

УДК 621.383.4/5:621.375

Многоканальные высокочувствительные ФПУ на основе фоторезисторов из CdHgTe

Е. А. Климанов, Е. С. Неверов, Г. Э. Поповян,

Ю. С. Трошкин, А. В. Филатов
ГНЦ РФ ГУП «НПО "Орион"», Москва, Россия

В. А. Балоев
ГНПЦ «НПО "ГИПО"», г. Казань, Россия

Приведены результаты разработки и исследования параметров многоканальных ФПУ на основе вакуумных фоторезисторов, работающих с различными системами охлаждения (жидкий азот, МТО и ГKM). Специальные конструктивные решения и технологические приемы позволили достичь значений удельной обнаружительной способности более $8 \cdot 10^{10}$ см \cdot Гц $^{1/2} \cdot$ Вт $^{-1}$, неоднородностью по вольтовой чувствительности не более 3 % и обеспечить в составе тепловизионного прибора высокое температурное и пространственное разрешение.

Для обеспечения реализации высоких тактико-технических характеристик тепловизионных систем различного назначения, работающих в спектральном диапазоне 8—12 мкм, используются многоканальные фотоприемные устройства на основе фоторезисторов из CdHgTe (ФПУ). Данные ФПУ состоят в основном из трех частей: фотоприемника, электронного блока с усилителями и источниками питания фоточувствительных элементов, микрокриогенной системы охлаждения (МКС). Разработанная ранее вакуумная конструкция фотоприемников и технология их изготовления* позволили реализовать некоторые их преимущества для достижения высокого пространственно-

* Трошкин Ю. С., Филатов А. В. и др. Вакуумные фотоприемники для диапазона 8—12 мкм на основе фоторезисторов из CdHgTe// Прикладная физика. 1999. № 2.

температурного разрешения ФПУ при его небольших габаритах и массе, а именно:

конструкция и технология изготовления малоразмерных фоточувствительных элементов фоторезисторов позволили увеличить эффективное время жизни носителей заряда до 1—1,5 мкс, снизить рабочие токи до значений 1,5—3,0 мА на канал и получить суммарное тепловыделение 32-канального ФПУ не более 20 мВт;

вакуумная конструкция фотоприемника позволила снизить суммарные теплопритоки до 0,25 Вт (при количестве электрических выводов 40) и до 0,8 Вт (при 120 выводах), а также уменьшить аберрацию потока излучения за счет использования только одного входного окна;

устранить потери величины удельной обнаружительной способности при согласовании фотоприемника с электронным блоком и реализовать ее пороговое значение за счет высокой вольтовой чувствительности ФП и использования операционного усилителя собственной разработки (Б1449УД1-1) на базе операционного усилителя типа "Элан", оптимизированного для применения в многоканальных ФПУ с использованием обратной связи, сформированной внутри кристалла; собственный шум короткозамкнутого усилителя не более 3 нВ·Гц^{-1/2} во всех условиях эксплуатации, коэффициент усиления 200, микросборка 8-канального усилителя собрана в корпусе 157.29-1;

достигнуть однородности распределения вольтовой чувствительности по каналам не хуже 3 % во всех условиях эксплуатации за счет использования на внутренней поверхности охлаждаемой диафрагмы покрытия практически полностью поглощающего излучение в рабочем диапазоне спектра и подбором нагрузочных сопротивлений в электрической цепи каналов.

Рабочий диапазон частот ФПУ был 3 Гц — 160 кГц, динамический диапазон по уровню напряжения шума — 1000.

Конструкция корпуса фотоприемника позволяет использовать для его охлаждения различные системы МКС: микротеплообменник (МТО) дроссельного типа или холодильно-газовую машину типа Сплит-Стирлинга, режим работы которой регулируется с помощью датчика температуры, расположенного в области охлаждаемых фоточувствительных элементов.

В табл. 1 и 2 приведены типичные фотоэлектрические параметры 32-канальных ФПУ на основе фоторезисторов из CdHgTe на спектральный диапазон 8—12 мкм в топологии две линейки по 16 элементов (2х16), охлаждаемых МТО и МКС ТСО-63 типа Сплит-Стирлинга, соответственно. На рис. 1 приведено типичное распределение чувствительности в направлении вдоль и перпендикулярно оси линейки фоторезисторов в пределах плоского угла зрения таких ФПУ, который ограничен размерами охлаждаемой диафрагмы. Время выхода ФПУ на рабочий режим не более 5 мин.

Таблица 1

Фотоэлектрические параметры ФПУ "2х16", охлаждаемое МТО (суммарный ток потребления 165 мА)

Номер канала	$D'(\lambda_{\max}, 1200, 1)$ см·Гц ^{1/2} ·Вт ⁻¹	$D'(\lambda_{\max}, 5000, 1)$ см·Гц ^{1/2} ·Вт ⁻¹ ·10 ¹⁰	$S_{\nu \lambda_{\max}}$ В·Вт ⁻¹ ·10 ⁶
1	8,5	9,1	34,1
2	8,0	8,7	33,0
3	8,1	8,7	33,2
4	7,8	8,5	32,5
5	7,9	8,7	33,1
6	5,2	9,2	33,0
7	8,0	8,8	33,6

Окончание табл. 1

Номер канала	$D^*(\lambda_{\max}, 1200, 1)$ см·Гц ^{1/2} ·Вт ⁻¹	$D^*(\lambda_{\max}, 5000, 1)$ см·Гц ^{1/2} ·Вт ⁻¹ ·10 ¹⁰	$SU_{\lambda_{\max}}$ В·Вт ⁻¹ ·10 ⁶
8	8,2	8,8	33,3
9	8,0	8,6	33,6
10	7,9	8,2	33,1
11	8,3	8,8	33,3
12	8,3	8,8	33,6
13	8,5	9,0	33,3
14	8,1	8,7	33,3
15	8,2	8,9	33,0
16	7,9	8,5	33,2
17	8,3	9,3	33,2
18	7,9	8,3	33,0
19	8,2	9,4	33,0
20	8,0	8,8	33,0
21	8,3	8,8	33,2
22	7,7	8,0	33,0
23	7,9	8,9	33,1
24	7,9	8,8	33,6
25	8,3	8,9	33,6
26	8,1	8,9	33,4
27	8,3	9,0	33,6
28	8,3	8,9	33,3
29	8,7	9,1	34,4
30	8,2	8,5	34,4
31	8,4	8,8	34,7
32	8,2	8,6	33,8

Таблица 2

Фотоэлектрические параметры ФПУ "2x16", охлаждаемое МКС
(суммарный ток потребления 160 мА)

Номер канала	$D^*(\lambda_{\max}, 1200, 1)$ см·Гц ^{1/2} ·Вт ⁻¹	$D^*(\lambda_{\max}, 5000, 1)$ см·Гц ^{1/2} ·Вт ⁻¹ ·10 ¹⁰	$SU_{\lambda_{\max}}$ В·Вт ⁻¹ ·10 ⁶
1	3,5	4,8	6,5
2	4,2	5,0	6,8
3	4,7	5,9	6,5
4	4,2	6,4	6,5
5	3,8	5,3	6,8
6	5,2	6,3	6,8
7	4,7	5,8	6,8
8	5,1	6,4	6,7
9	5,2	6,5	6,7
10	5,1	6,4	6,7
11	5,1	6,4	6,7
12	5,1	6,4	6,7
13	5,1	6,4	6,6
14	4,6	7,1	6,7
15	5,1	6,2	6,7
16	3,0	4,5	6,9
17	5,3	7,0	6,9
18	5,3	6,9	6,9
19	5,2	6,8	6,8
20	4,7	6,1	6,9
21	5,3	6,4	6,9
22	4,8	6,4	6,9
23	4,7	6,3	6,8
24	3,5	4,9	6,8
25	5,2	6,3	6,8

Окончание табл. 2

Номер канала	$D'(\lambda_{\text{max}}, 1200, 1)$ см·Гц ^{1/2} ·Вт ⁻¹	$D'(\lambda_{\text{max}}, 5000, 1)$ см·Гц ^{1/2} ·Вт ⁻¹ ·10 ¹⁰	$S_{U, \lambda_{\text{max}}}$ В·Вт ⁻¹ ·10 ⁶
26	5,0	6,7	6,9
27	6,0	7,5	6,8
28	4,5	7,2	6,9
29	5,2	6,6	6,8
30	4,9	6,2	6,8
31	5,6	7,0	6,8
32	4,8	6,8	6,7

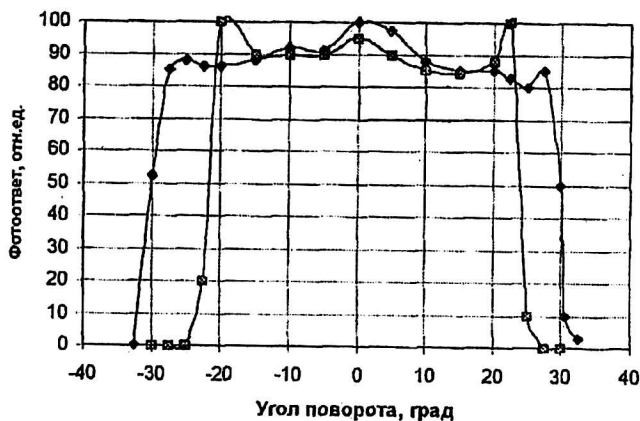


Рис. 1. Плоский угол зрения ФПУ:

◆ — вдоль оси; ■ — перпендикулярно оси линейки фоторезисторов

На рис. 2 приведены температурно-частотные характеристики тепловизора "1ПН79-1" на основе серийного ФПУ и ФПУ описанной выше разработки, охлаждаемые МТО.

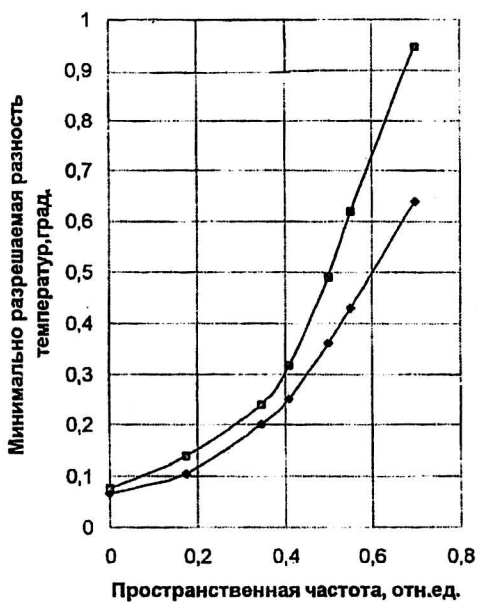


Рис. 2. Температурно-частотные характеристики тепловизора:

◆ — с серийным ФПУ; ■ — ФПУ данной разработки

Как видно из приведенных результатов, на основе сравнительно недорогих 32-канальных ФПУ с вакуумной конструкцией ФП удалось получить высокие тактико-технические характеристики тепловизоров, что почти на 30 % превышает результаты, полученные на других ФП и ФПУ такого же класса.

Multichannel highly sensitive photodetective assemblies on the basis of CdHgTe photoresistors

*E. A. Klimanov, E. S. Neverov, G. E. Popovyan,
U. S. Troshkin, A. V. Filatov*

The State Unitary Enterprise «RD&P Centre "Orion"», Moscow, Russia

V. A. Baloev

The State Unitary Enterprise «RD&P Centre "GIPO"», Kazan, Russia

The outcomes of development and research of parameters multichannel photodetective assemblies are reduced on the basis of vacuum photoresistors working with various systems of cooling (liquid nitrogen, J-T and closed-cycle cryogenic coolers). The special design solutions and technological receptions have allowed to reach values specific detectivity of ability more than $8 \cdot 10^{10}$ cm Hz^{1/2}·W⁻¹, discontinuity on volt sensitivity no more than 3 % and to provide in composition the night vision image converters high temperature and space permission.