

И. В. ДОКТОРОВИЧ, В. К. БУТЕНКО,  
д. т. н. В. Н. ГОДОВАНЮК, В. Г. ЮРЬЕВ

Украина, г. Черновцы, ЦКБ "Ритм"  
Email: rhythm@chv.ukrpack.net

Дата поступления в редакцию  
08.08 2002 г.

Оппонент д. ф.-м. н. И. М. РАПЕНКО  
(ЧНУ им. Ю. Федьковича, г. Черновцы)

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ФОТОПРИЕМНИКОВ

*Методика позволяет определить энергетическую характеристику и разобрать фотоприемники, чувствительные в спектральном диапазоне излучения ламп накаливания.*

Полупроводниковые фотоприемники могут использоваться как первичные измерительные преобразователи. Диапазон значений измеряемой величины, в пределах которых может работать конкретный фотоприемник излучения, называют его динамическим диапазоном. В пределах этого диапазона можно говорить о нелинейности энергетической характеристики фотоприемника, т. е. о пропорциональной зависимости между величиной падающего на приемник светового потока и уровнем реакции – фотоответом.

В настоящей работе предлагается методика измерения нелинейности фотоприемника (ФП), чувствительного в спектральном диапазоне излучения ламп накаливания, в которой используется метод дополнительного света [1, с. 115]. Для реализации этого метода нами разработан осветитель [2], оптическая схема которого представляет собой два канала, в каждом из которых размещены: источник излучения – лампа накаливания; оптическая система – светосильный фотообъектив; ослабитель оптического потока – кассета или турель со светофильтрами и непрозрачный экран. Световые потоки отличаются между собой (при одинаковых светофильтрах в каждом канале) не более чем на 10%, а их уровень задается от порогового потока ФП ( $\Phi_{\text{п}}$ ) до  $\Phi_{\text{max}} = 10^8 \Phi_{\text{п}}$  (при максимальной освещенности, создаваемой осветителем в плоскости фоточувствительного элемента ФП,  $5 \cdot 10^5$  лк).

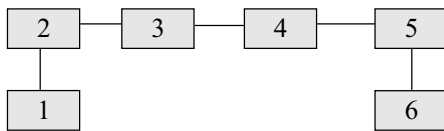


Рис. 1. Схема установки для измерения динамического диапазона

Структурная схема установки для измерения динамического диапазона фотоприемников изображена на рис. 1. Здесь 1 — блок питания осветителя (Б5-21); 2 — ампервольтметр (М2015); 3 — осветитель; 4 — фотоприемник; 5 — преобразователь "ток—напряжение" (ППТН-1); 6 — вольтметр универсальный (В7-23).

Конструкция осветителя обеспечивает крепление ФП на выходном окне осветителя так, что его фото-

чувствительный элемент находится в плоскости формирования световых зондов и исключает влияние рассеянного света и сторонних источников излучения.

Измерения проводятся следующим образом.

После выхода установки на рабочий режим устанавливается ноль на выходе ППТН-1. При помощи светофильтров и режима питания источников излучения устанавливается уровень потоков (в каждом канале отдельно), который создает на выходе ФП фототок  $I_{\text{ф}}$ , превышающий темновой  $I_{\text{т}}$  в 5—10 раз (для ФП, работающих в фотогальваническом режиме, значение  $I_{\text{т}}$  берется из паспорта на данный ФП).

Освещая ФП потоками излучения каждого канала поочередно и одновременно, измеряют соответственно фотосигналы  $I_1'$ ,  $I_1''$  и  $I_1$ . Поскольку фотоприемник должен быть линейным преобразователем, то сумма значений сигналов  $I_1' + I_1''$  должна быть равной значению  $I_1$ . Отклонение от этого равенства — это нелинейность энергетической характеристики  $\delta_E$  на данном участке изменения световых потоков, которая определяется по формуле

$$\delta_E = \frac{(I_1' + I_1'') - I_1}{I_1' + I_1''} \cdot 100\% \quad (1)$$

Если нелинейность энергетической характеристики не превышает значения нелинейности, заданной в нормативной документации на ФП (ТУ, ТЗ и т. п.), потоки в каждом канале устанавливаются равными величине суммарного потока. Поскольку величина фототока пропорциональна потоку излучения, достаточно установить фототок  $I_2' (I_2'') = I_1$ .

Для уменьшения ошибки измерения чувствительность ППТН-1 выбирается такой, при которой измеряемые величины фотосигнала имели бы не меньше четырех значащих цифр.

В дальнейшем измерения и расчеты нелинейности энергетической характеристики проводятся аналогично вышеприведенным с установлением потоков в каждом канале приблизительно равными величине потока, образованного обоими каналами при предыдущем измерении.

Если величина нелинейности энергетической характеристики при одном из измерений выходит за пределы допустимого значения, заданного в нормативной документации на ФП, изменением режима питания осветителя устанавливаются такие световые потоки, при которых эта величина достигнет этого

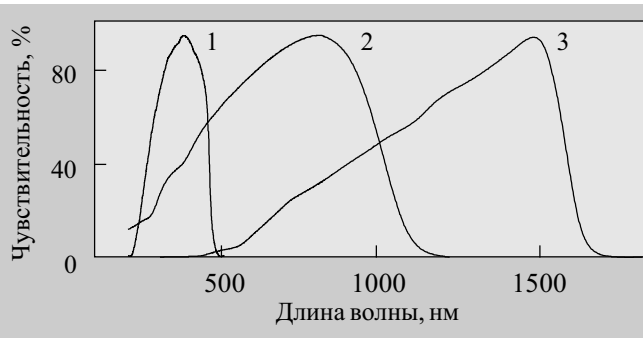


Рис. 2. Спектральные характеристики фотодиодов на основе фосфида галлия (1), кремния (2) и германия (3)

Таблица 2  
Результаты измерений динамического диапазона

Номер ФП	Динамический диапазон, раз		
	Si	Ge	GaP
1	$2,1 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^6$
2	$1,2 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^6$
3	$4,1 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^7$
4	$1,0 \cdot 10^8$	$2,1 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^5$
5	$3,1 \cdot 10^6$	$3,2 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^6$

ППТН-1. Поскольку фактические значения этих составляющих не превышают 0,6% [2, 3], то общая относительная погрешность не выходит за пределы  $\pm 1\%$ .

Для проведения измерений динамического диапазона согласно вышеприведенной методике были произвольно выбраны по пять фотоприемников с одинаковой площадью фоточувствительных элементов (1 см<sup>2</sup>), но с разными спектральными характеристиками (спектральные характеристики чувствительности показаны на рис. 2). Результаты измерений приведены в табл. 1 и 2.

Как показывают результаты измерений, настоящая методика позволяет достаточно точно определить энергетическую характеристику (динамический диапазон) фотоприемника и разбраковать по этому параметру фотоприемники, чувствительные в спектральном диапазоне излучения ламп накаливания. Следует отметить, что универсальность методики позволяет ее применение не только для полупроводниковых, но и для других типов фотоприемников.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Гуревич М. М. Фотометрия (теория, методы и приборы).— Л.: Энергоатомиздат, 1983.
2. Бутенко В. К., Годованюк В. М., Докторович І. В. Установка для вимірювання динамічного діапазону фотоприймачів // Наук. вісник ЧНУ. Вип. 112: Фізика. Електроніка.— Чернівці: ЧНУ, 2001.— С. 67—70.
3. Бутенко В. К., Годованюк В. М., Докторович І. В. Прецизійний перетворювач струм—напруга // Наук. вісник ЧНУ. Вип. 102: Фізика. Електроніка.— Чернівці: ЧНУ, 2001.— С. 84—85.

Таблица 1

Результаты измерений нелинейности энергетической характеристики

Материал ФП	Номер ФП	Нелинейность энергетической характеристики, %							
		$10\Phi_n$	$10^2\Phi_n$	$10^3\Phi_n$	$10^4\Phi_n$	$10^5\Phi_n$	$10^6\Phi_n$	$10^7\Phi_n$	$10^8\Phi_n$
Si	1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,6	1,0
	2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,8	4,8
	3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,5	2,1	32
	4	0,4	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,5
	5	0,2	0,1	0,3	0,2	0,4	0,9	15	—
Ge	1	0,3	0,3	3,0	32	—	—	—	—
	2	0,2	0,4	0,3	2,1	27	—	—	—
	3	0,1	0,3	0,2	1,3	18	—	—	—
	4	0,4	0,3	1,8	24	—	—	—	—
	5	0,5	0,3	0,4	6,2	31	—	—	—
GaP	1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,4	1,6	11,2
	2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,4	0,9	8,7	—
	3	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	1,8
	4	0,2	0,1	0,3	0,2	0,4	1,2	16,5	—
	5	0,1	0,1	0,2	0,4	0,2	1,0	4,2	—

значения. Этот уровень является критическим уровнем потока ( $\Phi_{крит}$ ).

Измерив величину фототока  $I_{max}$  при  $\Phi_{крит}$ , определяют динамический диапазон ФП ( $d$ ) по формуле

$$d = \frac{I_{max}}{I_1} \quad (2)$$

Величина относительной ошибки измерения динамического диапазона определяется нестабильностью потока излучения и ошибкой преобразования

в портфеле редакции

в портфеле редакции

в портфеле редакции

в портфеле редакции

в портфеле редакции

в портфеле редакции

- СВЧ полевые транзисторы средней мощности миллиметрового диапазона длин волн. А. В. Иващук, В. И. Босый, В. Н. Ковальчук (Украина, г. Киев)
- Расчет оптимальных размеров квантовых точек InSb в матрице GaSb для термофотовольтаических преобразователей. Е. В. Андропова, Е. А. Баганов, А. Ю. Далечин, А. Ю. Карманный (Украина, г. Херсон)
- Математическая постановка задачи автоматизированного структурно-параметрического синтеза компоновочной схемы БНК РЭС. А. С. Кондрашов, В. И. Шелест (Россия, г. Санкт-Петербург)
- Фотодиоды на основе моноселенидов индия и галлия. З. Д. Ковалюк, В. П. Махний, А. И. Янчук (Украина, г. Черновцы)
- Установка толстослойного анодирования алюминия. В. А. Сокол, Е. П. Игнашев (Беларусь, г. Минск)

в портфеле редакции

в портфеле редакции

в портфеле редакции

в портфеле редакции

в портфеле редакции

в портфеле редакции