

## Duration of diodes high reverse conduction stage at arbitrary law of forward current fall

*P. G. Dermenji, Yu. M. Loktaev*

The Lenin's All-Russian Electrotechnical Institute, Moscow, Russia

*A. V. Stavtsev, A. A. Chernikov*

Joint-stock Company "Proton-Electrotex", Oryol, Russia

*A method of exact numerical-analytical calculation of high reverse conduction stage duration  $t_s$  of diode structure with abrupt  $p^+n$ - and  $n^+n$ -junctions, proposed in [1], was generalized on the case of arbitrary law of forward current fall. Examples of calculations of  $t_s$  at stepped fall of forward current, which are used in particular for nonequilibrium charge carriers life time determination, are carried out. It is also shown that this method allows to calculate of nonequilibrium charge carriers distribution in diode base at any time  $t \leq t_s$ .*

УДК 621.384.3

## Сканирующий тепловизор на болометрической линейке

*А. Г. Жуков, В. А. Мазеев*

ФГУП «НПП "Исток"», г. Фрязино, Россия

*Кратко описан сканирующий тепловизор, использующий в качестве приемника излучения 64-элементную болометрическую линейку на основе соединения титана. Приведены основные параметры тепловизора и пример полученного с его помощью изображения. Указаны особенности работы тепловизора и области его возможных применений.*

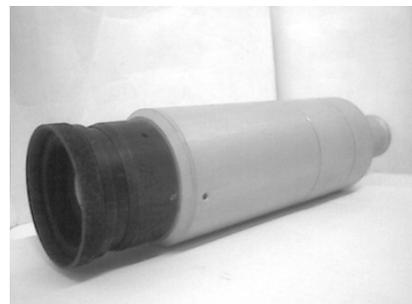
В последние годы интенсивно разрабатывается сравнительно новый тип ИК-фотоприемников — болометрические матрицы, не требующие криогенного охлаждения, имеющие малые габариты, массу, энергопотребление и содержащие десятки или даже сотни тысяч фоточувствительных площадок. В литературе опубликованы примеры малогабаритных тепловизионных камер различного назначения, созданных на их основе [1].

Вместе с тем для ряда применений тепловизионные приборы с достаточными техническими характеристиками могут быть построены и на основе малоэлементных болометрических линеек, изготавливаемых по несложной, по сравнению с матрицами, технологии и более дешевых [2, 3].

Такие недорогие приборы (тепловизоры, камеры для получения термопрофилей, датчики горизонта и т. п.) могут найти применение в различных областях техники [2—4].

Так, тепловизор на 64-элементной болометрической линейке состоит из шести основных составных частей: ИК-объектива, фотоприемного устройства, блока электронной обработки видео-сигнала, сканера, ЖК-индикатора и корпуса, конструктивно объединяющего

первые пять частей. ИК-объектив, формирующий изображение объектов (рис. 1), имеет относительное отверстие 1:0,86, фокусное расстояние 52 мм, угловое поле зрения 7 угл. град., абберационное пятно рассеяния на 10%-ном уровне интенсивности не превышает 50 мкм в пределах всего углового поля.



*Рис. 1. Внешний вид камеры с объективом. Общая длина камеры 250 мм, диаметр 75 мм*

В фокальной плоскости объектива размещена болометрическая 64-элементная линейка на основе соединения титана [5] с обнаружительной способностью около  $7 \cdot 10^7$  Вт<sup>-1</sup>·см·Гц<sup>1/2</sup> (700 К, 30 Гц). Линейка размещена в ваку-

ульном корпусе. Шаг линейки 0,1 мм, размер ячейки 0,08×0,1 мм. Чувствительные площадки через герметичные выводы в цоколе корпуса приемника соединены с внешними предварительными усилителями. Угловой размер ячейки — 6,6 угл. мин.

Весь блок электронной обработки помещается в трех отсеках корпуса камеры. В первом — размещены платы предварительных усилителей на основе малошумящей 4-канальной микросхемы. Каналы предварительных усилителей содержат фильтры низкой частоты, которые формируют необходимую частотную полосу пропускания. На платах предварительных усилителей расположены также микросхемы мультиплексора. Во втором отсеке размещен однокристалльный микроконтроллер со встроенными АЦП. Контроллер обеспечивает управление сканером и коммутаторами, а также осуществляет следующие операции обработки видеосигнала:

- формирует изображение;
- выделяет изотермы и термопрофили;
- обеспечивает межкадровое накопление;
- производит калибровку и т. п.

В третьем отсеке находится ЖК-индикатор с диагональю 1,5". Отсек имеет выходы на ТВ и ЭВМ.

Пространственная развертка в направлении, перпендикулярном линейке, обеспечивается оптико-механическим сканером, расположенным перед объективом. Установленное под углом 45 град к оптической оси объектива зеркало колеблется по пилообразному закону с относительной длительностью обратного хода около 20 %. Конструкция сканера позволяет регулировать частоту сканирования.

Пространственная развертка в сочетании с топологией линейки образует растр форматом  $N_l \times N_{el} = 64 \times 64$ , где  $N_l$  — число строк;  $N_{el}$  — число элементов в строке.

Полоса пропускания каждого из  $N_l$  усилителей  $\Delta f = nN_{el}$ , где  $n$  — частота кадров.

Увеличение отношения сигнала к шуму при достигнутом значении обнаружительной способности элементарных приемных площадок можно получить путем сужения полосы пропускания каждого из усилителей при понижении частоты сканирования кадров до приемлемой для конкретного применения величины  $n$ .

Поскольку  $\tau = 1/2\Delta f$ , то при частоте кадров 1 Гц оптимальная для процесса накопления постоянная времени болометрической структуры ( $\tau = 1/2nN_{el}$ ) равна 0,01 с. Это условие выполнено путем подбора теплофизических параметров структуры.

С помощью экспериментального образца тепловизора получены изображения некоторых объектов. На рис. 2 приведено тепловое изображение руки ( $T = 28\text{—}30^\circ\text{C}$ ), воспроизведенное на встроенном ЖК-индикаторе. Оценка достигнутого порога температурной чувствительности выполнена для сигналов в отдельно взятых аналоговых каналах усиления по величине разности температур, эквивалентной уровню шумов. Для протяженных объектов (нулевая пространственная частота) получено  $\Delta T_{thz} = 0,12^\circ\text{C}$ .

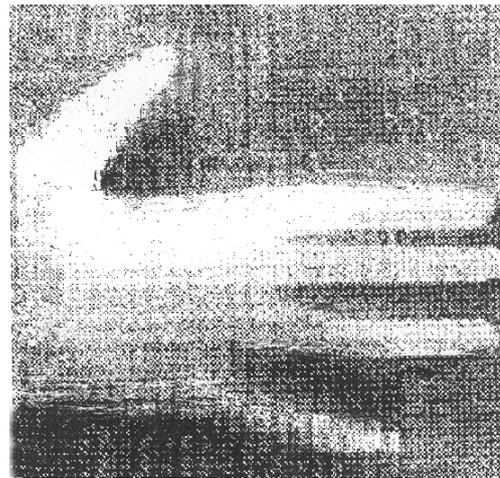


Рис. 2. Тепловое изображение руки

На рис. 3 воспроизведено тепловое изображение двухщелевой миры, установленной перед имитатором АЧТ с температурой  $T = 40^\circ\text{C}$  (температура поверхности миры составляла примерно  $22^\circ\text{C}$ ). Профиль сигнала снят на осциллографе, на вход которого подавался сигнал с одного аналогового усилителя при работе сканера. Угловые и линейные размеры миры и аппаратная функция тепловизора также приведены на рис. 3; этот рисунок иллюстрирует его угловое разрешение.

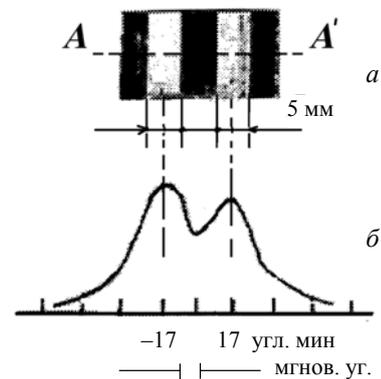


Рис. 3. Двухщелевая мира:

*a* — ее термограмма и профиль сигнала вдоль сечения AA';  
*б* — линейные размеры щелей и угловой масштаб

На рис. 4 показано изображение тепловизора без кожуха в составе объектива, блока электронной обработки и сканера.



Рис. 4. Экспериментальный сканирующий тепловизор на линейке

Описанный экспериментальный малоформатный сканирующий тепловизор демонстрирует возможности лишь первых образцов созданных болометрических линеек. Улучшение конструктивного решения устройства, схемотехники и технологии получения болометрических структур позволят создать более совершенный прибор, обладающий более высокой температурной чувствительностью и четкостью изо-

бражения, а также несколько более высокой частотой кадров. Сочетание хороших технических характеристик с невысокой стоимостью и простотой эксплуатации делают тепловизор описанного типа оптимальным для некоторых медицинских и технических приложений.

#### Л и т е р а т у р а

1. Тарасов В. В., Якушенков Ю. Г. Инфракрасные системы "Смотрящего типа". — М.: Логос, 2004. — 444 с.
2. Moor P. D., John J., Sedky S., Van Hoof C. Linear arrays of fast uncooled poly SiGe microbolometer for IR detection// SPIE. 2000. V. 4028. P. 27.
3. Pope T. D., Jerominek H., Alain C., Picard F., Fayne Fuchs R. W., Lenoux M., Zhany R. and other. 256×1 and 256×40 pixel bolometer arrays for space and industrial applications// Ibid. 1998. V. 3436. P. 325.
4. Soto-Romero G., Fourniols J. Y., Vergnenegre C., Simonne J. J., Bony F. Uncooled Microearth sensor for microsatellite attitude control// Ibid. 2000. V. 4030. P. 10.
5. Жуков А. Г., Бажинов А. Н., Рябов В. Н., Ворович Э. Б. Болометрические структуры на основе соединения титана: Тез. докл. на XVIII Междунар. науч.-техн. конф. по фотоэлектронике и приборам ночного видения, 25—28 мая 2004. Москва. Россия. — 136 с.

Статья поступила в редакцию 23 ноября 2004 г.

## Scanning IR-detector of bolometric array

A. G. Zhukov, V. A. Mazeev  
FSUE RPC "Istok", Fryazino, Russian Federation

*Scanning IR detector using 64-element bolometric linear array based on Ti-compounds as a receiver is briefly described. The main specifications of IR detector and the example of the obtained picture are given. The features of IR detectorwork and its possible applications fields are indicated.*

УДК 621.384.3

## Расчет предельных параметров приемных устройств с CO<sub>2</sub>-квантовыми усилителями, предназначенных для лазерных локаторов и активных систем видения

А. Н. Свиридов

ФГУП «Научно-производственное объединение "Орион"» — Государственный научный центр РФ, Москва, Россия

*Проведены расчеты предельных порогов чувствительности приемных устройств с CO<sub>2</sub>-квантовыми усилителями (ПУ с КУ), предназначенных для лазерных локаторов и активных систем видения. При расчетах учитывались зависимости порогов чувствительности*