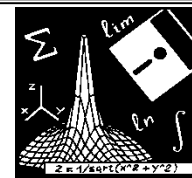


ЭЛЕКТРОНИКА



УДК 621.382.4

DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2020.5\(121\).5-7](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2020.5(121).5-7)ФОТОПРИЕМНИК ДЛЯ СИСТЕМЫ КРУГОВОГО ОБЗОРА
НА СПЕКТРАЛЬНЫЙ ДИАПАЗОН 0,7 ... 1,9 МКМ

В.В.Гаврушко, А.С.Ионов*, А.А.Сапожников

PHOTODETECTOR FOR THE ALL-ROUND VIEW SYSTEM
FOR THE SPECTRAL RANGE OF 0.7 ... 1.9 MICRONS

V.V.Gavrushko, A.C.Ionov*, A.A.Sapozhnikov

*Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, Gavrushko@mail.natm.ru***ОАО «ОКБ-Планета», Великий Новгород, Ionovas@okbplaneta.ru*

Приводятся сведения о конструкции и технологии фотоприемника. Приемник состоит из 64 идентичных каналов. Каждый канал предназначен для обзора пространства с углом места 45° и азимутом 6° . Чувствительные элементы представляли собой германиевые фотодиоды. Для получения p - n переходов проводилась диффузия As по планарной технологии. Приемные площадки имели размеры $1,5 \times 10 \text{ мм}^2$. Диапазон спектральной чувствительности составил 0,7...1,9 мкм. Коротковолновая граница формировалась фильтром, выполненным из арсенида галлия. Токовая чувствительность для источника типа «А» составила 105 нА/лк. Постоянная времени фотоприемника — 0,6 мкс. Обнаружительная способность для АЧТ 1273 К достигала $2 \cdot 10^9 \text{ Вт}^{-1} \cdot \text{см} \cdot \text{Гц}^{1/2}$. Конструкция фотоприемника обеспечивала высокие допустимые фоновые нагрузки до 100 000 Лк.

Ключевые слова: фотоприемник, германий, спектральная чувствительность, обнаружительная способность

Для цитирования: Гаврушко В.В., Ионов А.С., Сапожников А.А. Фотоприемник для системы кругового обзора на спектральный диапазон 0,7 ... 1,9 мкм // Вестник НовГУ. Сер.: Технические науки. 2020. №5(121). С.5-7. DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2020.5\(121\).5-7](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2020.5(121).5-7).

The receiver consists of 64 identical channels. Each channel is designed for viewing space with an angle of 45° and an azimuth of 6° . Information about the design and technology of the photodetector is provided. The sensitive elements were germanium photodiodes. To obtain p - n transitions, As diffusion was performed using planar technology. The receiving platforms were $1.5 \times 10 \text{ mm}^2$ in size. The spectral sensitivity range was 0.7 ... 1.9 microns. The short-wave boundary was formed by a filter made of gallium arsenide. The current sensitivity for the 'A' type source was 105 nA / Lux. The time constant of the photodetector is 0.6 microseconds. The detectivity for the 1273 K aft was $2 \cdot 10^9 \text{ W}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}$. The design of the photodetector provided high permissible background loads up to 100.000 Lux.

Keywords: photodetector, germanium, spectral sensitivity, detectivity

For citation: Gavrushko V.V., Ionov A.C., Sapozhnikov A.A. Photodetector for the all-round view system for the spectral range of 0.7 ... 1.9 microns // Vestnik NovSU. Issue: Engineering Sciences. 2020. №5(121). P.5-7 DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2020.5\(121\).5-7](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2020.5(121).5-7).

Введение

В течение продолжительного времени наблюдается стабильный интерес к развитию систем оптоэлектронного обнаружения воздушных целей [1-3]. Важнейшими требованиями к таким системам являются высокая обнаружительная способность оптических сигналов и малое значение постоянной времени. Для систем кругового обзора оптимальным вариантом реализации этих требований является создание многоканальных фотоприемных устройств (ФПУ). В этом случае к топологии фотоприемников предъявляются специфические требования, связанные с большими размерами и формой приемных площадок, позволяющих формировать заданное поле обзора системы. В настоящей работе представлены результа-

ты по исследованию и разработке приемника оптических сигналов, который может явиться основой для построения системы кругового обзора, способной регистрировать и определять направление импульсных сигналов в ближней ИК области спектра.

Конструкция и технология фотоприемника

Фотоприемник состоит из 64 идентичных каналов, каждый из которых рассчитан на обзор части пространства с углом места 45° и азимутом 6° . Фоточувствительные элементы выполнены на основе германия, свойства которого обеспечивали получение заданной длинноволновой границы чувствительности. Коротковолновая граница формировалась фильтром. Учитывая требования к необходимости получения приемных площадок с большими размерами, в качестве базовой

была выбрана планарная технология. При выполнении работы рассматривался ряд вариантов реализации фотоприемников, отличающихся топологией чувствительного элемента, конструкцией корпуса, типом оптического фильтра, технологическими режимами. Как оптимальная, была выбрана конструкция фотоприемника, приведенная на рис.1. Корпус (1) выполнен из ковара, термический коэффициент линейного расширения которого согласован с коэффициентами расширения других элементов фотоприемника. Германиевый фоточувствительный диод (3) напаялся индием на слой металлизации, нанесенной на одну из сторон ситалловой пластины (2). Учитывая большие фоновые токи, которые при освещении прямыми солнечными лучами могли достигать нескольких миллиампер, было принято решение не делать одного общего для всех каналов вывода, что должно было снизить электрическую связь между элементами. В связи с этим каждый фотодиод снабжался двумя индивидуальными выводами (4). Торцы фрезерованного коварового корпуса герметизировались керамическими заглушками (5). Выводы (4) укладывались в паз и заливались эпоксидной смолой. В качестве входного окна использован оптический фильтр (6), выполненный из тонкой пластинки полупрозрачного арсенида галлия, который формировал левую границу фоточувствительности. Технологические отверстия (7) предназначались для фиксации отдельных элементов при сборке ФПУ.

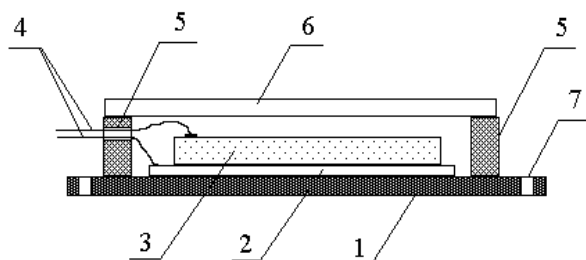


Рис.1. Конструкция элемента фотоприемника

Процесс изготовления планарного фотодиода включал в себя следующие основные операции. На исходных пластинах германия марки ГДГ-3 создавались фоточувствительные области диффузией мышьяка через окна в маскирующем слое SiO_2 толщиной 0,2 мкм. Диффузия проводилась при температуре 710°C на глубину 1,8-2 мкм с поверхностным сопротивлением слоя $R_s = 20$ Ом. Для создания омического контакта к диффузионному слою использовалось напыление алюминия толщиной 0,7 мкм, а к p -слою — напыление на тыльную сторону сплава PbIn20 толщиной 0,4 мкм.

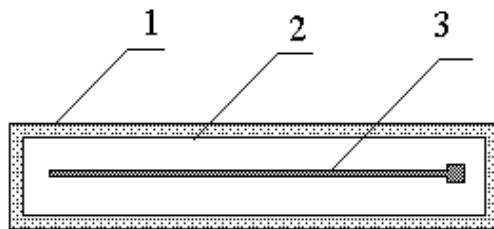


Рис.2. Топология фотодиода. 1 — маскирующее покрытие, 2 — фоточувствительный слой, 3 — контакт

Топология фоточувствительного слоя приведена на рис.2. Ширина контактной полосы (3) составляла 30 мкм, что существенно меньше размеров сфокусированного светового пятна (300 мкм), и при его попадании в центр потери энергии на затенение контактом не превышали 13%. Предлагаемое расположение контактной полосы позволило уменьшить на 15% площадь p - n перехода, что снизило его емкость и величину обратных токов.

Основные характеристики фотоприемника

Распределение относительной спектральной чувствительности фотоприемника приведено на рис.3. Длинноволновая граница определялась краем собственного поглощения германия и составляла 1,9 мкм, а коротковолновая — поглощением в оптическом фильтре и соответствовала 0,7 мкм. Использование оптического фильтра позволило уменьшить фоновые засветки солнечным излучением в 2-3 раза, что чрезвычайно важно при заданных высоких фоновых нагрузках (до 100 000 лк). Темновая вольтамперная характеристика фотоприемника приведена на рис.4. Обратный ток выходил на пологий участок при напряжении 0,5-1 В с величиной порядка 100 мкА. Другие характеристики фотоприемника приведены в таблице.

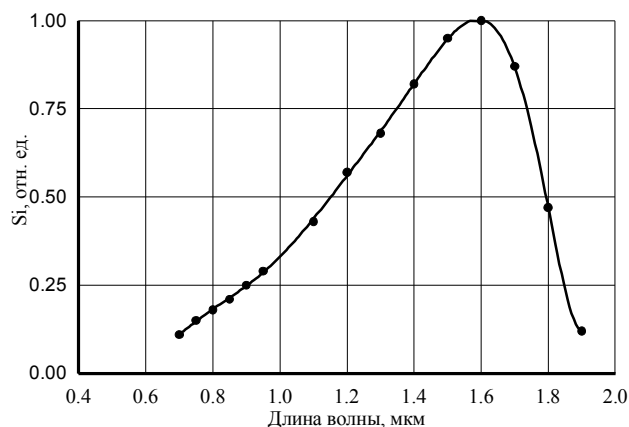


Рис.3. Относительная спектральная характеристика фотоприемника

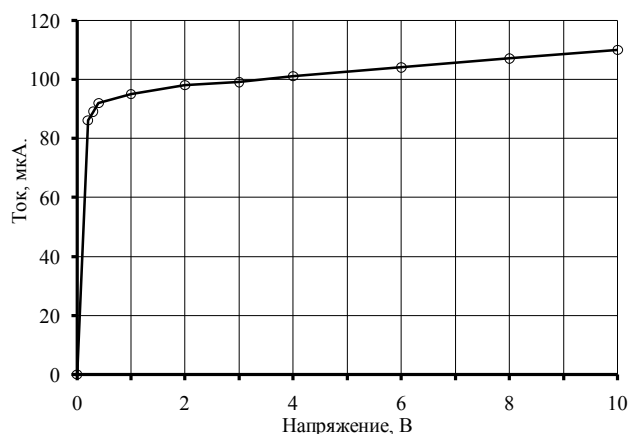


Рис.4. Темновая вольтамперная характеристика фотоприемника

Основные параметры фотоприемника

Параметр	Величина	Примечание
Число каналов	64	
Размеры приемной площадки	1,5×10 мм	
λ'	0,7 мкм	По уровню 0,1
$\lambda_{\max}$	1,6 мкм	
λ''	1,9 мкм	По уровню 0,1
Токовая чувствительность	105 нА/лк	Для источника типа «А»
Обнаружительная способность	$2 \cdot 10^9$ Вт ⁻¹ ·см·Гц ^{1/2}	Для АЧТ 1273 К
Темновой ток	< 0,1 мА	При $U = 1$ В
Барьерная емкость	2400 пФ	При $U = 0$
Постоянная времени	0,6 мкс	Для $\lambda = 0,94$ мкм

Таким образом, разработанный фотоприемник способен обеспечить заданный сектор наблюдения,

обладает высоким быстродействием, хорошей обнаружительной способностью и может быть использован для построения систем кругового обзора.

1. Борисов Е.Г., Евдокимов В.И. Высокоточное оружие и борьба с ним. М.: Лань, 2013. 496 с.
2. Гуменюк Г.А., Евдокимов В.И., Ребриков В.Д. Системы наведения противотанковых ракетных комплексов и противодействие им // Защита и безопасность. 2006. №2(37). С.34-36.
3. Щербак Н. Противодействие зенитным управляемым ракетам с инфракрасным наведением. Современные бортовые средства // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2000. №5(29). С.52-55.

References

1. Borisov E.G., Evdokimov V.I. Vysokotochnoe oruzhie i bor'ba s nim [High-precision weaponry and the fight against it]. Moscow, Lan', 2013.
2. Gumenyuk G.A., Evdokimov V. I., Rebrikov V. D. Sistemy navedeniya protivotankovykh raketnykh kompleksov i protivodeystvie im [Guidance systems for anti-tank missile systems and counteraction to them]. Zashita i bezopasnost', 2006, no. 2 (37), pp. 34-36.
3. Shcherbak N. Protivodeystvie zenitnym upravlyаемym raketam s infrakrasnym navedeni-em. Sovremennye bortovye sredstva [Counteraction to anti-aircraft guided missiles with infrared guidance. Modern onboard equipment]. Elektronika: Nauka, Tekhnologiya, Biznes, 2000, no. 5, pp. 52-55.