

УДК 621.383.525

О сохраняемости параметров неохлаждаемых фотодиодов и фотоприемных устройств для спектрального диапазона 1,8–2,4 мкм

В.В. Гаврушко, С.Г. Кузюков., Ю.Н. Прошкин., А.А. Сапожников, А.М. Чупраков

Приведены результаты исследований фотоэлектрических параметров неохлаждаемых фотодиодов и ФПУ на спектральный диапазон 1,8–2,4 мкм в течение длительного срока хранения. Установлено, что нестабильность в течение десяти лет хранения при нормальных климатических условиях без создания в зоне хранения газовой среды специально-го состава лежит в пределах норм точности измерения этих параметров.

PACS: 85.60.DW, 85.60.Gz, 42.79.PW

Ключевые слова: фотодиод, фотоприемное устройство, ФПУ, обратный ток, обнаружительная способность, токовая чувствительность, сохраняемость

Введение

Сохраняемость является одной из важнейших характеристик фотоприемников, которая отражает свойство поддерживать в течение заданного времени требуемые параметры изделия. Сохраняемость, в основном, связана с изменением физико-химических свойств изделий в процессе длительного воздействия окружающей среды. Учитывая необходимость обеспечивать длительные средние сроки сохраняемости фотоприемников, которые могут составлять 10 и более лет, возникает проблема их инструментального подтверждения. Для сокращения времени оценки предлагаются различные методы ускоренных испытаний, которые уменьшают длительность испытаний [1–3]. Однако наиболее достоверными следует считать прямые методы, основанные на реально используемых сроках. Авторы в течение длительного времени работали с неохлаждаемыми фотоприемниками на основе твердого полупроводникового раствора $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{Sb}_{1-y}$ для спектрального диапазона 1,8–2,4 мкм, а также с ФПУ на основе этого материала. В настоящей публикации приведены многолетние наблюдения за рядом важнейших параметров фотоприемников.

Гаврушко Валерий Владимирович, зав. кафедрой. Новгородский государственный университет. Россия, 173003, Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, 41.

Тел.: 8–911–609–75–86.

E-mail: Valery.Gavrushko@novsu.ru

Кузюков Станислав Григорьевич, начальник КБ.

Прошкин Юрий Николаевич, начальник отдела.

ОАО «МЗ Сапфир».

Сапожников Александр Андреевич, главный инженер. ООО «ФОТЭК».

Чупраков Анатолий Мартимьянович, помощник директора. ОАО «ЛОМО».

Статья поступила в редакцию 15 октября 2013 г.

© Гаврушко В.В., Кузюков С.Г., Прошкин Ю.Н., Сапожников А.А., Чупраков А.М., 2013

Цель данной работы — исследование сохраняемости основных параметров неохлаждаемых гетероэпитаксиальных фотодиодов и ФПУ спектрального диапазона 1,8–2,4 мкм в течение длительного времени хранения.

Эксперимент

Для формирования гетероэпитаксиальной системы $n\text{-GaSb}$ (подложка) — $n\text{-p-In}_{0,24}\text{Ga}_{0,76}\text{As}_{0,22}\text{Sb}_{0,78}$ — $p\text{-GaSb}$ была использована технология жидкофазной эпитаксии. Состав твердого раствора являлся предельным для используемого технологического метода и определялся областью несмешиваемости в системе In-Ga-As-Sb . Длинноволновая граница чувствительности эпитаксиального слоя достигала 2,4 мкм. Разработаны технологические режимы, позволяющие при толщинах 2–3 мкм обеспечить рассогласование периодов решетки эпитаксиальных слоев и подложки с относительной точностью не хуже $1 \cdot 10^{-3}$. Граничная концентрация подвижных носителей заряда в 4-х компонентном слое находилась на уровне $(5\text{--}10) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Фотодиоды получены методом мезотехнологии с защитой поверхности стабилизирующим окислом. Коротковолновая граница чувствительности ФПУ определялась фильтром из просветленного германия, выполняющим одновременно функцию входного окна, и составляла 1,8 мкм.

Для реализации высокой пороговой чувствительности было изготовлено ФПУ, где в едином корпусе располагались фотодиод и предварительный усилитель [4]. Предварительный усилитель ФПУ был выполнен с использованием тонкопленочной технологии по схеме трансимпендансного усилителя на основе бескорпусной низкошумящей интегральной схемы 740УД17А. Один из наиболее важных элементов усилителя — резистор об-

ратной связи — был изготовлен методом вакуумного напыления, что позволило обеспечивать его точность, хорошую термостабильность и низкий уровень избыточных шумов. Дополнительным преимуществом ФПУ являлась защита фотодиода от воздействия статического электричества. Наличие даже небольших статических зарядов, появление которых возможно при монтаже изделий, оказывалось губительным для фотодиодов из-за небольших пробивных напряжений.

На рисунке приведена типичная зависимость обратного тока одного из фотодиодов от времени хранения в нормальных климатических условиях. Ток измерялся при обратном напряжении 0,7 В, которое несколько превышало контактную разность потенциалов, но было значительно меньшим напряжения пробоя. Диаметр фоточувствительной площадки составлял 0,9 мм.

Величина обратного тока является одним из важнейших параметров, отражающих качество фотодиода и наиболее чувствительно реагирующая на деградацию прибора. Как видно, со временем обратный ток имел отклонения от средней величины на 10–20%, что можно связать с колебаниями температуры окружающей среды во время измерений.

Поскольку со временем хранения могут меняться параметры не только фотодиодов, но и параметры усилителя, то испытаниям на сохраняемость были подвергнута опытная партия ФПУ. Была исследована партия из 15 ФПУ после проведения на них полного комплекса предварительных испытаний. Как и для фотодиодов, хранение осуществлялось в нормальных климатических условиях (условия хранения 1 (Л) по ГОСТ 15150–69) без создания в зоне хранения газовой среды специального состава. ФПУ при комнатной температуре имели интегральную вольтовую чувствительность к излучению АЧТ 800 К не менее $3 \cdot 10^4$ В/Вт и обладали удельной обнаружительной способностью не ниже $9 \cdot 10^8$ Вт⁻¹·см·Гц^{1/2}.

Исходные значения фотоэлектрических параметров ФПУ и их значения после десяти лет хранения приведены в таблице.

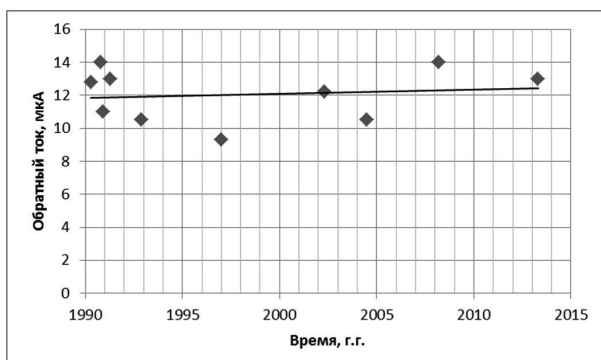


Рис. Зависимость обратного тока фотодиода от времени хранения.

Таблица

Значение фотоэлектрических параметров неохлаждаемых ФПУ спектрального диапазона 1,8–2,4 мкм

№ ФПУ	Исходные значения		После десяти лет хранения	
	$S_u \cdot 10^3$, В/Вт	$D^* \cdot 10^8$, Вт ⁻¹ ·см·Гц ^{1/2}	$S_u \cdot 10^3$, В/Вт	$D^* \cdot 10^8$, Вт ⁻¹ ·см·Гц ^{1/2}
1	31,8	10,1	32	10,0
2	36,1	11,6	36	11,5
3	38,7	12,4	39	12,6
4	37,0	11,8	38	11,9
5	40,4	11,9	39	12,3
6	33,5	9,9	33	10,6
7	32,7	9,6	33	10,0
8	37,0	10,9	38	11,4
9	40,4	13,0	41	12,8
10	39,6	11,7	40	12,4
11	38,7	11,4	39	12,2
12	36,1	10,6	35	11,2
13	32,7	10,5	33	10,2
14	37,8	12,1	38	12,1
15	34,4	11,0	34	10,8

Среднее относительное изменение интегральной вольтовой чувствительности ФПУ составило 0,2% при СКО 1,8%, а среднее относительное изменение удельной обнаружительной способности — 2,2% при СКО 3,4%.

В соответствии с ГОСТ 17772–88 с доверительной вероятностью 0,95 погрешность измерений интегральной вольтовой чувствительности не превышает 13%, а удельной обнаружительной способности — 14%. Таким образом, относительное изменение параметров фотоприемных устройств в течение десяти лет их хранения лежит в пределах норм точности измерения этих параметров.

Заключение

Нестабильность фотоэлектрических параметров неохлаждаемых ФПУ на спектральный диапазон 1,8–2,4 мкм в течение десяти лет хранения при нормальных климатических условиях без создания в зоне хранения газовой среды специального состава лежит в пределах норм точности измерения этих параметров.

Литература

1. Бурлаков И. Д., Болтарь К.О., Патрашин А.И. и др. // Патент № 2399988, 2006 г. Способ испытания сохраняемости ИК многоэлементного фотоприемного устройства.
2. Бурлаков И.Д., Болтарь К.О., Патрашин А.И. и др. // Прикладная физика. 2009. № 4. С. 119
3. Пономаренко В.П., Трошкин Ю.С., Филатов А.В. // Прикладная физика. 2007. № 5. С. 71
4. Андреева Т.В., Гаврушко В.В., Кузюков С.Г. и др. // Прикладная физика. 2005. № 2. С. 75

Persistence of settings and uncooled photodetector devices and photodiodes for 1.8–2.4 μm spectral range

V.V. Gavruško, S.G. Kuzyukov, Y.N. Proshkin, A.A. Sapozhnikov, and A.M. Chuprakov

Novgorod State University
41 Great St. Petersburg str., Velikiy Novgorod, 173003, Russia
E-mail: Valery.Gavrushko@novsu.ru

Results of research on the photovoltaic parameters of uncooled photodiodes and FPA at 1.8–2.4 μm spectral range for a long period of storage. Established that instability in storage for 10 years under normal climatic conditions without creating the storage area of the special composition of the gas environment is within the norms of the measurement accuracy of these parameters.

PACS: 85.60 DW., Gz 85.60.by 42.79.PW

Keywords: photodiode, photodetector device, reverse current, detectivity, current sensitivity, persistence.

Bibliography — 4 references

Received October 15, 2013