

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

# Полупроводниковые излучатели

## для ультрафиолетовой области спектра и их применение

**Рассматриваются полупроводниковые светодиодные излучатели для ультрафиолетовой (УФ) области спектра и их применение. Описываются конкретные модели УФ полупроводниковых излучателей и осветителей на их основе, приводятся основные параметры указанных изделий.**

В настоящее время актуальной проблемой является совершенствование техники криминалистики. Ее задача, среди прочих, — контроль подлинности ценных бумаг, банкнот, различных документов, а также выявление следов, которые преступник мог оставить на них. В основе технических средств криминалистической диагностики предназначенных для контроля

документов и других диэлектрических материалов, лежит оптический метод [1]. Его физическая сущность основана на анализе вторичного излучения от объекта контроля. Вторичное («информационное») излучение инициируется первичным («зондирующим») излучением, длина волны которого и мощность определяют конкретную задачу контроля. Ко вторичному излу-

чению относятся отраженное от объекта контроля излучение, проходящее через него излучение, люминесцентное излучение бумажных носителей и красок, используемых при изготовлении и оформлении объектов контроля [1].

Оптический метод контроля в отраженном и проходящем излучении фиксированного диапазона спектра электролюминесцентного излучения, а также люминесценция материалов и красителей обеспечивает решение задач определения достоверности документов, ценных бумаг, банкнот, анализа подлинности произведений искусства, судебно-медицинской экспертизы, скрытых следов пальцев рук

Таблица 1. Основные параметры УФ светодиодных излучателей

Фирма	Модель	Длина волны, нм	Сила света, кд (мощность излучения, Вт)	Ток, А	Напряжение, В	Размеры, мм	Угол расходимости излучения, град.	
Foryard	3014VC	405	0,18	0,1	3,8	Ø5×34	20	
	5013VC		0,2				20	
НПЦ ОЭП «ОПТЭЛ»	У-118УФ-1	405±5	0,035	5–7,5	4	Ø5×8,5	25±5	
	У-98УФ-1			4,5–7			10±5	
	У-164УФ-1						Ø10×13,5	4±1
	У-118УФ-2	395±5		4,5–7,2		Ø5×8,5	25±5	
	У-98УФ-2			4–6,5			10±5	
	У-164УФ-2			Ø10×13,5			4±1	
MSE	НВ3ь-44UV395	395	0,2	0,02	3,7	Ø3×30,7	20	
	НВ3ь-44UV405	405	0,25				Ø5×34,1	12
	НВ5-43UV395-B	395				0,15		30
	НВ5-43UV405-B	405	0,15					
Далькон	CD530MUV9C	395–400	3–4	0,02	3,4–4	Ø5	24–30	
	APL2-521UVC-100mcd	400	0,1		3,5		20	
ООО «Светодиодные технологии»	D502VC	400	0,2			Ø5	20	
	D801VC		0,25					Ø8
	D1001VC							Ø10
	D303VC		0,3					Ø3
«Технология 21 век»	УФ-светодиод	365	(1–3)	0,02	3,6–3,9			
		370	(3)	0,35	4			
КОМЛАЙТ	EDEV-1LS1-R	400	(1)	0,35	3,4		120	
	EDEV-SLC1-R		(3)	0,7	4		150	
	NES110VVC0B		(10)	1,35	10,5			
Kingbright Electronic	LED UV	400	(0,1)			Ø5	34	
Mod Shop	УФ-светодиод	395–397		0,3–0,32	2,4–3,6		140	
Edison	EDEV-1LS1	395–410	(1)	0,35	3,4	Ø8	150	
	EDEV-1LA1	395	(3)		3,5		140	
	EDEV-SLC1-03			4	150			
	EDEV-3LA1			0,7	3,5		240	

и микроскопических количеств биоорганических соединений, выявления фактов химического и механического воздействия на объект исследования и др. [1].

При проведении углубленного исследования объектов контроль проводится в широком диапазоне спектра электромагнитного излучения: от 100 нм до 2 мкм и более [1].

Нас, однако, в данной работе будет интересовать применение для целей криминалистики полупроводниковых излучателей, работающих в УФ-области спектра.

При этом наибольший интерес представляет УФ-область 320–400 нм, т. к. практически все краски светятся при их облучении именно в пределах этой области спектра. Такое излучение проходит сквозь обычное стекло и практически безопасно для здоровья [2]. Следует при этом сделать замечание: в литературе УФ-излучателями называются даже те, которые излучают в области спектра 400–410 нм, хотя это явно фиолетовая область спектра. Тем не менее здесь мы сохраним такую терминологию, поскольку она получила весьма широкое распространение.

В таблице 1 сведены основные параметры УФ светодиодных излучателей [3–12]. Время их непрерывной работы составляет  $5 \times 10^5$ – $10^6$  ч, диапазон рабочих температур от  $-40 \dots +55$  до  $-60 \dots +80$  °С (в ряде случаев до  $+110$  °С).

### Характеристики и применение УФ-фонарей

В таблице 2 представлены основные параметры фонарей на основе светодиодных излучателей, работающих в УФ-области спектра [13–17]. С типичным внешним видом фонарей можно ознакомиться в работе [18].

Для проверки подлинности банкнот в полевых условиях пригодны карманные УФ-фонари с длиной волны 365–370 нм. Для проверки паспортов, водительских удостоверений, банковских карт подходят УФ-фонари с длиной волны 365 нм. Под таким излучением ярко светятся все защитные УФ-метки. Вследствие органической природы старых красок и состава палеонтологических организмов, УФ-фонари активно используются в археологии, оценке произведений искусства и палеонтологии. УФ-излучение используется для подсвета и определения минералов и мест выхода пород в геологии и спелеологии за счет разноцветного свечения горных пород в УФ-спектре. По подобным причинам мощные водонепроницаемые УФ-фонари с длиной волны 365 нм используются для подсвета кораллов во время дайвинга [14].

Технология УФ-меток используется для маркировки деталей или упаковки на производстве, в качестве противоугонной маркировки в автомобилях. Такая маркировка не видна при обычном свете: и знак, и надпись становятся отчетливо видимыми при подсвете УФ-излучением. В некоторых играх также используются невидимые коды, надписи, сделанные флуоресцентными маркерами. Для подсвета таких надписей рекомендуются УФ-

**Таблица 2.** Основные параметры фонарей на основе светодиодных излучателей, работающих в УФ-области спектра

Модель	$\lambda_p$ , нм	P, мВт	U, В	Масса, г (без элемента питания)	Габариты, мм	Количество светодиодов
УФ-фонарь	395		4,5		Ø30×95	9
					Ø27×95	12
	365–370		4,5		Ø30×100	9
Tank007 TK-566	395	1000	1,5		Ø21×97	1
	365	2000		48		1
Tank007 TK-737	395	3000	4,5		Ø33×115	1
Tank007 HC-128	365	3000	3	60		1
YuliTech Nichia YLUVEL-1	365	3000	3	200	Ø45×160	1
UV6	400–410	2000	3,7	30	Ø14×140	1
Uvet	365	3000	3	160	Ø26×130	1
The Labino® Torch Light-Spotlight	365		3,7	145 (с батареей)	Длина 140 мм	1

фонари с длиной волны 385 нм или 395–400 нм. При этом фонарь с длиной волны 385 нм будет давать лучший контраст из-за отсутствия паразитной фоновой засветки. Это позволяет быстрее найти код [14].

Флуоресцентная краска иногда добавляется в рабочие жидкости механизмов для поиска течей и неисправностей — например, в хладагент холодильных установок, холодильников, антифризов. Чтобы обнаружить эту краску, подойдут УФ-фонари с длиной волны 395 нм [14].

УФ-фонари нашли свое применение в клиринге помещений, в криминалистике и судебно-медицинской экспертизе. Органические жидкости (кровь, моча, сперма и др.) и продукты разложения светятся преимущественно в области спектра 300–380 нм. В клиринге для проверки чистоты помещений рекомендуются мощные УФ-фонари с длиной волны 365 нм, позволяющей видеть органические загрязнения [14].

Для отверждения (сушки) полимерных материалов (клеев, лаков, красок, геля для ногтей) лучше всего подходят специальные фонари со светодиодами с длиной волны 365 нм [14].

Неразрушающий контроль любых размеров и форм основан на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей (пенетратов) в полости несплошностей. УФ-фонари применяются в энергетике, авиации, ракетной технике, судостроении, химической промышленности и других отраслях. Для некоторых материалов и изделий этот метод является единственным для определения пригодности деталей или установок к работе. В этих целях, как правило, используются мощные переносные фонари со светодиодами на 365 нм [13].

Для магнитной дефектоскопии, магнитопорошкового контроля, криминалистической диагностики используются мощные (не менее 3 Вт) УФ-фонари с длиной волны 365 нм. УФ-фонари могут использоваться при поиске насекомых, микроорганизмов, грибов. Насекомые выделяются на общем фоне при подсвете в области спектра 300–380 нм.

Микроорганизмы светятся, в частности, при освещении их УФ-фонарями с длиной волны 395 нм [14].

УФ-фонари могут использоваться для подсвета флуоресцирующих предметов и заряда предметов, светящихся в темноте. Флуоресцирующие предметы будут вспыхивать при любом УФ-подсвете. Однако заряд таких предметов произойдет гораздо быстрее при использовании более низких длин волн УФ-спектра (например, 365–370 нм) [14].

Существуют, кроме миниатюрных фонарей, более крупногабаритные светодиодные УФ-осветители. В частности, The Labino® BigBeam UV Battery [17] (рис. 1) создает энергетическую освещенность 2800–3500 мкВт/см<sup>2</sup> на расстоянии 38 см. Источником излучения являются девять УФ-светодиодов с длиной волны 365 нм. Питание фонаря осуществляется от Li-ion аккумулятора с напряжением 14,8 В или от сети ~220 В/50 Гц. Время работы аккумулятора без подзарядки составляет 2,3 ч. Той же фирмой



**Рис. 1.** Светодиодный УФ-осветитель The Labino BigBeam UV Battery



Рис. 2. Светодиодный УФ-фонарь  
The Labino Torch Light-Spotlight

разработан компактный фонарь The Labino Torch Light-Spotlight [17] (рис. 2). Его основные параметры даны в таблице 2. Осветитель создает энергетическую освещенность 8000 мкВт/см<sup>2</sup> на расстоянии 88 см. Время работы осветителя без подзарядки 8 ч. Осветитель обеспечивает полную мощность излучения сразу после включения.

### Комбинированные УФ-осветители и полупроводниковые лазерные излучатели

Фирма НПЦ «Спектр-АТ» разработала комбинированный осветитель (рис. 3) на основе УФ светодиода и светодиода видимого света свечения [1]. Осветитель содержит линзу с увеличением 2<sup>x</sup>, мощность УФ-излучения составляет 0,03 Вт, длина волны 365 нм, энергетическая освещенность в рабочей зоне составляет 3000 мкВт/см<sup>2</sup>. Время непрерывной работы при питании от литий-ионной батареи составляет более 2 часов, габариты 172×40×30 мм, масса 0,11 кг, диапазон рабочих температур 0...+50 °С. Осветитель предназначен для контроля в УФ-излучении различных объектов: документов, банкнот и другой печатной продукции, имеющей защиту,



Рис. 3. Комбинированный осветитель  
на основе УФ светодиода и светодиода  
видимого света свечения

наблюдаемую при облучении УФ-источниками. Прибор отлично подходит для оснащения курьерских служб, связанных с получением наличных денег, полицейских или пограничных патрулей, занимающихся проверкой документов в условиях, где нет возможности воспользоваться стационарными УФ-детекторами [1].

Той же фирмой разработан портативный криминалистический прибор «Корунд-МТВ-09» [1], предназначенный для оперативной проверки подлинности банкнот, акцизных марок, паспортов, удостоверений личности и других документов в нестационарных условиях. Контроль осуществляется в люминесцентном видимом излучении, возбуждаемом мощным светодиодным УФ-излучателем с длиной волны 365 нм с мощностью излучения 310 мВт и ИК-излучателями от двухдиапазонного светодиодного осветителя с длинами волн 850 и 940 нм с энергетической силой света 20 мВт/ср для каждой длины волны. Высокая освещенность от зондирующего излучения позволяет проводить контроль документов при ярком свете. Визуализация ИК-излучения осуществляется с помощью высокочувствительного ТВ-канала с выводом изображения на ТВ-монитор. Разрешение ТВ-камеры составляет 640×480 пикселей, питание — три элемента АА типа (напряжение 3,6–4,5 В) или через сетевой адаптер с напряжением 5 В от сети переменного тока ~220 В/50 Гц. Потребляемая мощность — 6,5 Вт. Время непрерывной работы от полностью заряженных аккумуляторов с емкостью 2,3 А·ч — не менее 60 минут, масса прибора (с аккумуляторами) 0,35 кг, габариты 173×69×47 мм.

Фирма ООО «ТАСК-Т» предлагает прибор с таким же названием «Корунд-МТВ» (рис. 4), который имеет то же назначение [19]. Он также использует светодиодные УФ и двухдиапазонные ИК-осветители с длинами волн соответственно 365 и 850, 940 нм (мощность соответственно 180–210, 40 и 35 мВт). Масса прибора 0,4 кг, габариты 173×70×47 мм, питание от трех аккумуляторов с емкостью не менее 2,3 А·ч или через сетевой адаптер с выходным напряжением 5 В от сети ~220 В/50 Гц. Время непрерывной работы от аккумуляторов не менее 90 мин. ИК-излучение визуализируется миниатюрной ТВ-камерой с объективом и входным ИК-фильтром. Разрешение ТВ-камеры 640×480 пикселей.



Рис. 4. Портативный прибор для проверки  
документов «Корунд-МТВ»

Изображение выводится на встроенный миниатюрный ЖК ТВ-монитор с диагональю 2,5 дюйма и наблюдается через окуляр.

В настоящее время существуют также полупроводниковые лазерные излучатели, работающие в УФ-области спектра [20–22]. Их основные параметры представлены в таблице 3. Они часто используются в фонарях для дайвинга.

### Настольный криминалистический блок

Фирма НПЦ «Спектр-АТ» разработала настольный криминалистический блок «ГЕНЕТИКА-09» для углубленной проверки документов, банкнот, ценных бумаг, других носителей знаковой информации, анализа подлинности произведений искусства, судебно-медицинской экспертизы, обнаружения и регистрации скрытых следов пальцев рук и микроскопических количеств биоорганических соединений, выявления фактов химического и механического воздействия на объект исследований и др. [1].

Основные параметры блока «ГЕНЕТИКА-09» представлены в таблице 4, а внешний вид — на рис. 5.

Таблица 3. Основные параметры полупроводниковых лазерных излучателей, работающих в УФ-области спектра

Фирма	Модель	Длина волны, нм	Мощность излучения, мВт	t <sub>раб. макс.</sub> , °С	Диаметр корпуса, мм
Roithner Lasertechnik GmbH	LD-375-20PD	405	20	60	5,6
	DL-3146-151		5	60	
	RLT405-10MG		20	75	
	DL-4146-101S				
	DL-4146-301S				
	DL-5146-101S				
	DL-LS5017				
	DL-7146-101S				
	DL-405-120				
DL-405-120PD	120	70			
ОАО «Кантегир»	Лазерный диодный модуль	400–407	100	60	5



Рис. 5. Настольный криминалистический блок «ГЕНЕТИКА-09»

Таким образом, существуют разнообразные УФ полупроводниковые излучатели, нашедшие весьма широкое применение.

### Литература

1. [www.spektr-at.ru/catalogue/crime/korundMTV09](http://www.spektr-at.ru/catalogue/crime/korundMTV09).
2. [http://super-shtuchki.ru/show=shop&category\\_id=50](http://super-shtuchki.ru/show=shop&category_id=50).
3. [www.amsi.ru](http://www.amsi.ru).
4. Каталог НПЦ ОЭП «ОПТЭЛ». М. 2013.
5. Light diodes. Проспект компании MSE. Тайвань. 2013.
6. [www.dalkon.ru/dir.php?id=246](http://www.dalkon.ru/dir.php?id=246).
7. [www.dankon.ru/led\\_uv.htm](http://www.dankon.ru/led_uv.htm).
8. [www.super-shtuchki.ru/about.htm](http://www.super-shtuchki.ru/about.htm).
9. [www.superled.zp.ua/stran.php?str=101](http://www.superled.zp.ua/stran.php?str=101).
10. Каталог фирмы Kingbright Electronic. 2013 г.
11. [www.modshop.com.ua/product&15.html](http://www.modshop.com.ua/product&15.html).
12. Проспект фирмы «ПЛАНАР». Санкт-Петербург. 2013.

Таблица 4. Основные параметры настольного криминалистического блока «ГЕНЕТИКА-09»

Параметры		«ГЕНЕТИКА-09.01»	«ГЕНЕТИКА-09.02»
Размеры рабочего стола, мм		314×210	
Длина волны падающего излучения, нм	УФ	365	
	ИК	830; 940	
Падающий белый свет		Есть	
Просвет белым светом			
Боковой белый свет			
УФ-излучатели		2 светодиода × 3,3 Вт	
Рабочая освещенность в УФ-свете, мВт/см <sup>2</sup>		3,5 (в центре)	
		4,5 (наибольшая)	
Освещенность стола, лк		3,2×10 <sup>3</sup>	
Диагональ ТВ-монитора, дюйм		4	
Разрешение экрана штатного жидкокристаллического ТВ-монитора, пикселей		960×336	
Регулировка наклона ТВ-монитора		Есть	
Контроль листов А4		Есть	
Линейка на рабочем столе		Есть	
Размеры поля наблюдения ИК-видеолупы, мм		—	24×36
Длины волн ИК-осветителей видеолупы, нм	ИК1	—	830
	ИК2	—	940
Длина волны бокового ИК-осветителя видеолупы, нм		—	870
Длина волны сине-зеленого осветителя видеолупы, нм		—	505
Рабочий спектральный диапазон ТВ-канала видеолупы, нм		—	700– 1000
Масса ИК-видеолупы, кг		—	0,3
Электропитание прибора		220 В/50 Гц	220 В/50 Гц
Потребляемая мощность, Вт		15	25
Габариты, мм		286×180×185 (245)	
Масса, кг		1,85	2,35

13. [http://super-shtuchki.ru/show=shpo&category\\_id=29](http://super-shtuchki.ru/show=shpo&category_id=29).
14. [http://super-shtuchki.ru/show=shpo&category\\_id=30](http://super-shtuchki.ru/show=shpo&category_id=30).
15. [http://super-shtuchki.ru/show=shpo&category\\_id=50](http://super-shtuchki.ru/show=shpo&category_id=50).
16. [http://super-shtuchki.ru/show=shpo&category\\_id=36](http://super-shtuchki.ru/show=shpo&category_id=36).
17. [www.expertnk.ru](http://www.expertnk.ru).
18. Волков В. Г. Обзор профессиональных фонарей // Полупроводниковая светотехника. 2011. № 6.
19. <http://taskt.ru/catalog/criminalisticheskoe-oborudovanie/209/859/?sphraseId=130>.
20. [www.roithner-lasercom/ld-diverse.html](http://www.roithner-lasercom/ld-diverse.html).
21. Лазерный диодный модуль. Проспект ОАО «Кантегир». Саратов. 2013.