

УДК 621.383.4/5

## НЕОХЛАЖДАЕМЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СРЕДНЕЙ ИК-ОБЛАСТИ СПЕКТРА НА ОСНОВЕ $Cd_xHg_{1-x}Te$

Э. К. Гусейнов, Ф. Н. Казиев

Институт фотоэлектроники Академии наук Азербайджана, Баку, Азербайджанская Республика

*Для фоторезисторов (ФП) и фотоэлектромагнитных (ФЭМ) детекторов ИК-излучения рассмотрены различные конструкции фоточувствительных элементов. Для неохлаждаемых ФП и ФЭМ детекторов на основе  $HgCdTe$  рассмотрены конструкции многоэлементных чувствительных площадок, соединенных меандром. Представлена конструкция охлаждаемого фоторезистора с чувствительным элементом с двухсторонней металлизацией контактных областей. Рассмотренные детекторы обладают повышенными значениями фотоэлектрических параметров.*

Основной областью применения неохлаждаемых фотодетекторов — ФП и ФЭМ, создаваемых на основе полупроводниковых твердых растворов теллуридов кадмия и ртути, являются импульсные оптико-электронные системы с использованием  $CO_2$ -лазеров ( $\lambda = 10,6$  мкм) [1—3]. Для этих целей такие детекторы изготавливаются на основе  $Cd_xHg_{1-x}Te$  состава  $x = 0,17—0,18$ . Представляет интерес также создание неохлаждаемых ФП и ФЭМ-детекторов  $Cd_xHg_{1-x}Te$  и на другие области ИК-спектра, в частности, для атмосферного окна 3—5 мкм.

В настоящей работе приводятся результаты разработки неохлаждаемых ФП и ФЭМ-детекторов для средней ИК-области спектра 2—6 и 5—8 мкм. Фотопроводящие детекторы для этого спектрального диапазона изготавливались из монокристаллов  $Cd_xHg_{1-x}Te$  ( $x = 0,24 \pm 0,25$ )  $p$ -типа проводимости с концентрацией некомпенсированных акцепторов  $(3—5) \cdot 10^{16}$  см<sup>-3</sup>. Дырочная проводимость получалась путем термического диффузионного легирования исходных монокристаллических пластин  $p$ - $Cd_xHg_{1-x}Te$  медью (или серебром).

### Технологические процедуры и обсуждение результатов

Особенностью конструкции фоторезистора является то, что он выполняется не в виде единичного фоточувствительного элемента, а в виде блока из расположенных в ряд параллельно друг к другу, с малым зазором чувствительных площадок в форме удлиненного прямоугольника. Соединенные последовательно меандром, они образуют единую чувствительную площадку.

Форма фоторезистора, изготовленного использованием технологии фотолитографии, приведена на рис. 1. Квадратную чувствительную площадку размерами  $A_d = 2 \times 2 \text{ мм}^2$  образуют четыре чувствительные площадки, соединенные последовательно. Контактные покрытия создавались электрохимическим осаждением индия. Толщина чувствительного слоя составляла 20 мкм, ширина зазора между элементами ~40 мкм. Чувствительный элемент клеился эпоксидным компаундом к кремниевой подложке. Такое конструктивное исполнение фоторезистора позволяет повысить его вольтовую чувствительность, уменьшить ток и понизить требования к шумовым характеристикам предусилителя.

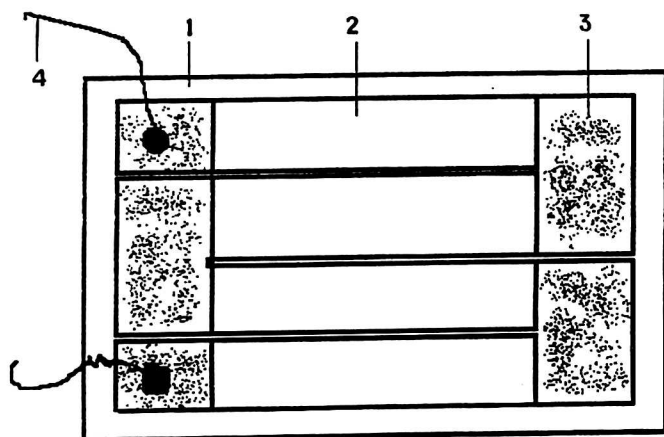


Рис. 1. Фоторезистор с составной приемной площадкой:  
1 — подложка; 2 — фотоприемная площадка с зазорами;  
3 — металлические электроды; 4 — электрические выводы

Расчеты, проведенные в работе [4], показали, что при условии одинаковой рассеиваемой мощности вольтовая чувствительность такого фоторезистора в  $n$  раз больше, чем у единичного фоторезистора такого же размера ( $n$  — число элементов в блоке).

Сопротивление детектора составляло около 700 Ом при рабочей температуре 295 К. Максимум спектральной характеристики чувствительности расположен вблизи  $\lambda = 5 \text{ мкм}$ . При значении тока смещения 7 мА вольтовая чувствительность составляла  $S_u = 15 \div 20 \text{ В/Вт}$ , удельная обнаружительная способность  $D_x^* = (0,7-1,0) \cdot 10^9 \text{ см} \cdot \text{Гц}^{1/2} \cdot \text{Вт}^{-1}$  (значения для  $S_u$  и  $D_x^*$  приведены для максимума спектральной характеристики чувствительности). Постоянная времени фоторезистора составляла  $\tau = (3-5) \cdot 10^{-8} \text{ с}$ .

При изготовлении фотоэлектромагнитного детектора использованы монокристаллы  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  с  $x = 0,2$  с концентрацией нескомпенсированных акцепторов

$N_A - N_D = (0,8-1,0) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ . Общий вид разработанного ФЭМ детектора приведен на рис. 2. Как и в случае фоторезистора, квадратную фотоприемную площадку размерами  $A_d = 2 \times 2 \text{ мм}^2$  образуют четыре одинаковые чувствительные площадки в форме удлиненного прямоугольника. Подложка с чувствительным элементом монтируется на контактном растре со специальной конфигурацией токоведущих дорожек, с помощью которого элементы коммутируются между собой последовательно с таким расчетом, чтобы ФЭМ-сигналы от всех элементов суммировались.

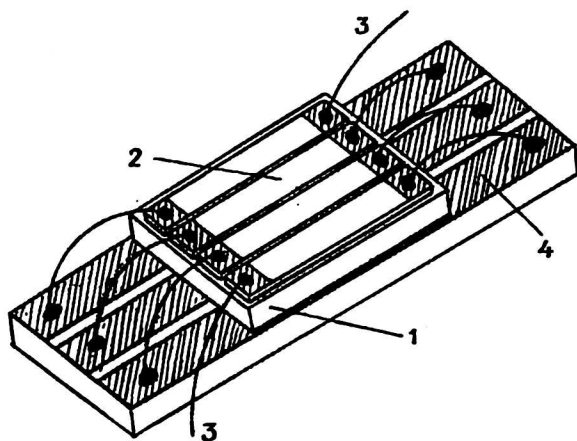


Рис. 2. Конструкция ФЭМ-детектора:  
1 — подложка; 2 — фотоприемная площадка с зазорами;  
3 — электрические выводы; 4 — контактный растр

Контакты к чувствительным элементам осуществлялись подпаянными золотыми проволоками диаметром 20 мкм. Способ коммутации блока чувствительных элементов посредством контактных дорожек растра показан на вставке рис. 2. Блок ФЧЭ размещается в узком (~2 мм) зазоре между полюсами постоянного магнита, обеспечивающего магнитное поле порядка 0,6—0,7 Тл.

Представленная модификация ФЭМ-детектора позволяет повысить его выходное напряжение сигнала в  $n$  раз ( $n$  — число элементов, образующих чувствительную площадку) [5]. Сопротивление ФЭМ-детектора составляло около 320 Ом при комнатной температуре. Максимум спектральной характеристики чувствительности расположен вблизи  $\lambda_m = 6,5-7,0 \text{ мкм}$ . Значения вольтовой чувствительности и удельной обнаружительной способности (на частоте 1200 Гц) составили  $S_u = (0,8-1,0) \text{ В/Вт}$  и  $D_\lambda = (0,7-0,9) \cdot 10^8 \text{ см} \cdot \text{Гц}^{1/2} \cdot \text{Вт}^{-1}$ , постоянная времени  $\tau = (5-7) \cdot 10^{-9} \text{ с}$ .

Нами также были разработаны конструкция и технология изготовления фоточувствительного элемента фоторезистора [6] с двухсторонней металлизацией контактных областей, что использовалось для увеличения среднего значения напряженности электрического поля в объеме фоточувствительного элемента, вследствие более полного вовлечения в фототок носителей заряда по глубине фоточувствительной площадки.

На рис. 3 представлен общий вид такого фоторезистора. На поверхность фоточувствительного слоя 1, приклеенного к сапфировой подложке 2 эпоксидным

клеем 3, нанесены электроды в виде слоев металлизации 4, к которым подпаиваются электрические выводы 5. Между электродами 4 расположена фотоприемная площадка 6. На нижней поверхности слоя нанесены слои металлизации 7, зеркально симметричные относительно электродов. Благодаря тому, что толщина полупроводникового слоя не более 20 мкм, что значительно меньше ширины электродов 4 и 7 в районе подпайки выводов (порядка 250–300 мкм), напряженности электрических полей вблизи нижней и верхней поверхностей чувствительного элемента практически выравниваются.

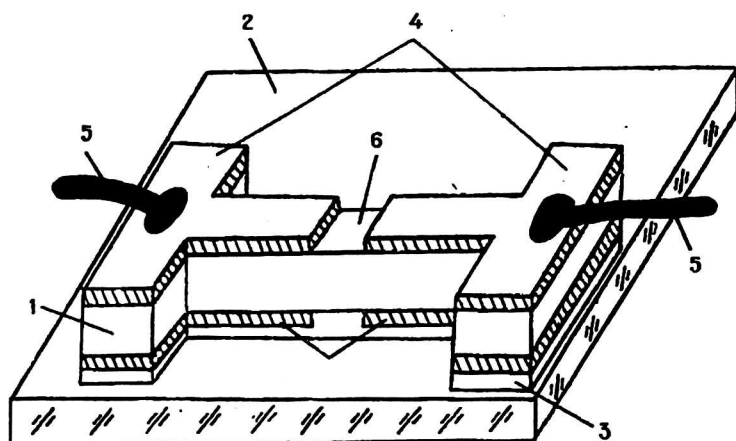


Рис. 3. Конструкция фоторезистора с двухсторонней металлизацией контактных областей

Технологическая схема такого фоторезистора включает следующие операции. На одной из поверхностей полупроводниковой пластины методами фотолитографии и вакуумного напыления создаются две металлические дорожки из индия толщиной до 0,5 мкм, защищенные слоем фоторезиста. Затем проводится химическое травление полупроводника на глубину около 20 мкм, после чего защитный слой фоторезиста наносится на всю поверхность пластины, за исключением реперных точек. После следующего химического травления реперных областей еще на глубину 10 мкм пластина обработанной стороной приклеивается на сапфировую подложку. Далее химико-механической полировкой толщина пластины доводится до ~40 мкм. Затем травлением толщина доводится до вскрытия реперных точек, созданных ранее на обратной стороне пластины. После этого на верхней поверхности пластины создаются, симметричные нижним, токопроводящие дорожки, формируется топология чувствительного элемента, проводятся процессы химического травления и механического разделения отдельных блоков ФЧЭ.

Измерения фотоэлектрических параметров фоторезисторов с размерами площадок 0,1x0,1 мм<sup>2</sup> показали, что их вольтовая чувствительность и обнаружительная способность в 1,3–1,5 раза выше, чем у фоторезисторов обычной конфигурации.

### Литература

1. Galus W., Perry F. High-speed room temperature HgCd—CO<sub>2</sub> detector // Laser Focus. 1984. V. 20. № 11. P. 76.
2. Grudzien M., Jozwikowski, Piotrowski J. Comparison of the performance of uncooled HgCdTe PC- and PEM 10,6 μm detectors // Infrared Phys. 1985. V. 25. № 2. P. 392.

3. Niedziale T., Piotrowski J. Mercury-cadmium-telluride long wave length photoconductor operating at 200—300 K// Sol. St. Electronics. 1990. V. 33. № 3. P. 351.
4. Салаев Э. Ю., Казиев Ф. Н., Кулиев Ш. М., Мухтарова Р. И. ИК-детекторы типа меандра на основе CdHgTe//Препринт № 18/ Институт физики АН Азербайджана. 1995. — 24 с.
5. Салаев Э. Ю., Казиев Ф. Н., Кулиев Ш. М., Мухтарова Р. И. Неохлаждаемые ФЭМ ИК-детекторы на основе CdHgTe//Физика (Баку). 1997. Т. 3. № 3. С. 13.
6. Алиев А. А., Кулиев Ш. М., Гусейнов Э. К., Мамедов А. К., Мухтарова Р. Фоторезистор с усовершенствованной конструкцией чувствительного элемента//ПТЭ. 1996. № 2. С. 150—151.

## NON-COOLED DETECTORS OF RADIATION FOR MIDDLE RANGE OF IR-SPECTRUM ON THE BASE OF $Cd_xHg_{1-x}Te$

*E. K. Gousseynov, F. N. Gasiyev*

Institute of Photoelectronics of the Azerbaijan Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

*The different type design of sensitive elements for photoconducting (PC) and photoelectromagnetic (PEM) infrared detectors for attention have been offered. For uncooled PC and PEM detectors on the base of HgCdTe by the sensing elements as meander-type have been considered. For PC IR-detectors the construction with two-side metallization of the contact areas of the element are represented. These detectors high sensitivity are demonstrated.*