

УДК 621.383

Новые высокочувствительные виброустойчивые пировидиконы диапазона длин волн 8–14 мкм

Н. А. Березкин, С. Ю. Меркин, Н. Н. Москвина, Р. М. Степанов
ОАО «ЦНИИ "Электрон"», С.-Петербург, Россия

Разработаны пироэлектрические видиконы нового поколения с высокой чувствительностью и повышенной виброустойчивостью для диапазона длин волн 8–14 мкм: ЛИ 513 и ЛИ 514 ("Ковер"). По техническим характеристикам разработанные пировидиконы приближаются к параметрам зарубежных твердотельных матричных приемников и не имеют аналогов в России и за рубежом.

В ОАО «ЦНИИ "Электрон"» разработаны пироэлектрические видиконы нового поколения с высокой чувствительностью и повышенной виброустойчивостью для диапазона длин волн 8–14 мкм: ЛИ-3 и ЛИ-514 ("Ковер").

Новые пировидиконы предназначены для создания тепловизионных камер различного назначения как для специального применения, так и для систем оперативного контроля в целях выявления скрытых дефектов и предаварийного состояния теплотрасс, электротехнического оборудования и других технических систем, а также для систем, используемых при аварийно-спасательных работах, в том числе при пожарах в условиях плохой видимости. Тепловизионные системы на основе представляемых приемников диапазона 8–14 мкм находят применение при любых погодных условиях: полной темноте, тумане, дыме, пыли, изморози.

До 1995 г. видиконы с пироэлектрической мишенью (пировидиконы) являлись единственными неохлаждаемыми (до криогенных температур) многоэлементными приемниками ИК-диапазона излучения. В 1996 г. в США были выпущены твердотельные матрицы на микро-

лометрах и пироэлектрические. В России твердотельные матрицы пока не производятся, проводятся лишь разработки матриц на микроболометрах.

С 1996 г. ОАО «ЦНИИ "Электрон"» освоил выпуск пировидикона ЛИ-513 с электромагнитной фокусировкой и отклонением, который может использоваться с малогабаритной фокусирующе-отклоняющей системой ФОС-27В-20. В 2003 г. завершена ОКР по разработке пировидикона "Ковер" (ЛИ-514) с электростатическим отклонением и электромагнитной фокусировкой, что уменьшает габаритные размеры и массу прибора с системой фокусировки, улучшает равномерность тока сигнала и тока пьедестала.

По своим характеристикам разработанные пировидиконы приближаются к параметрам зарубежных твердотельных матричных приемников и не имеют аналогов в России и за рубежом.

В таблице приведены сравнительные характеристики пировидиконов.

Мишень представляет собой мозаику пироэлектрических элементов, каждый из которых

Таблица

Сравнительные параметры пировидиконов

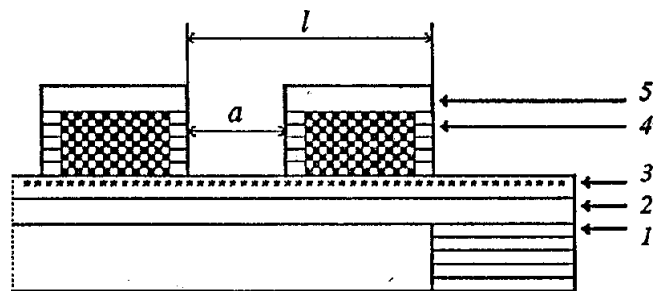
Показатели	Р-8093	ЛИ-492	ЛИ-513 "Кварк"	ЛИ-514 "Ковер"
	Фирма EEV	ОАО «НИИ "Электрон"»	ОАО «НИИ "Электрон"»	ОАО «НИИ "Электрон"»
Способ отклонения фокусировки электронного луча	М×М	М×М	М×М	Э×М
Входное окно	Германий	Германий	Германий	Германий
Спектральный рабочий диапазон, мкм	8–14	8–14	8–14	8–14
Материал мишени	Модифицированный ДТГС	ДТГС	ДТГС	ДТГС
Тип мишени	Сплошная	Сплошная	Мозаичная, шаг 25 мкм	Мозаичная, шаг 25 мкм
Размер раstra, мм	18×24	18×24	18×24	18×24
Стандарт разложения	625 строк, кадр—40 мс	625 строк, кадр—40 мс	625 строк, кадр—40 мс	625 строк, кадр—40 мс
Механизм образования тока сигнала	Считывание пирозаряда	Считывание пирозаряда	Считывание пиронапряжения	Считывание пиронапряжения
Чувствительность в режиме панорамирования, мкА/Вт	4	7	35	50
Разрешение, Твл/растр	270	300	350	350

Глубина модуляции на отметке 200 Твл/растр, %	20	30	50	50
Виброустойчивость (ускорение), м/с ²	10	10	50	60

По чувствительности разработанные пировидиконы на порядок превосходят все ранее разработанные, а разрешающая способность в 1,5 раза выше, чем у лучших зарубежных и отечественных пировидиконов (ЛИ-492, Р-8093, ТН-9851 и т. п.). Кроме того, разработанные пировидиконы обладают значительно большей устойчивостью к синусоидальной вибрации. Такое увеличение чувствительности, разрешающей способности и виброустойчивости достигается благодаря оригинальной конструкции мишени и использованию нового, ранее нигде не применявшегося способа образования и считывания сигнала.

Конструкция мишени. Принцип работы

Мишень пировидикона повышенной чувствительности показана на рисунке.



Конструкция мишени:

1 — металлическое кольцо; 2 — тонкая полимерная пленка; 3 — прозрачный электрод-коллектор; 4 — мозаика пирозлектрических элементов толщиной 20 мкм, шаг $l = 25$ мкм, $a = 7$ мкм; 5 — слой алюминия толщиной 0,2 мкм

выполнен в виде элементарного электровакуумного триода. Ток сигнала такого видикона является анодным током триода, который модулируется потенциалом сетки. Роль сетки играет пиро-электрический элемент размером $20 \times 18 \times 18$ мкм.

Потенциальный рельеф, возникающий на поверхности пирозлектрического элемента при изменении его температуры вследствие поглощения теплового излучения, может быть считан путем модуляции полем зарядов элементов мишени потока электронов, собираемых на коллекторном электроде. Этот способ реализован в запоминающих трубках, для пировидиконов он не применялся.

Проведенные авторами экспериментальные работы показали, что использование такого принципа формирования сигнала позволяет создать новые высокочувствительные видиконы с пирозлектрической мишенью. Причем чувствительность слабо зависит от температуры мишени в диапазоне температур от -10 до $+50$ °С, что позволяет ослабить требования к стабилизации температуры мишени.

В качестве пирозлектрического материала мишени используется сегнетоэлектрик ДТГС. Перед началом работы мишень поляризуется, причем в отличие от обычных пировидиконов поляризация проводится так,

чтобы положительный полюс поляризационных диполей был направлен в сторону сканируемой поверхности. Подготовка и считывание сигнала существенно отличаются от аналогичных процессов в обычных пировидиконах, тогда как формирование теплового и потенциального рельефа мишени идентично для этих пировидиконов. Более подробно теория работы нового пировидикона изложена в статье Березкина Н. А., Дуна А. З. и Меркина С. Ю.*

В настоящее время разработан макет тепловизионной камеры на пировидиконе ЛИ-514 ("Ковер") с устройством цифровой обработки сигнала, которая необходима для устранения влияния на изображение "структурной" помехи, дефектов фона и неравномерности тока пьедестала.

Оптимальным режимом работы пировидиконов такого типа в тепловизионной камере является четырехполевой режим*, который позволяет снизить инерционность сигнала и требования к стабильности питающих напряжений и разверток камеры благодаря цикличности воспроизведения темнового пьедестала и структурной помехи.

Использование четырехполевого режима работы пировидикона позволило достигнуть величин чувствительности в режиме обтюрации 25 мкА/Вт, что на порядок превышает значения чувствительности для ранее разработанных пировидиконов, а также соответствует минимально обнаруживаемой разности температур 0,1 °С при оптике $F/D = 1$.

* Березкин Н. А., Дун А. З., Меркин С. Ю. Новая высокочувствительная телевизионная передающая трубка с пирозлектрической мишенью, использующая эффект модуляции тока электронного луча, РЕМЕТ (Pyroelectric Modulation Effect Tube)// Оптический журнал. 1997. Т. 64. № 6. С. 93—98.

Аналогичные характеристики имеют тепловизионные камеры на неохлаждаемых матричных приемниках (микроболометрических и пирозлектрических матрицах).

Стоит отметить, что стоимость камер на пировидиконе существенно ниже стоимости камер на твердотельном матричном приемнике.

Выводы

1. Разработаны новые высокочувствительные виброустойчивые пировидиконы с пирозлектрической мишенью, использующие эффект модуляции тока электронного луча: ЛИ-513 и ЛИ-514 ("Ковер");

2. Чувствительность пировидикона ЛИ-514 достигает величины 25 мкА/Вт в режиме обтюрации (в четырехполевом режиме работы), что примерно в 10—15 раз превышает соответствующее значение чувствительности обычных пировидиконов.

3. Пировидиконы ЛИ-513 и ЛИ-514 обладают высокой разрешающей способностью (350 ТВ лин/растр) и повышенной виброустойчивостью (от 50 до 60 м/с²).

4. Минимально обнаруживаемая разность температур тепловизионной камеры на основе пировидикона

ЛИ-514 ("Ковер") не превышает 0,1 °С при оптике F/D = 1, что сравнимо по своим характеристикам с камерой на неохлаждаемых матричных приемниках (микроболометрических и пироэлектрических матрицах).

Статья поступила в редакцию 23 ноября 2004 г.

New highly sensitive shake-proof 8–14 μm pyrovidicons

N. A. Berezkin, S. Yu. Merkin, N. N. Moskvina, R. M. Stepanov
The Electron Central Research Institute, Inc., St.-Petersburg, Russia

Designed have been the 8–14 μm pyroelectric vidicons of a new generation with a sharp response and heightened vibration resistance: the LI-513 and the LI-514 ("Kover"). Under the performances these designed pyrovidicons come nearer to parameters of foreign solid-state array photodetective assemblies and have no analogs in Russia and abroad.