

ществующих электролюминофоров и специфичность областей применения электролюминесцентных источников света, имеющиеся соотношения между яркостью и световой отдачей электролюминесцентных конденсаторов можно считать, по-видимому, оптимальными. При использовании электролюминесцентных конденсаторов для освещения желательно было бы достичь уменьшения оптических потерь в люминофорном слое, что возможно лишь при снижении требования по яркости для существующих электролюминофоров (а это нереально) либо путем применения более эффективных и прозрачных люминофоров. Рис. 3, в частности, показывает, что имеется значительный резерв повышения выхода света с увеличением прозрачности электролюминофора. Так, увеличение λ_l в 2 раза (без ущерба для люминофора в других отношениях) должно дать повышение световой от-

дачи в 1,4—1,5 раза. При производстве электролюминофоров они проходят контроль на начальную яркость, но естественно (это вытекает из наших результатов), что при равной яркости люминофоров более прозрачные образцы будут обладать и более высокой световой отдачей. Разбраковка люминофоров по прозрачности не всегда удобна в производственных условиях, поэтому можно предложить для этой цели контроль по коэффициенту отражения, поскольку более прозрачным электролюминофорам соответствуют более высокие значения коэффициента отражения.

В заключение автор выражает благодарность Н. Калеткиной, Э. Беспаловой, Л. Пахомовой, Л. Соколовой и другим сотрудникам лаборатории за помощь в работе.



УДК 628.9:535.24

ИЗМЕРЕНИЕ СВЕТОВОГО ПОТОКА ФОСФИД-ГАЛЛИЕВЫХ СВЕТОДИОДОВ, РАБОТАЮЩИХ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ

Канд. техн. наук И. М. ГУРЕВИЧ и инж. Г. А. ПЯТНИЦКАЯ

Всесоюзный светотехнический институт

За последние годы все более расширяется применение импульсных светодиодов в некоторых областях экспериментальной физики и техники. Этому способствуют такие особенности светодиодов, как узкая спектральная полоса излучения и малая инерционность, обеспечивающая возможность генерирования этими источниками света коротких световых импульсов [Л. 1, 2, 3].

В этой связи представляет интерес получение абсолютных данных об импульсном излучении светодиодов в наносекундном диапазоне, что связано с определенными экспериментальными трудностями.

В настоящей статье описываются результаты проведенных во ВНИСИ измерений светового потока фосфид-галлиевых светодиодов, работающих в режиме наносекундных импульсов.

Излучение светодиодов регистрировалось блоком сигнала фотометра типа СИФ-1 [Л. 4, 5], в котором в качестве приемника излучения использовался временной фотоумножитель ФЭУ-76 [Л. 6].

Для повышения чувствительности прибора была несколько изменена конструкция входа. Измеряемой величиной являлся максимальный в импульсе световой поток на входе прибора; он определялся по пиковому значению осциллограммы импульса, полученного на экране электроннолучевой трубы широкополосного осциллографа прибора СИФ-1. Кривая спектральной чувствительности катода фотоумножителя была скоригирована под кривую относительной видности, и прибор СИФ-1 был отградуирован в единицах «люмен на миллиметр вертикального отклонения луча».

В связи с тем, что градуировка СИФ-1 проводилась при равномерно освещенном входном окне (и фотокатоде фотоумножителя), а при измерении излучения светодиодов не была исключена возможность неравномерного освещения фотокатода, было проведено зондирование фотокатода узким параллельным световым лучом для определения равномерности его чувствительности по поверхности. Эта неравномерность в пределах полной поверхности катода не превышала 20% и учитывалась в дальнейших расчетах.

Светодиоды подключались к генератору Г5-12 и работали в импульсном режиме при токе через светодиод 1,2 а, напряжении на светодиоде 12 в, частоте 200 гц, длительности электрического импульса (по полувысоте)

100 нсек при фронте импульса 0,75 нсек. Светодиоды включались в прямом направлении.

В настоящей работе было исследовано 4 светодиода, относившихся к двум разным типам по конструкции и технологии их изготовления: диоды № 1 и 2, в которых кристалл вместе с подводящими элементами заключен в стеклянный цилиндр, имели преимущественно зеленую полосу электролюминесценции; диоды № 3 и 4 имели коаксиальную конструкцию и давали красную полосу свечения, причем диод № 3 имел полусферическое покрытие светящегося перехода с высоким коэффициентом прозрачности, а диод № 4 — отражатель полусферической формы. Указанные различия в конструкции обусловили и различный характер светораспределения*.

Светодиоды коаксиального типа представляют собой практически симметричные излучатели со светораспределением по полупространству мало отличающиеся от косинусного. На рис. 1 представлены кривые светораспределения диода № 4 — $I_\alpha = f(\alpha)$, снятые в двух взаимно перпендикулярных плоскостях: пунктиром показана усредненная кривая.

* Авторы выражают благодарность И. В. Рыжикову и Ю. Н. Кузину, предоставившим приводимые ниже кривые светораспределения.

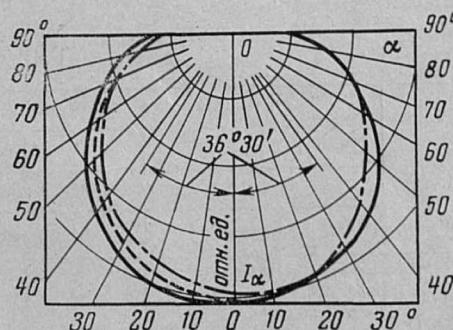


Рис. 1. Кривые светораспределения светодиода № 4 коаксиальной конструкции, снятые в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

— — — — усредненная кривая.

Таблица 2

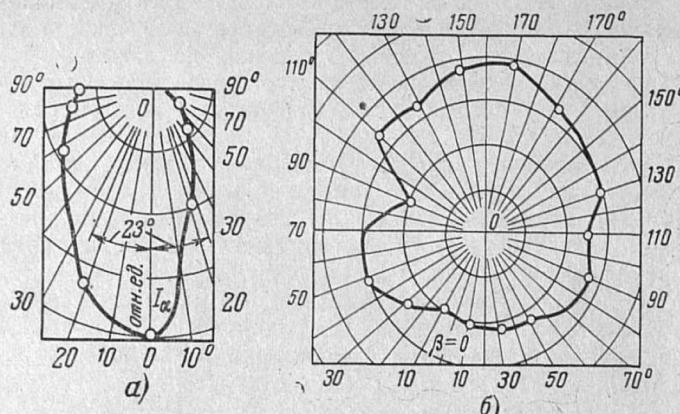


Рис. 2. Кривые светораспределения светодиода № 1 цилиндрической конструкции.
а — в поперечной плоскости; б — в плоскости, перпендикулярной оси «тора» ($\alpha=0$).

Светораспределение диодов № 1 и 2 характеризуется телом излучения в виде тора с осью, совпадающей с осью цилиндра, в который заключен светодиод, что в основном определяется экранировкой излучения вводами. Сечение «тора» поперечными плоскостями, проходящими через его ось, представляет собой неправильной формы вытянутый овал. Типичная кривая светораспределения $I_\alpha = f(\alpha)$ в одной из поперечных плоскостей (для диода № 1) дана на рис. 2, а. На этом рисунке отмечен также угол $\alpha_{\text{фаз}}$, равный 23° , в пределах которого излучение попадало на фотокатод в принятой измерительной схеме.

При переходе от одной поперечной плоскости сечения «тора» к другой форма овала, вообще говоря, изменяется, что связано с конструктивным исполнением светодиода; на рис. 2, б представлено для того же диода № 1 изменение силы света в направлениях $\alpha=0$, в плоскости сечения перпендикулярной оси «тора», для разных поперечных сечений тора $I_{\alpha=0, \beta} = f(\beta)$.

Различие в структуре светораспределения обусловило некоторое различие в использованном методе расчета полного потока исследованных светодиодов. В основу расчета положены измеренные на СИФ-1 максимальные в импульсе значения светового потока F_m в пространственном угле охвата фотокатода излучением светодиода (табл. 1), а также кривые относительного светораспределения.

Поток коаксиальных диодов определялся приближенным методом суммирования по зонам полупространства: для светодиодов № 1 и 2 с направленным излучением суммирование проводилось по элементарным те-

Расчетная величина	Номера светодиодов			
	1	2	3	4
	Полоса электролюминесценции			
Сила света при $\alpha=0, \beta$	$2 \cdot 10^{-2}$	$0,9 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Полный световой поток, лм	$9,4 \cdot 10^{-2}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	$6,6 \cdot 10^{-3}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$

лесным углам ($\Delta\alpha, \Delta\beta$) по всему пространству [Л. 7]. Величина линейного угла, определяющего зональный телесный угол, была выбрана $\Delta\alpha=10^\circ$, элементарный телесный угол светодиодов № 1 и 2 определялся линейными углами $\Delta\alpha=\Delta\beta=10^\circ$. При этом, ввиду трудности в ориентации диффузного светодиода в каком-либо направлении β относительно фотокатода фотоумножителя, а также вследствие значительной неравномерности излучения по направлениям (рис. 2, б), результаты измерения светового потока были отнесены к усредненному по направлениям β значению силы света $I_{\alpha=0}$. При суммировании по всему пространству предполагалось, что с переходом от одной поперечной плоскости к другой для данного светодиода сохраняется светораспределение, подобное представленному на рис. 2, а.

Результаты выполненных таким образом расчетов приведены в табл. 2.

Как следует из табл. 2, максимальное в импульсе значение светового потока светодиодов с красной полосой люминесценции составляет 4—7 лм, в то время как эта величина у светодиодов с зеленым свечением укладывается в пределы 50—100 лм**.

Погрешность в определении величины светового потока определяется точностью фотометра СИФ-1 [Л. 4], ошибками расчета и составляет величину 15—20%.

Световая отдача светодиодов, рассчитанная по величине электрической мощности и данным табл. 2, составляет $5 \cdot 10^{-3}$ лм·сек/дж и $3,5 \cdot 10^{-4}$ лм·сек/дж, соответственно, для светодиодов с зеленою и красной полосой люминесценции. Интересно сопоставить эти данные с величиной световой отдачи наносекундных газоразрядных источников света, разработанных во ВНИСИ, которая для ламп различной конструкции и наполнения составляет от 15 до 150 лм·сек/дж.

Полученные в настоящей работе абсолютные данные о световом потоке позволяют также рассчитать величину интегральной по спектру мощности излучения светодиодов. Для этого, в дополнение к данным табл. 2, были использованы кривые относительного спектрального распределения мощности излучения, приведенные в [Л. 3], где исследовались светодиоды того же типа, что и в нашей работе. Полная мощность излучения не превышает 1 мвт у «красных» излучателей и 0,2—0,25 мвт у «зеленых». Эти величины имеют оценочный характер, но во втором случае (зеленая полоса люминесценций) рассчитанное значение мощности ближе к истинному, учитывая, что спектральные характеристики были сняты в импульсном режиме.

Таблица 1

Измеряемая величина	Номера светодиодов			
	1	2	3	4
	Полоса электролюминесценции			
Линейные углы охвата фотокатода, град	23°	29°	43°	$36^\circ 30'$
Измеренный световой поток F_m , лм	$2 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$

** В [Л. 3] приводятся предварительные данные измерения потока светодиодов прибором СИФ-1, которые были переданы Всесоюзным светотехническим институтом авторам указанной работы И. В. Рыжикову и Ю. Н. Кузину.