

# Мощные ультрафиолетовые излучающие диоды

Н.А. ГАЛЬЧИНА, Л.М. КОГАН<sup>1</sup>, А.А. КОЛЕСНИКОВ, Ю.А. ПОРТНЯГИН,  
И.Т. РАССОХИН

ООО «НПЦ ОЭП «ОПТЭЛ», ОАО «ОПТРОН», ООО «КБСП», Москва

## Аннотация

Сообщается о первой отечественной разработке мощных ультрафиолетовых излучающих диодов (УФД) с углом излучения ( $2\theta_{0,5}$ ) от 5 до 40°, пиковой длиной волны излучения 360–370, 380–385 и 395–405 нм и потоком излучения 45–60, 90–105 и 240–270 мВт соответственно. Максимальная сила излучения УФД с  $2\theta_{0,5} = 5^\circ$  достигает 2,7–3,3 Вт/ср.

**Ключевые слова:** ультрафиолетовый излучающий диод, спектр излучения, поток излучения, сила излучения, внешний квантовый выход, угол излучения, длина волны излучения.

## 1. Введение

Считается, что мощные ультрафиолетовые (УФ) излучающие диоды (УФД) найдут применение: в медицинских исследованиях, химическом анализе, обеззараживании помещений, воды и др., люминесцентном анализе, контроле качества люминофоров, проверке подлинности документов и денежных купюр, фотолиграфии и фотоотверждении, а также в ряде других применений.

Наибольшие успехи в создании коммерческих образцов УФД достигнуты в Японии, США и других

(пока немногих) странах дальнего зарубежья.

В соответствии с этим, всё более актуальна проблема импортозамещения этих перспективных светотехнических изделий, и настоящая работа посвящена её решению путём разработки первых отечественных мощных УФД.

## 2. Излучающий кристалл и конструкции светодиодов

Использовались кристаллы фирмы SemiLEDs (США) типа SL-V-U40 AC с размерами  $p-n$ -перехода  $0,97 \times 0,97$  мм), выполненные на основе  $p-n$ -гетероструктуры в системе  $InGaAlN$ . При этом кристалл монтировался на специальную печатную плату с высокой теплопроводностью, установленную на ножку КТ-9 с наваренной медной пластиной (улучшающей теплоотвод). Вокруг кристалла размещался керамический отражатель бокового излучения кристалла. Далее создавалась прозрачная линза диаметром 18 мм с относительным показателем преломления 1,56, которая в зависимости от выбранного угла излучения  $2\theta_{0,5}$  УФД имела полусферическую ( $2\theta_{0,5} = 15-60^\circ$ ) или эллипсоидальную<sup>2</sup> ( $5-10^\circ$ ) формы [1, 2] (рис. 1).

<sup>2</sup> Кристалл находится во втором от вершины фокусе эллипсоида.

Электрическая цепь УФД изолирована от корпуса, что позволяет применять эти излучатели как при последовательном, так и при параллельном соединениях друг с другом. Они удобны для установки на радиатор и имеют тепловое сопротивление между  $p-n$ -переходом и корпусом равное 7–10 °С/Вт.

## 3. Методики и результаты измерений

Спектры излучения светодиодов измерялись на установке, содержащей универсальный вычислительный спектральный комплекс КСВУ-23 и лампу сравнения ТРШ 2850, имеющую свидетельство о поверке ФГУП «ВНИИОФИ».

Измерения потока излучения проводились с помощью интегрирующей сферы диаметром 20 см с входным отверстием диаметром 2 см и радиометрической головкой с фотодиодом ФД-288, также имеющей свидетельство о поверке ФГУП «ВНИИОФИ». Измерение относительной спектральной чувствительности этой системы проводилось посредством указанного комплекса КСВУ-23 с суммарной относительной погрешностью измерений не более 5% (поверка ФГУ «Ростест-Москва»), а её абсолютизация проводилась с помощью рабочего эталона единиц средней мощности и энергии лазерного излучения.

Измерение силы излучения УФД проводилось с помощью фотодиода ФД-288 с известной спектральной чувствительностью и калиброванной диафрагмой диаметром 6 мм при измерительном расстоянии 1 м. Погрешности определения этой характеристики в диапазонах длин волн 255–455 и 460–980 нм не более 3,5 и 2% соответственно (поверка ФГУП «ВНИИОФИ»).

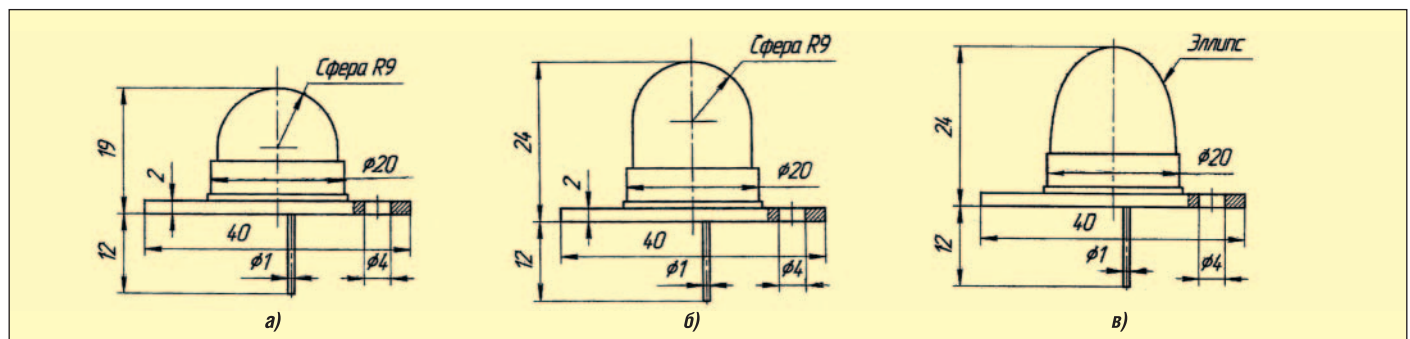


Рис. 1. Конструкции ультрафиолетовых излучающих диодов с углом излучения  $2\theta_{0,5} = 40$  (а), 20 (б) и 5 (в) °

**Электрические и светотехнические характеристики УФ излучающих диодов при прямом токе 350 мА и температуре  $p-n$ -перехода  $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$**

Тип диода	Прямое напряжение, В, не более	Мощность, Вт	Пиковая длина волны $\lambda_{max}$ , нм	Поток излучения, мВт	Угол излучения $2\theta_{0,5}$ , °	Осевая сила излучения, Вт/ср
У-345 УФ (360)-5	4,3	1,4	360–370	30–45	5±1	0,45–0,6
У-345 УФ (360)-20				35–50	20±5	0,18–0,22
У-345 УФ (360)-40				45–60	40±5	–
У-345 УФ (380)-5	4,0	1,2	380–385	45–60	5±1	1,8–2,1
У-345 УФ (380)-20				75–90	20±5	0,75–0,9
У-345 УФ (380)-40				90–105	40±5	–
У-345 УФ (400)-5	4,0	1,2	395–405 <sup>3</sup>	105–120	5±1	2,7–3,3
У-345 УФ (400)-20				205–240	20±5	1,5–1,8
У-345 УФ (400)-40				240–270	40±5	–

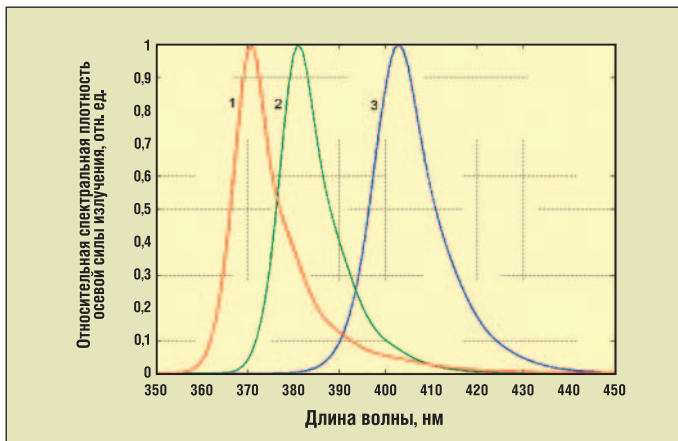


Рис. 2. Типичные спектры излучения диодов по рис. 1, б с пиковой длиной волны излучения 368–374 (1), 378–387 (2) и 398–408 (3) нм

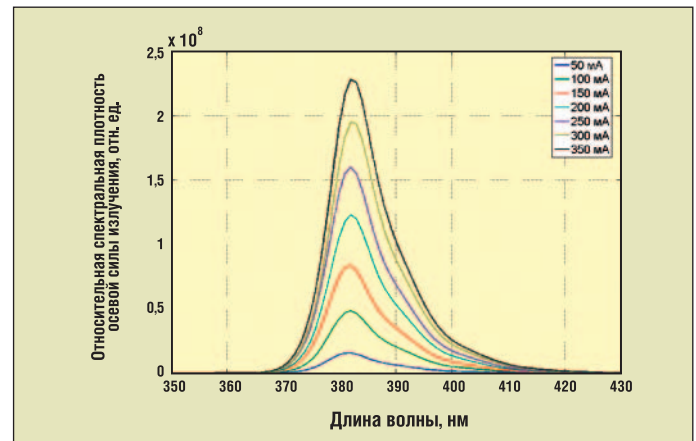


Рис. 3. Типичная зависимость спектра излучения диодов по рис. 1 с пиковой длиной волны 378–387 нм от их прямого тока

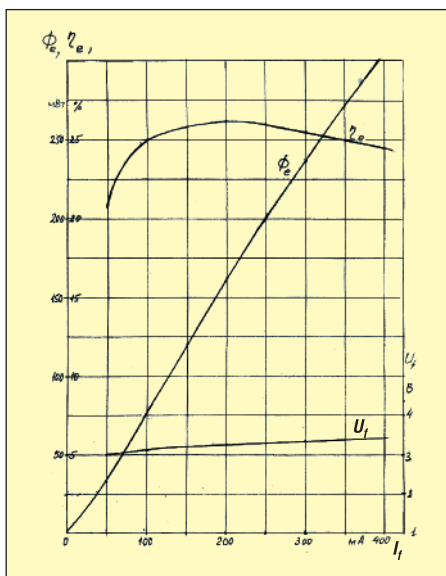


Рис. 4. Типичные зависимости потока излучения ( $\Phi_e$ ), внешнего квантового выхода излучения ( $\eta_e$ ) диодов по рис. 1 с пиковой длиной волны 398–408 нм и прямого напряжения на этих диодах ( $U_f$ ) от их прямого тока ( $I_f$ )

При этом расчёт значений потока и силы излучения проводился по соответствующим измеренным значениям фототока фотодиодов, работающих в режиме короткого замыкания.

Значения  $2\theta_{0,5}$  измерялись на специальной установке для определения светораспределения в ООО «НПЦ ОЭП «ОПТЭЛ».

Согласно рис. 2 и 3, полуширины полос излучения УФД с пиковой длиной волны ( $\lambda_{max}$ ) 360–370, 380–385 и 395–405 нм равны лишь, соответственно,  $10 \pm 1$ ,  $12 \pm 1$  и  $14,5 \pm 1$  нм, а сдвиг  $\lambda_{max}$  с изменением прямого тока от 50 до 350 мА не превышает 1–1,5 нм.

И как видно из таблицы, поток излучения растёт с ростом  $\lambda_{max}$  и  $2\theta_{0,5}$ , а осевая сила излучения (максимальная здесь) с ростом  $\lambda_{max}$  растёт, а с ростом  $2\theta_{0,5}$ , естественно, падает. При

<sup>3</sup> Скорее это относится к фиолетовому участку спектра. – Прим. ред.

этом зависимости потока излучения УФД от их прямого тока близки к линейным (рис. 4), а внешние квантовые выходы излучения ( $\eta_e$ ) УФД с  $\lambda_{max} = 360–370$ , 380–385 и 395–405 нм, соответственно, составили около 5, 9 и 25%

Кроме того:

- по нашим оценкам, в диапазоне температур окружающего воздуха от  $-40$  до  $+50^\circ\text{C}$  предельно допустимый прямой ток УФД равен около 400 мА и их можно использовать в импульсном режиме при предельно допустимом среднем токе 200 мА;
- УФД необходимо применять с использованием внешнего радиатора;
- для получения большего потока излучения нами созданы образцы УФД с тремя последовательно соединёнными кристаллами. При этом поток излучения УФД с  $\lambda_{max} = 395–405^3$  нм и  $2\theta_{0,5} = 20–40^\circ$  достигает 450–500 мВт;

- на основе кристаллов фирмы Cree (США) с размерами 0,3×0,3 мм нами разработан малогабаритный УФД с диаметром корпуса 5 мм и  $\lambda_{max} = 395-405$  нм (типа У-118 УФ). Поток излучения его 8,5–11 мВт при прямом токе 30 мА, что соответствует  $\eta_e$  около 12%;

- возможно дальнейшее повышение  $\eta_e$  УФД до 30–40% и соответствующее повышение светотехнических характеристик этих излучателей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коган Л.М., Рассохин И.Т., Гальчина Н.А. Мощный светодиод // Патент России на полезную модель № 48673. 2004. Бюл. № 30, 2005.

2. Коган Л.М., Гальчина Н.А. Светодиод // Патент России № 2207663. 2001. Бюл. № 18, 2003.



**Гальчина  
Нина  
Алексеевна,**  
инженер. Окончила  
МЭИ в 1971 г.  
Инженер-технолог  
ООО «НПЦ ОЭП  
«ОПТЭЛ»



**Коган Лев  
Моисеевич,**  
доктор техн. наук.  
Окончил в 1956 г.  
МЭИ. Научный  
руководитель ООО  
«НПЦ ОЭП «ОПТЭЛ»



**Колесников  
Александр  
Алексеевич,** инже-  
нер. Окончил  
в 1971 г. МИФИ.  
Главный метролог,  
начальник отдела  
ОАО «Оптрон»



**Портнягин Юрий  
Алексеевич,**  
инженер. Окончил  
МАТИ (РГТУ)  
им. К.Э. Циолковского  
в 2004 г. Начальник  
отдела технического  
контроля ООО  
«КБСП»

## Цунами светодиодов на Мессе Франкфурт

С 11 по 16 апреля во Франкфурте-на-Майне (Германия) состоялась очередная светотехническая выставка «light + building» – по сути всемирное световое шоу, в котором принимали участие 2177 фирм из большинства стран мира. Выставку посетило 180 тыс. человек (на 13 тыс. больше чем на предыдущей, в 2008 г.). К сожалению, последний день выставки был омрачен извержением вулкана в Исландии, явившимся причиной закрытия всех аэропортов Европы под страхом воздействия облака пеп-

ких, например, как Zumtobel, Targetti, Norka, Guzini, Selux и Artemide, выставили великолепные по дизайну приборы. Но все они предназначены для установок с низкими уровнями освещения или с временным пребыванием людей. Поражали масштабы следования за модой – в данном случае за светодиодами, – приводившему к однообразию экспозиций.

На фотографиях (рис. 3–14), на развороте, показаны некоторые из наименее скучных экспонатов и фрагментов выставки.

Выставке сопутствовали проведение ряда заседаний технических комитетов МКО, конференции по энергосбережению в осветительных установках коммерческих зданий, совещания по нормированию освещения светодиодами.

В целом, с сожалением надо сказать, что выставка «light + building» подавляла своими огромными масштабами и толпами



Рис. 1

ла, накрывшего значительную часть континента (автору тоже пришлось пробыть во Франкфурте 5 лишних дней в ожидании самолёта на Москву).

Важным событием, отмеченным на специальной пресс-конференции, которую проводил генеральный директор Мессе Франкфурт РУС г-н Ойген Аллес, явилось соглашение между выставками «light + building» и «Interlight» о совместной деятельности, начиная с текущего года. В результате этого появляется надежда на расширение участия ведущих светотехнических фирм в работе московской выставки, на дальнейшее быстрое развитие экспозиций в столице России (рис. 1 и 2).

Что поразило на выставке?! Массовое увлечение всех крупных фирм светодиодами. Светильники со светодиодами довели над всеми светотехническими изделиями. Порою казалось, что других изделий нет ни в производстве, ни в применении.

Правда, необходимо отметить резкую ограниченность ассортимента этих светильников: для архитектурного и уличного освещения, для ландшафтных объектов, для вспомогательных помещений ЖКХ, для местного освещения. Целый ряд фирм, та-

посетителей, приехавших со всего света. Отсутствовали специальные площадки для встреч и проведения бесед и переговоров, места просто для отдыха людей, проводивших на ногах по 8 ч в день, часто в душных и замкнутых пространствах.

Представляется, что дальнейшая (особенно, если выставка «перевалит» за 200 тыс. посетителей) гигантомания не пойдёт на пользу столь важной и любимой выставке. Вероятно, необходимо делать значительно чаще (а не раз в 2 года) более узкие специализированные экспозиции (например, освещение промышленных и общественных зданий и сооружений, наружное освещение, освещение жилых зданий, освещение транспортных средств и т.д.).

**Ю.Б. Айзенберг, доктор техн. наук,  
профессор, журнал «Светотехника»**



Рис. 2