

# Технические средства приема инфракрасных излучений

---

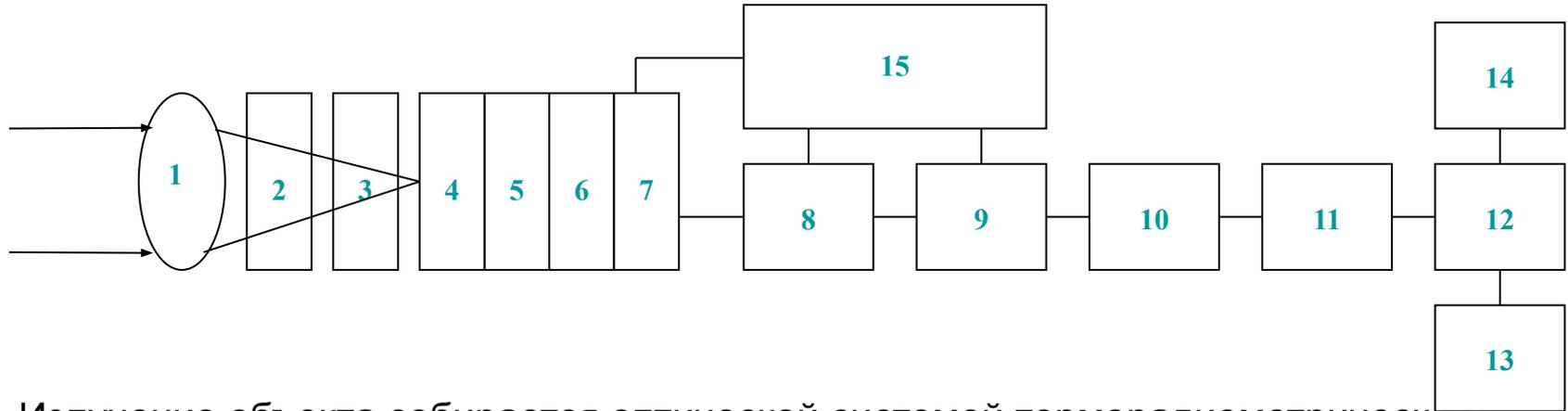
Электросетьсервис

## Технические средства приема ИК излучений

- Термография или получение тепловых изображений является методом, который позволяет изучать явления, связанные с пространственным распределением тепла в исследуемых объектах и изменением этого распределения во времени. Тепловизионная система должна быть способной преобразовать инфракрасное изображение в видимое, причем видимое изображение должно быть пропорциональным распределению энергетической яркости в ИК области спектра, т. е. пропорционально распределению температуры объекта и его коэффициента излучения.
- Тепловизионные системы на полноформатных матрицах - не сканирующие, основаны на использовании многоэлементных приемников излучения так называемых «смотрящих» матриц, т.е. матриц, число элементов которых позволяет сформировать полноформатный телевизионный кадр с хорошим пространственным разрешением. В этих ТС отсутствуют механические узлы сканирования и их электродвигатели, тем самым: повышается надежность, уменьшается энергопотребление и габаритно-весовые характеристики.
- **Для справки: Эквивалентная шуму разность температур  $\Delta T_{net}$ :**
- **сканирующих систем  $\Delta T_{net}=50...100\text{мК}$**
- **«смотрящих» ИК систем  $\Delta T_{net}=10\text{мК}$  (при температуре охлаждения жидким азотом  $T_{охл}=77^\circ\text{К}$ ).**

# Конструктивные особенности тепловизоров на базе AGEMA 500

- Блок схема типовой тепловизионной камеры с электронной обработкой сигнала



- Излучение объекта собирается оптической системой терморadiометрического прибора, которая формирует изображение объекта и направляет излучение на фоточувствительную поверхность приемника излучения.
- 1 - Объектив - формирует на фоточувствительной матрице 4 изображение объекта, излучение которого проходит через интерференционный фильтр 3.
- 2 - Почерненный затвор - корректирует измерения тепловизора по излучению оптики, внутреннего корпуса и температурного дрейфа.
- 3 - Интерференционный фильтр - выполняет роль исключения (фильтрации) паразитных сигналов:  $V_a$  - от собственного излучения входной оптики;  $V_r$  - излучение опорного источника;  $V_b$  - сигнал внутренней засветки;  $V_e$  - дрейф электроники.
- Для справки:  $V_1 = V_b + V_r + V_e$ ;  $V_2 = V_0 + V_a + V_b + V_e$ ;  $V_2 - V_1 = V_0 + V_a - V_r$**
- Выделенные сигналы отфильтровываются интерференционным фильтром.**

- 4 - Детекторная фоточувствительная матрица - формирует изображение.
- 5 - Предусилители - фототок каждого чувствительного элемента матрицы 4 усиливается предусилителем 5 и накапливается в течение кадра в интеграторе (емкости) 6.
- 6 - Итегратор - выполняет роль низкочастотного фильтра, пропускает фототок на мультиплексор.
- 7 - Мультиплексор.
- **Для справки: Для считывания сигналов используют приборы с зарядной связью (ПЗС) и схемы на комплементарных металл-окисел-полупроводник (КМОП) импульсных полевых транзисторах. По параметрам ПЗС и КМОП близки, но ПЗС требуют примерно в 5 раз больше импульсных и постоянных источников питания, чем КМОП, которые проще и дешевле, но в них на каждую чувствительную ячейку приходится по крайней мере 3 транзистора. Так КМОП мультиплексор в комплекте с 640x480 фотодиодной матрицей из Hg(ртуть)Cd(кадмий)Te(теллур) состоит из  $1,25 \times 10^6$  транзисторов (размером  $1,85 \times 1,55$  см.). Наиболее распространенные «смотрящие» матрицы на область спектра 3-5мкм: 1) HgCdTe с термоэлектрическим охлаждением при рабочей температуре  $T=180^\circ\text{K}$ . 2) In(индий)Sb(сурьма); Pt(платина)Si(кремний) - с охлаждением до температуры жидкого азота  $T=77^\circ\text{K}$ .**
- Элементы матрицы (4,5,6,7) изготавливают в интегральном исполнении в одном блоке и размещают при охлаждении в криостате.
- 8 - Аналоговый корректор неоднородности сигналов ячеек.
- 9 - АЦП.
- 10 - Цифровой корректор неоднородности сигналов ячеек.

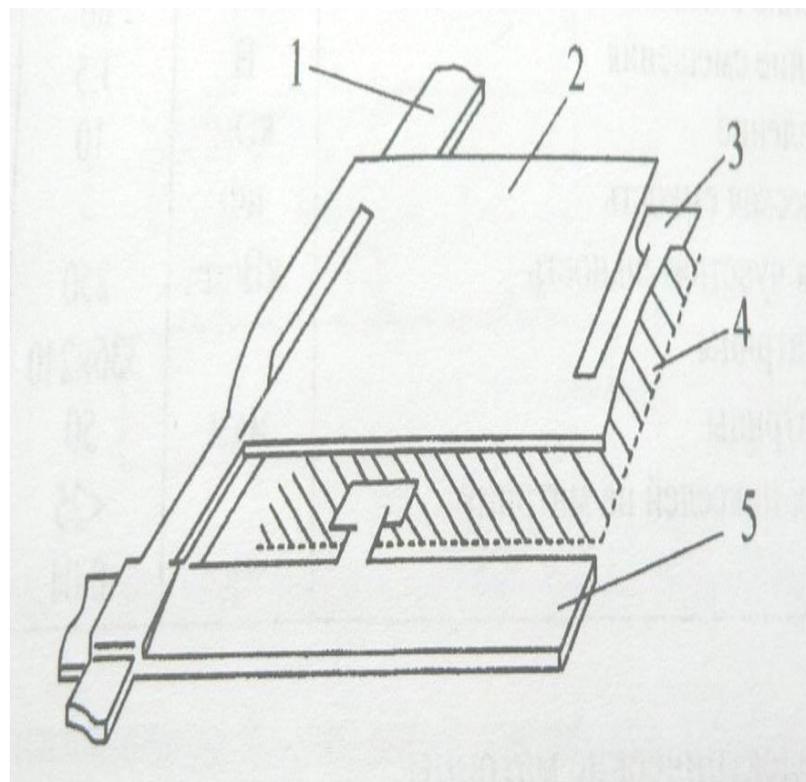
- 11 - Корректор неработающих ячеек.
- 12 - Формирователь изображения.
- 13 - Дисплей.
- 14 - Цифровой выход.
- 15 - Тактовый генератор.
- **Для справки: После мультиплексора следует компьютерная обработка сигналов, которые сначала направляются в неохлаждаемую аналоговую схему обработки 8 (происходит предварительная коррекция неоднородности чувствительности, фонового и темнового токов ячеек матрицы). Затем аналоговые сигналы преобразовываются в цифровые 9 и поступают в цифровую схему корректировки 10. После этого вычитаются неработающие ячейки 11, заменяются сигналы на месте неработающих ячеек интегрированными между прилегающими ячейками и направляются в блок формирования изображения 12. На выходе информация выводится на дисплей 13, а также выдается в цифровом виде 14.**

## Конструктивные особенности тепловизоров на неохлаждаемых матрицах

- В настоящее время для измерений в области спектра 7,5-14 мкм созданы тепловизоры на практически неохлаждаемых «смотрящих» матрицах. Неохлаждаемые матричные приемники строятся на основе тепловых приемников, которые в отличие от квантовых не имеют длинноволновой границы чувствительности.

### Микроболометрические матрицы.

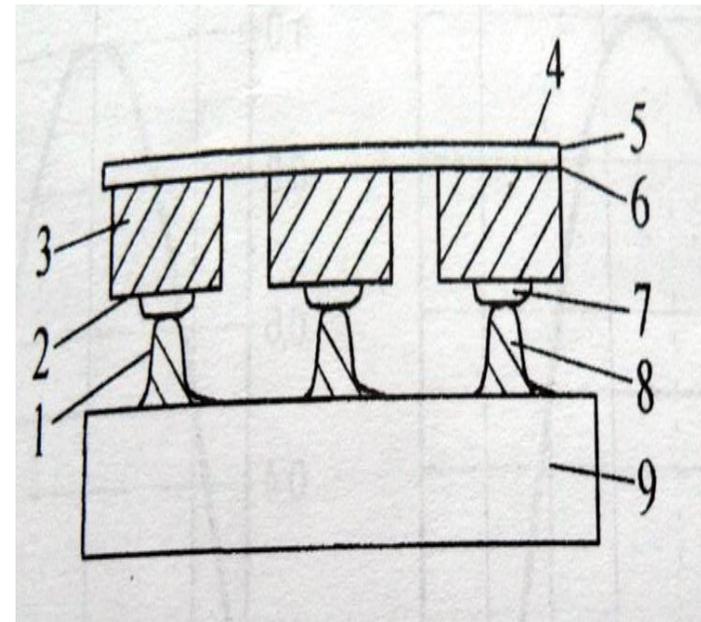
- Рассмотрим устройство приемного пикселя неохлаждаемой матрицы фирмы HoneyWell.
- Конструктивные и технологические особенности создания неохлаждаемых матриц в основном обусловлены задачей минимизации тепловой связи чувствительного элемента с базой. С этой целью в микроболометрических матрицах чувствительный элемент поддерживается двумя ножками в виде тонкопленочных полосок. Расположение чувствительного элемента на ножках позволяет сформировать под ним планарные электронные ключи, что упрощает коммутацию матрицы и увеличивает коэффициент заполнения ее приемной площади.



- 1 - Y-шина.
- 2 - чувствительный элемент.
- 3 - ножка тепловой и электрической связи.
- 4 - биполярный транзистор.
- 5 - X-шина.

- Хорошая теплоизоляция отдельного болометрического пикселя от базы практически устраняет тепловую связь между соседними элементами матрицы и таким образом почти полностью исключает их взаимное влияние. В этих матрицах наблюдается дрейф температуры базовой подложки, что вызывает необходимость ее стабилизации. Для стабилизации температуры используют термоэлектрические охладители с авторегулированием. Термометром в системе регулирования может служить один из микроболометров, закрытый от измеряемого излучения.
- Микроболометрическую матрицу с элементами коммутации, термометром и термоэлектрическим охладителем размещают в вакуумируемом корпусе, имеющем окно, пропускающее ИК излучение.
- **Пироэлектрические матрицы.**
- Наиболее чувствительные пироэлектрические матрицы созданы фирмой Texas Instruments по гибридной технологии, основанной на использовании пироэлектрических свойств в керамике Ba(барий)Sr(стронций)TiO<sub>3</sub>(оксид титана).
- **Для справки: Пироэлектрический эффект - возникновение электрических зарядов на поверхности пироэлектриков (кристаллы) вследствие их охлаждения или нагревания.**
- Для улучшения характеристик применено усиление пироэлектрического эффекта посредством приложения к керамике электрического поля. Пироэлектрические приемники со смещением иногда называют ферроэлектрическими или емкостными болометрами.
- Рассмотрим устройство пироэлектрической матрицы фирмы Texas Instruments.

- Конструктивно пироэлектрическая матрица состоит из двух плат, изготавливаемых отдельно до момента их соединения методом импульсного прижатия. На первой плате формируют поглощающий элемент и пиксели  $\text{BaSrTiO}_3$  с контактной металлизацией, на второй - систему теплоизолирующих ножек из органических материалов с металлизацией для электрического контакта с элементами считывающей электроники. Поглощающий элемент, не разделенный на пиксели, построен по схеме трехслойного оптического резонатора. Нижний металлический слой поглощающего элемента является также общим электродом пироэлектрических пикселей.



- 1 - Теплоизолятор.
- 2 - Тыльный контакт термочувствительного эл-та.
- 3 -  $\text{BaSrTiO}_3$  пиксель.
- 4 - полупрозрачная металлическая пленка.
- 5 - органическая прослойка.
- 6 - отражающая металлическая пленка.
- 7 - контактная подушка.
- 8 - пленочный металлический контакт.
- 9 - кремниевая пластина с электроникой считывания.

## Параметры неохлаждаемых матриц

Параметр	Единицы измерения	Фирма изготовитель	
		HoneyWell	Texas Instruments
Материал чувствительного элемента	-	VO <sub>x</sub>	BaSrTiO <sub>3</sub>
Теплоемкость пикселя	нДж/К	1	-
Теплопроводность связи ЧЭ с подложкой	мкВт/К	0,08	5
Тепловая постоянная времени	мс	10	15
Коэффициент заполнения	%	50	100
Поглощение в полосе 8-12 мкм	%	80	95
Напряжение смещения	В	1,5	15
Сопротивление	кОм	10	-
Электрическая емкость	пкФ	-	3
Вольтовая чувствительность	кВ/Вт	250	85
Формат матрицы	-	336x240	328x245
Период матрицы	мкм	50	50
Дефектных пикселей на матрицу	-	<25	<100
$\Delta T_{net}$	°	0,04	0,05

- Пироэлектрический приемник, в отличие от болометра реагирует только переменную мощность ИК излучения, поэтому при использовании пироэлектрических матриц в «смотрящем» режиме необходима модуляция излучения. Наличие модулятора усложняет прибор, снижает его надежность и, кроме того, приводит к уменьшению чувствительности в 2 раза. Но несмотря на это по достигнутым  $\Delta T_{net}$  (эквивалентная шуму разность температур) пироэлектрические матрицы близки к микроболометрическим.