

E. Yu. Salaev, A. M. Nazarov, S. I. Gadjieva

Institute of Physics of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Republic of Azerbaijan

*Photosensitive isoperiodical heterojunctions (HJ)  $Pb_{1-x}Sn_xSe(In)/PbSe_{1-x}S_x$  were obtained in the ultrahigh vacuum ( $\leq 5 \cdot 10^{-7}$  Pa) at quasi-equilibrium conditions by the method of the "hot wall" in the unified technological cycle on substrates  $BaF_2$ . In structural relation HJ components are ideally coordinated pair for the epitaxy. Volt-ampere and spectral characteristics of the HJ were recorded. Straight branch of the volt-ampere characteristics satisfies to the exponential law  $J = J_0 \exp(-eU/\beta kT)$  at small displacements. At 77 K the coefficient  $\beta$  changes in the interval 1.5—2 that is typical for the generation-recombination mechanism of the current leakage through the region of the space charge. Maximum photosensitivity was observed at  $\lambda_{max} = 12.0 \mu m$ . The increase of the temperature of the HJ manufacture leads to the shift of the photosensitivity maximum to the short-wave region, that is explained by the noticeable tin diffusion from the ground layer to the growing layer and as a result the HJ acquires characteristics of the varyzone structure.*

УДК 621.384

## Болометрические структуры на основе соединения титана

А. Г. Жуков, А. Н. Бажин, В. Н. Рябов, Э. Б. Воронич  
ФГУП «НПП "Исток"», г. Фрязино, Россия

*Получены болометрические структуры на основе Ti. Температурный коэффициент резистивного материала составляет 1,3 %. Достигнуты значения обнаружительной способности болометров и их постоянной времени, равные соответственно,  $(6 \dots 8) \cdot 10^7 \text{ Вт}^{-1} \cdot \text{см} \cdot \text{Гц}^{1/2}$  (700 К, 30 Гц) и 0,1...—0,01 с (в зависимости от возможных вариаций технологии изготовления и давления внутри корпуса). Область спектральной чувствительности болометров находится в интервале длин волн 6—14 мкм.*

Основной тенденцией в развитии неохлаждаемых болометрических многоэлементных приемников излучения в настоящее время является создание крупноформатных матриц на  $320 \times 240$  элементов и более. Эти матрицы используются в дорогостоящих тепловизионных приборах обнаружения, наведения, навигации. Наряду с этим существует ряд задач, где требуются неохлаждаемые, относительно недорогие приемники излучения с существенно меньшим количеством приемных элементов для применений в малоформатных ИК-камерах теплового контроля, в устройствах дистанционного определения температуры.

В ФГУП «НПП "Исток"» начата разработка малоформатных болометрических линеек и матриц. В качестве термочувствительного материала болометра выбрано соединение Ti, хорошо согласующееся с Si-технологией и имеющее температурный коэффициент сопротивления около 1,3 %/K.

Слой термочувствительного материала располагается в мембране из  $\text{SiO}_2$ , закрепленной на кремниевой подложке. В мембранах линеек и матриц предусмотрены отверстия, через которые производится вытравливание "жертвенного" слоя с образованием полости под мембраной. В мембране над термочувствительным слоем располагается поглощающий излучение слой из Mo ( $R \approx 200 \text{ Ом}$ ).

Приемные ячейки линейки устроены традиционным способом: мембрана крепится к подложке на двух держателях. Внутри последних расположены электроды из

Mo, которые соединяют термочувствительный слой мембраны с контактными площадками из Al, нанесенными на подложку. Контактные площадки из Al соединены с помощью алюминиевых проволочек с электродами корпуса приемного модуля.

Приемные ячейки матриц устроены аналогичным образом. На мембранах и подложке матрицы нанесена разводка, обеспечивающая электрический выход через корпус приемного модуля. Величины сопротивлений болометров составляют 150...200 кОм, разброс величин сопротивлений не превышает 5 % от средней величины.

Из электрических и частотных измерений определены значения обнаружительной способности ( $D^*$ ) и постоянной времени ( $\tau$ ). Для  $D^*$  достигнуты значения  $(6 \dots 8) \cdot 10^7 \text{ Вт}^{-1} \cdot \text{см} \cdot \text{Гц}^{1/2}$  (700 К, 30 Гц). В зависимости от возможных вариаций технологии изготовления болометров и давления в корпусе были получены значения  $\tau$ , равные 0,1...—0,01 с.

Тепловая проводимость от болометрических площадок к местам их закрепления для различных технологических исполнений составила  $(4 \dots 13) \cdot 10^{-7} \text{ Вт/К}$ .

Область спектральной чувствительности болометрических структур с указанным порядком расположения резистивной и поглощающей пленки находится в интервале длин волн от 6 мкм (относительный коэффициент поглощения равен

0,42) до 14 мкм (0,1). Изготовлены и исследуются структуры, у которых оптическое расстояние между поглощающим слоем и металлизированным дном полости в подложке составляет  $\lambda/4n$  ( $n$  — показатель преломления сред).

Разработаны конструкции 64-элементной линейки (шаг 0,1 мм) и матрицы размерностью 8×8 (шаг 0,12 мм), которые помещены в многовыводные металло-стеклянные корпуса. Максимальный диаметр корпуса 36 мм.

Статья поступила в редакцию 23 ноября 2004 г.

## Bolometer infrared sensors from titanium-based material

A. G. Zhukov, A. N. Bazhinov, V. N. Rjabov, E. B. Vorovich  
FSUE RPC "Istok", Fryazino, Russian Federation

*Bolometric sensors arrays were manufactured on Ti-based material. The temperature coefficient of resistive material is 1.3 %/K. The values of bolometers detectivity and time constant reached  $(6\text{---}8) \cdot 10^7 \text{ W}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}$  (700 K, 30 Hz) and 0.1...—0.01 s accordingly (depending on possible variations of bolometer manufacturing technology and pressure inside the body). The field of spectral sensitivity of bolometers is within 6...—14  $\mu\text{m}$  wavelength range.*

УДК 535.231.6

## Определение тепловых параметров микроболометров из электрических измерений

И. Б. Чистохин, М. А. Демьяненко  
Институт физики полупроводников СО РАН, г. Новосибирск, Россия

*Проведен анализ динамики саморазогрева и электрических сигналов, импульсно смещенных микроболометров, включенных в разных режимах (при постоянном напряжении, токе, а также в мостовой схеме Уитстона). Получены аналитические выражения для определения тепловых параметров (тепловая постоянная времени, теплоемкость и теплопроводность) терморезистивных микроболометров, применимые при значительных разогревах. Экспериментальные результаты измерений находятся в хорошем соответствии с предложенными аналитическими зависимостями.*

В связи с бурным развитием микромашиной технологии матричные фотоприемники на основе неохлаждаемых микроболометров доминируют над другими типами фотоприемников в системах ИК-изображения. Тепловизионные приборы на основе неохлаждаемых матриц [1, 2] по температурной чувствительности приближаются к современным фотонным приемникам, использующим охлаждение до низких температур. Выгодным отличием являются значения эксплуатационных характеристик и стоимость благодаря отсутствию систем криогенного охлаждения, что делает их доступными для широкого использования в промышленности, медицине, экологии, на транспорте и в сфере обслуживания.

Болометрические неохлаждаемые матрицы считаются наиболее перспективными, так как не нуждаются в модуляции ИК-потока, а методики их изготовления в наибольшей степени совместимы с современными тонкопленочными микроэлектронными технологиями.

Базовая структура микроболометра состоит из двух компонент: поглотителя ИК-излучения в виде мембраны или мостиковой структуры, изготовленной, например из  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , и терморезистора, имеющего высокий

температурный коэффициент сопротивления (ТКС). Тепловая изоляция болометра достигается путем подвешивания над схемой считывания на слабопроводящих тепло "ног". Падающее ИК-излучение разогревает болометр, и изменение сопротивления фиксируется внешней схемой считывания. При этом болометр разогревается не только за счет падающего ИК-излучения, но и саморазогрева (Джоулева тепла), обусловленного внешним смещением схемы считывания. Основные свойства микроболометра обычно характеризуются теплоемкостью  $C$ , теплопроводностью  $G$  и тепловой постоянной времени  $\tau_0 = C/G$ . Точное определение этих параметров имеет большое значение для разработки болометров.

Тепловые процессы болометра в общем случае нелинейны, что затрудняет их анализ. В работах [3—5] для определения тепловых параметров используют приближение постоянства Джоулевой мощности, справедливое при изменении сопротивления болометра  $\Delta R$ , много меньшего его начального сопротивления  $R_0$  при