4	120/50 нс, типичные значения при $C_{load} = 500$ пФ
Порог/гистерезис срабатывания схемы температурной защиты	140 °С/25 °С
Джиттер (девиация частоты переключения)/период модулирующей частоты	$\pm 4\%$ /4 мс (частота переключения $f_{sw} \approx 60$ кГц)
Порог срабатывания схемы защиты от короткого замыкания	0,5 В (типичное значение)

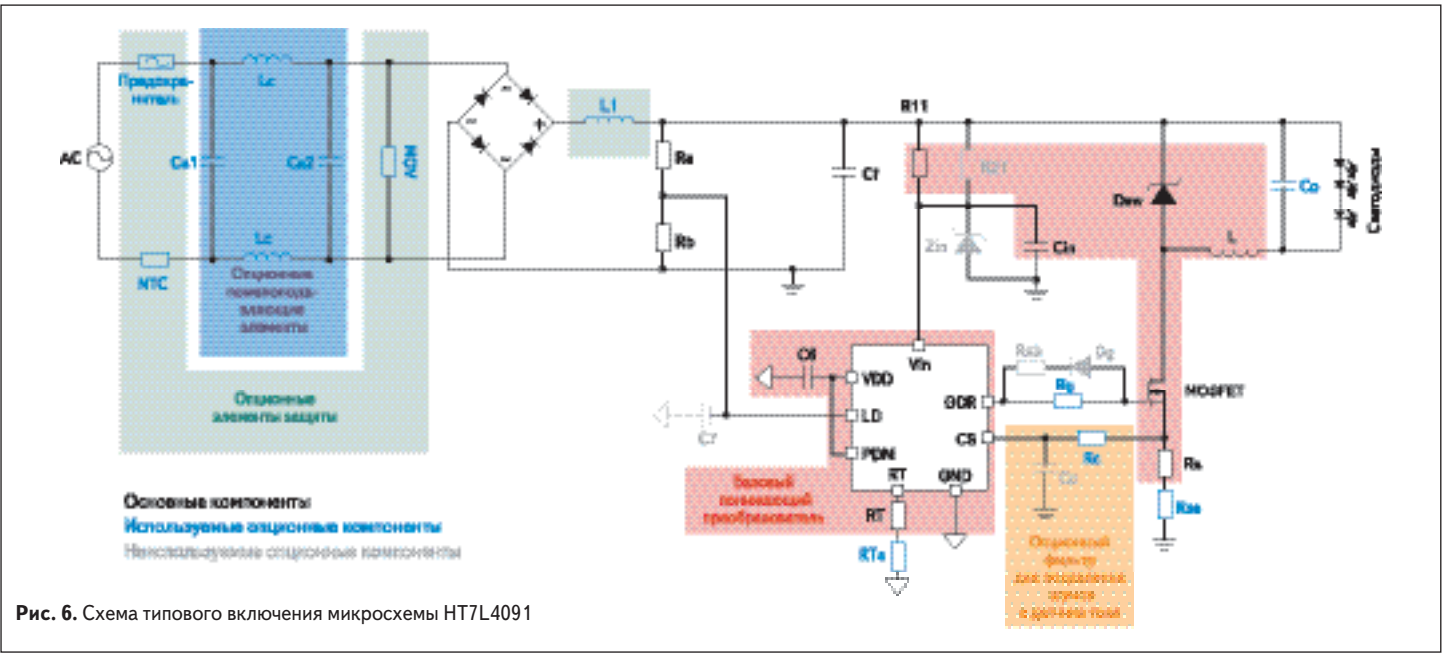


Рис. 6. Схема типowego включения микросхемы HT7L4091

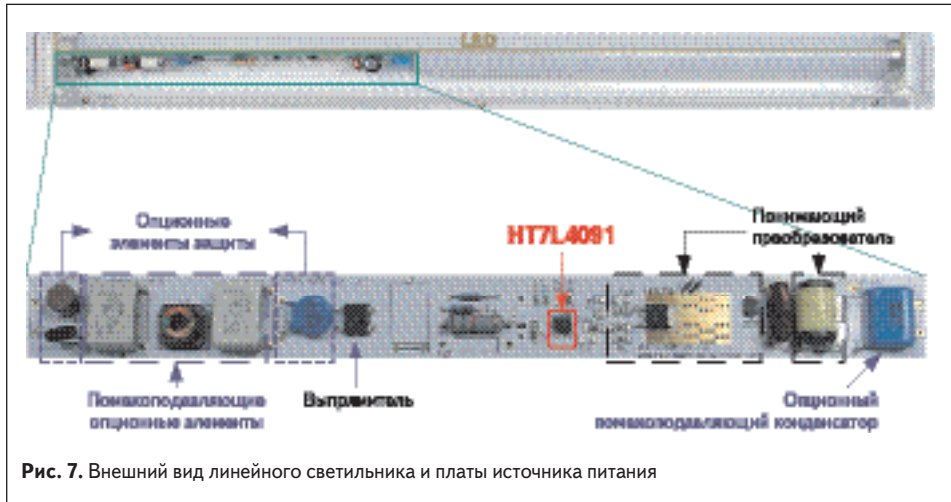


Рис. 7. Внешний вид линейного светильника и платы источника питания

Основные параметры микросхем приведены в таблице 2.

Типовое включение микросхемы приведено на рис. 6, а расположение элементов преобразователя, выполненного по этой схеме, — на рис. 7. Опционные элементы на схеме рис. 6 выделены различными цветами:

- Зеленым — элементы защиты схемы от скачков сетевого напряжения и коротких замыканий в схеме: быстродействующий предохранитель, варистор MOV, терморезистор NTC.
- Бирюзовым — элементы помехоподавляющего фильтра: симметричный дроссель Lc, пленочные конденсаторы Ca1, Ca2.
- Оранжевым — элементы Г-образного RC-фильтра, обеспечивающие подавление шумовых составляющих тока MOSFET.

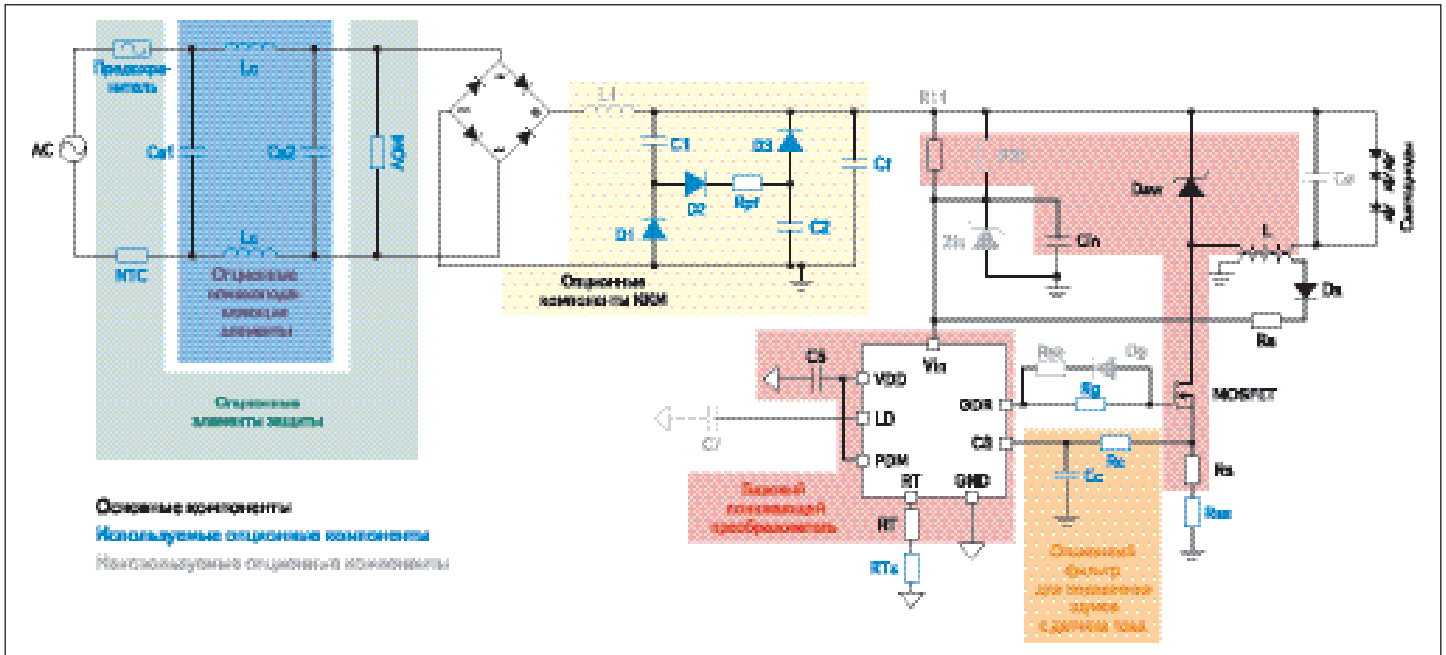


Рис. 8. Схема включения эффективного преобразователя

- Розовым цветом выделены основные элементы понижающего преобразователя.
- Синим — опционные элементы для регулировки параметров преобразователя.
- Серым цветом отмечены элементы, устанавливать которые необязательно (в варианте конструкции Holtek, показанной на рис. 7, эти элементы отсутствуют).

Величина прямого тока через светодиоды определяется соотношением сопротивлений R_a, R_b , номиналами сопротивлений $(R_s + R_{ss})$ и $(R_T + R_{Tt})$. В качестве конденсаторов C_f, C_o можно использовать пленочные конденсаторы емкостью 1 мкФ. Конфигурацию схемы, приведенную на рис. 6, можно использовать при входном напряжении 200–240 В, при этом нагрузкой в исполнении Holtek (рис. 7) является светодиодный кластер из 16 параллельных цепей с десятью последовательно соединенными светодиодами в каждой с общей потребляемой мощностью 10 Вт. При входном напряжении 100–120 В эта же схема в исполнении Holtek нагружена на светодиодный кластер из 20 параллельных цепей с восемью последовательно соединенными светодиодами в каждой общей мощностью 10 Вт.

Более высокую эффективность обеспечивает преобразователь, выполненный по схеме, представленной на рис. 8. Компоновка элементов и внешний вид такого преобразователя в исполнении Holtek приведены на рис. 9. КПД преобразователя, выполненного по этой схеме, увеличен за счет применения пассивного корректора коэффициента мощности с фильтром и внешней обратной связи с обмотки T_r . Внешнее управление яркостью свечения светодиодов возможно при использовании микропроцессоров Holtek, например HT7612/BS80X/TinyPower MCU/ (серия МП с малым токопотреблением). ШИМ-импульсы управления от МП подаются при этом на вывод PDM микросхемы.

Драйвер HT7L4091 совместно с микросхемой HT7612 можно использовать в системах обнаружения на основе пассивных инфракрасных датчиков PIR (Passive Infra Red). Такие системы можно применять для автоматического включения освещения, подачи сигнала тревоги в охранных системах, включения освещения площадок перед домофонами, включения подсветки информационных дисплеев (рис. 10) и в других приложениях. Во всех случаях освещение или подсветка

автоматически включаются при вхождении человека в зону действия PIR. Вариант конструкции соответствующего прибора обнаружения в исполнении Holtek приведен на рис. 11, а электрическая принципиальная схема прибора — на рис. 12.

- В состав прибора входят следующие узлы:
- сетевой выпрямитель;
 - драйвер белых светодиодов большой яркости;
 - пассивный инфракрасный датчик;

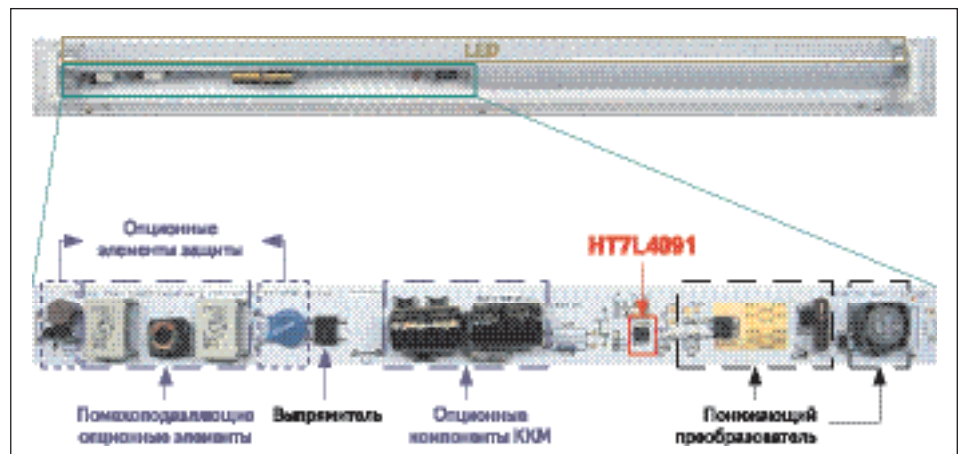


Рис. 9. Компоновка элементов и внешний вид эффективного линейного светильника



Рис. 10. Варианты применения систем обнаружения с инфракрасными датчиками

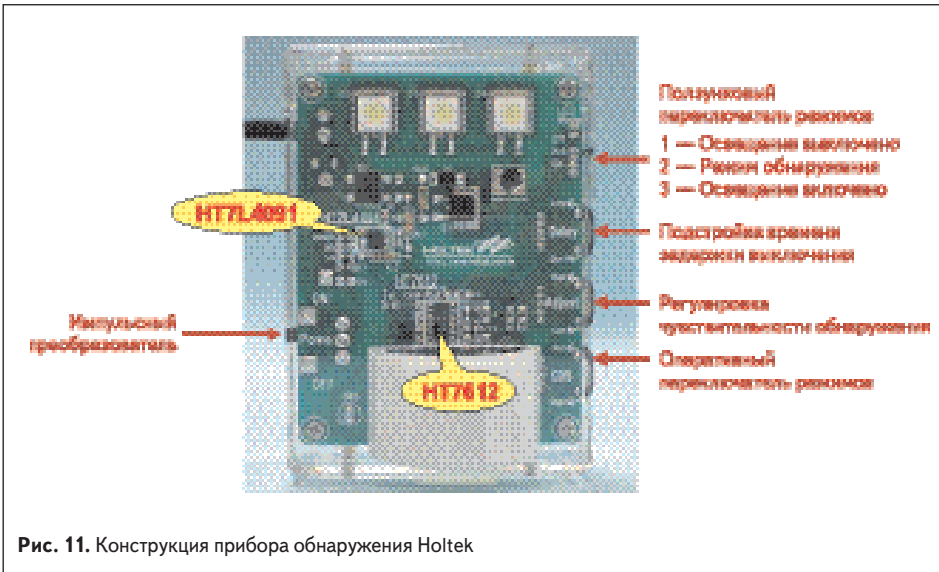


Рис. 11. Конструкция прибора обнаружения Holtek

- усилитель с полосовым фильтром;
- схема задержки выключения освещения;
- детектор чувствительности день/ночь;
- переключатель режимов.

Драйвер HT7939

Компания Holtek создала мощный прецизионный драйвер светодиодов HT7939, основные области применения которого — подсветка ЖК-дисплеев различных типоразмеров и системы освещения.

- Особенности микросхемы:
- низкое входное напряжение;
 - встроенный MOSFET;
 - подключение до 39 белых светодиодов при низком напряжении питания;
 - малое токопотребление в дежурном режиме (0,1 мкА);
 - встроенные схемы защиты по напряжению, току и температуре;

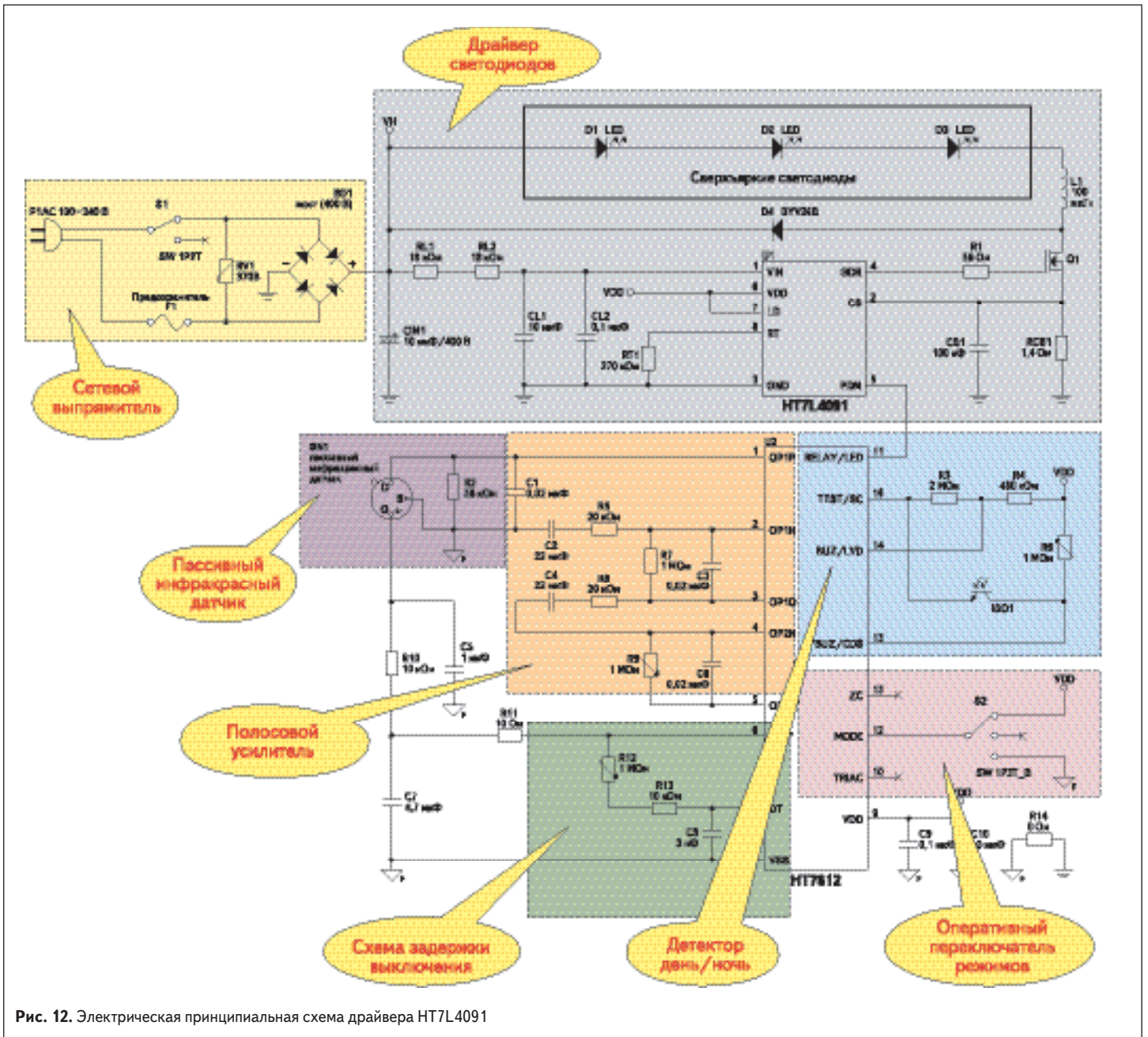


Рис. 12. Электрическая принципиальная схема драйвера HT7L4091

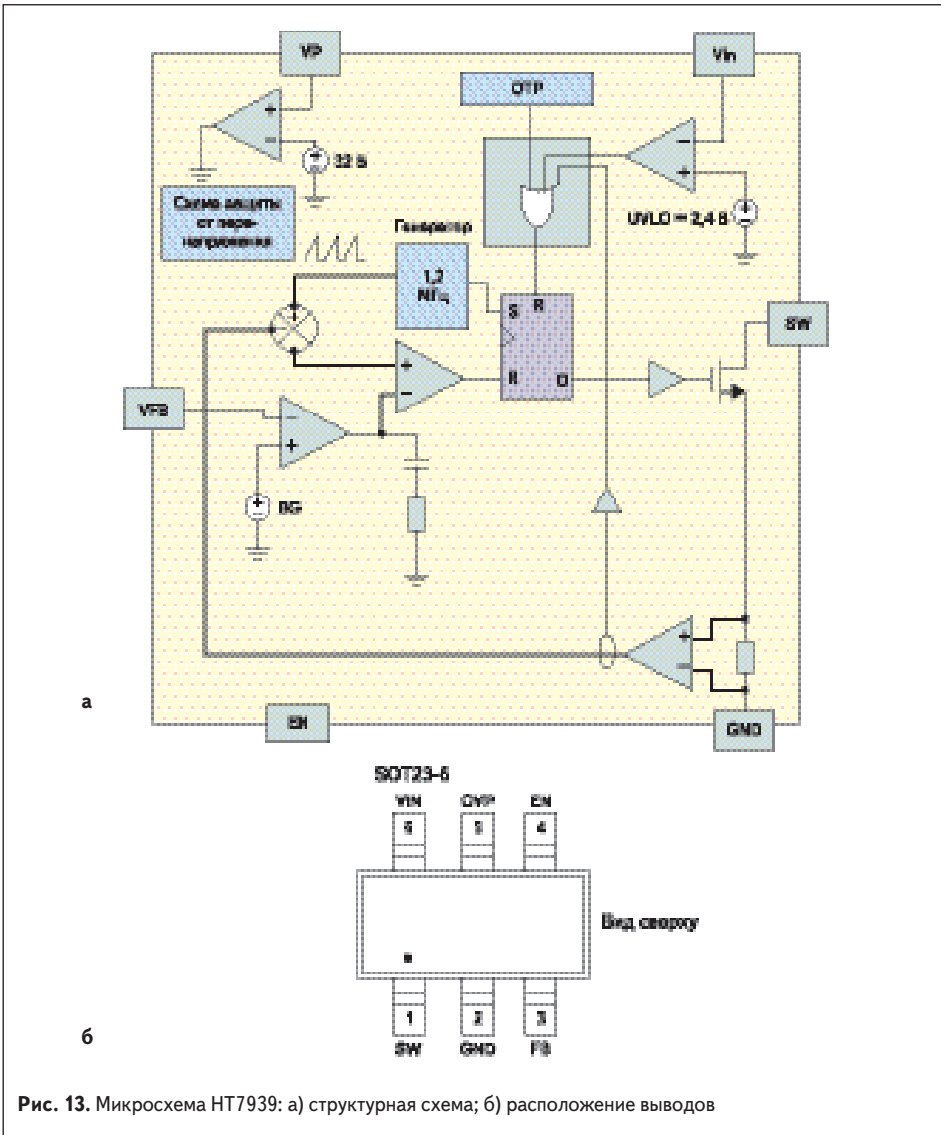


Рис. 13. Микросхема HT7939: а) структурная схема; б) расположение выводов

Таблица 3. Основные параметры микросхемы HT7939

Параметр	Значение
Максимальные напряжения на выводах VIN, FB, OVP, SW	6/6/38/38 В соответственно
Диапазон рабочих температур	-40... +85 °C (T _{корп} — не более 150 °C)
Порог срабатывания схемы защиты от низкого напряжения	2,4 В (типовое значение)
I _{вх} (по выводу VIN)	Не более 2,5 мА (типовое значение — 1 мА)
Максимальный коэффициент заполнения импульсов	Не менее 85% (типовое значение — 90%)
R _{ds} встроенного MOSFET	0,5 Ом (типовое значение)
Напряжения высокого/низкого уровней на выводе EN	Не менее 2 В/не более 0,8 В

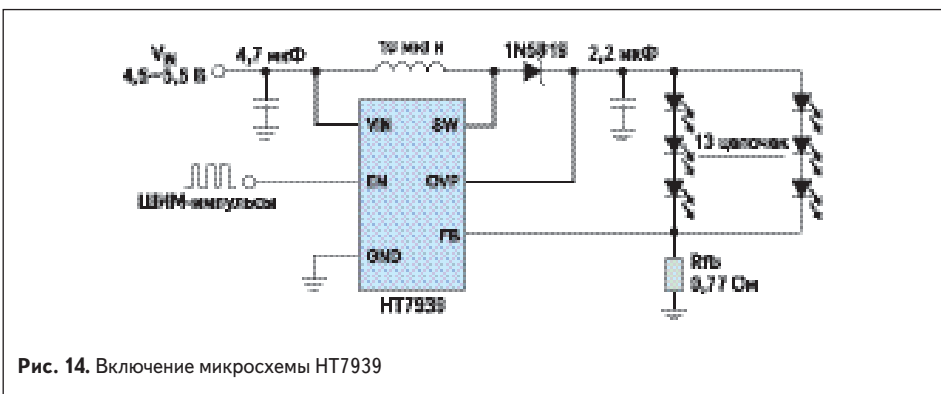


Рис. 14. Включение микросхемы HT7939

- фиксированная частота переключения — 1,2 МГц;
- высокая эффективность — до 90%. Структура и расположение выводов микросхемы приведены на рис. 13.

Назначения выводов микросхемы:

- 1 (SW) — вывод стока внутреннего MOSFET.
- 2 (GND) — корпус.
- 3 (FB) — вход обратной связи. Типовое значение образцового напряжения на этом выводе — около 200 мВ, вывод подключается к датчику выходного тока светодиода. Примерное значение резистора обратной связи определяется выражением $R_{fb} = 200 \text{ мВ} / I_{np}$.
- 4 (EN) — вход для управления яркостью и выключения драйвера. Если не требуется регулировка яркости, вывод оставляют неподключенным.
- 5 (OVP) — вход схемы защиты от перенапряжения (соединяется с выходом драйвера).
- 6 (VIN) — входное напряжение (напряжение питания микросхемы).

В таблице 3 приведены основные параметры микросхемы HT7939.

Один из вариантов включения микросхемы с ШИМ-регулировкой приведен на рис. 14. Схема обеспечивает питание светодиодного кластера из трех параллельных цепей, каждая из которых состоит из 13 последовательно соединенных светодиодов. В связи с высокой рабочей частотой коммутации высокие требования предъявляются к качеству дросселя нагрузки и шунтирующих конденсаторов (эти элементы должны иметь как можно меньшие потери на высоких частотах). Дроссель выбирают по трем основным параметрам: величина индуктивности, сопротивление по меди (DCR) и ток насыщения.

Рекомендации Holtek для приведенной схемы: индуктивность — GS54-100K (100 мкГн) фирмы Gang Song, керамические конденсаторы GRM21BR61E475KA12L (4,7 мкФ) и GRM21BR71E225KA73L (2,2 мкФ) компании Murata. Методики расчета параметров элементов преобразователей HT7939 приведены в их справочных листах [3].

Временные диаграммы напряжений и токов при работе микросхемы в режиме ШИМ-регулировки с частотой повторения импульсов 1 кГц приведены на рис. 15 (нагрузка —

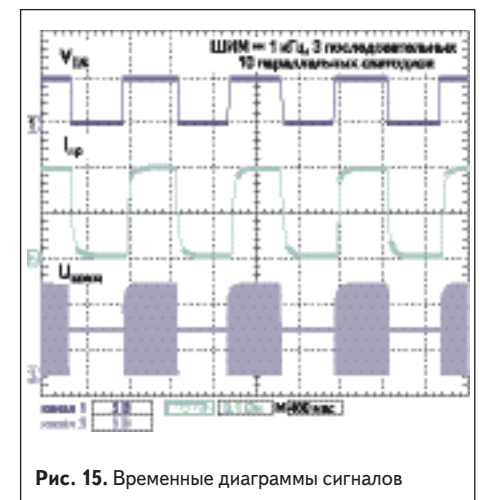


Рис. 15. Временные диаграммы сигналов

10 параллельных цепей по 3 светодиода в каждой). Большое значение для эффективного функционирования преобразователей на базе рассматриваемой микросхемы имеет корректная разводка печатной платы: должны выполняться требования, предъявляемые к высокочастотным устройствам. Чертежи верхней и нижней частей печатной платы, рекомендованные Holtek, представлены на рис. 16.

Литература

1. <http://www.rusnanoforum.ru/Document.aspx/Download/29215>
2. <http://www.holtek.com/English/default.htm>
3. <http://www.holtek.com/english/docum/consumer/7939.htm>

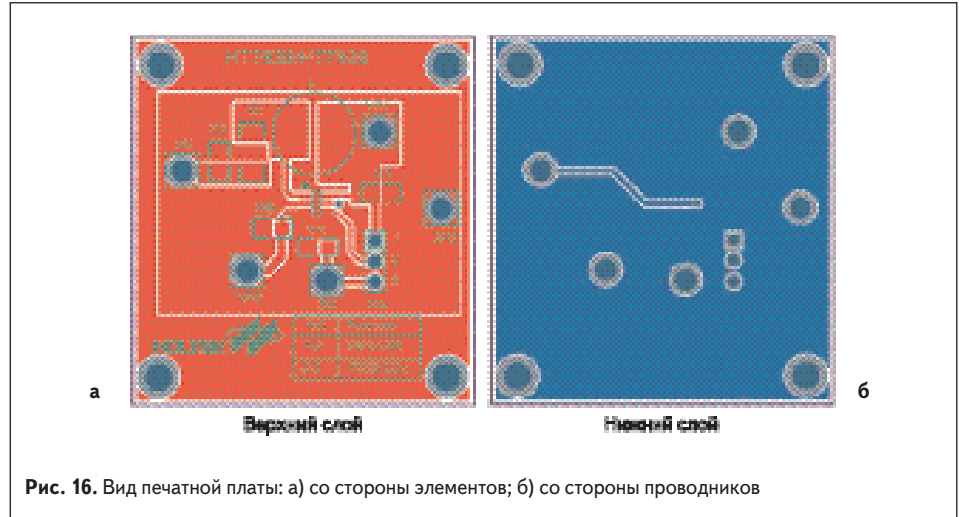


Рис. 16. Вид печатной платы: а) со стороны элементов; б) со стороны проводников

НОВОСТИ

Новая линейка продукции от Samsung LED

В апреле 2011 г. линейка продукции компании Samsung LED (подразделение группы Samsung) пополнилась светодиодами мощностью 8 и 11 Вт,

выполненными по технологии chip-on-board, а также однокристалльными светодиодами в керамическом корпусе и светодиодом, ра-

ботающим от сети переменного тока 220 или 110 В, напряжение питания которого зависит от установленных балластных резисторов. На сегодня наибольший объем выпуска приходится на обновленный светодиод серии 520AN, который Samsung LED использует в производстве собственных светильников. Основные характеристики светодиодов серии 520AN:

- рассчитан на ток 100 мА;
- напряжение 3,3 В;
- угол излучения 120°.

www.e-neon.ru

Модели	Цветовые температуры, К	Типовая сила света, кд	Максимальный ток в импульсе, мА	Размер корпуса	Внешний вид
Серия 520AN (SPHWHTxxxxxx)					
520AN2BAB0S0	6000–8200	10,5	200	5,2 5,2 1,3	
520AN2BAC0S0	4600–6000	10			
520AN2BAD0S0	3800–4600	8,5			
Серия AD603 (SPHWHTxxxxxx)					
HAD603	2700	310	22 мА при 220 В; 43 мА при 110 В	3,3	
	5000	250			

Новый ультратонкий светодиодный светильник GL-DL06 серии Capella



Компания GlacialLight объявила о выпуске нового ультратонкого светильника GL-DL06 серии Capella для коммерческого и бытового назначения. Высокоэффективный и технологичный светильник отличается стильным дизайном, яркостью и низким энергопотреблением. Современные ультратонкие светильники GlacialLight серии Capella обеспечивают функциональное и продуманное освещение высокого качества, это отличный выбор

для жилых и офисных помещений. Они не содержат вредных химических веществ, не выделяют вредные УФ- и ИК-лучи, что делает их более экологически чистым продуктом, чем традиционные светильники. GL-DL06 легко монтируются: для встроенного варианта крепления достаточно присоединить провода в отверстие подвесного потолка диаметром около 15 см.

Особенности новинки:

- КПД > 80%;
 - тонкий корпус и стильный дизайн;
 - высокая светоотдача светодиодов;
 - энергосберегающие и экологически чистые материалы;
 - соответствие стандартам RoHS;
 - низкое тепловыделение;
 - прочность и долговечность;
 - гарантия два года.
- Основные технические характеристики:
- энергопотребление 12 Вт;

- входное напряжение 100–240 В (AC);
- угол освещения 120°;
- цветовая температура 3000–6000 К;
- световой поток 560 лм (теплый белый), 730 лм (холодный белый);
- цвет светодиодов — холодный белый, теплый белый;
- срок службы более 30 000 ч;
- 15,2 см.

Новые светильники серии Capella предназначены для использования только внутри помещений. Благодаря тонкому корпусу и стильному дизайну серия GL-DL06 является удачным выбором для коммерческого использования: в торговых центрах, супермаркетах, выставочных залах и офисах.

В дальнейшем к 15-см светильникам серии Capella компания GlacialLight планирует добавить размерную линейку с диаметрами 10, 20 и 25 см.

www.glaciallight.com

Валерий Кисеев | Valery.Kiseev@usu.ru | Дмитрий Аминев | ruberus@yandex.ru
 Виктор Черкашин | vikingen@e1.ru | Радислав Мурзин | murzin@sintoural.ru

Двухфазные теплопередающие системы

для охлаждения светодиодных светильников

Рассматривается возможность и целесообразность использования контурных термосифонов (КТС) для охлаждения светодиодных (LED) светильников с целью повышения их надежности и экономичности. Приводится приближенная методика расчета теплопередающей способности КТС, рассмотрены конкретные варианты и представлены результаты их экспериментального исследования в зависимости от величины тепловой нагрузки, теплофизических свойств теплоносителей, геометрических и теплофизических свойств радиатора для рассеяния тепла в окружающую среду.

Основной привлекательной чертой светодиодной технологии является принципиально более высокий по сравнению с альтернативными технологическими решениями уровень светоотдачи, что способно привести к значительным

экономическим и социальным эффектам. Важнейшим из них является радикальное сокращение затрат электроэнергии на освещение, составляющих по различным оценкам до 18–20% всех затрат произведенной электроэнергии.

Таблица. Характеристики источников света

Тип источника света (ИС)	Световая отдача ИС, лм/Вт	Эффективность изделия с данным ИС, лм/Вт	Ресурс, ч
Лампы накаливания	8–13	6–10	1 000
Галогенные лампы	16–37	12–20	50–6 000
Компактные люминесцентные лампы	50–70	35–50	6 000–15 000
Металлогалогенные лампы	60–100	<40	6 000–10 000
Люминесцентные лампы	60–100	55–70	15 000–32 000
Полупроводниковые светодиоды (Cree XR-E)	100–110	90–100	>50 000
Натриевые лампы высокого давления	90–130	<50	15 000–32 000

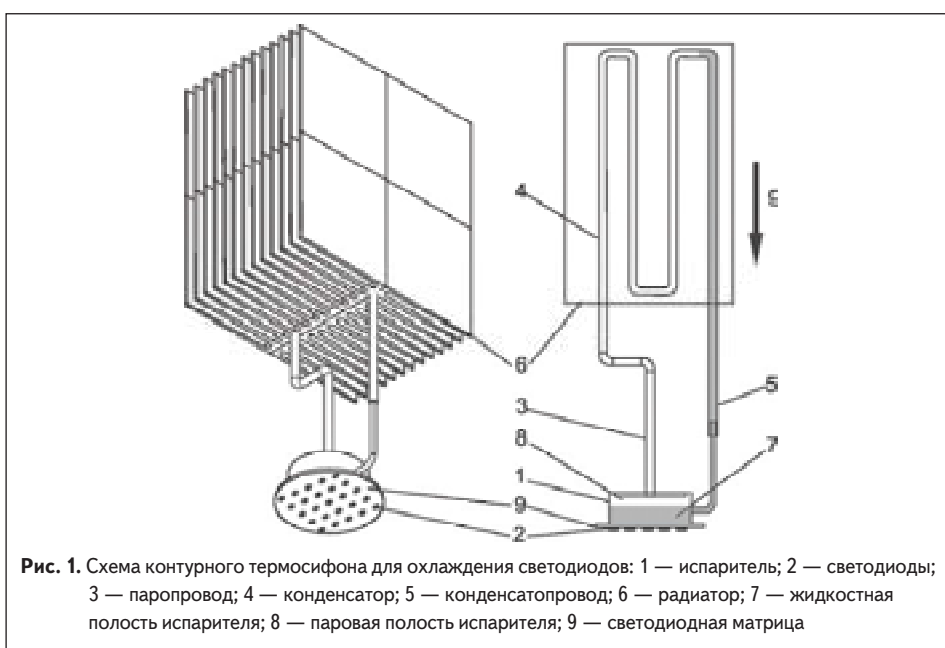


Рис. 1. Схема контурного термосифона для охлаждения светодиодов: 1 — испаритель; 2 — светодиоды; 3 — паропровод; 4 — конденсатор; 5 — конденсатопровод; 6 — радиатор; 7 — жидкостная полость испарителя; 8 — паровая полость испарителя; 9 — светодиодная матрица

Сравнительные характеристики источников света на основе различных технологий по состоянию на сегодня представлены в таблице.

Хотя стоимость светодиодных ламп более чем в 50 раз выше стоимости ярко-белых ламп и приблизительно в семь раз выше стоимости компактной люминесцентной лампы, цена светодиодов значительно упала за последние годы и продолжает снижаться. Через несколько лет, при улучшении характеристик и уменьшении цены, светодиодные источники будут вполне конкурентоспособны по себестоимости.

Однако следует также принимать во внимание факторы, свидетельствующие не в пользу светодиодных устройств и препятствующие их внедрению. Светоотдача светодиодного источника света зависит от температуры, при которой функционируют светодиоды. При температурах более +80 °С их светоотдача заметно снижается и стремится к нулю при температуре выше +120 °С. Поэтому необходимо разработать и задействовать такую систему терморегулирования светодиодных источников света, которая обеспечит требуемые значения светового потока, срока службы и надежность при относительно невысокой стоимости всего конкурентоспособного изделия [1].

Подобные проблемы с терморегулированием существуют также и в других технологиях, например авиационно-космических, современных компьютерных процессорах и в других областях техники. Для решения этих проблем все чаще используются двухфазные теплопередающие системы — тепловые трубы (ТТ) и устройства на их основе [2–4].

Поэтому в настоящей работе была поставлена задача: разработать и исследовать технологии охлаждения светодиодных матриц мощностью более 30 Вт с применением эффективных теплопроводов — контурных тепловых труб [5–7], включая наиболее простые из них — контурные термосифоны [8–10].

Разработка и исследование контурных термосифонов для охлаждения светодиодных матриц

Принципиальная схема контурного термосифона (КТС)

Принципиальная схема контурного термосифона представлена на рис. 1.

Контурный термосифон содержит испарительную камеру (1) с паровой (8) и жидкостной (7)

полостями, паропровод (3) и конденсаторпровод (5), соединенные с испарительной камерой и конденсатором (4), выполненным в виде змеевика и размещенным в корпусе радиатора (6). Таким образом, КТС представляет собой теплопередающую систему, выполненную в виде замкнутого двухфазного контура. Паропровод, конденсаторпровод и конденсатор контурного термосифона могут быть выполнены из гибких трубок, при этом радиатор с размещенным в нем конденсатором могут быть изготовлены литьем под давлением, а сам радиатор установлен в любом месте с максимальной естественной конвекцией. В зависимости от месторасположения радиатора в осветительном устройстве, для возврата конденсата используют капиллярные или гравитационные силы: если радиатор расположен выше испарителя, то после конденсации пара в конденсаторе конденсаторпровод имеет столб жидкости с перепадом давления (ΔP_g), обеспечивающим возврат конденсата в испаритель, тем самым замыкая испарительно-конденсационный цикл и обеспечивая циркуляцию теплоносителя. Если же испаритель расположен выше или на одном горизонте с радиатором, то для организации циркуляции теплоносителя используется капиллярная структура, расположенная в испарителе, которая при испарении теплоносителя обеспечивает капиллярное давление, необходимое для возврата теплоносителя от конденсатора к испарителю. Светодиоды (2), размещены на теплопроводящей металлической подложке (светодиодной матрице) (9), в качестве которой использована нижняя поверхность испарительной камеры. Теплопередающая система, из которой предварительно откачан воздух, заполнена теплоносителем с температурой замерзания ниже климатической.

Например, в южных районах, где температура воздуха в зимний период не ниже +5 °С, в качестве теплоносителя может быть использована дистиллированная вода, а в северных районах с температурой воздуха в зимний период ниже +5 °С в качестве теплоносителя могут быть использованы метанол, ацетон, этанол, температура замерзания которых ниже -60 °С.

При подаче напряжения на светодиоды они излучают световую энергию, при этом происходит выделение тепловой энергии, которая через подложку передается к жидкости, находящейся в жидкостной полости испарителя. Жидкость испаряется или кипит (в зависимости от плотности теплового потока), превращаясь

в пар и выделяя скрытую теплоту парообразования (которая высока у большинства жидкостей и превышает их теплоемкость в сотни раз). При этом давление пара в паровой полости больше давления пара в конденсаторе из-за разности температур между ними, и пар устремляется по паропроводу в конденсатор, где конденсируется и отдает скрытую теплоту при превращении пара в жидкость конденсатору и от него посредством радиатора в окружающую среду. Образовавшийся конденсат возвращается по конденсаторопроводу в жидкостную полость за счет действия гравитационных или капиллярных сил, тем самым замыкая испарительно-конденсационный цикл теплопередачи.

Предлагаемая конструкция КТС позволяет трансформировать плотность теплового потока от светодиодов, которые компактно расположены на металлической подложке, имеющей размер существенно меньше размеров радиатора, пространственно (от 10 см до нескольких метров) разделять источник (светодиоды) и сток тепла (радиатор). Все это, вместе с отсутствием движущихся деталей в системе охлаждения, создает положительный эффект, обусловленный увеличением термодинамической эффективности (за счет использования большой скрытой теплоты парообразования и в свободе размещения радиатора в местах наиболее интенсивной теплоотдачи при естественной и/или вынужденной конвекции).

На рис. 2 представлены фотографии разработанных экспериментальных КТС для охлаждения светодиодных матриц номинальной мощностью более 50 Вт (слева) и светодиодная матрица с LED на алюминиевой подложке (справа) толщиной 1,7 мм и диаметром 80 мм (20–40 светодиодов Oslon SSL LUWCP7P-KTLP-5E8G компании Osram). С целью снижения количества светодиодов (а следовательно, и стоимости матрицы) был увеличен номинальный ток на светодиод до 1 А, так что номинальная нагрузка на светодиод составляла до 3,6 Вт (обычно используют 1 Вт). Вызванное увеличением номинального тока с 0,35 до 1 А снижение светоотдачи составило около 32%.

Испарительная камера всех исследованных КТС выполнялась в виде таблетки с внешним диаметром 60 мм и толщиной 25 мм, материал — медь. Паропровод и змеевиковый конденсатор (4 петли с шагом 25 мм) выполнены из медных трубок с внутренним диаметром 4×1 мм, конденсаторпровод — из медной трубки с внутренним диаметром 2×0,5 мм.

Использовались два стандартных пластинчатых радиатора размерами 125×98 мм с длиной ребер 39 мм (КТС № 1) и 125×196 мм с длиной ребер 46 мм (КТС № 2). Общая площадь оребренной поверхности для радиатора КТС № 1 составляла 0,20 м², а для радиатора КТС № 2 соответственно 0,48 м². На безреберных поверхностях радиатора были выполнены канавки для змеевикового конденсатора, и две половинки радиатора через теплопроводную пасту стягивались болтами так, что змеевик находился внутри радиатора, как показано на рис. 1. Материал радиатора — алюминий (КТС № 2). С целью проверки свойств теплоотсеивающих пластмасс (Теплосток Т6-Э5-7, ООО «СпецПласт-М») [11] с теплопроводностью 8 Вт/(м·К) для КТС № 1 проводилось сравнение радиаторов из алюминия (полностью одинаковых размеров) и из данной теплоотсеивающей пластмассы.

Оценка гидродинамического предела работы КТС

В основе расчета гидродинамического предела работы КТС лежит основное необходимое условие его работоспособности, обеспечивающее циркуляцию теплоносителя по всему замкнутому контуру. Это условие математически выражается в виде неравенства:

$$\Delta P_g = (\rho_l - \rho_v)gH \geq \Delta P_v + \Delta P_f \quad (1)$$

где ΔP_g — перепад давлений, вызванный действием массовых сил; ρ_l — плотность жидкой фазы теплоносителя; ρ_v — плотность паровой фазы теплоносителя; g — ускорение свободного падения; H — расстояние между крайними точками КТС в направлении вектора ускорения свободного падения (превышение конденсатора над испарителем); ΔP_v — потери давления на трение в паровой линии; ΔP_f — потери давления на трение в жидкостной линии.

Условие равенства в (1) позволяет найти минимальное значение H для реализации условий работоспособности КТС в виде:

$$H = (\Delta P_v + \Delta P_f) / ((\rho_l - \rho_v)g) \quad (2)$$

Обычно это условие записывают для так называемых номинальных рабочих режимов, повышая минимум H еще на 25%. Тогда получим:

$$H = (\Delta P_v + \Delta P_f) / 0,75((\rho_l - \rho_v)g) \quad (3)$$

Режим течения пара (ΔP_v) может быть ламинарный или турбулентный, в зависимости от числа Re. Для жидкости (ΔP_f) режим течения, как правило, ламинарный:

$$\Delta P_f = 128 \frac{\eta_v(T_v)}{\rho_v(T_v)} \times \frac{L_v}{\pi d_v^3} \times \dot{m}_v$$

$$\dot{m}_v = \frac{Q}{H_v(T_v)}$$

$$Re = \frac{4Q}{\pi \eta_v(T_v) H_v(T_v) d_v} \leq 2100 \quad (4)$$

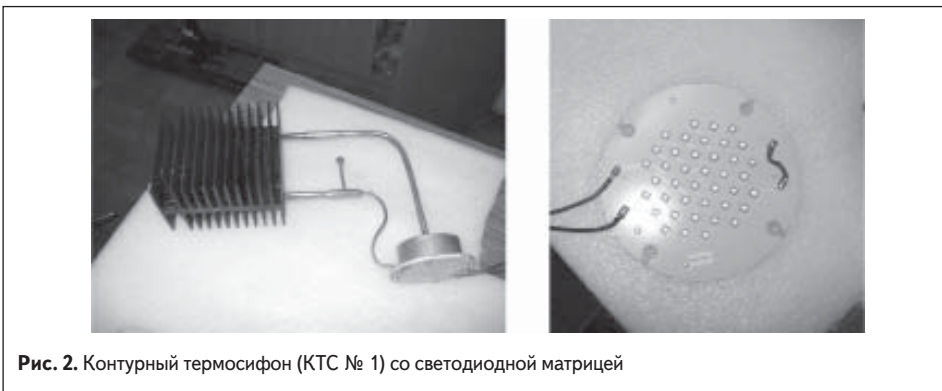


Рис. 2. Контурный термосифон (КТС № 1) со светодиодной матрицей

$$\Delta P_v = 0,6328 Re^{0,75} \frac{\eta_v(T_v)}{\rho_v(T_v)} \times \frac{L_v}{\pi d_v^4} \times \frac{Q}{H_{sv}(T_v)},$$

$$Re > 2100; \quad (5)$$

$$\Delta P_l = 128 \frac{\eta_l(T_l)}{\rho_l(T_l)} \times \frac{L_l}{\pi d_l^4} \times \frac{Q}{H_{sv}(T_v)}, \quad (6)$$

где $\eta_v(T_v)$, $\rho_v(T_v)$ — вязкость и плотность пара при температуре пара T_v ; $\eta_l(T_l)$, $\rho_l(T_l)$ — вязкость и плотность жидкости при температуре жидкости T_l ; L_v и d_v — длина и диаметр парового канала; L_l и d_l — длина и диаметр жидкостного канала; \dot{m} — массовый расход теплоносителя; Q — тепловой поток (нагрузка); $H_{sv}(T_v)$ — удельная теплота фазового превращения жидкость–пар.

Вводя для удобства коэффициенты E , C , D , получим окончательную формулу для расчета функциональной зависимости $Q = f(H)$ в виде:

$$Q = \frac{0,75(\rho_l(T_l) - \rho_v(T_v))gH}{(E+D)},$$

$$Re \leq 2100; \quad (7)$$

$$Q = \frac{0,75(\rho_l(T_l) - \rho_v(T_v))gH}{(C+D)},$$

$$Re > 2100; \quad (8)$$

$$E = 128 \frac{\eta_v(T_v)}{\rho_v(T_v)} \times \frac{L_v}{\pi d_v^4} \times \frac{1}{H_{sv}(T_v)},$$

$$C = 0,6328 Re^{0,75} \frac{\eta_l(T_l)}{\rho_l(T_l)} \times \frac{L_l}{\pi d_l^4} \times \frac{1}{H_{sv}(T_v)};$$

$$(9)$$

$$D = 128 \frac{\eta_l(T_l)}{\rho_l(T_l)} \times \frac{L_l}{\pi d_l^4} \times \frac{1}{H_{sv}(T_v)}. \quad (10)$$

На рис. 3 приведена расчетная зависимость $Q = f(H)$ для ряда теплоносителей при параметрах пара $T_v = +70^\circ\text{C}$ и жидкости $T_l = +20^\circ\text{C}$; параметры контура: $L_v = 0,1$ м, $d_v = 4$ мм; $L_l = 0,1$ м, $d_l = 2$ мм.

Как видно из расчетных данных, из выбранных теплоносителей лучшими свойствами обладает метанол в диапазоне $H = 3-7$ см. Однако по мере увеличения H свойства воды начинают доминировать над другими из выбранных теплоносителей и при $H > 15$ см вода становится лучшим теплоносителем. Правда, у воды температура замерзания около 0°C , что делает ее применение проблематичным при отрицательных температурах.

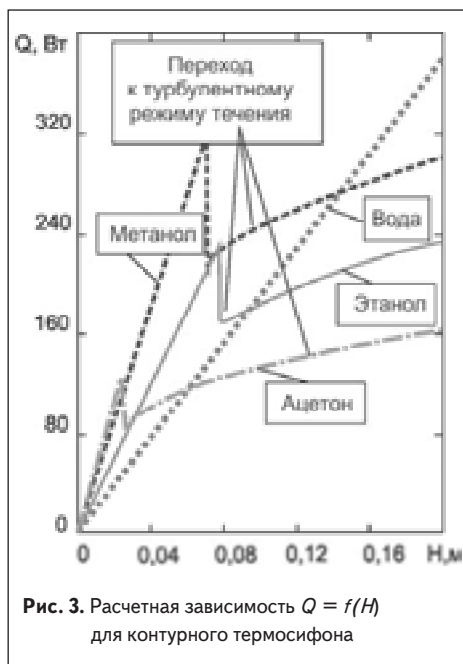


Рис. 3. Расчетная зависимость $Q = f(H)$ для контурного термосифона

Предлагаемая методика определения теплопередающей способности КТС является наиболее простой при малых H (< 20 см) и позволяет оценить величины теплового потока.

Методика проведения и результаты экспериментальных исследований КТС

Методика экспериментальных исследований предполагала получение рабочих характеристик КТС в виде зависимостей характерных температур от величины поданной тепловой нагрузки (Q , Вт) (для электрических нагревателей, моделирующих нагрев светодиодной матрицы) или от величины номинальной нагрузки (N , Вт), поданной непосредственно на светодиодную матрицу. Измерения температур производились в характерных точках КТС либо с помощью термопар, либо тепловизором (Fluke Ti32). Обычно термопары располагались в зоне подвода тепла либо в средней части светодиодной матрицы, либо в средней части корпуса испарителя на стыке с электрическим нагревателем — T_h ; в паропроводе на выходе из испарителя — T_v ; в конденсаторо-

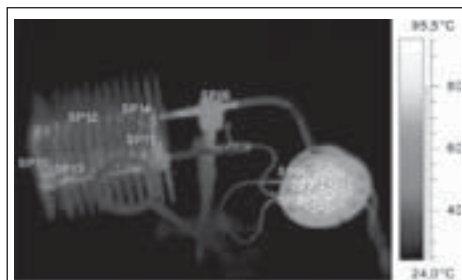


Рис. 4. Изображение температурного поля КТС № 1 со светодиодной матрицей при номинальной мощности $N = 50$ Вт, полученное тепловизором Fluke Ti32 ($T_{\max} = +79,9^\circ\text{C}$; SP 02 — в центре)

воде на входе в испаритель — T_l . Измерялась также температура окружающей среды — T_{env} . На рис. 4 приведено характерное поле температур КТС № 1 (теплоноситель — ацетон) со светодиодной матрицей, полученное с помощью тепловизора, с виртуальным расположением точек измерения температуры (SP01–SP13). Как видно из этих измерений, максимальная температура на наружной поверхности светодиода в центральной части светодиодной матрицы (SP02) составляла около $+80^\circ\text{C}$ при $N = 50$ Вт и при температуре окружающей среды $+24^\circ\text{C}$. В данных экспериментах использовался алюминиевый пластинчатый радиатор. При этом лимитирующим фактором для увеличения нагрузки N выступала недостаточная поверхность радиатора (около 40 см² на 1 Вт) при данных условиях теплообмена с окружающей средой.

Результаты теплофизических исследований и их обсуждение

Проверка условий работоспособности КТС при минимальном превышении конденсатора над испарителем (H)

Данный эксперимент проводился с КТС № 1 (с алюминиевым радиатором). Превышение конденсатора над испарителем варьировалось наклоном КТС к линии горизонта (угол Fi). Видно, что изменение H с 8 до 4 см снижает тепловую нагрузку Q с 80 до 50 Вт при приблизительно одной температуре нагревателя

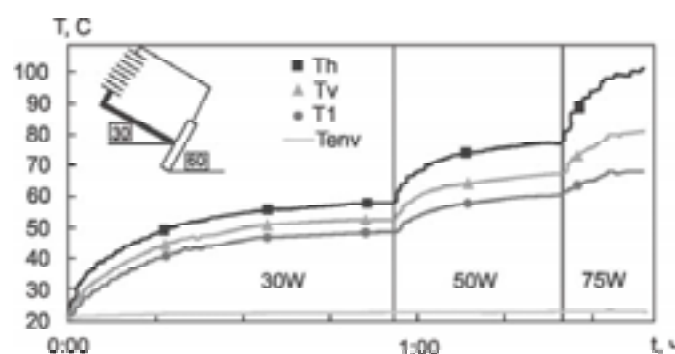


Рис. 5. Характерные температуры КТС № 1 при угле наклона к горизонту $Fi = -30^\circ$ ($H = |L \sin(-30^\circ)| = 0,04$ м)

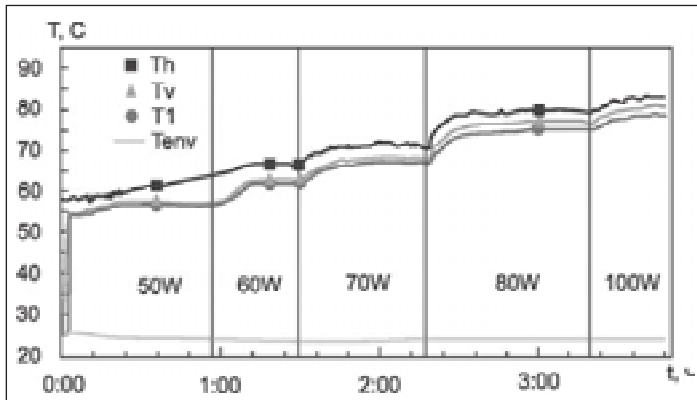


Рис. 6. Характерные температуры КТС № 1 при вертикальной ориентации $Fi = -90^\circ$ ($H = |L \sin(-90^\circ)| = 0,08$ м)

+80 °С. Эти данные, представленные на рис. 5 и 6, с точностью до 20% соответствуют расчетным данным для ацетона (рис. 3).

Таким образом, эти экспериментальные данные подтвердили работоспособность КТС при малых превышениях конденсатора над испарителем и неплохо согласуются с оценочной методикой расчета, приведенной выше. Тем самым подтверждены возможности создания достаточного плоского светодиодного светильника с контурными термосифонами.

Определение оптимальной заправки и выбора теплоносителя

Следующая серия экспериментов была направлена на оптимизацию выбора теплоносителя для контурных термосифонов. Для исследования использовался КТС № 2 с увеличенной более чем вдвое поверхностью алюминиевого радиатора (соответственно, более чем вдвое увеличена длина змеевикового конденсатора). В качестве теплоносителей использовался технический ацетон, этиловый спирт (95%) и дистиллированная вода. Выбор теплоносителей обусловлен как возможностями их в передаче тепла на требуемое расстояние, так и климатическими условиями, связанными с незамерзанием при температурах ниже -60 °С (ацетон, этанол, метанол и др.). Кроме того, учитывался имеющийся опыт их использования на со-

вместимость материала (медь) КТС и теплоносителя. Важным было также определение оптимальной заправки теплоносителя для достижения минимальной температуры в зоне подвода тепла при прочих равных условиях. Исследования проводились при вертикальной ориентации КТС № 2 $Fi = -90^\circ$ ($H = |L \sin(-90^\circ)| = 0,35$ м). На рис. 7 рассмотрено влияние количества теплоносителя (дистиллированной воды) в КТС на рабочие характеристики $T = f(Q)$. Для сравнения исследовалась температура пара на выходе из испарителя T_v в зависимости от поданной тепловой нагрузки и количества теплоносителя в КТС № 2 при температуре окружающей среды $T_{env} = +20$ °С.

Как видно из полученных данных, КТС № 2 работоспособен при значительных изменениях величин заправки теплоносителем. Однако в дальнейшем была рекомендована минимальная заправка теплоносителем в количестве 15 мл, что составляло четверть внутреннего объема КТС № 2. При этой заправке наблюдались наиболее низкие температуры в широком интервале тепловых нагрузок.

Дальнейшие исследования заключались в выборе оптимального теплоносителя для конкретных возможных климатических условий эксплуатации светодиодных светильников. На рис. 8 представлены результаты этих исследований для трех теплоносителей: дистиллированная вода, этиловый спирт (95%) и тех-

нический ацетон при одинаковых заправках в количестве 15 мл. Видно, что максимальная тепловая нагрузка в данных условиях составляла $Q = 140$ Вт для воды, $Q = 125$ Вт для этилового спирта и $Q = 100$ Вт для ацетона. Однако вода может быть рекомендована для климатических условий с температурой окружающей среды не ниже 0 °С.

На рис. 9 представлена типичная экспериментальная зависимость КТС № 2 с водой в качестве теплоносителя. Следует заметить, что при малых тепловых нагрузках наблюдаются пульсации измеряемых температур с амплитудами пульсаций до трех-четырёх градусов. Величины этих пульсаций значительно снижаются с ростом тепловой нагрузки.

Исследование возможности использования теплорассеивающих пластмасс в качестве радиатора для систем сброса тепла

В последние годы все больше появляется информации об альтернативном использовании теплорассеивающих пластмасс (ТР) в качестве материала радиаторов [11]. Это объясняется технологическими свойствами ТР и их более низкой стоимостью по сравнению с широко применяемым для этих целей алюминием. С целью проверки свойств теплорассеивающих пластмасс (Теплосток Т6-Э5-7, ООО «СпецПласт-М»)

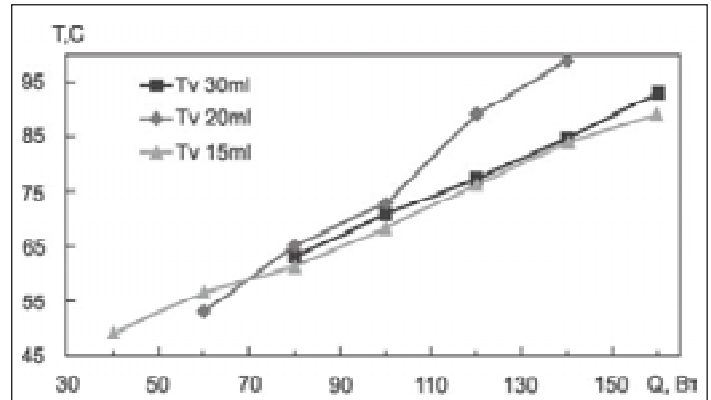


Рис. 7. Экспериментальная зависимость $T_v = f(Q)$ для КТС № 2 (теплоноситель — вода)

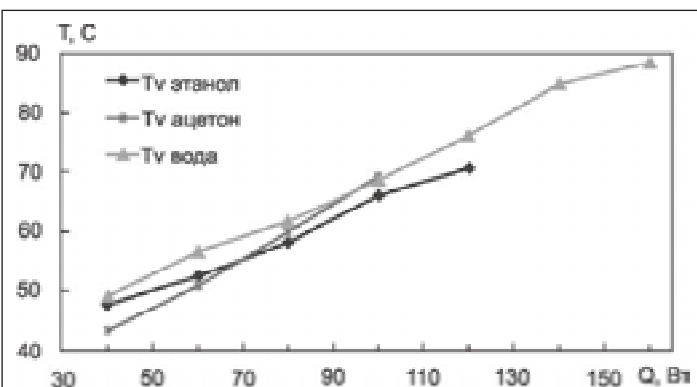


Рис. 8. Экспериментальная зависимость $T_v = f(Q)$ для КТС № 2 (сравнение различных теплоносителей при одинаковой заправке 15 мл)

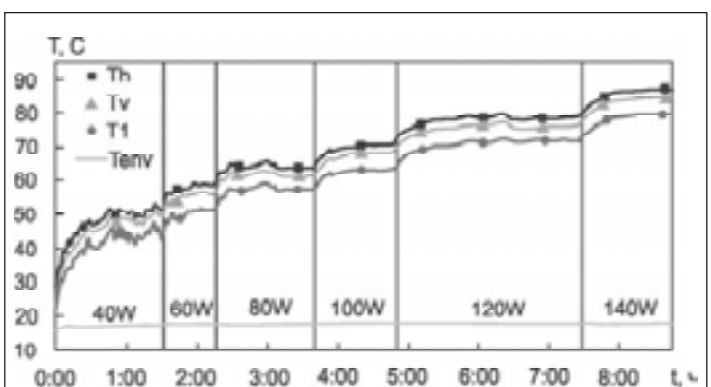


Рис. 9. Рабочие температуры (Т) КТС № 2 (теплоноситель — вода) при разных тепловых нагрузках (Q)

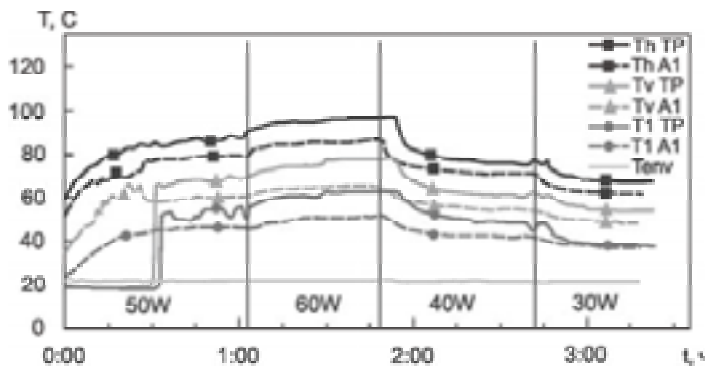


Рис. 10. Рабочие характеристики КТС № 1. Сравнение алюминиевого радиатора с радиатором из теплорассеивающей пластмассы (ТР)

с теплопроводностью $8 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ для КТС № 1 проводилось сравнение радиаторов из алюминия (полностью одинаковых размеров) и из данной теплорассеивающей пластмассы. На рис. 10 приведены результаты этого сравнения.

Как следует из этого сравнения, теплорассеивающие пластмассы с гораздо более низким коэффициентом теплопроводности ($8 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) по сравнению с алюминием или его сплавами ($220\text{--}180 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) вполне конкурентоспособны и справляются со сбросом тепла в условиях естественной конвекции. Действительно, в ходе этих экспериментов наблюдалось возрастание температур в зоне подвода тепла приблизительно на $4\text{--}8\%$ в зависимости от величины тепловой нагрузки при замене алюминиевого радиатора на радиатор из ТР (при прочих равных условиях).

Заключение

- Предложена система охлаждения светодиодных устройств с использованием технологии контурных тепловых труб. Проведены комплексные исследования контурных термосифонов и показана возможность их использования в системах охлаждения светодиодных устройств.
- Выполнена оптимизация контурных термосифонов по выбору теплоносителя и величины заправки. Показано, что при малых превышениях конденсатора над испарителем лучшим теплоносителем из выбранных является метанол, а с возрастанием величины превышения (более $0,15 \text{ м}$) — дистиллированная вода.
- Проведен сравнительный анализ широко используемых радиаторов на основе алюминия и радиаторов на основе современных теплорассеивающих пластмасс (ТР). Показано, что, несмотря на значительно более низкую теплопроводность ТР (отличие почти в $15\text{--}20$ раз), увеличение рабочих температур составило $4\text{--}8\%$. Данное обстоятельство открывает возможности широкого использования ТР в качестве радиаторов для рассеяния тепла как более технологичных, дешевых и обладающих низким весом по сравнению с алюминием.

- Использование тепловых труб позволило увеличить номинальную нагрузку на единственный светодиод до $3,6 \text{ Вт}$ (увеличением номинального тока до 1 А) при уменьшении светоотдачи (до 32%), что снижает количество светодиодов в матрице и, следовательно, стоимость изделия без сокращения срока эксплуатации и надежности изделия. ●

Литература

- Староверов К. Системы охлаждения для светодиодов // Новости электроники. 2008. № 17.
- Дан П., Рей Д. Тепловые трубы. М.: Энергия. 1979.

- Воронин В. Г., Ревякин А. В., Сасин В. Я. и др. Низкотемпературные тепловые трубы для летательных аппаратов. М.: Машиностроение. 1976.
- Faghri A. Heat pipe science and technology. Taylor & Francis. 1995.
- Герасимов Ю. Ф., Майданик Ю. Ф., Щеголев Г. Т., Филиппов Г. А., Стариков Л. Г., Кисеев В. М., Долгирев Ю. Е. Низкотемпературные тепловые трубы с отдельными каналами для пара и жидкости // Инженерно-физический журнал (ИФЖ). 1975. Т. 28. № 6.
- Maydanik Yu. F. Loop Heat Pipes // Applied Thermal Engineering. 2005. V. 25.
- Kiseev V. M., Vlassov V. V., Muraoka I. Optimization of capillary structures for inverted meniscus evaporators of loop heat pipes and heat switches // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2010. V. 53.
- Пиоро А. С., Пиоро И. Л. Двухфазные термосифоны и их применение в промышленности. Киев: Наукова думка. 1988.
- Kiseev V. M., Pogorelov N. P., Menkin L. I. The study on two-phase thermosyphon application for mock-up fuel elements temperature regime modeling // Proc. of the 8th IHPC. Beijing. 1992.
- Кисеев В. М. Физика теплопередающих систем. Екатеринбург: Изд-во УрГУ. 2006.
- Криваткин А., Сакуненко Ю. Теплорассеивающие пластмассы — вызов алюминию // Полупроводниковая светотехника. 2010. № 1.

СВЕТОДИОДНЫЕ МОДУЛИ

SHARP

ZENIGATA



MEGA-ZENI



MINI-ZENI



Особенности:

- Использование технологии chip-on-board
- Керамическое основание — хорошие тепловые характеристики
- Индекс цветопередачи: до 94
- Световая отдача: до $100 \text{ лм}/\text{Вт}$
- Световой поток: Zenigata: до 540 лм , Mini-Zeni: до 390 лм , Mega-Zeni: до 2550 лм
- Широкий диапазон рабочих температур: $-30\text{...}+90^\circ\text{C}$

Области применения:

- Общее освещение
- Освещение жилых помещений
- Архитектурное освещение
- Уличное освещение
- Промышленное освещение

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР SHARP В РОССИИ

PROSOFT® 20 ЛЕТ

Тел.: +7 (495) 234-06-36 • E-mail: info@prosoft.ru

Факс: +7 (495) 234-06-40 • Web: www.prosoft.ru

Решение Sunon

для охлаждения мощных светодиодов

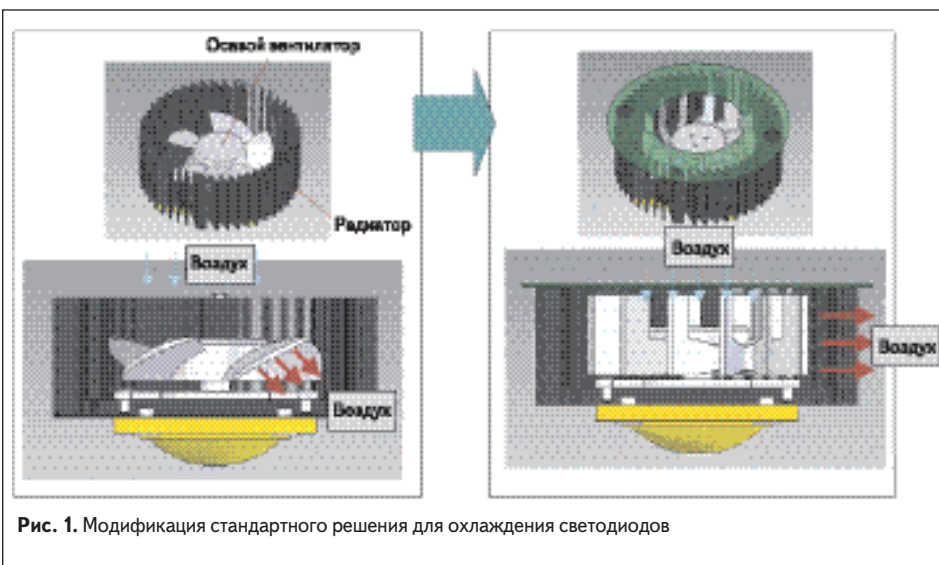


Рис. 1. Модификация стандартного решения для охлаждения светодиодов

Таблица 1. Результаты тестирования стандартного и нового запатентованного решения (скорость вращения — 3800 об/мин., мощность светодиода — 10 Вт, вентилятор — 40×40×10 мм)

Параметр	Стандартное решение	Новое решение	Сравнение
Температура, °С	40,3	32,1	Уменьшение на 8,2
Уровень шума, дБ	33,82	17,52	Снижение на 16,3

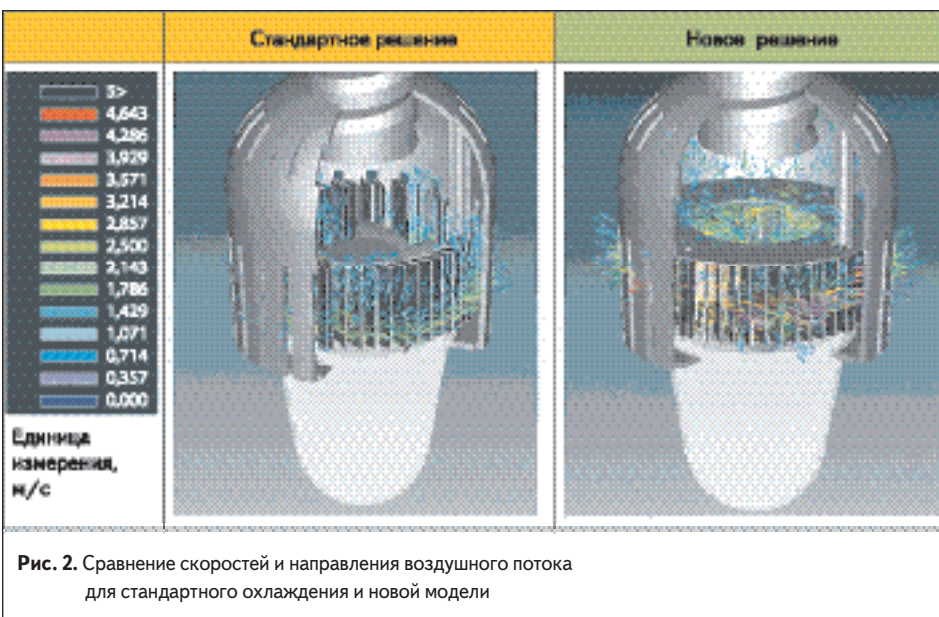


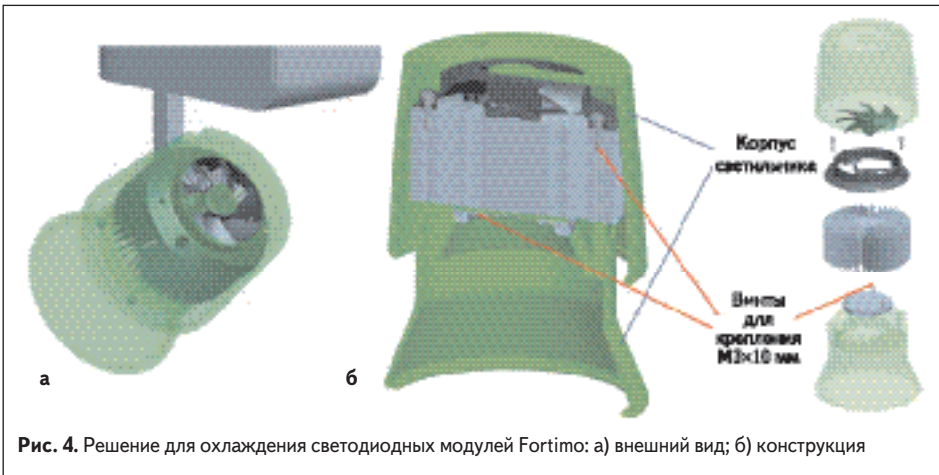
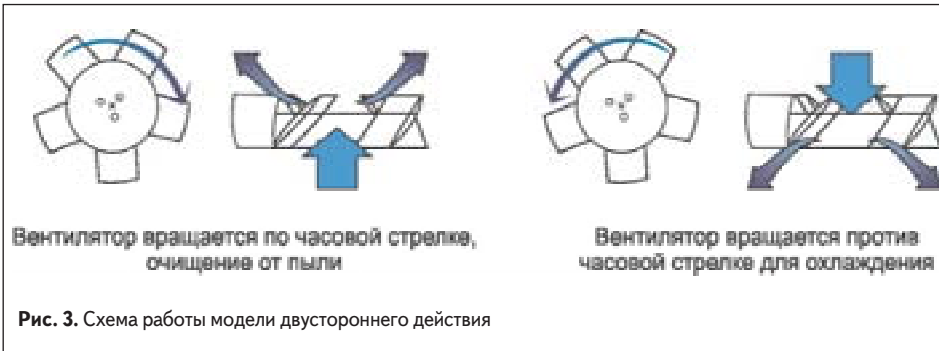
Рис. 2. Сравнение скоростей и направления воздушного потока для стандартного охлаждения и новой модели

Все понимают, что проблема высокого энергопотребления становится все более актуальной. Только на освещение уходит порядка 30–35% всей вырабатываемой электроэнергии, а в мегаполисах эта величина в полтора-два раза больше. Современные белые светодиоды по большинству параметров уже многократно превосходят лампы накаливания и люминесцентные источники света. Мощные светодиоды, ориентированные на освещение, привлекают все больше внимания и по праву занимает место в авангарде нового поколения источников света, которые придут на замену привычному освещению. И хотя у мощных светодиодов высокий потенциал, одним из основных препятствий к широкому их применению является сильный нагрев источника света (+60...+70 °С на выводах, до +120 °С на кристалле светодиода). Компания Sunon сделала значительный шаг в развитии решений для охлаждения мощных светодиодов.

Имея тридцатилетний опыт в разработке систем терморегулирования, компания Sunon сосредоточилась на разработке охлаждающего модуля для мощных светодиодов. Изначально тайваньскими инженерами рассматривалось стандартное решение, представляющее собой комбинацию радиатора и вентилятора с крыльчаткой осевого типа. Однако полученный результат не удовлетворил специалистов. Тогда была разработана уникальная технология, запатентованная как «блокирующее кольцо», и видоизменена крыльчатка вентилятора до радиального типа (рис. 1, 2). «Блокирующее кольцо» позволило увеличить скорость охлаждающего потока и сделать его определенно направленным. Таким образом, новая технология позволила значительно увеличить эффективность модуля: практические тесты показали уменьшение температуры на 8,2 °С, а видоизмененная крыльчатка снизила уровень шума на 16,3 дБ (табл. 1).

Проблема запыления

Разработанная компанией Sunon модель воздушного охлаждения двустороннего действия (рис. 3) в некотором смысле является уникальной. При включении вентилятор вращается по часовой стрелке для удаления



скопившейся пыли. После вращения в течение нескольких секунд по часовой стрелке вентилятор автоматически меняет направление и начинает работу на охлаждение.

Некоторое время назад корпорация Philips представила модули направленного света Fortimo, обеспечивающие максимальную рассеиваемую мощность до 40 Вт. Сопутствующие и совместимые с модулями системы терморегуляции и питания позволяют разработчикам осветительных установок легко оснащать архитектурные комплексы регулируемые системы направленного белого света.

Модули Fortimo позволяют достичь снижения энергопотребления на 50% по сравнению с компактными люминесцентными лампами, а выпущенное Sunon специальное решение

для охлаждения, представляющее собой комбинацию радиатора и вентилятора осевого типа, одобрено Philips для использования с Fortimo SLM 2000lm (рис. 4, 5).

Характеристики модуля Sunon, разработанного специально для охлаждения Fortimo LED SLM 2000lm, приведены в таблице 2.

Решения Sunon для охлаждения мощных светодиодных модулей имеют ряд преимуществ:

- модули испытаны и входят в перечень продуктов, рекомендованных компанией Philips;
- низкий уровень шума 18 дБ А;
- технология DR MagLev, специально разработанная Sunon, устраняет шум и вибрации вентилятора;

Таблица 2. Параметры модуля Sunon для охлаждения Fortimo LED SLM 2000lm

Наименование модуля	TA003-10003
Мощность LED, Вт	31
Диаметр модуля охлаждения, мм	Ø86×52,4
Размеры вентилятора, мм	Ø60×15
Номинальное напряжение вентилятора, В DC	12
Номинальный ток вентилятора, мА	23
Скорость вентилятора, об/мин.	2200
Уровень шума модуля охлаждения, дБ	18
Материал радиатора	алюминий
Вес, г	237



- оптимизированная конструкция охлаждения является компактной и легкой;
- система подшипников защищена от пыли;
- время наработки до 50 000 ч.

Компания Sunon готова производить охлаждающие модули для мощного светодиодного освещения с учетом всех пожеланий заказчиков в адрес дизайнера.

Социально ответственный бизнес сделал жизнь детей светлее

В конце 2010 г. петербургская компания «Светлана-Оптоэлектроника», крупнейший российский производитель светодиодной продукции, была признана победителем конкурса Правительства Санкт-Петербурга на лучший инновационный проект в сфере энергосбережения и энергоэффективности.

В знак признательности городу за высокую оценку работы предприятие безвозмездно направило в детские дома-интернаты № 1 и № 2 г. Петродворец и № 4 г. Павловск (самый большой в России дом-интернат) 1500 инновационных светодиодных светильников для внутреннего и внешнего освещения.

Подарок ко Дню защиты детей был сделан на сумму 9 млн руб.

www.soptel.ru

ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ
НА АЛЮМИНИЕВОМ ОСНОВАНИИ

КОНТРАКТНАЯ РАЗРАБОТКА
И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ

VecTech

ООО «Вектор Технолоджи»
194044, Санкт-Петербург
Чугунная ул., д. 20
www.vecstech.spb.ru
E-mail: vecstech@vectech1.net
(812) 329-38-01, 329-38-02

Мальва Мурашова | murma@mail.ru | Сергей Никифоров | sergnik71@mail.ru | Алексей Шищенко | lelikmma@mail.ru

Уточнения авторов к статье

«Исследование фотобиологической опасности светодиодных осветительных приборов для нужд железнодорожного транспорта»

В статье приведены уточнения и разъяснения к расчетам и результатам эксперимента по исследованию фотобиологической опасности светодиодных осветительных приборов для нужд железнодорожного транспорта, опубликованным в журнале «Полупроводниковая светотехника» № 1'2011 и получившим резонанс среди специалистов.

История вопроса и ответа на него

Инициатива ОАО «РЖД» по проведению экспериментов по исследованию фотобиологической опасности воздействия излучения светодиодов на зрительный аппарат человека вызвала резонанс среди светотехников. Понимание необходимости таких исследований присутствует в этой среде давно, однако их проведение не было реализовано или даже запланировано. Тем не менее вновь формируемая законодательная база по нормам освещенности не может быть принята без оценки такой безопасности и, соответственно, не могут быть допущены

к применению осветительные устройства на основе светодиодов. Одновременно с этим МКО разработала ряд документов и методик для проведения таких исследований, в ряде стран они уже были успешно реализованы и проводятся сейчас. Авторами статьи была проведена работа по оценке фотобиологической опасности излучения от конкретных светильников на основе светодиодов, потенциально могущих использоваться на ЖД, о чем было подробно описано в статье [1]. Следует добавить, что проведенный эксперимент был выполнен на основе методик, описанных в стандарте МКО S 009/E:2002, в частности п. 5.2.2.2. «Альтернативный метод».

Авторы выражают благодарность светотехническому сообществу в лице редакции журнала «Светотехника» за внимание к исследованию, а также за указанные неточности в расчетах, имеющиеся в публикации [1]. Однако следует сделать акцент на том факте, что методика проведения эксперимента и используемые средства измерений полностью соответствуют стандарту МКО S 009/E:2002 и имеют действующие свидетельства о поверке и метрологические характеристики, рекомендуемые этим документом (рисунок). Также, несмотря на данное уточнение, выводы, сделанные в работе по результатам расчетов, остались прежними. Поэтому подавляющее большинство критических замечаний, выдвинутых указанным коллективом в сторону авторов, их публикации и собственно эксперимента, не имеют под собой оснований. Сочетание значительного теоретического запаса знаний в области метрологии излучения и в то же время полное отсутствие практики измерений и расчетов на их основе создает подобные коллизии в понимании методов проведения экспериментов. И если учесть, что в таких работах в основном используются полупроводниковые источники света, традиционно цель подобных агрессивных обличительных выступлений направлена на организацию очередной шумихи вокруг чужого исследования, и таким образом, введение в заблуждение всей светотехнической общечественности. Коллектив авторов данной работы считает своим долгом предупредить об этом светотехническое сообщество.

Авторы работы выражают надежду на конструктивную критику проведенных исследований и описанных результатов со стороны заинтересованных специалистов и организаций, а также на сотрудничество в области подобных измерений и экспериментов как для совершенствования методик их проведения и формирования национальных стандартов, так и для получения практических и научных знаний о физике восприятия светодиодного излучения. Следует добавить, что коллектив авторов уже имеет большой опыт по исследованию порогов и параметров цветоразличия в практике разработки ж/д-светофоров на основе светодиодов



Рисунок. Свидетельства о поверке средств измерения и сертификаты измерительных установок (эксперимент проходил в декабре 2010 г., когда актуальность всех свидетельств о поверке была в действии)

Таблица 4. Радиометрические и эффективные параметры излучения светодиодной панели

Фототок радиометра I, А	$1,4 \times 10^{-5}$
$K_x = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \varphi_{\lambda} \times \lambda \times d\lambda, \text{ А/Вт}$	0,285
$P = I / K_x, \text{ Вт}$	$4,912 \times 10^{-5}$
r, м	1,44
$\gamma, \text{ рад}$	0,1
S, м ²	$1,6278 \times 10^{-2}$
$\Omega, \text{ ср}$	$7,85 \times 10^{-3}$
$L = P / \Omega, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср)}$	$3,844 \times 10^{-1}$
$\int \varphi_{\lambda} \times d\lambda, \text{ нм}$	240
$C = L / \int \varphi_{\lambda} \times d\lambda, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср нм)}$	$1,6 \times 10^{-3}$
$L_{\lambda} = 1,6 \times 10^{-3} \times \varphi_{\lambda}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср нм)}$	
$L_{\Sigma} = \sum_{\lambda=380}^{\lambda=780} L_{\lambda} \times B(\lambda) \times \Delta\lambda, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср)}$	$4,3968 \times 10^{-2}$

Таблица 8. Радиометрические и эффективные параметры излучения образца № 1

Фототок радиометра I, А	$6,467 \times 10^{-6}$
$K_x = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \varphi_{\lambda} \times \lambda \times d\lambda, \text{ А/Вт}$	0,304
$P = I / K_x, \text{ Вт}$	$2,125 \times 10^{-5}$
r, м	0,443
$\gamma, \text{ рад}$	0,1
S, м ²	$1,540 \times 10^{-3}$
$\Omega, \text{ ср}$	$7,85 \times 10^{-3}$
$L = P / \Omega, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср)}$	1,758
$\int \varphi_{\lambda} \times d\lambda, \text{ нм}$	348
$C = L / \int \varphi_{\lambda} \times d\lambda, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср нм)}$	$5,051 \times 10^{-3}$
$L_{\lambda} = 1,6 \times 10^{-3} \times \varphi_{\lambda}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср нм)}$	
$L_{\Sigma} = \sum_{\lambda=380}^{\lambda=780} L_{\lambda} \times B(\lambda) \times \Delta\lambda, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср)}$	0,011

и формированию национальной нормативной документации по результатам таких исследований, опубликованным, в том числе, в рецензируемых изданиях [2–7]. Описанный в статье [1] эксперимент можно считать продолжением прежних работ в области изучения физики восприятия и цветового зрения человека при пороговых и надпороговых уровнях яркости светящихся объектов. Это может дополнять и информационно поддерживать исследования в области коррекции колориметрических систем и проблем их «равноконтрастности», сделанных, например, в [8].

Уточнения к прежней публикации

Основным и единственным уточнением расчетов, выполненных по результатам измерений комплекса спектральных и радиометрических характеристик, является измене-

Таблица 6. Радиометрические и эффективные параметры излучения светильника СОЛ-1 образец № 3

Фототок радиометра I, А	$6,232 \times 10^{-6}$
$K_x = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \varphi_{\lambda} \times \lambda \times d\lambda, \text{ А/Вт}$	0,29
$P = I / K_x, \text{ Вт}$	$2,145 \times 10^{-5}$
r, м	0,486
$\gamma, \text{ рад}$	0,1
S, м ²	$1,854 \times 10^{-3}$
$\Omega, \text{ ср}$	$7,85 \times 10^{-3}$
$L = P / \Omega, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср)}$	1,4738
$\int \varphi_{\lambda} \times d\lambda, \text{ нм}$	331,8
$C = L / \int \varphi_{\lambda} \times d\lambda, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср нм)}$	$4,442 \times 10^{-3}$
$L_{\lambda} = 1,6 \times 10^{-3} \times \varphi_{\lambda}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср нм)}$	
$L_{\Sigma} = \sum_{\lambda=380}^{\lambda=780} L_{\lambda} \times B(\lambda) \times \Delta\lambda, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср)}$	0,1423

Таблица 9. Радиометрические и эффективные параметры излучения образца № 1

Фототок радиометра I, А	$0,823 \times 10^{-7}$
$K_x = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \varphi_{\lambda} \times \lambda \times d\lambda, \text{ А/Вт}$	0,304
$P = I / K_x, \text{ Вт}$	$2,708 \times 10^{-7}$
r, м	0,443
$\gamma, \text{ рад}$	0,011
S, м ²	$1,865 \times 10^{-5}$
$\Omega, \text{ ср}$	$0,95 \times 10^{-4}$
$L = P / \Omega, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср)}$	152,84
$\int \varphi_{\lambda} \times d\lambda, \text{ нм}$	348
$C = L / \int \varphi_{\lambda} \times d\lambda, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср нм)}$	0,439
$L_{\lambda} = 1,6 \times 10^{-3} \times \varphi_{\lambda}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср нм)}$	
$L_{\Sigma} = \sum_{\lambda=380}^{\lambda=780} L_{\lambda} \times B(\lambda) \times \Delta\lambda, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{ср)}$	156,5

ние формулы (3) [1]. В обновленном варианте она выглядит так:

$$\Omega = \pi \times \gamma^2 / 4.$$

Далее приводятся таблицы 4, 6, 8, 9, 10 [1] со значениями параметров, перерасчитанных в соответствии с исправленной формулой (3).

Из приведенных таблиц можно заметить, что скорректированные числовые значения рассчитываемых параметров не привели к изменению выводов о безопасности исследованных светильников, сделанных в [1].

В отношении корректности расчета мощности излучения можно добавить, что, на первый взгляд, отсутствующее в последовательности формул значение площади радиометрической головки уже косвенно входит в фототок, значение которого пропорционально этой площади и измерено в ходе эксперимента (первая строка таблицы 4, 6, 8, 9). Несмотря на то обстоятельство,

что при проверке абсолютная характеристика спектральной чувствительности (АСЧ) фотодиода измеряется засветкой калиброванным сигналом в области площадки размером приблизительно 2×2 мм, а не всей площади радиометра с диаметром 7 мм, что может вызвать вопрос о корректности АСЧ такого средства измерения, все результаты измеренных фототоков, а также значений мощности излучения следует считать правильными ввиду крайне незначительной (доли процента) неравномерности АСЧ, примененной в радиометре фотодиода фирмы Hamamatsu по площади его приемной части.

Рассчитанный по формуле (5) в [1] коэффициент преобразования радиометра для каждого конкретного светильника учитывал спектральную чувствительность фотодиода вплоть до 1100 нм (аттестованный по свидетельству о поверке (рис. 1) диапазон), однако выводы по термической безопасности воздействия излучения сделаны до 1400 нм. Данное утверждение не находится в противоречии с корректностью выводов ввиду абсолютно отсутствующего излучения светодиодов в диапазоне более 900 нм, что можно заметить на рис. 9, 11, 13 [1], где приведены относительные спектры распределения мощности излучения исследуемых образцов. В противном случае применение датчика с такой АСЧ недопустимо. ●

Литература

- Мурашова М. А., Никифоров С. Г., Шищенко А. А. Исследование фотобиологической опасности светодиодных осветительных приборов для нужд железнодорожного транспорта // Полупроводниковая светотехника. 2011. № 1.
- Агафонов Д. Р., Мурашова М. А., Никифоров С. Г., Пинчук О. П., Столяревская Р. И. Исследования визуального восприятия красных железнодорожных светофоров на основе светоизлучающих диодов // Светотехника. 2003. № 6.
- Агафонов Д. Р., Аникин П. П., Никифоров С. Г. Вопросы конструирования и производства светоизлучающих диодов и систем на их основе // Светотехника. 2002. № 6.
- Agafonov D., Murashova M., Nikiforov S., Pinchuk O., Stolyarevskaya R. Red LED Railway Traffic Lights Visual Perception Research // Light & Engineering. 2003. V. 11. № 4.
- Agafonov D., Murashova M., Nikiforov S., Pinchuk O., Stolyarevskaya R. Red LED Railway Traffic Lights Visual Perception Research // Report to 25th CIE Session 2003 (25 June – 2 July), San Diego, USA. Proceedings, volume 2.
- Никифоров С. Г. Фотометрический метод исследования полупроводниковых гетероструктур // Заводская лаборатория. 2010. № 1.
- Никифоров С. Г. Физические аспекты восприятия приборов световой ж/д-сигнализации на основе светодиодов и оправданность их применения // Доклад на конференции «ТрансЖат–2008». 22–24 октября 2008.
- Гордюхина С. С. Разработка методики определения удельных координат цвета колориметрической системы КЗС: Диссертация на соискание ученой степени к. т. н. Москва, МЭИ, 2011.

Таблица 10. Измеренные и предельные значения L_B и L_R

Тип светильника со светодиодами	Значения $L_B, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{ср}$		$L_R, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{ср}$	
	измеренные	предельные	измеренные	предельные
Светодиодная панель ExP-600	$4,3968 \times 10^{-2}$	100		
Светильник СОЛ-1 № 3	0,1423			
Светильник СОЛ-1 № 1	0,011		156,5	280

Джанген Пан | Кван Ли | everfine@everfine.cn

Универсальный гониофотометр

В статье описан новый универсальный гониофотометр для высокоточного измерения основных оптических величин, включая световой поток, пространственное распределение силы света и яркости, спектральное распределение светового потока и распределение освещенности ламп и светильников. Приведен анализ работы универсального гониофотометра, дана оценка неопределенности для измерений.

Гониофотометры используются для решения большого количества задач в оптической метрологии светодиодных (СИД) источников света. Для достижения высокой степени точности они должны соответствовать определенным требованиям. Прежде всего, должна быть обеспечена стабильность измеряемого источника света. Модели с вращающимися источниками света [2] не могут обеспечить высокую точность, поскольку положение работающего источника света изменяется во время проведения измерения, из-за чего меняются условия отвода тепла [1]. А поскольку светодиоды чувствительны к температуре, гониофотометры с зеркалом на оптических осях [2] также нельзя считать подходящими, поскольку постоянное перемещение контрольного источника освещения в большом пространстве ведет к значительному изменению температуры, что вынуждает замедлять скорость измерения, чтобы избежать изменения фотометрических параметров.

Учет рассеянного света — важный аспект для гониофотометрии. Существует множество путей его уменьшения в системе гониофотометра. Хорошим способом можно считать использование темной комнаты больших размеров, однако размер помещения всегда ограничен практическими реалиями [3], поэ-

тому требуется оптимизация использования пространства темной комнаты.

Для измерения силы света (силы излучения) с применением фотометрического закона «обратных квадратов» расстояние фотометрирования должно быть достаточно велико. Однако дистанция при измерениях в дальней зоне (часто более 12 м) не всегда подходит для фотометрирования слабых источников света из-за ограниченной чувствительности фотоприемника.

Для обеспечения соответствия требованиям высокоточной гониофотометрии различного назначения компанией EVERFINE разработан универсальный гониофотометр (Full-Field Goniophotometer).

Конструкция и принципы работы универсального гониофотометра

Конструкция универсального гониофотометра

Базовая конструкция и внешний вид универсального гониофотометра показаны на рис. 1 и 2.

Система снабжена детекторами дальней и ближней зоны. Исследуемый источник света расположен в центре вращения гониометра,

он поворачивается только вокруг вертикальной оси без изменения своего положения и остается неподвижным во время самого фотометрирования, что, таким образом, обеспечивает высокую стабильность источника света.

Измерения в ближней зоне

Детектор ближней зоны измеряет излучение от источника света непосредственно (без использования зеркал). При работе детектора ближней зоны зеркала M_1 и M_2 закрыты (рис. 3). Расстояние между центром вращения гониофотометра до детектора ближней зоны находится в пределах 2–3 м, в зависимости от размеров гониометра. Следует отметить, что для некоторых (малых) источников указанная дистанция соответствует дальней зоне. Детектор ближней зоны может представлять собой фотометрическую головку или сочетание фотометрической головки со спектрорадиометром и/или изображающим яркометром (Imaging luminance meter).

Измерение абсолютного светового потока

При наличии фотометрической головки с хорошим косинусным корректором детектора ближней зоны система может работать как компактный гониофотометр, который

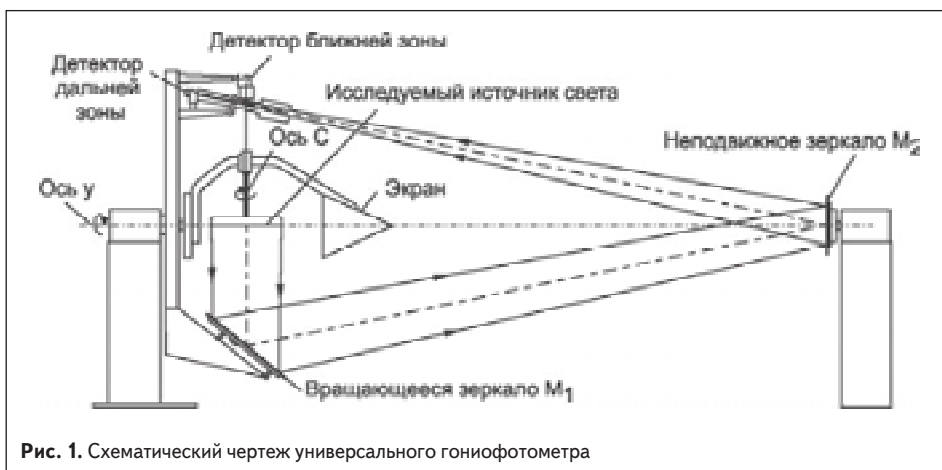


Рис. 2. Внешний вид универсального гониофотометра

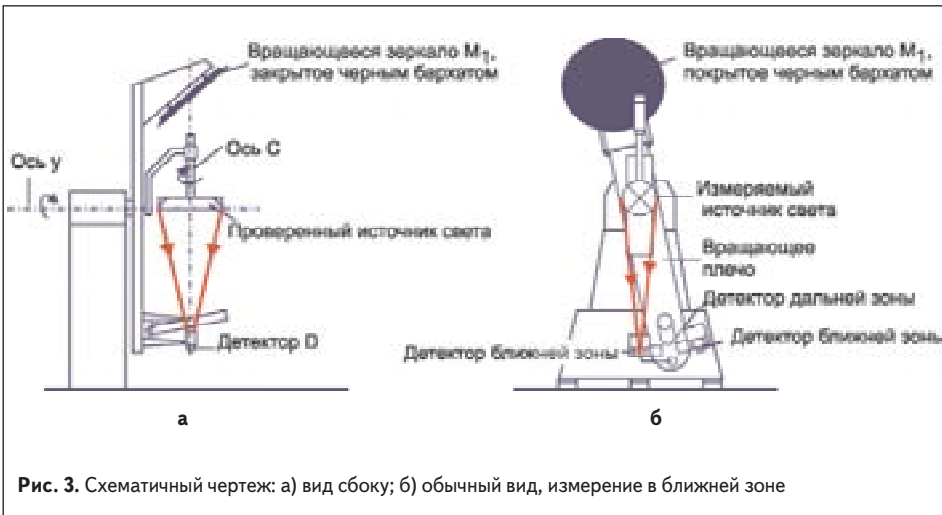


Рис. 3. Схематичный чертеж: а) вид сбоку; б) обычный вид, измерение в ближней зоне

лучшим образом подходит для измерения светового потока [4].

Для измерения потока единица силы света от эталонной лампы передается детектору ближней зоны, а затем откалиброванная (градуированная) таким образом фотометрическая головка измеряет распределение освещенности в абсолютных единицах. Форма пространственного распределения интенсивности источника света оказывает незначительное влияние на измерение потока; нет никаких ограничений по форме и размеру источника света, за исключением технических возможностей [5]; нет проблем с поляризацией при проведении измерений, поскольку нет никаких зеркал на пути исследуемого света. Благодаря тому что универсальный гониофотометр обладает высокой угловой точностью и снабжен прецизионной фотометрической головкой, имеется возможность проводить высокоточные измерения светового потока абсолютным методом для различных источников света. Возможные погрешности будут рассмотрены ниже.

Измерение силы света компактных или слабых источников

Фотометрическая головка детектора ближней зоны отлично приспособлена для измерения силы света таких компактных источников света, как светодиодные лампы, сигнальные лампы и т. п. Она обладает практически в 100 раз более высокой чувствительностью, чем фотоприемники дальней зоны.

Измерение пространственных и средних колориметрических величин

Если детектор ближней зоны оснастить спектро радиометром, то универсальный гониофотометр будет работать как гониоспектро радиометр и измерять пространственное спектральное распределение $P(\theta, \varphi, \lambda)$, где (θ, φ) — пространственный угол. Таким образом можно обеспечить получение наиболее полных колориметрических величин.

Гониофотометр ближней зоны на основе изображающего яркомера

Если в месте расположения детектора ближней зоны размещен изображающий яркомер,

то система будет работать в качестве гониофотометра ближней зоны [6]. Изображающий яркомер измеряет яркость каждой точки источника света в любом направлении, то есть $L(x, y, \varphi, \theta)$ или $L(x', y', \varphi, \theta)$, $\varphi, \theta, x, y, x', y'$ (рис. 4). Таким образом, можно с высокой точностью измерить как среднюю (габаритную) яркость, так и яркость каждой отдельной точки. Это было бы очень полезно при расчетах ослепленности для уличного и внутреннего освещения.

Из распределения яркости могут быть подсчитаны или выведены распределения лучей, диаграмма направленности в дальней зоне, распределение освещенности и световой поток [7].

Измерения в дальней зоне

Как показано на рис. 1, в фотоприемник свет приходит, отражаясь от двух зеркал: поворачивающегося M_1 и неподвижного M_2 . Расстояние фотометрирования находится в пределах 15–30 м (в зависимости от длины темной комнаты). Детектор дальней зоны может использоваться в том числе для измерений силы света источников больших размеров с узким углом диаграммы направленности, т. е. прожекторов. Благодаря наличию двух зеркал на размерах темной комнаты можно сэконо-

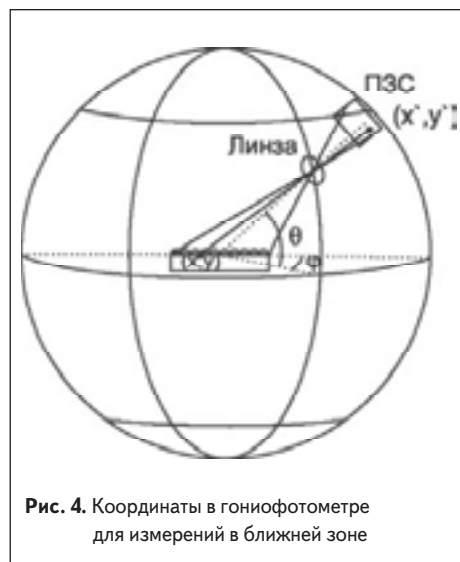


Рис. 4. Координаты в гониофотометре для измерений в ближней зоне

мить, так как необходимая длина комнаты составляет приблизительно половину расстояния фотометрирования.

Взаимная коррекция между измерениями с разными фотоприемниками

Универсальный гониофотометр оснащен несколькими приемниками, что позволяет реализовать измерения в ближней и дальней зонах. Измерения при помощи различных детекторов могут взаимно проверяться, более того, благодаря чрезвычайно высокой точности некоторых видов измерений и возможности получать поправочные множители они могут быть использованы для коррекции других результатов. Описанные измерения в ближней зоне наиболее часто применяются для таких корректировок. Далее приведены два примера.

Поправочный множитель

Для уменьшения погрешности измерения фотометрических величин из-за ошибки спектральной коррекции фотометрической головки обычно применяются поправочные множители, позволяющие учитывать чувствительность детектора к данному спектру излучения:

$$k = \frac{\int_{380}^{780} P_T(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} P_T(\lambda) S_{rel}(\lambda) d\lambda} \times \frac{\int_{380}^{780} P_{SA}(\lambda) S_{rel}(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} P_{SA}(\lambda) V(\lambda) d\lambda}, \quad (1)$$

где $P_T(\lambda)$ — спектральное распределение интенсивности источника света; $S_{rel}(\lambda)$ — относительная чувствительность фотометра; $P_{SA}(\lambda)$ — распределение спектральной интенсивности источника света A .

В традиционных (интегрирующих) гониофотометрах поправочный множитель определяется, как правило, только для одного направления. Кроме неудобства, такой подход снижает точность измерения. Однако в универсальном гониофотометре спектро радиометр, установленный в качестве детектора ближней зоны, может измерять пространственное и среднее спектральное распределение мощности источника света таким образом, что поправочные множители могут быть рассчитаны легко и точно для каждого направления. Особенно это справедливо для фотометрической головки детектора ближней зоны, где каждая точка измерения может быть исправлена, что еще больше повышает точность измерения светового потока.

Суммарная поправка при измерении светового потока

Так как общий световой поток от различных источников света, определяемый детектором ближней зоны, может быть измерен с высокой степенью точности, он может быть использован для коррекции значений, полученных в дальней

зоне, которые являются составной частью распределения силы света. Коррекция основана на том факте, что значение общего светового потока не зависит от расстояния, и это может сократить ошибки, вызываемые отражающей способностью зеркал. Соответственно, абсолютное значение силы света от крупногабаритного источника может быть получено с высокой точностью.

Расчет погрешности

Как описано выше, стабильность измеряемого источника света при использовании

универсального гониофотометра может быть достаточно высокой. А поскольку механическая система управления гониометра относительно проста, он может обладать высокой угловой точностью и высокой скоростью; для детекторов ближней и дальней зоны угловая точность равна 0,05°. Погрешность коррекции фотометрических головок $f_i < 1,5\%$ (самый высокий класс точности). При измерении фотометрических величин применяются коэффициенты коррекции.

Фотометрические головки калибруются по эталонным лампам с известной силой света,

чья погрешность составляет 0,23% ($k = 1$). Калибровка фотометрической головки детектора ближней зоны проанализирована в таблице 1.

По сравнению с измерениями распределения силы света измерение светового потока не чувствительно к центрированию и угловой точности [5]. Погрешность измерения светового потока типичного компактного белого СИД проанализирована в таблице 2.

Оценка погрешности измерения силы света типичного компактного белого СИД приведена в таблице 3.

Следует отметить, что столь высокие показатели точности измерения достигаются, с одной стороны, за счет использования эталонных источников света высокого уровня, а с другой — кропотливой работой по организации измерений. В обычных лабораторных условиях погрешность измерений может оказаться несколько выше.

Заключение

Представлен универсальный гониофотометр, который может обеспечить необходимую геометрию в соответствии с характеристиками источника света и измеряемыми величинами (световой поток, распределение силы света, пространственное спектральное распределение, пространственное распределение яркости и распределение освещенности). Универсальный гониофотометр может отвечать самым высоким требованиям, предъявляемым к точности фотометрических измерений. Мультидетекторная система гониофотометра, кроме сокращения расходов, позволяет провести взаимную корректировку данных относительно друг друга для сокращения погрешности измерений. Суммарная погрешность измерения светового потока типичного компактного белого СИД составила 0,79% ($k = 2$); погрешность распределения силы света — 1,07% ($k = 2$).

Данная работа проведена при поддержке китайской национальной программы по исследованиям и разработкам в области высоких технологий («Программа 863») под № 2007AA03A181.

Литература

1. Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products. IES LM-79-2008.
2. Measurement of Absolute Luminous Intensity Distributions. CIE 70-1987.
3. Marx P. New Goniophotometers for Lighting Engineering Laboratories // Publication No. 133, CIE-Session Warsaw. 1999. V. 1.
4. Sauter G. Goniophotometry: New Challenges and Novel Solutions // Expert Symposium on Advances in Photometry and Colorimetry. 2008.
5. Measurement of luminous flux. CIE 84-1989.
6. Ashdown I. Near-field photometry: a new approach // Journal of the Illuminating Engineering Society. 1993. № 22(1).
7. Draft of CIE TC 2-62 NO. 0. 2009.

Таблица 1. Баланс калибровки фотометрической головки ближней зоны

Компоненты погрешности	Тип	Относительная погрешность ($k = 1$), %
Лампа стандартной силы света	B	0,23
Погрешность центрирования	A	0,05
Угловые ошибки	A	0,05
Рассеянный свет	B	0,1
Нестабильность источника, вызванная условиями окружающей среды (температура, потоки воздуха и т. п.)	B	0,05
Нестабильность ламп, вызванная электроснабжением	A	0,05
Стабильность детекторов	A	0,01
Устройство отображения информации фотометра	B	0,02
Суммарная погрешность ($k = 1$)		0,27%
Издержки на суммарную погрешность ($k = 2$)		0,54%

Таблица 2. Оценка погрешности измерения светового потока типичного компактного белого СИД (с фотометрической головкой ближней зоны)

Компоненты погрешности	Тип	Относительная погрешность ($k = 1$), %
Погрешности калибровки	B	0,27
Нестабильность источника, вызванная условиями окружающей среды (температура, потоки воздуха и т. п.)	A	0,1
Нестабильность источника, вызванная электроснабжением (переменный ток)	A	0,2
Рассеянный свет	B	0,1
Линейность детектора	B	0,1
Погрешность коррекции фотометрической головки*	B	0,1
УФ-, ИК-отклик, вариации ошибок и усталость детектора	B	0,05
Стабильность детектора	A	0,01
Устройство отображения информации фотометра	B	0,02
Суммарная погрешность ($k = 1$)		0,39%
Издержки на суммарную погрешность ($k = 2$)		0,79%

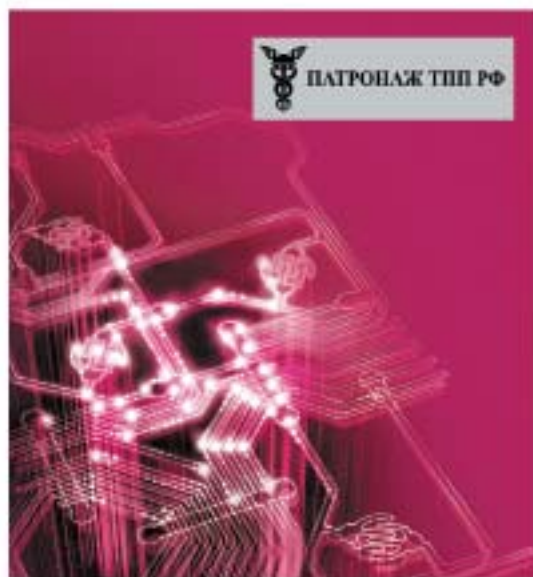
*Примечание:** — исправляется при помощи спектрального коэффициента коррекции.

Таблица 3. Оценка погрешности измерения силы света типичного компактного белого СИД (с фотометрической головкой ближней зоны)

Компоненты погрешности	Тип	Относительная погрешность ($k = 1$), %
Погрешности калибровки	B	0,27
Нестабильность источника, вызванная условиями окружающей среды (температура, потоки воздуха и т. п.)	B	0,1
Нестабильность источника, вызванная электроснабжением (переменный ток)	A	0,2
Рассеянный свет	B	0,1
Погрешность центрирования	A	0,3
Угловая точность	B	0,2
Линейность детектора	B	0,1
Погрешность коррекции фотометрической головки*	B	0,1
УФ-, ИК-отклик, вариации ошибок и усталость детектора	B	0,05
Стабильность детектора	A	0,01
Устройство отображения информации фотометра	B	0,02
Суммарная погрешность ($k = 1$)		0,53%
Издержки на суммарную погрешность ($k = 2$)		1,07%

*Примечание:** — исправляется при помощи спектрального коэффициента корректировки.

В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ФОРУМА «РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. АВТОМАТИЗАЦИЯ»



ПАТРОНАЖ ТПП РФ

Radel

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

XI МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

- Электронные компоненты
- Комплектующие
- Печатные платы
- Материалы
- Конструктивы
- Технологии
- Промышленное оборудование и инструменты
- Контрольно-измерительные приборы и лабораторное оборудование
- Светотехника

23 - 25 ноября 2011

Санкт-Петербург, СКК

Организаторы выставки:



radel2@ortkoo.com, www.forexpo.ru/radel

тел.: +7 (812) 777-04-07, 718-35-37

Место проведения: Санкт-Петербург, СКК
пр. Ю. Гагарина, 8, м. "Парк Победы"

Соорганизатор выставки:

Техно&Ком

реклама

Honeywell



ПОДЪЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА REEL TECH ДЛЯ ПОТОЛОЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ



УСТРОЙСТВО ДЛЯ СПУСКА
И ПОДЪЕМА СВЕТИЛЬНИКОВ
ВЕСОМ 5-500 КГ НА ВЫСОТУ
ДО 25 МЕТРОВ

ПУЛЬТ ДИСТАНЦИОННОГО
УПРАВЛЕНИЯ

РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ МОНТАЖА



- ВЫСОКИЕ ПОТОЛКИ
- ТЯЖЕЛЫЕ ЛЮСТРЫ
- РИСК ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ
- ОБСЛУЖИВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ С НЕПРЕРЫВНЫМ ЦИКЛОМ

ПЛАТАН

www.platan.ru

Офисы в Москве: м. Молодежная; ул. Льва Франка, 46, стр.2, (495) 97 000 99, platan@platan.ru

м. Новослободская: 1-й Шмидловский пер., 16, стр.2 (495) 744 70 70, platan@platan.ru

Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44 (812) 232 88 36, info@platan.spb.ru



реклама

Программная модель

для оценки эффективности

и надежности светодиодных источников света и приборов

Проанализированы факторы, влияющие на эффективность и надежность светодиодных источников света и приборов на их основе. Предложена и описана программная модель по ускоренному анализу степени надежности этих изделий.

Светодиоды на сегодня являются, пожалуй, самыми перспективными источниками света. Благодаря своей уникальности они вытесняют из многих сфер применения не только лампы накаливания, но еще и достаточно молодые люминесцентные лампы. Причин для этого много: экологически чистое производство и отсутствие серьезных проблем с утилизацией; высокая устойчивость светодиодов к механическим воздействиям и работоспособность в широком диапазоне температур; высокая пожаро- и взрывобезопасность; компактность; огромный срок службы, достигающий 100 тыс. часов [1]. Все эти «неоспоримые» преимущества заявляются как ведущими производителями светодиодов (Cree, Nichia, OSRAM, Lumileds, Vishay), так и фирмами-однодневками. Хотя существует большая разница в значениях параметров различных типов светодиодов от разных производителей.

В некоторых случаях речь идет даже о «глобальном» переходе на светодиоды в качестве альтернативного источника света. Так, в 2008 г. ОАО «РЖД» назначили полигоном для освоения и внедрения светодиодных технологий [2].

Однако без недостатков пока не могут обойтись даже эти современные полупроводниковые источники света: несомненным минусом является их высокая цена. Окупаемость же современных светодиодов составляет 2,5–3 г.; при этом некоторыми специалистами делается оговорка, что это утверждение справедливо лишь при условии реконструкции, то есть замены того, что уже выработало свой ресурс [2].

Одной из основных характеристик светодиодов, делающих их особенно привлекательными с точки зрения альтернативы другим

источникам света, является, как уже было отмечено выше, их фантастически длительный срок службы. Будучи важнейшим параметром (в первую очередь, с точки зрения надежности) источников света, он отражает такие неблагоприятные факторы при эксплуатации ламп, как их выход из строя: перегорание (как известно, у тепловых источников света более частое) и снижение светового потока в процессе срока службы. В настоящее время нет стандарта, определяющего срок службы для светодиодов, хотя существуют предложения считать этим сроком время, в течение которого световой поток уменьшается до некоторого значения (до 70 или 50%) от начальной величины. В ряде случаев заявленный срок службы светодиодов является величиной приблизительной, полученной на данный момент лишь путем математического моделирования.

Основной проблемой, вызывающей снижение рабочего ресурса светодиодов, является нарушение температурного режима при эксплуатации. В свою очередь, температурный режим определяется конструкцией светильника. Однако в рекламных проспектах производители часто указывают именно срок службы светодиодов, тогда как в светильнике из-за перегрева они могут работать меньше заявленного производителем срока.

Также стоит отметить, что, как и у всех других источников света, параметры светодиодов ухудшаются с течением времени, и это связано с такими факторами, как величина прямого тока, теплоотвод, тип и качество используемых чипов. Более того: подавляющее большинство производимых в настоящее время светодиодов, по словам ведущих специалистов в этой области, деградирует в течение нескольких месяцев. Так, при исполь-

зовании вторичной оптики светодиода могут наблюдаться такие отрицательные физические воздействия на излучающий кристалл, как повышенные температуры, механические напряжения, действия различных химически активных сред и т. д. Все они оказывают влияние на качество последующего эксплуатационного периода светодиода и, следовательно, светового прибора на его основе [3].

Определение надежности любого изделия должно обязательно осуществляться по общепринятым стандартам и методикам. Однако в настоящее время не существует общего стандарта для тестирования светодиодов. Некоторые их производители, например Cree, пользуются стандартом JESD22 для тестирования: светодиоды испытываются при максимально допустимом токе, продолжительность указанных тестов составляет 42 суток; критериями выхода светодиода из строя являются снижение светового потока более чем на 15%, короткое замыкание, разрыв цепи. Если наблюдается хотя бы одно из указанных явлений, светодиод считается вышедшим из строя [3].

В качестве первого шага на пути решения проблемы отсутствия общепризнанной методики оценки эффективности российских и зарубежных светодиодов и световых приборов на их основе можно предложить программную модель по ускоренному анализу степени надежности этих изделий [4].

Как известно, для получения необходимой информации о надежности изделия и его элементов необходимо провести в соответствующем объеме испытания в условиях и режимах, по возможности близких к реальным условиям эксплуатации, и затем, используя методы математической статистики, обработать данные этих испытаний.

Основные виды испытаний на надежность — определительные и контрольные. Кроме них в ряде случаев проводятся испытания с целью прогнозирования надежности и технического состояния изделий.

Определительные испытания проводятся для нахождения фактических количественных показателей надежности после окончательного освоения изделия производством или после его модернизации на опытных образцах, изготовленных по серийному технологическому циклу. При определительных испытаниях оцениваются законы распределения отказов и параметры этих законов. Результаты определительных испытаний служат для оценки соответствия фактических показателей надежности техническим условиям.

Контрольные испытания на надежность проводятся для контроля соответствия количественных показателей надежности требованиям стандартов или ТУ. Контрольные испытания проводятся периодически в сроки, установленные стандартами или ТУ на данное изделие.

Первичная обработка экспериментального материала состоит в упорядочении выборочных наблюдений для каждого интервала наработки, в определении числовых характеристик статистического распределения исследуемого параметра и графическом представлении результатов в виде гистограмм, полигонов и эмпирических функций распределения.

Для исследования и оценки надежности используются, в частности, следующие методики:

- Проверка достаточности данных хронометража, когда при построении плана последовательных испытаний делают вывод о ходе дальнейших исследований.
- Определение вида закона распределения.
- Расчет комплексных показателей надежности.

Для определения вида закона распределения в результате опыта получают вариационный ряд некоторой интересующей исследователя характеристики, результатами расчетов полученных данных заполняется таблица. После нанесения экспериментальных точек (рис. 1) на координатную сетку $(1 - H_i / \sum n_i) = f(x)$ (n — количество отказов за рассматриваемый интервал времени; x — интервал времени; H — частота отказов на данном интервале) проводится проверка, состоящая в определении возможности линейной интерполяции экспериментальных данных, определении наибольшего отклонения D и проверке по критерию согласия Колмогорова. Прямую проводят так, чтобы отклонения экспериментальных точек от нее были минимальными (рис. 1, синяя линия), и проверяется согласие экспериментального распределения с теоретическими распределениями (экспоненциального, нормального, Вейбулла и др.). Наибольшее отклонение определяется сравнением отклонений по оси ординат экспериментальных точек от прямой при различных значениях времени. Если возможна линейная интерполяция, находится наибольшее отклонение D (рис. 1, «Отклонение»).

Рассчитывается критерий согласия Колмогорова, по которому если $D\sqrt{k} < 1$ (рис.1, «Критерий»)

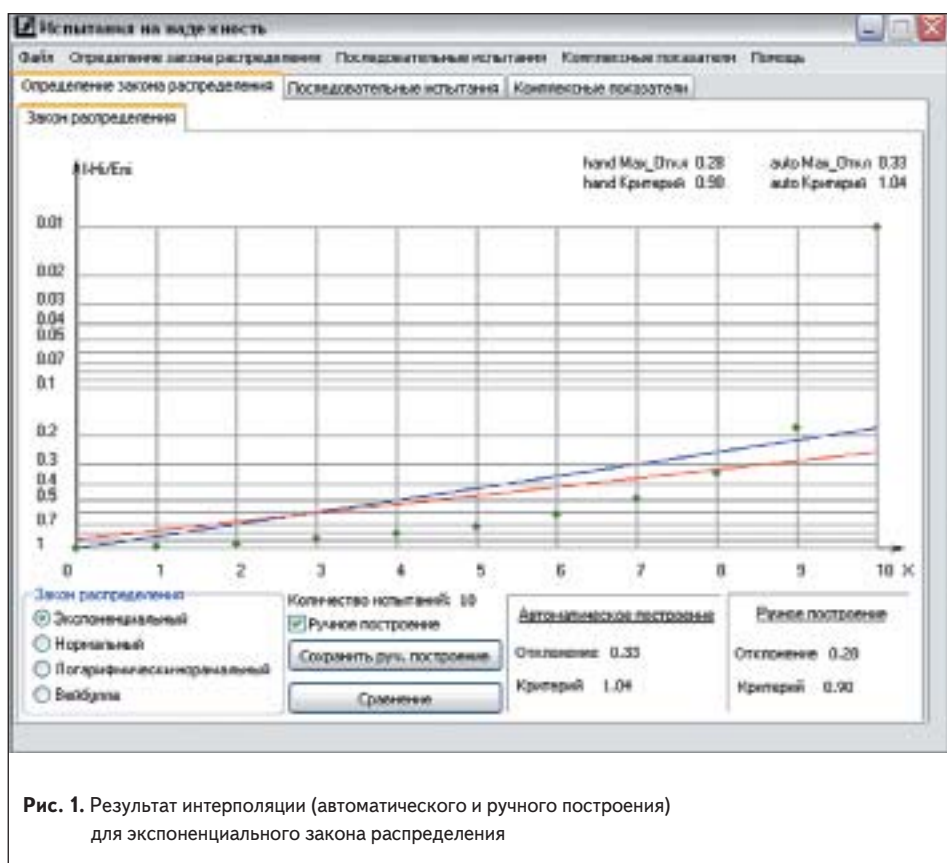


Рис. 1. Результат интерполяции (автоматического и ручного построения) для экспоненциального закона распределения

(k — общее количество экспериментальных точек), то закон распределения времени безотказной работы не противоречит экспоненциальному. Если $D\sqrt{k} \geq 1$ и исследователя

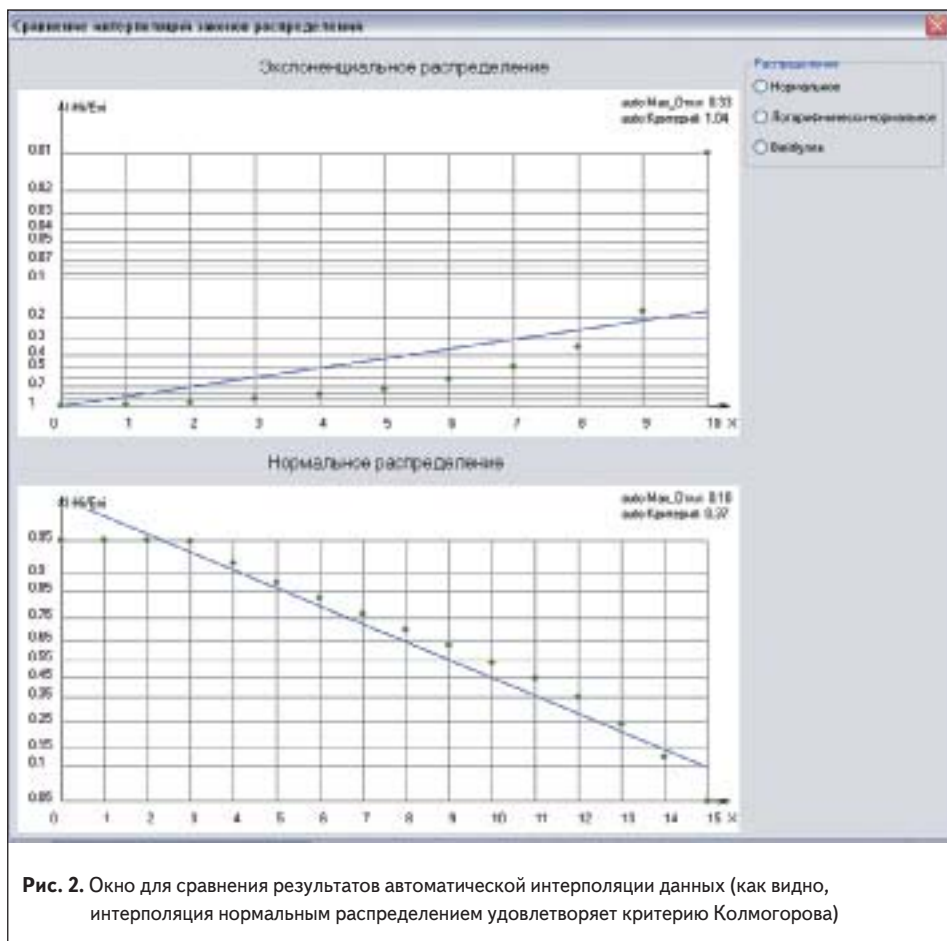
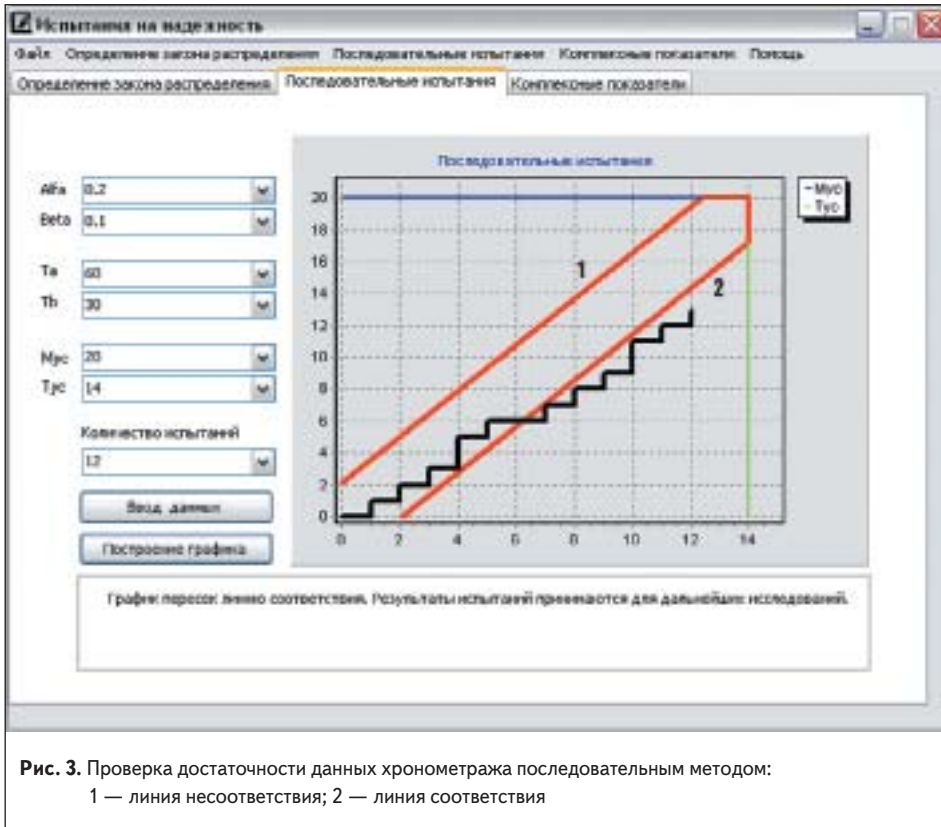


Рис. 2. Окно для сравнения результатов автоматической интерполяции данных (как видно, интерполяция нормальным распределением удовлетворяет критерию Колмогорова)



не устраивает автоматическая интерполяция, он может осуществить ее вручную (рис. 1, красная линия). В противном случае проверяется согласие экспериментального распределения с нормальным и т. д.

Результаты линейной интерполяции разными законами распределения можно сравнить для возможности субъективного выбора исследователем одного из них (рис. 2). После подтверждения вида закона распределения определяют параметры этого закона.

Эти методики при ручной реализации требуют достаточно много времени. Поэтому для их программной реализации использована среда объектно-ориентированного программирования Delphi 7, на базе которой разработана программа «Испытания на надежность».

Для определения вида закона распределения исследуемой характеристики нужно ввести в программу количество произведенных испытаний и данные, полученные экспериментальным путем. После этого активизируется процесс интерполяции введенных данных

применительно к первому виду закона распределения — экспоненциальному (рис. 1). Если автоматическая интерполяция не устраивает пользователя или критерий согласия Колмогорова не выполняется, то можно осуществить интерполяцию данных «вручную». Для сравнения результатов автоматической интерполяции различными законами распределения используется режим их совместного просмотра.

После определения вида закона распределения можно решать многие задачи по оценке и анализу показателей надежности.

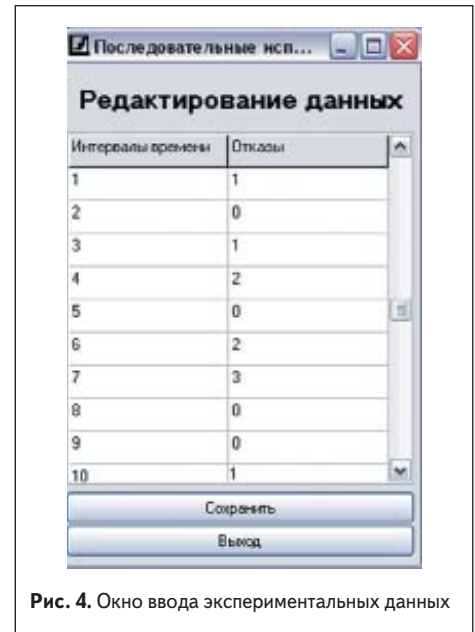
Для проверки достаточности данных хронометража последовательным методом используются следующие исходные данные (рис. 3, на графике показана функция $m = f(t_i/T_\alpha)$):

- риск поставщика α ;
- риск заказчика β ;
- приемочное значение средней наработки на отказ T_α (ч);
- браковочный уровень средней наработки на отказ T_β (ч);

Таблица. Показатели надежности

Показатель	Выражение
Интенсивность отказов	$\lambda(x) = f(x)/P(x)$
Плотность распределения	$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$
Функция распределения	$F(x) = \int_0^x \lambda e^{-\lambda t} dt$
Вероятность безотказной работы	$P(x) = 1 - F(x)$
Параметр потока отказов	$\omega(t) = 1/T_{cp}$
Средняя наработка на отказ	$T_{cp} = \frac{\sum t_i}{n}$

Примечание: T_{cp} — средняя наработка изделия на отказ; t_i — время испытаний на i -м интервале; n — количество отказов за все время испытаний; x — величина, в зависимости от которой исследуются все функции, в основном это время t .



- усечение результатов испытаний по количеству отказов m_{yc} ;
- усечение результатов испытаний по времени t_{yc} (ч);
- время испытания t_x (ч).

Чтобы избежать неопределенности при выборе T_α , при отсутствии специальных требований рекомендовано принимать $T_\alpha = 2T_\beta$. Заранее принимают решение об усечении (ограничении) последовательного анализа. При этом методика предполагает одновременное испытание всех образцов с фиксацией отказов в моменты их возникновения. Параметры усечения m_{yc} и t_{yc} определяются по таблицам, приведенным в ГОСТ 27.410-83, или устанавливаются исследователем.

Кроме того, вводятся полученные экспериментально интересующие исследователя показатели (например, число отказов за период времени) (рис. 4).

После подтверждения вида закона распределения, определяют параметры этого закона (в частности, функции из таблицы). Таким образом, данная программа для исследования надежности, целью которой является обработка результатов последовательных испытаний и определение вида закона распределения, существенно снижает трудоемкость подобных исследований. ●

Литература

1. Гридин В. Н. и др. Полупроводниковая лампа — источник освещения, альтернативный лампам накаливания и электролюминесцентным лампам // Компьютерная оптика. 2008. Том 32. № 4.
2. Российские светодиоды: как заскочить в уходящий поезд? <http://www.magazine-svet.ru>.
3. Светодиоды-долгожители: правда или мифификация? <http://www.magazine-svet.ru>.
4. Байнева И. И., Байнев В. В. Компьютерное моделирование и исследование надежности изделий электронной техники // Учебный эксперимент в образовании. 2010. № 4.

НОВОСТИ

Летом на улицах Петербурга появятся фонари на альтернативных источниках энергии



Ведущими инновационными компаниями Северо-Западного региона было основано партнерство по созданию и совместному продвижению светодиодного уличного светильника, работающего на альтернативных источниках энергии.

В партнерство вошли семь компаний: «Оптоган», «ОптиЛайт», «ЛЭД инжиниринг», НПК «Кварк», «Амира», Институт Прикладной Экологии и Гигиены и «Балтийская энергетическая компания». В результате совместной работы уже летом 2011 г. на рынок будут выпущены светодиодные установки для уличного освещения на базе модели «Оптолюкс-Стрит-80» и «Оптолюкс-Холл-100», работающие

на альтернативных источниках энергии — солнечной и ветряной.

В проекте по созданию автономного уличного светильника каждый участник партнерства будет отвечать за свое профильное направление в области научных исследований, опытно-конструкторских разработок, производства и поставки комплектующих:

- Институт Прикладной Экологии и Гигиены займется проектированием и подготовкой нормативной документации, в том числе по охране окружающей среды;
- «Оптоган» выпустит светодиодные матрицы и светильники для наружного освещения на основе светодиодов собственного производства;
- «Амира» изготовит опорные конструкции, выполнит монтажные и эксплуатационные работы;
- «Балтийская энергетическая компания» поставит источники бесперебойного питания;
- «ОптиЛайт» обеспечит опытно-конструкторские разработки в области альтернативных источников энергии с использованием солнечной и ветровой энергии; изготовит ветротурбины

последнего поколения, системы управления и контроллеры заряда солнечной батареи;

- «ЛЭД Инжиниринг» займется НИОКР, разработкой дизайна и поставкой вторичной светооптики.

Краснодарская компания «Солнечный Ветер», сертифицированный производитель солнечных панелей, привезет в Петербург свои солнечные модули.

Проект автономного уличного светильника был представлен на семинаре по альтернативным источникам энергии Центра экологической сертификации — «Зеленые стандарты», который состоялся 28 апреля в г. Сочи. В рамках мероприятия партнеры обсудили с представителями ГК «Олимпстрой» использование «зеленой» установки на Олимпиаде в Сочи-2014.

Партнерство предусматривает активное сотрудничество сторон не только в области разработки и производства инновационной установки, но и ее маркетинговое продвижение, а также реализацию готового светильника, включая его монтаж и последующее обслуживание.

www.optogan.ru




SAMSUNG LED




Наименование (SPHWHNTxxxxxxx)	Цветовые температуры	Типовая сила света, кд
520AN2BAB050	6000 ~ 8200	10,5
520AN2BAC050	4600 ~ 6000	10
520AN2BAD050	3800 ~ 4600	8,5

Дистрибьютор в РФ
 ООО «НЕОН-ЭЛ»
 Петербург (812) 335-00-65
 Москва (495) 725-54-62
 Воронеж (473) 239-44-46
www.e-neon.ru
samsungled@e-neon.ru

Дмитрий Тарасов | Сергей Титков

Применение светодиодов в неослепляющих автомобильных фарах

В настоящее время светодиоды не только способны конкурировать с традиционными источниками света, но и обладают рядом преимуществ — высокими КПД и быстродействием. Благодаря высокому КПД светодиоды постепенно вытесняют лампы накаливания в источниках света с автономным питанием (различных фонарях и светильниках), а также успешно заменяют автомобильные лампы.

Применение светодиодов в автомобильных фарах не только дань моде, но и экономически обоснованное решение. Ресурс работы светодиодов в сотни раз больше, чем у ламп накаливания. Судя по заявлениям производителей светодиодов, их вообще не придется менять за все время эксплуатации автомобиля. Благодаря высокому КПД уменьшается нагрузка на автомобильный генератор, экономится топливо. На сегодня светодиоды применяются в фарах ближнего света, габаритных огнях и стоп-сигналах, в системах подсветки. Появились первые светодиодные фары дальнего света, применяемые на автомобилях Audi.

Световой поток светодиодной фары дальнего света формируется путем сложения световых потоков отдельных светодиодов. Если этого требует режим езды, перераспределение светового потока такой фары (к примеру, переход из режима дальнего света в режим ближнего) легко осуществляется путем включения и выключения отдельных светодиодов.

Высокое быстродействие светодиодов позволяет сконструировать фару, автоматически изменяющую свой световой поток в зависимости от режима езды и условий дорожной обстановки, не ослепляющую водителей встречного и попутного транспорта. Проблема ослепления водителей существовала всегда. По статистике, до 15% дорожно-транспортных происшествий происходит именно по этой причине. Переключение на «ближний свет» спасает далеко не всегда, да и само по себе оно некомфортно, так как при этом происходит перераспределение светового потока от фары, требующее привыкания глаз. При отвлекающем и слепящем свете встречного автомобиля водитель часто вынужден снижать скорость до разезда с ним.

Автоматические автомобильные фары, не ослепляющие других водителей, к настоящему времени разработаны двумя фирмами — немецкой Hella и французской Valeo. Водителю автомобиля, оборудованного такими фарами,

не нужно думать о переключении света — его фары не ослепляют других водителей, хотя и не переключаются на «ближний», и субъективно он воспринимает дорожную обстановку как при освещении фарами дальнего света.

Принцип действия такой фары основан на перекрытии светового потока в направлении встречного или попутного автомобиля — свет от фары в сторону другой машины перекрывает специальная непрозрачная шторка, управляемая электромотором, поэтому он находится в темной зоне (рис. 1).



Рис. 1. Принцип формирования светового потока с неослеплением встречного автомобиля

Хотя подобные устройства и рекламируются как «неослепляющие фары», фарами их назвать трудно — скорее, это «неослепляющие системы», в которых сама фара со шторкой лишь составная часть. В качестве средства обнаружения других участников дорожного движения в описываемых устройствах применяется видекамера, размещенная в салоне автомобиля. Для анализа информации, поступающей от видекамеры, и управления электромотором шторки применяется специальный компьютер. Перспективы применения таких систем, особенно в бюджетных автомобилях, весьма туманны: даже при больших тиражах снизить ее стоимость до разумных пределов проблематично. Дело в том, что для нормальной работы системы нужна хорошая высокочувствительная камера, быстродействующий компьютер с хорошо отлаженной программой, безотказный и точный механизм перемещения шторки.

Появление мощных светодиодов, способных работать вместо обычных ламп в фарах дальнего света, позволило компании Good Luck сконструировать неослепляющую фару, не требующую дополнительно видекамеры, компьютера

и сложных механических устройств. Узкий световой конус отдельного светодиодного излучателя формируется специальной оптической системой (рис. 2).



Рис. 2. Формирование светового конуса светодиода

На рис. 3 оптическая система для простоты показана в виде линзы. Законы геометрической оптики таковы, что если оптическая система собирает свет от светодиода в узкий световой конус, то при выключенном светодиоде та же оптическая система соберет лучи от источника света, находящегося в зоне светового конуса, и направит их на кристалл светодиода. Благодаря оптической системе свет с других направлений на светодиод не попадет. Если светодиод периодически отключать и измерять при этом освещенность его кристалла, то можно получить информацию о наличии источников света в том направлении, куда направлен основной световой поток от светодиода. Благодаря высокому быстродействию выключение и включение светодиода можно производить так часто, что это будет незаметно для глаз. На этом и основан основной принцип работы такой фары.

Рядом с каждым светодиодом фары размещен фотоприемник, измеряющий освещение кристалла светодиода в то время, когда тот выключен. Выключение светодиодов происходит



Рис. 3. Совместная работа светодиода и фотоприемника

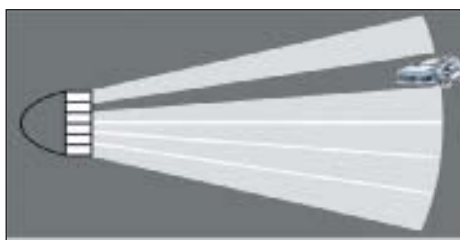


Рис. 4. Принцип формирования темного пятна в световом потоке фары

периодически с частотой, не воспринимаемой глазом. Световой поток фары формируется сложением световых потоков от отдельных светодиодов (рис. 4).

Если в световом потоке одного из светодиодов появится источник света, то этот светодиод отключится. Таким образом, каж-

дый светодиод фары контролируется связанным с ним фотоприемником и при появлении в световом конусе фар других автомобилей отключается. Водителю автомобиля, оборудованного такой фарой, не нужно переключаться на ближний свет при появлении встречных автомобилей — фара просто не будет светить в его сторону, словно сопровождая темным пятном.

Преимущества неослепляющей светодиодной фары разработанной компанией Good Luck по сравнению с галогенными и ксеноновыми:

- не требуется средств обнаружения и анализа (видеокамеры и компьютера);
- не требуется юстировки;
- отсутствуют подвижные механизмы;
- не инерционна;
- не реагирует на собственный отраженный свет;
- низкая цена.

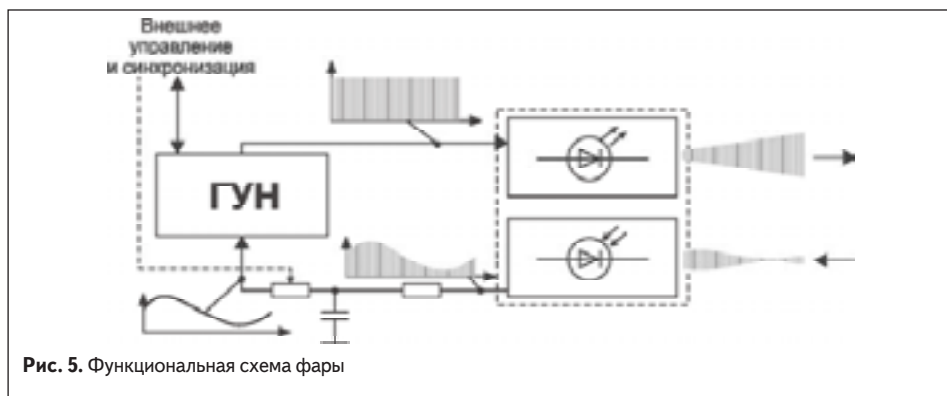


Рис. 5. Функциональная схема фары

Функциональная схема фары показана на рис. 5.

С выхода фотоприемника импульсы, пропорциональные освещенности светодиода, через детектор огибающей (R, C) управляют работой ГУН, который в свою очередь управляет яркостью светодиода. Предусмотрено внешнее управление светодиодом — например для режимов «псевдоближний» и «псевдодальний».

Принципиальная схема действующего макета фары показана на рис. 6. Красным цветом выделена часть схемы, которая добавлена относительно штатного включения светодиода.

Перспективы развития системы

У светодиодной неослепляющей фары много перспективных возможностей. Например, в ее составе уже конструктивно заложены высококачественные приемник и передатчик (это светодиод и фотоприемник), которые работают в импульсном режиме. Применение простейшего модулятора позволит передать в излучении светодиодов любую информацию с автомобиля для другого автомобиля или наземных служб на расстояния прямой видимости на земле и на сотни километров для спутников. Например, в излучении светодиода можно передать информацию о скорости или VIN-код для дорожных служб, а фотоприемник фары примет информацию, например, от светодиодов светофора.

Существует и множество других преимуществ такой фары, но основными остаются низкая стоимость и высокая надежность.

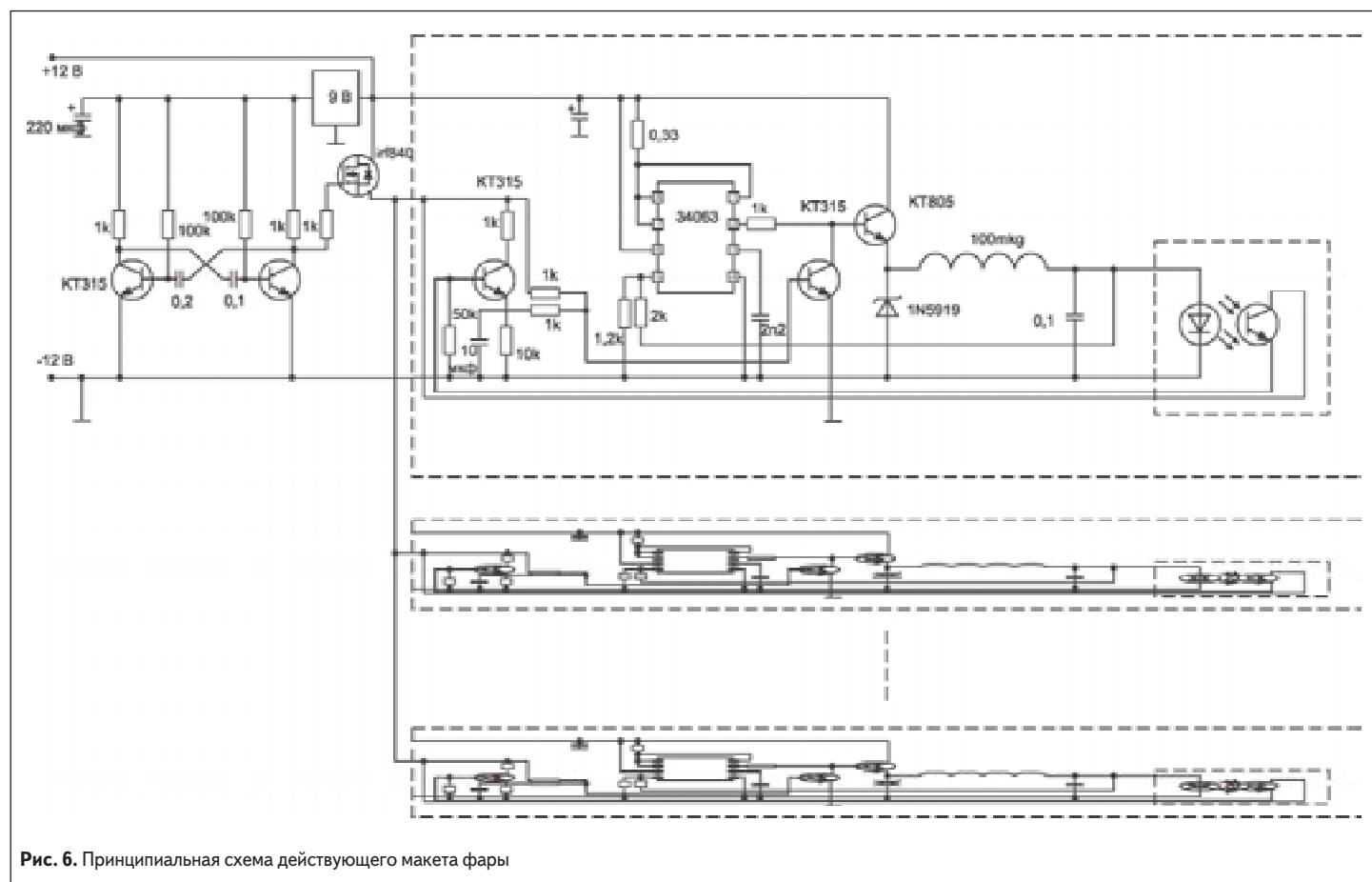


Рис. 6. Принципиальная схема действующего макета фары

Артем Буреев | artem_bureev@mail.ru | Дмитрий Жданов | D_S_Zhdanov@mail.ru
Владимир Сырякин | Василий Юрченко | yur_med@mail.ru

Современные технологии в медицинских приборах для визуализирующей диагностики

В статье описывается использование светодиодной подсветки в видеокольпоскопах нового типа.

Стоит отметить, что сегодня деятельность в области здравоохранения стала настолько связанной с использованием разнообразных технических средств, что с экономической точки зрения ее правомерно называть медико-производственной, а саму медицину считать чуть ли не производственной отраслью экономики. Используемое в лечебно-профилактических учреждениях медицинское оборудование имеет высокую степень износа, в эксплуатации находится до 80% физически и морально устаревшей медицинской техники. Многие приборы и аппараты за 15–20 лет эксплуатации неоднократно выработали свой ресурс и устарели технически настолько, что не позволяют обеспечить должное качество обследований и эффективность лечения больных.

Важным направлением в современной медицине является неинвазивная визуализирующая диагностика, в том числе кольпоскопия. Кольпоскопические исследования позволяют увидеть и описать патоморфологические процессы, протекающие в слизистой оболочке шейки матки. Обследование с помощью кольпоскопа помогает врачу в распознавании рака

шейки матки на ранних стадиях, а также в диагностике доброкачественных изменений в области шейки матки, влагалища, вульвы. Кольпоскоп позволяет увидеть даже самые незначительные дефекты ткани, не всегда заметные при визуальном осмотре.

При создании видеокольпоскопов важное значение имеет комплексное использование методик классической кольпоскопии и современных способов компьютерной обработки изображений. К этому классу приборов относится видеокольпоскоп «Викомед». Его особенностью является отсутствие окуляров для непосредственного визуального осмотра при наличии встроенной цветной видеокамеры, позволяющей получать четкое изображение исследуемого органа и передавать его на монитор для изучения и дальнейшего анализа. Используемые для подсветки светодиоды повышенной яркости, согласованные по спектральным характеристикам с камерой, позволяют получать качественное изображение слизистой оболочки поверхности исследуемого органа. Камера видеокольпоскопа изначально настроена так, чтобы сразу же было получено четкое изображение поверхности

шейки матки (фокусное расстояние после фиксации прибора с насадкой на зеркале Куско не более 15 см). Регулировка яркости свечения светодиодного кольца происходит посредством перемещения соответствующего ползунка в интерфейсе специализированного программного обеспечения.

Для четкой передачи изображения использован источник освещения, обеспечивающий требуемый уровень освещенности и спектральный состав излучения и видимого диапазона длин волн, адаптируемый к спектральной чувствительности видеокамеры. Из всех источников освещения самым подходящим вариантом являются светодиодные источники освещения [1, 2]. Малые размеры и низкие уровни рассеиваемой мощности позволяют использовать светодиоды в качестве источников излучения, монтируемых в элементы подсветки поля зрения видеокамеры. Светодиодный источник для подсветки камеры оснащен коллиматорной линзой, формирующей параллельный пучок лучей. Были разработаны различные варианты линз и систем управления освещением.

На рис. 1 представлена блок-схема видеокольпоскопа «Викомед».

Универсальный блок крепления делает возможным использование «Викомеда» с любыми гинекологическими креслами, как отечественного, так и зарубежного производства. Манипулятор-крепление, гнущийся во всех направлениях, позволяет располагать видеоблок в любом удобном для врача положении.

На рис. 2 представлен внешний вид видеокольпоскопа ЭКС-1 в сравнении с видеокольпоскопом «Викомед».

Сравнение видеокольпоскопа «Викомед» с другими аналогичными приборами представлено в таблице.

По сравнению с аналогами, видеокольпоскоп имеет следующие преимущества:

- низкое энергопотребление;
- малые габаритные размеры;
- более эффективный источник освещения;
- малый вес;
- эргономичный дизайн;
- возможность мобильного использования (в комплекте с ноутбуком);
- доступная цена.

Передняя часть корпуса прибора, которая может иметь контакт с пациентом, закрыта

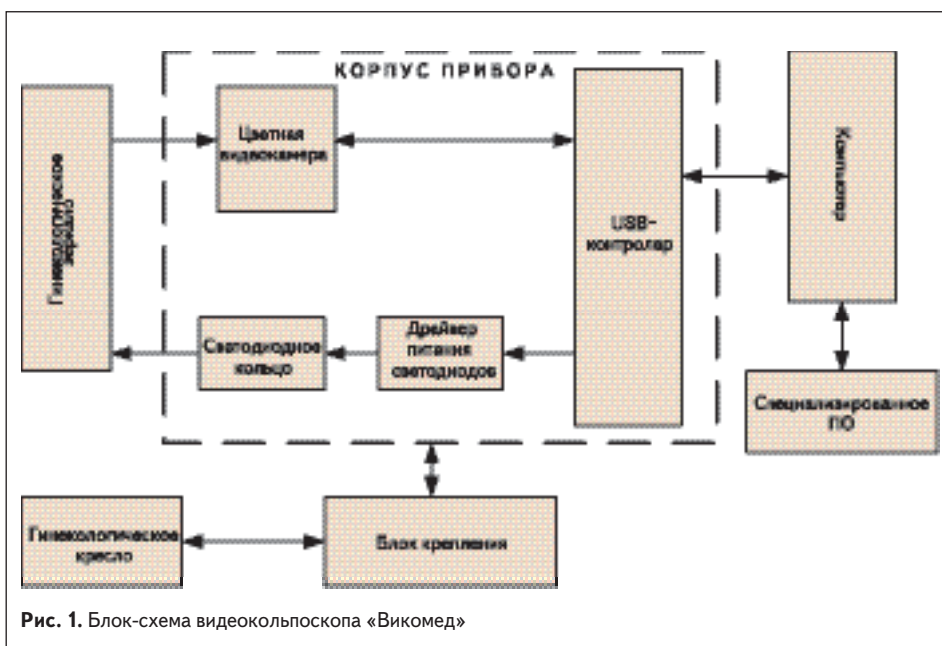




Рис. 2. Внешний вид видеоколяпоскопов: а) «Викомед»; б) ЭКС-1

сменной насадкой одноразового применения (рис. 3). Конструкция прибора позволяет легко крепить его на гинекологическое зеркало. Время готовности прибора к работе при подключении его к USB-разъему ПК и специализированному ПО, установленному в ПК, — не более 3 мин. Размер поверхности, считываемой прибором, — от 30×30 до 50×50 мм. Сила света диодов, составляющих источник света, — не менее 2 кд.

Еще одним преимуществом видеоколяпоскопа «Викомед» является наличие в его базовой комплектации специализированного программного обеспечения, позволяющего:

- вести электронные истории болезни пациентов, обращающихся на прием;
- хранить в зашифрованном виде информацию о пациенте;
- хранить изображения слизистой оболочки поверхности шейки матки в специализированной базе данных;
- получать цветные телевизионные изображения с аппаратной части видеоколяпоскопа;
- регулировать яркость свечения светодиодной подсветки прибора;

- анализировать полученные цветные телевизионные изображения на предмет наличия патологии поверхности шейки матки.

Для диагностических систем подобного класса важно в первую очередь визуальное восприятие изображения, а не численные значения его элементов. При этом диапазон данных обычно шире диапазона доступных цветов, которыми может быть представлено изображение. По этой причине в ряде случаев обработка данных на уровне изображения может привести не только к потере полезной информации, но и к неверным результатам. Поэтому цветные изображения, полученные в результате обследования пациента, сохраняются в базе данных в том виде, в котором они получаются с видеокамеры (без сжатия исходного изображения) [3].

Каждая патология внутренних органов человека имеет большое количество признаков, не являющихся строго специфическими, и диагноз ставится только при наличии определенного комплекса таких признаков. При разработке ПО для нашей системы на основе анализа большого количества полученных



Рис. 3. Видеоколяпоскоп «Викомед», подключенный к персональному компьютеру

изображений (1000 снимков) было выяснено, что для изображений здоровых органов характерны определенные цветовые оттенки. Был реализован алгоритм поиска и сравнения распределения характерного спектра цветов на анализируемом изображении. Получать информацию о цветовых оттенках, отделенную от яркости, позволяет цветовая модель Lab. В этой цветовой модели канал L характеризует яркость точки, каналы а, b — цветовой оттенок. Цветное изображение с цифровой видеокамеры получается в цветовой модели RGB, где R, G, B — оттенки красного, зеленого и синего цветов соответственно. Поэтому единственное преобразование, которому подвергается полученное изображение, — преобразование модели RGB в Lab. Затем полученный спектр сравнивается со спектром изображения здорового органа (так называемое эталонное изображение, ЭИ). В зависимости от результатов сравнения программное обеспечение видеоколяпоскопа «Викомед» ставит приблизительный диагноз, который поможет специалисту принять верное решение.

Поскольку внутренние органы покрыты слоем слизи, при освещении объекта исследования получается большое количество бликов, которые могут скрывать очаг патологии. В связи с этим области изображений, содержащие блики, не несут никакой полезной информации (блик — это, по сути, отказ оборудования регистрировать точный уровень сигнала), и их необходимо исключить из обработки. Для поиска бликов используется специальный алгоритм: анализируются значения RGB-компонент изображения и фиксируется расположение точек, в которых их значения больше заданного порога: это-то и будут «вершины бликов». Затем выполняется фильтрация изображения низкочастотным фильтром, чтобы устранить высокочастотные помехи, создаваемые видеокамерой. В качестве фильтра используется свертка с ядром в виде гауссиана $n \times n$:

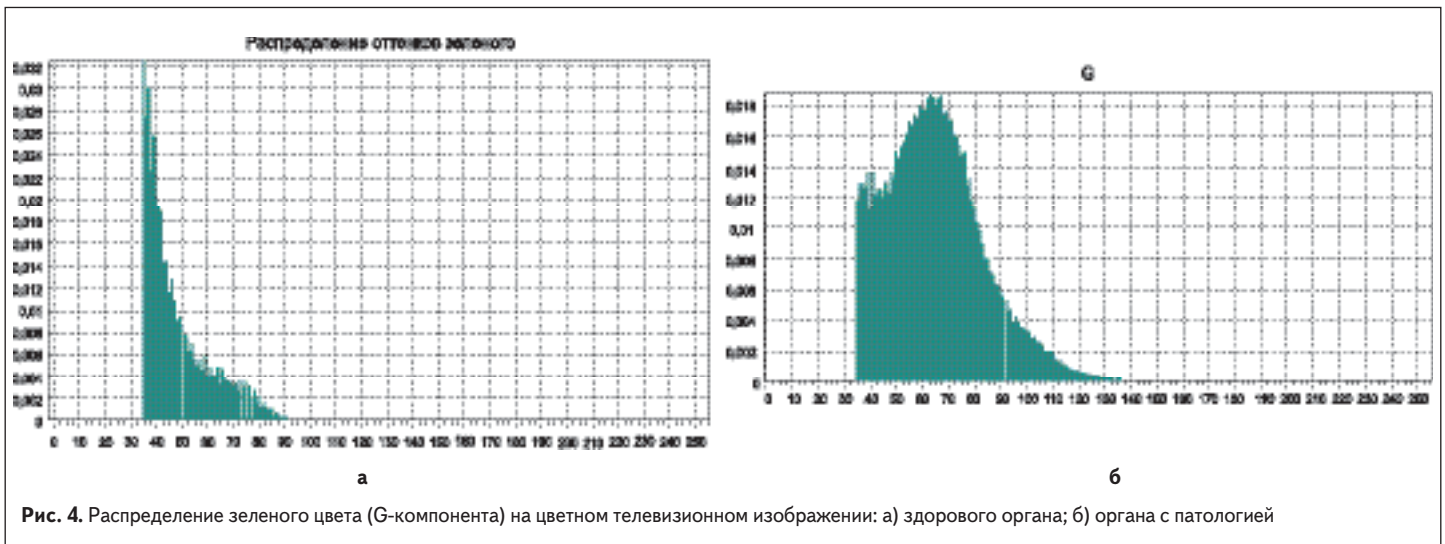
$$m[f][L] = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{\left[\left(\frac{r-\mu}{\sigma}\right)^2 + \left(\frac{r-\mu}{\sigma}\right)^2 - \frac{\mu}{\sigma}\right]}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Далее происходит работа со сглаженным изображением: выполняется «спуск» с этих

Таблица. Сравнительная характеристика видеоколяпоскопов

Параметры	Наименование фирмы/прибора			
	ОАО НИИПП «Викомед»	Здоровый мир КС-01	«ЭКОМП НПП» ЭКС-1	Olimpus OCS-500
Видимое увеличение, крат	2–10	2,6–31,5	2,2–47,6	7,8–23
Рабочее расстояние, мм	200	300	250	350
Потребляемая мощность, Вт	100	150	150	150
Габаритные размеры (Ш×Д×В), мм	40×1000*×40	400×420×1400	600×1000*×1190	600×600×1400
Вид освещения	светодиод	галогенная лампа 150 Вт	галогенная лампа 150 Вт	световод
Светофильтр	программный	+	+	+
Масса, кг	5	19	20	20
Программное обеспечение	в базе	опция	опция	опция
Цена, руб.	100 000	103 000	93 000	251 000

Примечание: * — Для видеоколяпоскопов «Викомед» и ЭКС-1 длина указана максимально возможная, с учетом полного выпрямления манипулятора.



вершин во все стороны в радиальном направлении до тех пор, пока не уменьшается разница между значениями интенсивности соседних точек последовательности:

$$(p_i - p_{i-1}) \geq (p_{i-1} - p_{i-2}), \quad (2)$$

где p_i – интенсивность i -й точки в последовательности.

Программная реализация алгоритма напоминает известный алгоритм поиска в ширину, с той разницей, что необходимо для каждой текущей граничной точки запоминать последний раз вычисленную разницу в интенсивности соседних точек последовательности. На основании набора текущих граничных точек вычисляется набор граничных точек следующего поколения, и т. д. Процесс поиска прекращается, когда не остается текущей граничной точки, для которой выполняется критерий (2).

Завершающая точка на спуске и будет границей области блика. Она соответствует моменту резкого изменения наклона касательной к графику (рис. 4) в сторону уменьшения производной [3, 4].

Все перечисленные выше алгоритмы обработки изображения реализованы в программном обеспечении, входящем в состав «Викомеда». Настройка всего ПО сводится к запуску инсталлятора, после чего происходит установка всех необходимых компонентов. Единственным условием для корректной работы ПО «Викомед» является правильная сборка прибора и подключение всех компонентов аппаратной части [5].

Также программное обеспечение может быть интегрировано с телемедицинскими сетями, что позволяет специалисту проводить онлайн-консультации и передавать по зашифрованному каналу связи другим специалистам информацию, необходимую для работы с пациентом, пришедшим на прием.

Программное обеспечение позволяет вводить, фильтровать и анализировать цветное изображение на компьютере. Время обработки одного кадра изображения не более 5 с (без учета времени работы оператора). Время

предоставления информации о патологии не более 30 с. Количество записываемых кадров на жесткий диск — не менее 1 000 (при сжатии информации), разрешение не менее 1,3 Мпикс. Прибор обеспечивает передачу до 32 000 оттенков цветов, динамический диапазон яркости анализируемых цветов не менее 72 дБ.

Выводы

В результате совместной работы специалистов Научно-исследовательского института полупроводниковых приборов (ОАО «НИИПП») и ООО «Диагностика+» разработан прибор для кольпоскопии, имеющий по сравнению с известными аналогами следующие особенности:

- Совместное использование миниатюрного кольцевого источника света с параболической линзой и цветной телевизионной камерой создает равномерное освещение исследуемой поверхности органа человека, исключает геометрические искажения, блики и ложные участки считываемого телевизионного изображения.
- Конструктивное расположение на медицинском инструменте светодиодного кольцевого источника света и цветной телевизионной камеры в той части медицинского инструмента, которая непосредственно приближается к исследуемому органу человека, позволяет эффективно использовать rozpoznawające возможности прибора и исключать потерю и искажение информации на этапе ее передачи.
- Структурная реализация предусматривает работу видеокольпоскопа «Викомед» через USB-порт с персональным компьютером или ноутбуком, подключаемым к информационной сети клиники. «Викомед», укомплектованный ноутбуком, можно использовать для диагностики заболеваний человека вне лечебного учреждения (медицина катастроф, военно-полевая медицина и т. д.). Кроме того, низкие уровни напряжения обеспечивают высочайший уровень безопасности прибора для персонала и пациента.
- Наличие специализированного диагностического программного модуля на основе расчета

текстурных характеристик, векторов смещений элементарных участков и фрактальных размерностей поверхности органов человека позволяет в автоматизированном режиме, реальном времени и с высокой вероятностью обнаруживать наличие заболевания на исследуемом участке изображения. ●

Литература

1. Газиева Е. Э., Васильев А. В., Сырямкин В. И., Юрченко В. И. Системы освещения в приборах технического зрения для контроля электронных устройств и систем // Тезисы докладов 28-й научно-технической конференции «Электронные и электромеханические системы и устройства». Томск. 2010.
2. Газиева Е. Э., Тябаева Л. А., Сырямкин В. И., Юрченко В. И. Материалы и технологические процессы изготовления элементов вторичной оптики в изделиях светодиодной светотехники // Материалы 12-й научно-практической конференции «Химия 21 век: новые технологии, новые продукты» Кемерово. 2009.
3. Ксенов Н. И., Сырямкин В. И., Буреев А. Ш. Медицинская оптико-телевизионная диагностическая система для исследования внутренних органов человека на основе анализа цветных телевизионных изображений. Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание-2005 // Сб. материалов 7-й Междунар. конф. Курск. 2005.
4. Сырямкин В. И., Ксенов Н. И., Ключин А. О. Программное обеспечение для медицинской диагностики с использованием медицинской оптико-телевизионной диагностической системы // Всероссийская конференция «Получение и свойства веществ из полифункциональных материалов, диагностика, технологический менеджмент». Тезисы докладов. Томск. 2004.
5. Сырямкин В. И., Буреев А. Ш., Жданов Д. С., Осипов А. В. Проектирование автоматизированной системы телемедицинских консультаций // Телекоммуникации. 2010. № 4.

Виктор Волков, д. т. н., академик РАЕН, профессор | volkvik2009@yandex.ru

Светодиодные излучатели

для приборов ночного видения

Описываются светодиодные излучатели, используемые в приборах ночного видения для обеспечения наблюдения в условиях полной темноты, индикации, отображения и подсветки визирных знаков. Рассматриваются конкретные модели светодиодных излучателей и осветителей на их основе, приводятся их основные параметры, указан характер сопряжения осветителей с приборами ночного видения.

В настоящее время широкое распространение получили приборы ночного видения (ПНВ) для обеспечения наблюдения и прицеливания при низких уровнях естественной освещенности — в сумерках и ночью. ПНВ применяются для охраны, при проведении специальных антитеррористических и спасательных операций, для обеспечения работы пограничных, таможенных служб, при добыче полезных ископаемых, для вождения транспортных средств при неблагоприятных условиях видения, промышленного технологического контроля, обеспечения работы охотничьих хозяйств, служб рыбнадзора и др. [1].

Принцип действия ПНВ основан на преобразовании инфракрасного (ИК) излучения в видимое и на усилении низких уровней яркости, создаваемых на наблюдаемом объекте свечением ночного неба, звезд и луны в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. Принцип действия ПНВ поясняет рис. 1.

Объектив 1 создает перевернутое изображение объекта на полупрозрачном фотокатоде электронно-оптического преобразователя (ЭОП) 2. Перед фотокатодом ЭОП может быть установлен красный светофильтр 3, который служит для повышения контраста в изображении объекта. Световой поток, попадая на фотокатод 4, воз-

буждает фотоэлектроны. Распределение их плотности соответствует распределению освещенности на фотокатоде. Фотоэлектроны такого «электронного изображения» ускоряются электрическим полем, формируемым с помощью электронной оптики 5 ЭОП. Ускорение электронов происходит за счет энергии высоковольтного источника питания (ВИП) 6, который подает на экран 7 ЭОП высоковольтное напряжение. Ускоренные фотоэлектроны фокусируются электронной оптикой 5 на катодolumинесцирующий экран 7. Последний под воздействием фотоэлектронов люминесцирует и излучает свет в видимой области спектра. Экран 7 обычно изготавливается из люминофора желто-зеленого цвета свечения. Электронная оптика 5 оборачивает изображение, которое наблюдается глазом через окуляр 8.

ВИП подключен к первичному источнику питания 9 — бортовой сети транспортного средства или аккумуляторной батарее. В состав ПНВ может входить ИК-осветитель 10. Он состоит из ИК-излучателя 11 (лампа, светодиодный излучатель или полупроводниковый лазерный излучатель), оптики 12 формирования (коллимирования) его излучения и ИК-светофильтра 13 (устанавливаемого только для лампы и подавляющего ее видимое и ультрафиолетовое излучение). Излучатель 11 подключен к блоку его питания 14 (преобра-

зователь напряжения или блок накачки), который питается от автономного источника 15 или от общего источника 9.

Осветитель служит для работы ПНВ в полной или в почти полной темноте. Режим работы прибора со включенным осветителем называется активным, без включения осветителя — пассивным. ПНВ, которые могут работать в обоих режимах, называются пассивно-активными. Они более всего используются на практике.

Чаще в ИК-осветителях для ПНВ используются светодиодные излучатели. Это связано с достаточно высокой мощностью их излучения, отличными эксплуатационными характеристиками, значительным сроком службы, низкой стоимостью.

Рассмотрим типичные ИК-осветители для ПНВ на базе светодиодных ИК-излучателей. Например, «Альфа-8011» [2] предназначен для подсветки объектов, наблюдаемых в следующие ПНВ: ночной монокуляр «Альфа-9022», очки ночного видения «Альфа-1033», ночной бинокль «Альфа-3122» [2]. Осветители используются для подсветки объектов ночью в случае облачности и при отсутствии света луны и звезд, в лесном массиве, в складках рельефа местности, в темных подвалах и туннелях. Осветитель состоит из линзового объектива, ИК-светодиода, электрической схемы стабилизации тока и первичного источника питания, может быть оснащен функцией ступенчатой или плавной регулировки мощности излучения. «Альфа-8011» выпускается в двух модификациях, различающихся конструктивным исполнением и рядом других параметров (таблица 1).

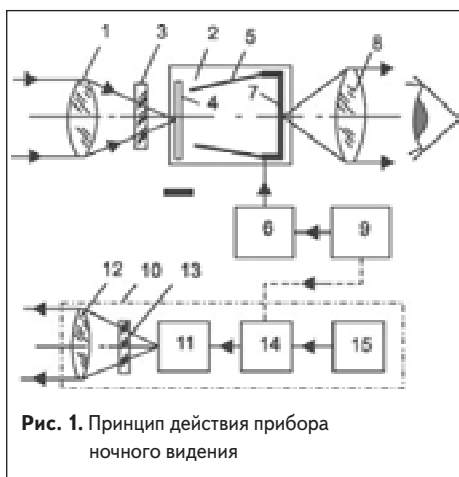


Рис. 1. Принцип действия прибора ночного видения

Таблица 1. Характеристики различных моделей осветителя «Альфа-8011»

Параметры	Модели	
	«Альфа-8011-1»	«Альфа-8011-2»
Внешний вид	рис. 2	рис. 3
Мощность излучения, мВт	20	35
Максимальная длина волны, нм	820	
Угол расходимости излучения, °	4–9 (регулируется фокусировкой объектива осветителя)	
Ток потребления, мА	250–300	160–220
Питание	две батареи типа АА	Одна литиевая батарея 123 А
Время непрерывной работы, ч	1,5–2,5	2–4
Габариты, мм	140×38×33	125×33×22
Вес, г	120	75
Диапазон рабочих температур, °С	–40...+40	



Рис. 2. Светодиодный ИК-осветитель «Альфа-8011-1»



Рис. 3. Светодиодный ИК-осветитель «Альфа-8011-2»



Рис. 4. Характер установки ИК-осветителя на корпусе ПНВ

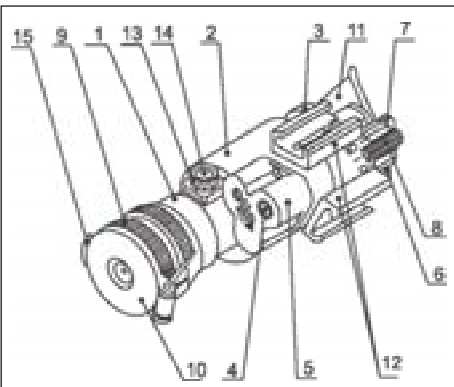


Рис. 5. Общий вид ПНВ «Альфа-9022»:
1 — объектив, 2 — корпус прибора,
3 — окуляр, 4 — встроенный светодиодный ИК-осветитель,
5 — корпус источника питания,
6 — крышка, 7 — винт,
8 — переключатель,
9 — оправа объектива,
10 — крышка объектива защитная,
11 — наглазник,
12 — кронштейн, 13 — патрон осушки,
14 — стекло смотровое, 15 — кнопка

Таблица 2. ИК-светодиоды фирмы НПЦ «ОПТЭЛ» с рабочей длиной волны 805 ± 10 нм для осветителей, используемых в ПНВ [3]

Модель светодиода	Типичная мощность излучения, мВт	Типичная энергетическая сила света, мВт/стерадиан	Угол расходимости излучения (по уровню 0,5), °	Прямое напряжение, В	Прямой ток, мА
У-138А	8,5	25	60 ± 10	2,0	50
У-136Е	33	120	25 ± 5	2,2	100
АОИ-190Г	35	—	10 ± 1	2,2	150
У-288А	400	370	40 ± 5	10,0	200
У-200ИК-1	300	65000	$3 \pm 0,5$	$12 \pm 0,5$	200
АОИ195Б	110	300	35 ± 5	3,0	400
У-190А-П	100	1000	10 ± 3	3,0	400
У-234А	620	200	100 ± 10	5,0	600
У-234А-1	610	450	70 ± 5	5,0	600
У-234А-2	610	2200	20 ± 5	5,0	600
У-193А	230	500	30 ± 5	2,2	700
У-224А-1	250	8000	5 ± 1	2,2	700
У-176А	250	5000	7 ± 2	2,2	700
У-236А-1	850	3000	20 ± 5	5,0	1000

На рис. 4 показан характер установки съемного ИК-осветителя на корпусе ПНВ, кронштейн 12 «ласточкин хвост» (рис. 5) предназначен для его крепления.

Дальность распознавания в монокуляр «Альфа-9022» и в очках «Альфа-1033» ростовой фигуры человека в условиях ясной звездной ночи и при нормальной прозрачности атмосферы составляет в пассивном режиме 200 м, в активном режиме при подсветке светодиодным ИК-осветителем — 100 м.

Кроме съемного автономного ИК-осветителя, ПНВ имеет также встроенный светодиодный ИК-осветитель 4 (рис. 5). Он используется при освещенности, недостаточной для работы ПНВ в пассивном режиме или в полной темноте в неосвещенных помещениях, обеспечивая дальность видения 5–7 м в угле подсвета 40° . Такой осветитель необходим для проведения ночных ремонтных работ, чтения документов и др. Поток излучения направляется на рассматриваемый объект через линзу 4, выполняющую одновременно функцию защитного стекла для осветителя. Включение осуществляется переключателем 8. В качестве встроенного ИК-светодиода используется модель У-138А, а для автономных ИК-осветителей — модели У-136Е и АОИ-190Г НПЦ «ОПТЭЛ» [3]. Эта фирма поставляет ИК-светодиоды для ПНВ (таблица 2).



Рис. 6. Светодиодный ИК-осветитель ELRIRI

Рабочий диапазон температур ИК-светодиодов составляет $-50 \dots +55^\circ\text{C}$, срок службы составляет не менее 5×10^5 часов.

Для достижения значительных дальностей видения в активном режиме используются более мощные светодиодные ИК-осветители. Например, модель ELRIRI (Extended Long Range IR Illuminator) фирмы Night Optics USA [4] (рис. 6) имеет мощность излучения 350 мВт на длине волны 860 нм, обеспечивает распознавание в ПНВ ростовой фигуры человека на дальности свыше 900 м. Масса осветителя 181,6 г, габариты $160 \times 40 \times 35$ мм. Питание осветителя с напряжением 3 В обеспечивается от литиевой батареи CR 123. Мощные светодиодные излучатели необходимы для обеспечения посадки вертолетов ночью. При этом на шлеме пилота, управляющего машиной, установлены бинокулярные очки ночного видения, например «Альфа-2031» (ОВН-1) (рис. 7) [2]. Светодиодный излучатель подсвечивает местность, на которой



Рис. 7. Очки ночного видения «Альфа-2031» (ОВН-1) для пилота вертолета



Рис. 8. Мощные светодиодные ИК-излучатели фирмы НПЦ «ОПТЭЛ»



Рис. 9. Лазерный ИК-целеуказатель «Альфа-7115»

должен приземлиться вертолет. Если над этой местностью протянуты провода, то они будут сильно бликовать при подсветке, что позволит пилоту избежать типичной для вертолета катастрофы — столкновения с проводами при посадке. В качестве вертолетного светодиодного излучателя может быть использована модель У-234А-1 (табл. 2) (рис. 9).

В таблице 3 представлены параметры ИК-осветителей для ПНВ, выпускаемых различными фирмами.

Для индикации включения ПНВ используются такие же светодиоды красного цвета свечения, как и в обычной электронной аппаратуре. Однако есть и исключение. На рис. 8 показан лазерный ИК-целеуказатель «Альфа-7115». Он монтируется на индивидуальном оружии и используется для создания «точечного» пятна подсвета на цели, наблюдаемого вместе с изображением цели в ночной монокуляр или в очки ночного видения, закрепленные на голове оператора. Достаточно придать оружию положение, при котором пятно подсвета совместится с целью, и можно открывать огонь. Это позволяет вести прицельный огонь с ходу. Для индикации включения целеуказателя тоже нужен индикатор. Однако его излучение не должно засвечивать ПНВ. Поэтому в качестве индикатора включения здесь используется светодиод с ультрафиолетовым излучением, а именно модель У-118УФ-1 фирмы НПЦ «ОПТЭЛ» с рабочей длиной волны

405 ± 5 нм, мощностью излучения 5–7,5 мВт, углом расходимости излучения $25 \pm 5^\circ$, прямым напряжением 4,0 В, прямым током 30–35 мА, размерами корпуса $\varnothing 5 \times 8,5$ мм и диапазоном рабочих температур $-60 \dots +70^\circ \text{C}$.

Для отображения визирных знаков в ПНВ могут быть использованы светодиоды фирмы НПЦ «ОПТЭЛ» [3] красного цвета свечения (длина волны 650 ± 10 нм). Мощность излучения модели У-336А составляет не менее 3 мВт, прямое напряжение — не более 2,5 В, прямой ток — не более 10 мА. Форма и размеры светодиодного визирного знака показаны на рис. 10. Визирный светодиодный знак отличается высокой контрастностью, возможно электронное управление его формой. Корпус светодиода с размерами $\varnothing 8,4 \times 5$ мм содержит четыре вывода для управления тремя формами знака. Для подсвета визирных знаков (рис. 10) также могут использоваться светодиоды, например модель У-346А фирмы НПЦ «ОПТЭЛ» [3], красного цвета свечения (длина волны 650 ± 10 нм), имеющие силу света не менее 10 кд, угол расходимости излучения на уровне $0,5 I_{\text{max}}$ — $100 \pm 10^\circ$, прямое напряжение не более 2 В, прямой ток 20 мА.

Все рассмотренные выше светодиодные излучатели работают в непрерывном режиме. Однако возникает необходимость использования ИК-излучателей для работы в импульсном режиме

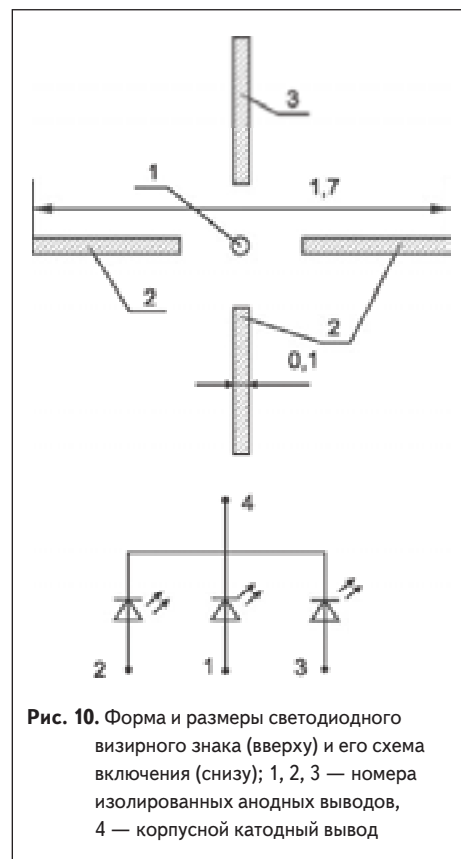


Рис. 10. Форма и размеры светодиодного визирного знака (вверху) и его схема включения (снизу); 1, 2, 3 — номера изолированных анодных выводов, 4 — корпусной катодный вывод

в осветителях активно-импульсных (АИ) ПНВ. Блок-схема АИ ПНВ представлена на рис. 11 [1]. АИ ПНВ работает следующим образом. Блок накачки 4 импульсного осветителя 1 возбуждает импульсами тока импульсный полупроводниковый излучатель (ИПИ) 3, который генерирует импульсы излучения. Объектив 2 формирует требуемый угол подсвета и направляет излучение осветителя 1 на объект наблюдения. Импульсы излучения, отразившись от объекта, поступают в блок 9 наблюдения. Объектив 10 создает изображение объекта на фотокатоде импульсного

Таблица 3. Основные параметры ИК-осветителей для ПНВ, выпускаемых различными фирмами

Наименование параметра	Модели светодиодных ИК-осветителей							
	IR-530-3(800)	Барс ИК Vary+	L05	IR75A	LWT STLED ULTRA II (IR)*	LWT STLED ULTRA (IR)*	MRIRI	LRIRI
Максимальная длина волны, нм	800	805, 860	805 ± 10	805	850		860	860
Мощность излучения, мВт	100	90–120	170	75	1800	5400	75	200
Угол подсвета, °	5–8	2–8	3–10	5–20				
Дальность действия, м	400						200	450
Напряжение питания, В	3							
Время непрерывной работы, ч	4–20		3–12	1–7	8–206	1,5–34		
Диапазон рабочих температур, °C	$-30 \dots +40$		$-40 \dots +50$	$-40 \dots +50$	$-40 \dots +85$	$-40 \dots +85$		
Масса, г	140	150	100	130	95	96	136	136
Габариты, мм	$\varnothing 32 \times 130$	$\varnothing 31 \times 150$	$110 \times 28 \times 28$	$185 \times 22 \times 27$			$140 \times 30 \times 35$	$140 \times 30 \times 35$
Источник информации	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[9]	[4]	[4]

Примечание: * — данные модели являются радиоуправляемыми с дальностью радиоприема не менее 7 м и ресурсом работы пульта дистанционного управления 5 000 подач команд.

что светодиодный излучатель содержит концентратор излучения, оптический концентратор в виде центральной эллиптической линзы, а также параболюид вращения. Фокус эллиптической линзы совмещен с фокусом параболюида, в котором находится полупроводниковый кристалл. Параболическая поверхность обеспечивает формирование направленного пучка за счет полного внутреннего отражения от поверхности параболюида. Его эллиптическая поверхность обеспечивает большую апертуру вывода излучения и наименьшую расходимость сформированного пучка лучей за счет устранения сферической абберации. Концентратор излучателя выполнен из традиционного эпоксидного компаунда.

В НИИ ЭПР (РФ) был разработан телевизионный АИ ПНВ для вождения легковой автомашины. Прибор состоит из ТВ-камеры, импульсного осветителя на основе ИК-светодиодов ТОМ120Н и ТВ-монитора. ТВ-камера выполнена на базе объектива с фокусным расстоянием 50 мм и относительным отверстием 1:1,5, импульсного ЭОП «Затвор» [12] с кольцевым электронным затвором и ТВ-камеры (модель КС-1001С фирмы Sony [13]). Изображение с экрана ЭОП передается на ма-

трицу ПЗС ТВ-камеры с помощью линзовой оптики переноса. ТВ-камера формата 1/2" имеет чувствительность 5×10^{-3} лк при разрешении 600 ТВ-линий. Импульсный осветитель выполнен из четырех стандартных модулей со взаимно параллельными осями. Длина волны осветителя равна 810 ± 10 нм, угол подсвета $6-9^\circ$ (оптики формирования излучения нет), средняя мощность излучения 75 мВт при частоте 3 кГц и длительности импульса излучения 100 нс. Масса ТВ-камеры вместе с блоком стробирования 2,7 кг, осветителя — 0,4 кг. ТВ-монитор (модель ТС 4410 [14]) имеет диагональ экрана 9". Длительность импульса строба 0,1–0,3 мкс. Это соответствует глубине просматриваемого пространства 150–450 м. Дальность видения при работе в тумане около 100 м. Прибор потребляет ток 2 А при питании от бортсети 12 В. Для более эффективного подавления световых помех от фар встречного транспорта перед фотокатодом ЭОП установлен узкополосный светофильтр с полосой пропускания, равной рабочей полосе спектра осветителя.

Таким образом, существуют разносторонние возможности применения светодиодных излучателей в технике ночного видения. ●

Литература

1. Гейхман И. Л., Волков В. Г. Видение и безопасность. М.: Новости. 2009.
2. Специальные наблюдательные приборы предупреждения катастроф и обеспечения аварийно-спасательных работ. Каталог ОАО «НПО «Альфа». Москва. 2011.
3. http://www.optelcenter.ru/ru/prodSection1_1.htm.
4. <http://www.nightoptics.com>.
5. <http://www.optic4u/catalogue/index>.
6. [http:// optic-live.ru](http://optic-live.ru).
7. [http:// opticstrade.com](http://opticstrade.com).
8. [http:// www.okular.ru](http://www.okular.ru).
9. [http:// www.inwetech.ru](http://www.inwetech.ru).
10. <http://www.niipp.ru>.
11. Виллисов А. А., Белоцерковский А. Г., Захарова Г. Н., Куклев С. В., Соколов Д. С., Лежнин П. А., Черненко Н. Д. Активно-импульсные приборы ночного видения // Электронная промышленность. 2002. № 2.
12. Электронно-оптические преобразователи. Каталог НИИ ЭПР. Москва. 2002.
13. CCTV cameras. Каталог фирмы SONY. Япония. 2002.
14. TV-monitors. Проспект фирмы Samsung. Южная Корея. 2002.

НОВОСТИ

Балакиревский завод электротехники снижает цены



Компания «БЗЭТ» продолжает снижение цен на свою продукцию и предлагает «Светодиодный комплект 4+1» по 1940 руб.

В комплект входят:

- четыре алюминиевые линейки на базе светодиодов фирмы CREE MX-6;
- высокоэффективный светодиодный драйвер с прямым подключением к сетевому напряжению 220 В.

Особенности предлагаемого блока питания:

- фильтр от помех;
- корректор коэффициента мощности;
- защита от повышенного напряжения (по входу) и от короткого замыкания (по выходу);
- по заказу комплектуется самовосстанавливающимся предохранителем;

- живучесть блока питания при температуре $+105^\circ\text{C}$ — 10 000 ч.

Основные технические характеристики:

- напряжение питания 90–275 В;
- напряжение постоянного тока 20–90 В;
- коэффициент потребляемой мощности (данный драйвер содержит ККМ) — не менее 0,9;
- габаритные размеры 144×40×38 мм;
- постоянный выходной ток 350–400 мА;
- срок службы 20 лет;
- температура эксплуатации $-40...+40^\circ\text{C}$;
- гарантия три года.

www.bzet.ru

Новые LED-драйверы серии RCD-24 с расширенным функционалом

Компания RECOM предлагает новый продукт — LED-драйверы серии RCD-24 с выходной мощностью до 40 Вт. Данные изделия выпускаются в семи основных вариантах в зависимости от величины выходного стабилизированного тока: 300, 350, 500, 600, 700, 1000, 1200. В RCD-24 используется топология понижающего преобразователя, при этом величина входного постоянного напряжения не должна превышать 40 В, а выходное напряжение составляет не более 35 В. Для данных LED-драйверов характерны высокая точность стабилизации выходного тока ($\pm 1\%$); низкий уровень пульсаций; длительный срок эксплуатации

(более 600 000 ч при $+25^\circ\text{C}$); наличие входного фильтра; высокий КПД (до 96%).

Функциональные возможности RCD-24:

- аналоговый димминг с линейной зависимостью напряжение—ток;
- цифровой димминг (ШИМ-сигнал);
- наличие опорного напряжения (опционально).

Конструктивно LED-драйверы выполнены в трех основных модификациях: бескорпусное исполнение для SMT-монтажа, пластиковый корпус для установки в отверстия на печатной плате и полностью герметичный корпус с кабельными выводами для навесного монтажа (IP67).



Несмотря на малые габариты (не более $21 \times 11,42 \times 10$ мм для SMD-версии и $22,2 \times 12,55 \times 8,5$ мм для прочих), LED-драйверы RCD-24 позволяют получить выходную мощность до 40 Вт.

www.radiant.eu

Андрей Агафонов | agafonov@daykon.ru

Комплексные энергосберегающие решения

на основе светодиодных светильников и системы Force

В статье рассказывается об интегрированном решении в области энергосберегающих технологий, разработанном группой компаний Daykon.

Описываемая «интеллектуальная» система светодиодного освещения предназначена для ЖКХ, медицинских и образовательных учреждений, гостиниц, развлекательных и спортивных комплексов и адаптирована под российские условия эксплуатации. Данная информация будет полезна как обычным потребителям, так и энергетикам и энергоаудиторам любого уровня.

В настоящее время для устойчивого развития бизнеса, наряду с повышением производительности труда, важно сокращать производственные издержки в целом, которые будут влиять на себестоимость выпускаемой продукции/услуг. Россия по сравнению с другими государствами тратит больше всех ресурсов (топлива и энергии) на производство единицы валового внутреннего продукта (ВВП): наши затраты в 3,5 раза выше, чем в странах Запада, и почти в восемь раз больше, чем в Японии.

Если смотреть на данную ситуацию в общегородском масштабе, то внедрение энергосберегающих технологий в сфере услуг (медицинские и образовательные учреждения, гостиницы, развлекательные и спортивные комплексы, бизнес-центры) и жилищной сфере дает отличные конкурентные преимущества. Высвобождаются дополнительные энергетические мощности (свободные финансовые средства), которые можно будет пустить на дальнейшее развитие.

Энергосбережение

Энергосбережение сегодня — это реализация комплекса правовых, организационных, на-

учных, производственных, технических и экономических мер, направленных на рациональное использование топливно-энергетических ресурсов.

Энергосбережение в будущем — важная задача по сохранению природных невозобновляемых ресурсов. В настоящее время наиболее насущным является бытовое энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве (в быту) и в офисных и складских помещениях (на производстве). Препятствием к его осуществлению является сдерживание роста тарифов для населения на отдельные виды ресурсов (электроэнергия, вода, газ), отсутствие финансовых средств у предприятий ЖКХ на реализацию энергосберегающих программ, отсутствие массовой бытовой культуры энергосбережения и недостаточная проработка законодательной базы по внедрению энергосберегающих технологий.

Комплексное энергоэффективное решение

Специалисты Daykon начали активно внедрять на территории Москвы и Московской области энергосберегающее решение G-ProForce на основе светодиодных светильников, кон-

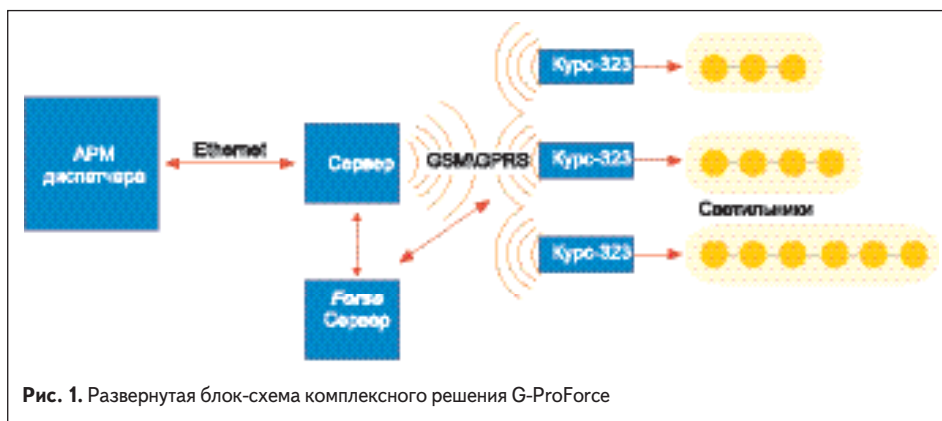
тролеров, серверов совместно с системой Force (рис. 1).

Данное решение включает в себя светодиодные энергосберегающие светильники мощностью 60–100 Вт, энергосберегающую систему Force и крепящиеся на здании системы со встроенным радиокomплексом, создающие самонастраивающуюся, программируемую и управляемую радиосеть. В комплексе предусмотрены следующие функции:

- управление (учет, передача и использование информации о потреблении электроэнергии, конфигурация сети и отдельных устройств);
- фотометрия (задает уровень освещения в зависимости от степени естественной освещенности помещений);
- датчик движения;
- самодиагностика (позволяет реагировать на факты кражи: в момент демонтажа одного из элементов системы злоумышленником на главный пульт передается сигнал об отключении рабочего элемента).

По скорости обмена информацией в сети можно определить точное расположение осветительного прибора в здании (или серии домов). Светодиодные светильники, которые входят в систему, представляют собой устройство со встроенным микропроцессором, микроконтроллером, датчиком освещенности и возможностью подключения дополнительных датчиков — тепловых, влажности и т. п.

Система Force (рис. 2) — революционная разработка южнокорейской компании Epross, позволяющая любому потребителю экономить 7–17% электроэнергии за счет совершенствования структуры электрического потока.



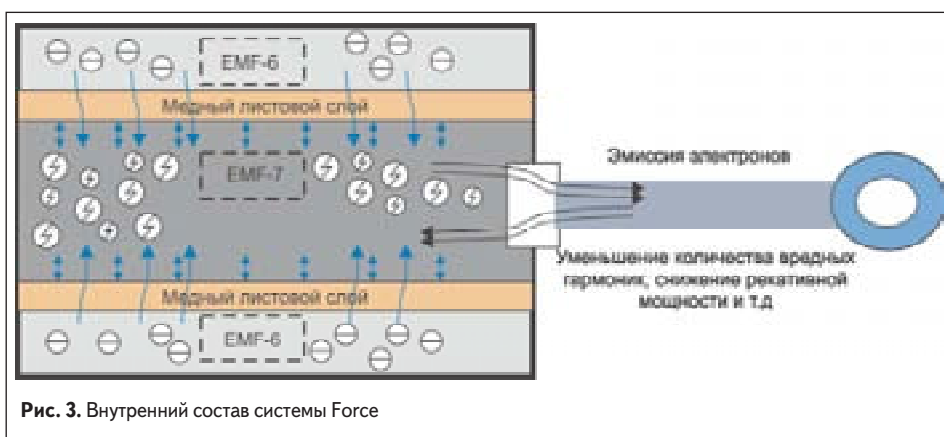


Рис. 3. Внутренний состав системы Force

Технология базируется на запатентованных магнитных керамических составах EMF6 и EMF7 (рис. 3), которые нормализуют электрический поток в сети (соответствие параметрам электрической энергии, установленным ГОСТ 23875-88), приводя к значительному сокращению потребляемой мощности и увеличению долговечности оборудования и объектов.

В таблице представлен расчет экономии при замене обычных ламп накаливания мощностью 60 Вт на светодиодные (светильники

с аналогичными световыми параметрами, но в шесть раз экономичнее) с датчиками контроля в комплексе и с внедренной в электрическую сеть системой Force.

Данное решение позволяет также удаленно управлять светодиодными светильниками: контроллеры сегментов сети собирают данные с контроллеров светильников, пользуясь коммуникацией через электросеть, и передают их по сети GPRS/Ethernet на центральный компьютер. С компьютера системный менед-

жер может выйти на любую группу светильников и включить/выключить или диммировать эту группу. В случае нарушения соединения между контроллером сегмента сети и контроллером лампы последний автоматически переключается на режим предустановки, что обеспечивает бесперебойность действия освещения. Система предоставляет высокие функциональные возможности. Контроллер сегментов сети автоматически включает/выключает и регулирует интенсивность освещения в зависимости от времени суток и внешней освещенности. Это обеспечивает оптимальный уровень освещения для нахождения людей в помещении, где установлены светильники. В ходе работ по внедрению решения G-ProForce в комплексе с системой Force за шесть месяцев было получено сокращение расхода электроэнергии на 74%. Кроме того, диммирование ламп позволяет продлить их сроки эксплуатации, что значительно сокращает издержки на техобслуживание. Как показывает данный пример, интегрированная система светодиодного освещения способствует сокращению энергопотребления, снижению выбросов углекислого газа и, таким образом, вносит вклад в охрану окружающей среды. ●

Таблица. Расчет экономии от внедрения данного решения в системе ЖКХ

Параметры	Установленная система	Рекомендованная система	ПРЕИМУЩЕСТВА
Тип светильника	Лампа накаливания, 60 Вт	Светодиодный светильник ДБО 64, датчики контроля и система Force	Степень защиты: IP 43, материал корпуса — сталь, оптика — поликарбонат
Количество светильников, шт.	100	100	
Средняя потребляемая мощность одного светильника, Вт	60	12	Сокращение потребляемой мощности на 85% (5 кВт·А)
Количество ламп, шт.	100		
Потребление электроэнергии в год, кВт·ч	26 280	4 380	Сокращение потребления электроэнергии на 85% при круглосуточной работе
Количество рабочих часов в год, ч	4 380	4 380	
Сервисный срок службы лампы, ч	1000	50 000	Увеличение срока службы в 50 раз
Расчет на 100 светильников (ориентировочно на одно жилое здание). Тариф 4 руб. за 1 кВт·ч			
Экономия в год за счет светильников, датчиков контроля и микропроцессоров			130 000 руб. (при стоимости светодиодных светильников, датчиков контроля и микропроцессора — 270 000 руб.)
Экономия в год за счет системы Force			11 000 руб. (при стоимости системы Force на 5 кВт — 10 000 руб.)
Инвестиции			280 000 руб.
Окупаемость инвестиций			два года
Высвобождаемые мощности			5 кВт·А

НОВОСТИ

Новая Q-серия светодиодных индикаторов широкого диапазона напряжений



Светодиодные индикаторы широкого диапазона напряжений новой Q-серии, производимые компанией АРЕМ, обеспечивают стабильную, бесперебойную подсветку для систем с изменяющимся напряжением. Модели, доступные для напряжений в диапазонах 6–30 В или 30–60 В, уменьшают номенклатуру складских потребностей.

Преимущества и особенности новых индикаторов со встроенным регулятором напряжения:

- низкий расход энергии, стандартно 10 мА;

- сохранение постоянного свечения на различном напряжении и предотвращение повреждения светодиода при выбросах напряжения;
 - 100 000 ч наработки на отказ;
 - устойчивость к ударам и вибрации.
- Монтируемые на панели индикаторы Q-серии доступны в широком диапазоне размеров, моделей и отделок корпусов, выводов, типов и цвета подсветки.

www.yeint.ru

OSRAM

Opto Semiconductors

МОЩНЫЕ СВЕТОДИОДЫ



Golden DRAGON® Plus
116 лм@350 мА

OSLON SSL
130 лм@350 мА

www.promelec.ru



ПРМЭЛЕКТРОНИКА

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ
OSRAM OS В РОССИИ**

8-800-1000-321

e-mail: osram@promelec.ru

ФИЛИАЛ: МОСКВА тел. (499) 357-22-33, 357-38-81

e-mail: prom77@promelec.ru

ДИЛЕРЫ: Астрахань, Воронеж, Екатеринбург, Ижевск, Пермь, Красноярск, Миасс, Москва, Набережные Челны, Новосибирск, Омск, Пенза, Ростов-на-Дону, Самара, Саратов, С-Петербург, Томск, Тюмень, Уфа, Чебоксары

Подробная контактная информация размещена на сайте www.promelec.ru

На правах рекламы



INTERLIGHT MOSCOW

ВЕДУЩАЯ ВЫСТАВКА ОТРАСЛИ В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР», МОСКВА

8 – 11 НОЯБРЯ 2011

- **ДЕКОРАТИВНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ**
- **ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ**
- **АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ**



В рамках выставки пройдет:

**У МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
«СВЕТОДИОДЫ В СВЕТОТЕХНИКЕ»**

www.ledforum-moscow.ru

Татьяна Хомчик
Управляющий партнер
Тел.: +7 (495) 967-04-60
Факс: +7 (495) 967-04-67
Email: th@owc-rus.ru

www.interlight-moscow.ru

powered by: **light+building**



SAMSUNG LED

Светодиоды Sunnix8

**Мощные 1-ваттные светодиоды
Лучшее предложение в своём классе**

**Группа компаний «Симметрон» —
официальный дистрибьютор Samsung LED**

Симметрон

ГРУППА КОМПАНИЙ

Москва (495) 797-5545
moscow@symmetron.ru

Санкт-Петербург (812) 449-4000
spb@symmetron.ru

Новосибирск (383) 361-3424
sibir@symmetron.ru

Киев +38 (044) 239-2065
kiev@symmetron.ua

Харьков +38 (057) 750-8022
kharkov@symmetron.ua

Минск +375 (17) 336-0606
minsk@symmetron.ru

www.symmetron.ru