

ДВУХСПЕКТРАЛЬНЫЙ ВОСЬМИКАНАЛЬНЫЙ ФОТОПРИЕМНИК ДЛЯ ВИДИМОГО И БЛИЖНЕГО ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА

В.В.Гаврушко, А.С.Ионов*

TWO-SPECTRAL EIGHT-CHANNEL PHOTO RECEIVER FOR VISIBLE AND NEAR INFRARED RANGE

V.V.Gavrushko, A.S.Ionov*

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

Приводятся сведения о разработанном восьмиканальном фотоприемнике на основе германиевых и кремниевых фотодиодов для бортовых систем дистанционного зондирования. Фотоприемник представлял собой две параллельно расположенные четырех элементные линейки фотодиодов. Коротковолновая линейка выполнена на кремниевом чипе, а длинноволновая — на германиевом. Особенностью фотоприемника являлось близкое расположение линеек с зазором, не превышающим 100 мкм. Приемные площадки имели размеры 100×100 мкм². Диапазон спектральной чувствительности составил 0,48-1,03 мкм для коротковолновых каналов и 0,68-1,71 мкм для длинноволновых каналов. Полоса рабочих частот — 0-2·10⁵ Гц.

Ключевые слова: фотоприемник, германий, кремний, линейка фотодиодов, спектральная чувствительность

Для цитирования: Гаврушко В.В., Ионов А.С. Двухспектральный восьмиканальный фотоприемник для видимого и ближнего инфракрасного диапазона // Вестник НовГУ. Сер.: Технические науки. 2021. №2(123). С.14-16. DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.2\(123\).14-16](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.2(123).14-16)

The receiver consists of two-spectral eight-channel photo receiver. The photodetector consisted of two parallel four-element arrays of photodiodes. Short-wavelength photodetectors are made on a silicon chip, and long-wavelength photodetectors are based on a germanium chip. Photodiode strips are located at a distance of 100 microns. The receiving areas were 100 x 100 μm². The spectral sensitivity range was 0.48 - 1.03 μm for shortwave channels and 0.68 - 1.71 μm for long-wavelength channels. Operating frequency band is 0-2·10⁵ Hz.

Keywords: photodetector, germanium, silicon, photodiode array, spectral sensitivity

For citation: Gavrushko V.V., Ionov A.S. Two-spectral eight-channel photo receiver for visible and near infrared range // Vestnik NovSU. Issue: Engineering Sciences. 2021. №2(123). P.14-16. DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.2\(123\).14-16](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.2(123).14-16)

Введение

Бортовые системы дистанционного зондирования Земли, получаемые с помощью летательных аппаратов, находят широкое применение для мониторинга окружающей среды, анализа состояния сельскохозяйственных посевов, картографии, в военной области и т.п. [1-4]. Наряду с широко распространенным использованием матричных многоэлементных фотоприемников для средств бортового видеонаблюдения могут представлять интерес системы с малоформатными матрицами. Бортовые оптоэлектронные системы на основе скоростных малоформатных матриц позволяют обеспечить получение достоверной информации при ограниченном времени обработки данных, а также обладают лучшей устойчивостью к помехам и дестабилизирующим факторам [5]. К ним можно отнести системы с небольшим числом элементов и механической разверткой. При использовании индивидуальных каналов регистрации они способны реализовать наиболее высокую степень однородности пространственной чувствительности. Наличие двух спектральных диапазонов значительно увеличивает информационную насыщенность о наблюдаемых объектах. В настоящей работе приводятся сведения о

разработанном восьмиканальном фотоприемнике на основе германиевых и кремниевых фотодиодов для бортовых систем дистанционного зондирования.

Конструкция и технология фотоприемника

Фотоприемник может быть использован для комплектования ФПУ быстродействующего авиационного оптико-электронного комплекса. Фотоприемник содержит две 4-элементные линейки фотодиодов, расположенные параллельно в одном корпусе. Топология чувствительных элементов приведена на рис.1. Линейка (1) выполнена на кремниевом чипе, а линейка (2) — на германиевом.

Фоточувствительные площадки (3) коротковолнового приемника изготовлены по планарной технологии. В исходный материал КДБ 10 проводилась диффузия бора, а затем через маску SiO₂ диффузия фосфора на глубину 1,2 мкм с поверхностным сопротивлением 15...20 Ом. Поверхность пластины на заключительной стадии диффузии окислялась для уменьшения потерь на отражение. Алюминиевые контактные площадки (4) выполнялись по стандартной технологии. Внешние выводы присоединялись термокомпрессией золотых проволочек диаметром 30 мкм.

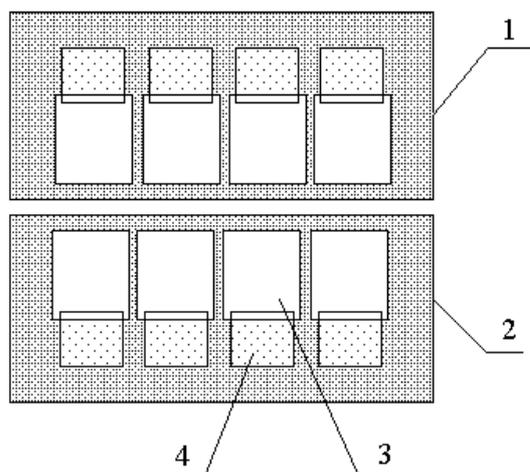


Рис.1. Топология чувствительных элементов

Линейка германиевых фотодиодов также изготовлена по планарной технологии. В исходную пластину *p*-типа ГДГ-5 проводилась диффузия фосфора на глубину 1,5 мкм. Маской служил пиролитический слой SiO₂ толщиной 0,4 мкм.

Особенностью фотоприемника являлось близкое расположение линеек с зазором, не превышающим 100 мкм, что обеспечивалось высоким качеством реза на стыковочной стороне кристалла и разработанной технологией прецизионного совмещения линеек. Близкое расположение площадок позволяет уменьшить временное и пространственное смещение наблюдаемых объектов в процессе сканирования.

Основные характеристики фотоприемника

Спектральная характеристика для кремниевого (1) и германиевого (2) каналов приведена на рис.2. Длинноволновая граница чувствительности первого канала приходится на $\lambda''=1,03$ мкм. Столь малое для кремниевых фотодиодов значение λ'' полезно с целью снижения области перекрытия спектральных характеристик фотоприемников. Сдвиг длинноволновой границы достигался подлегированием исходной пластины бором и формированием встроенного электрического поля, тормозящего неосновные носители заряда в базовой области. Оценка значения эффективной длины диффузии электронов для такой структуры составила всего 21 мкм.

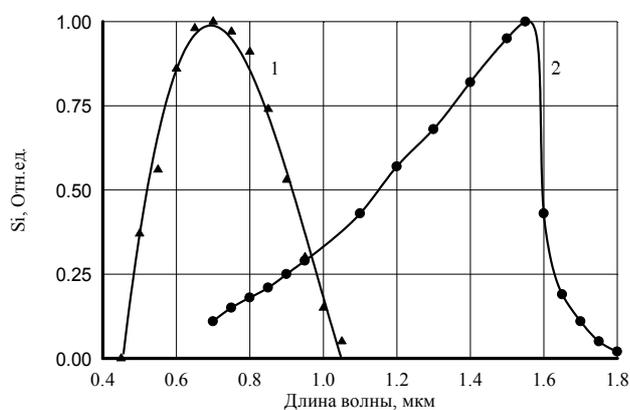


Рис.2. Относительная спектральная чувствительность фотоприемника

Основные параметры разработанного фотоприемника приведены в таблице.

Параметры фотоприемника

Параметр	Коротковолновый диапазон	Длинноволновый диапазон
Число каналов	4	4
Тип фотоприемника	Кремниевый фотодиод	Германиевый фотодиод
Размеры площадок, мкм	100×100	100×100
Коротковолновая граница чувствительности, мкм	0,48	0,68
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,7	1,55
Длинноволновая граница чувствительности, мкм	1,03	1,71
Полоса рабочих частот, Гц	0-2·10 ⁵	0-2·10 ⁵

Заключение

Разработанный двухцветный фотоприемник обладает незначительным перекрытием спектральных характеристик и хорошо разнесенными диапазонами чувствительности. Фотоприемник может быть использован для комплектации бортовых систем дистанционного зондирования земной поверхности в отраженном солнечном свете. Добавление к видимому диапазону инфракрасного значительно увеличивает информационную ценность получаемых данных. Так, например, ближний ИК-диапазон очень эффективен в оценке состояния сельскохозяйственной растительности, определении степени ее угнетения. Широко применяется наблюдение в ближнем ИК диапазоне для мониторинга лесных покровов, экологического состояния промышленных зон. Высокое быстродействие фотоприемника позволяет формировать значительно более качественное изображение по сравнению с матричными фотоприемниками при использовании непрерывно движущегося носителя.

1. Киес Р.Дж., Крузе П.В., Патли Э.Г. и др. Фотоприемники видимого и ИК диапазонов / Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1985. 328 с.
2. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение / Пер. с франц. М.: Мир, 1988. 416 с.
3. Шовенгерд Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М.: Техносфера, 2010. 560 с.
4. Легкий В.Н., Галун Б.В., Санков О.В. Оптоэлектронные элементы и устройства систем специального назначения. Новосибирск: НГТУ, 2011. 455 с.

5. Черников А.А., Кравец С.А., Легкий В.Н. и др. Бортовые фотоприемные устройства на основе скоростных малоформатных матриц ИК диапазона // Интерэкспо Гео-Сибирь. Сб. мат. XV Междунар. науч.-технол. конф. «Молодежь. Инновации. Технологии». 2019. №7. С.22-26.

References

1. Keyes R.J., Kruse P.W., Patly E.G. Optical and Infrared Detectors (Topics in Applied Physics). Springer, 1977 (Rus. ed.: Photodetectors of the visible and IR ranges. Moscow, Radio svyaz' Publ., 1985. 328 p.).
2. Gilbert Gaussorgues. La Thermographie Infrarouge. Technique et documentation, 1981, 386 p. (Rus. ed.: Infrared thermography. Basics, technique, application. Moscow, Mir Publ., 1988, 416 p.).
3. Schowengerdt R.A. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Academic Press, 522 p. (Rus. ed.: Remote sensing. Models and methods of image processing. Moscow, Technosphere Publ., 2010, 560 p.).
4. Legkiy V.N., Galun B.V., Sankov O.V. Optoelektronnye elementy i ustroystva sistem spetsial'nogo naznacheniya [Optoelectronic elements and devices for special purpose systems]. Novosibirsk, NGTU Publ., 2011, 455 p.
5. Chernikov A.A., Kravets S.A., Legkiy V.N. et al. Bortovye fotopriemnye ustroystva na osnove skorostnykh maloformatnykh matrits IK diapazona [On-board photodetectors based on high-speed small-format IR matrices]. Interekspo Geo-Sibir'. Coll of papers of the 15th international conference "Youth. Innovations. Technologies", 2019, vol.7, pp.22-26.