

УДК 006.011, 681.7.08

DOI: 10.51368/1996-0948-2023-4-61-65

EDN: ТКСQYM

PACS: 85.60.Gz



Фотоприемники и фотоприемные устройства: термины и определения. Нововведения

*А. В. Полесский, И. Д. Бурлаков, К. О. Болтарь, К. А. Хамидуллин,
Н. А. Семенченко, С. В. Корнилов*

Представлены результаты классификации фотоприемных устройств и фотоприемников. Описаны разделения фотоприемных устройств и фотоприемников по поколениям. Предложен термин для более высокой степени интеграции фотоприемного устройства с блоком электронной обработки. Введены новые актуальные термины и определения для более точной квалификации фотоприемников.

Ключевые слова: фотоприемное устройство, фотоприемник, термины и определения, разделения, фотоприемный модуль, поколения ФПУ, актуализация.

Введение

Согласно мировой классификации [1, 2] к фотоприемникам (ФП) и фотоприемным устройствам (ФПУ) первого поколения относятся одно и малоэлементные ФП и ФПУ с или без гибридных схем обработки и усиления, выполненные на основе дискретных элементов. К ФПУ второго поколения относятся приборы с топологией в виде линеек (в том числе с ВЗН) и матриц состыкованные с большими интегральными схемами считывания. К ФПУ третьего поколения – многоцвет-

ные ФПУ или ФПУ со специализированными дополнительными функциями, например с возможностью измерения расстояния в каждом пикселе.

Этапы разработок полупроводниковых ФП и ФПУ различных поколений за рубежом представлены на рисунке 1. В России разработка ФПУ второго поколения начата в 1990-х годах, а первый ФПУ третьего поколения создан в 2015 г., вместе с тем нормативная база последний раз пересматривалась в 1983 г. (рис. 2) [3].

Полесский Алексей Викторович^{1,2}, главный конструктор по НИОКР, к.т.н.

E-mail: av22236@bk.ru

Бурлаков Игорь Дмитриевич^{1,2}, зам. ген. директора по инновациям и науке, профессор, д.т.н.

Болтарь Константин Олегович^{1,3}, начальник НТК, профессор, д.ф.-м.н.

Хамидуллин Камиль Алиевич¹, начальник отдела ОЭП и КИА.

Семенченко Наталья Александровна¹, инженер I кат.

Корнилов Сергей Владимирович⁴, в.н.с., доцент, к.т.н.

E-mail: kornilov@vniir-m.ru

¹ АО «НПО «Орион».

Россия, 111538, Москва, ул. Косинская, 9.

² МИРЭА – Российский технологический университет.

Россия, 119454, Москва, пр-т Вернадского, 78.

³ Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет).

Россия, 141701, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., 9.

⁴ ФГБУ «ВНИИР» – Всероссийский научно-исследовательский институт радиоэлектроники.

Россия, 141002, Московская обл., г. Мытищи, ул. Колпакова, 2а.

Статья поступила в редакцию 14.06.2023

Принята к публикации 28.06.2023

© Полесский А. В., Бурлаков И. Д., Болтарь К. О., Хамидуллин К. А., Семенченко Н. А., Корнилов С. В., 2023

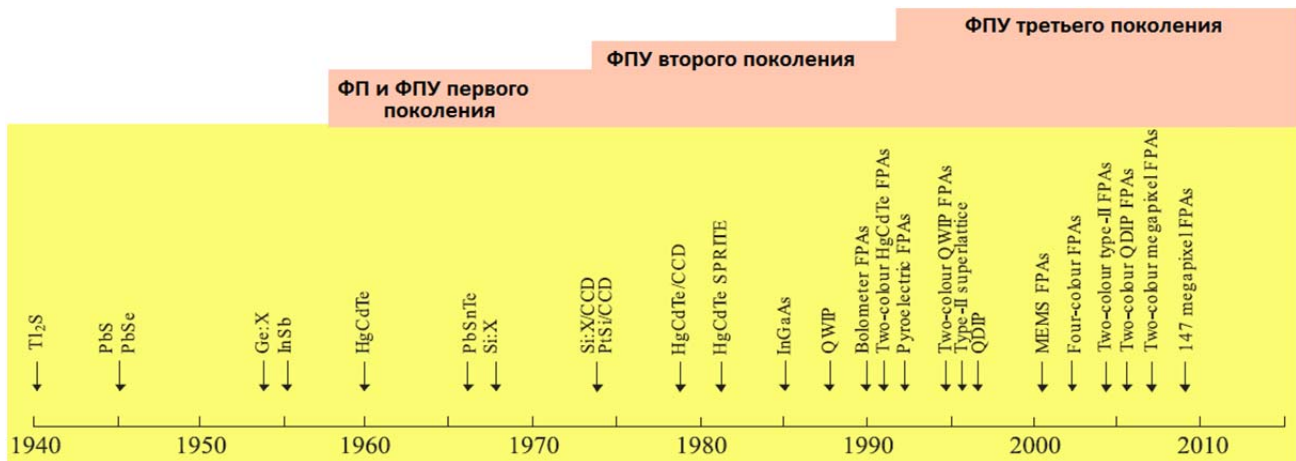


Рис. 1. Этапы разработок полупроводниковых ФП и ФПУ за рубежом



Рис. 2. Фотоприемные устройства различных поколений: а) – ФПУ первого поколения одноэлементное на основе кремния ФУО156; б) – ФПУ второго поколения на основе КРТ формата 4×288 ФЭМ10М – ФПУ третьего поколения на основе InGaAs формата 320×256 с возможностью измерения дальности в каждом пикселе ФЭМ28М; в) – ФПУ третьего поколения на основе InGaAs формата 320×256 с возможностью измерения дальности в каждом пикселе ФЭМ28М

С целью нивелирования отставания ГНЦ РФ АО «НПО «Орион» совместно с Техническим комитетом по стандартизации ТК 296 «Оптика и фотоника» провели доработку и актуализацию [4] ГОСТ 21934-83 «Приемники излучения полупроводниковые фотоэлектрические и фотоприемные устройства. Термины и определения».

Разделение ФПУ на поколения

Введённый 1.03.2022 г. ГОСТ Р 59605-2021 «Оптика и фотоника. Приемники излучения полупроводниковые. Фотоэлектрические и фотоприемные устройства. Термины и определения» [5], устанавливает применяемые в науке, технике и производстве термины и определения фотоэлектрических полупровод-

никовых приемников излучения и ФПУ, а также термины, определения и буквенные обозначения фотоэлектрических параметров и характеристик.

В стандарте впервые введено разделение ФПУ на поколения:

- к ФПУ первого поколения относятся ФПУ, не включающие в состав большую интегральную схему считывания (БИС считывания); также этим термином обозначаются и не гибридные ФПУ, не включающие в состав БИС считывания;

- к ФПУ второго поколения относятся ФПУ с БИС считывания, имеющие формат до 1280×1024, каждый пиксель которого передает только информацию об уровне собственной облученности в одном спектральном диапазоне;

– к ФПУ третьего поколения относятся ФПУ с БИС считывания, обладающие одним из следующих свойств: формат более 1280×1024, но менее 1920×1080; возможность раздельного приема пикселем излучения в двух и более спектральных диапазонах; возможность измерения временной задержки прихода сигнала в каждом пикселе, аналого-цифровое преобразование непосредственно в элементе БИС считывания и т. д.;

– к ФПУ четвертого поколения относятся ФПУ с БИС считывания, имеющие формат более 1920×1080 или обладающие двумя или более свойствами, присущими ФПУ третьего поколения (кроме формата).

Для многоэлементных ФПУ с внутренней коммутацией введено дополнительное разделение на матричные и линейные:

– у матричного ФПУ фоточувствительные элементы сформированы в двухмерный массив, число элементов которого по одной из двух осей в плоскости матрицы не превышает линейный размер и число элементов по другой оси более чем в 10 раз;

– у линейного ФПУ фоточувствительные элементы сформированы в двухмерный массив, число элементов которого по одной из двух осей в плоскости матрицы превышает линейный размер и число элементов по другой оси более чем в 10 раз.

Введена более высокая степень интеграции ФПУ с блоком электронной обработки. Фотоприемный модуль – это прибор, содержащий в составе ФПУ и блок электронной обработки, осуществляющий обработку сигналов и их выдачу по промышленному или иному интерфейсу, при этом фотоприемный модуль, работающий в качестве тепловизора, допускается называть «модуль формирования тепловизионного видеосигнала» и допускается

применять термин «фотоприемный модуль на основе ФПУ X поколения», что означает фотоприемный модуль, содержащий в составе ФПУ X поколения. В буквенном обозначении вместо «X» следует указывать буквенное обозначение или цифру, обозначающую соответствующее поколение ФПУ.

Термины и определения

Введены актуальные термины и определения, такие как:

- режим временной задержки накопления;
- большая интегральная схема считывания (БИС считывания);
- дефектный элемент, который повсеместно используется для ФПУ второго и последующих поколений;
- эквивалентная шуму разность температур (ЭШРТ);
- сигнальная характеристика для ФПУ второго и последующих поколений, использующих накопление фототока в ячейке;
- время накопления (экспозиции);
- время задержки фотоотклика при формировании изображения.

Для ФПУ второго и третьего поколений все параметры и характеристики должны быть описаны с использованием статистических терминов: под любым параметром ФПУ понимается среднее значение параметра по недефектным элементам, под разбросом понимается среднеквадратическое отклонение параметра ФПУ, рассчитанное по недефектным элементам. Система основных фотоэлектрических параметров ФПУ второго и последующих поколений согласно [5] приведена в таблице.

Таблица

Система фотоэлектрических параметров ФПУ второго поколения и последующих поколений согласно ГОСТ Р 59605-2021

Параметр	ФПУ второго поколения		
	Одиночный ФЧЭ	Среднее значение	Разброс
Значение шума (при заданном оптическом сигнале)	да	да	да
Значение сигнала (при заданном оптическом потоке)	да	да	да
Измерение динамического диапазона по:	выходному сигналу	да	нет
	сигнальной характеристике	да	да
	энергетической характеристике	да	да

Окончание таблицы

Параметр	ФПУ второго поколения		
	Одиночный ФЧЭ	Среднее значение	Разброс
Относительная спектральная характеристика чувствительности	да	в заданной области	нет
ЭШРТ	да	да	да
Коэффициент фотоэлектрической связи	да	нет	нет
Эффективный размер фоточувствительной площадки	да	нет	нет
Пороговый поток и пороговая освещенность	да	да	да
Вольтовая чувствительность и ее разброс	да	да	да
Удельная обнаружительная способность	да	да	да

Заключение

Введение 1.03.2022 г. ГОСТ Р 59605-2021 в действие позволило обеспечить на территории России формирование единой системы параметров ФПУ второго поколений и последующих поколений, и ввести недостающие термины и определения, тем самым ликвидировать отставание нормативной базы Российской Федерации, как от зарубежного уровня, так и от требований текущего уровня развития науки и производства в России в области фотоприемников и фотоприемных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rogalski A. / Opto-electronics REVIEW. 2012. Vol. 20. № 3. P. 279–308.
2. Rogalski A. / Progress in Quantum Electronics. 2003. Vol. 27. № 2–3. P. 59–210.
3. Сайт АО «НПО «Орион» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.orion-ir.ru/> (дата обращения: 11.05.2023).
4. ГОСТ 21934-83 Межгосударственный стандарт Приемники излучения полупроводниковые фотоэлектрические и фотоприемные устройства. Термины и определения. – М., 1983. – 37 с.
5. ГОСТ Р 59605-2021 Национальный стандарт Российской Федерации. Оптика и фотоника. Приемники излучения полупроводниковые, фотоэлектрические и фотоприемные устройства. Термины и определения – М.: Москва, Российский институт стандартизации. 2021. – 41 с.

PACS: 85.60.Gz

Photodetectors and photodetector devices: terms and definitions. Innovations

A. V. Polesskiy^{1,2}, I. D. Burlakov^{1,2}, K. O. Boltar^{1,3}, K. A. Khamidullin¹, N. A. Semchenko¹ and S. V. Kornilov⁴

¹ Orion R&P Association, JSC
9 Kosinskaya st., Moscow, 111538, Russia
E-mail: av22236@bk.ru

² MIREA – Russian Technological University
78 Vernadsky Ave., Moscow, 119454, Russia

³ Moscow Institute of Physics and Technology
9 Institutskiy per., Dolgoprudny, Moscow Region, 141701, Russia

⁴ FSUE «MNIIRE»
2a Kolpakova st., Mytishi, 141002, Russia
E-mail: kornilov@vniir-m.ru

Received 14.06.2023; accepted 28.06.2023

This article is devoted to the results in classification of photodetectors and photodetector devices. Classification of photodetectors and photodetector devices by generations is described. A term is given for a high level of photodetector's integration with the electronic processing unit. Actual terms and definitions are introduced.

Keywords: photodetector device, photodetector, terms and definitions, divisions, photodetector module, PDD generations, updating.

DOI: 10.51368/1996-0948-2023-4-61-65

REFERENCES

1. Rogalski A., Opto-electronics REVIEW **20** (3), 279–308 (2012).
2. Rogalski A., Progress in Quantum Electronics **27** (2–3), 59–210 (2003).
3. Website of Orion Research-and-Production Association, Inc. URL: <https://www.orion-ir.ru/> (date of the application: 11.05.2023).
4. GOST 21934-83 Interstate standard. Semiconducting photoelectric detectors and receiving photoelectric devices. Terms, and definitions – 37 p.
5. GOST R 59605-2021 National standard of the Russian Federation. Optics and photonics. Semiconducting photoelectric detectors. Photoelectric and photoreceiving devices. Terms and definitions, Moscow, Russian Institute for Standardization, 2021. – 41 p.