

# Матричные камеры серии CI



# ОГЛАВЛЕНИЕ

- 01** • Принципы захвата изображений в длинноволновом инфракрасном диапазоне
- 02** • Применения матричных камер в длинноволновом инфракрасном диапазоне
- 03** • Матричные камеры серии CI
- 04** • Выбор матричной камеры серии CI

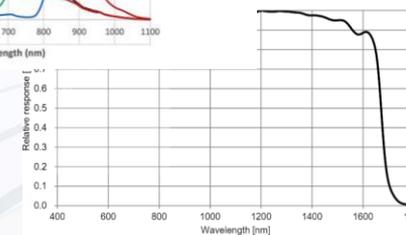
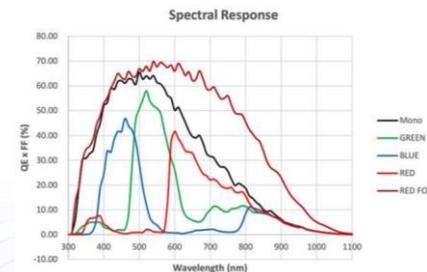
# 1.1 Относительное спектральное распределение



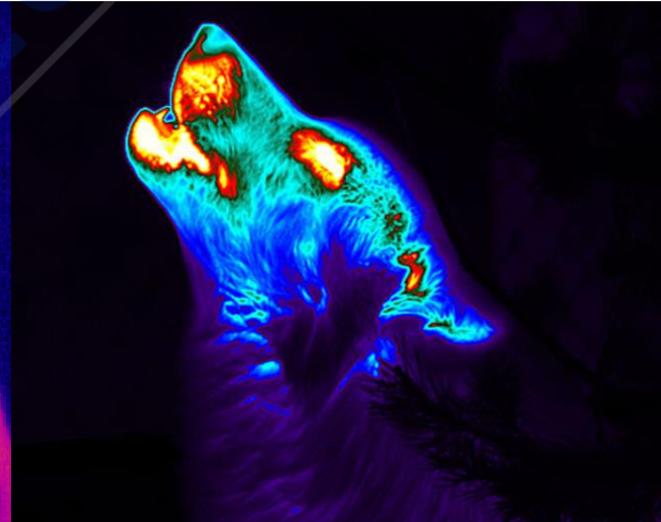
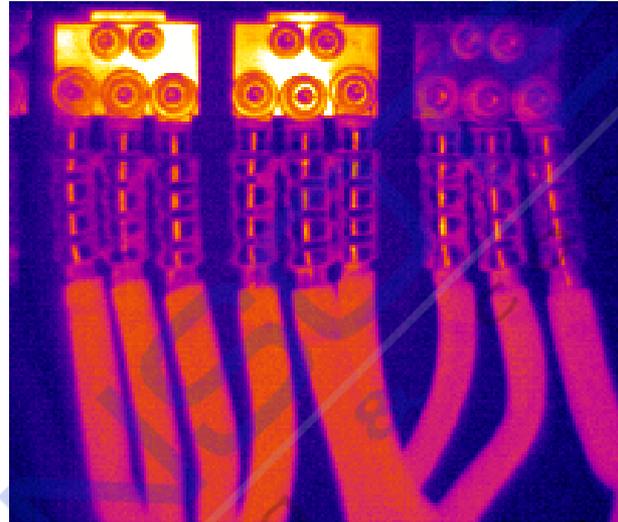
Электромагнитная волна

Невидимый свет		Видимый свет	Невидимый свет				
Рентген излучение	УФ		Ближне-волновый ИК диапазон	Коротко-волновый ИК диапазон	Средне-волновый ИК диапазон	Длинно-волновый ИК диапазон	Дальне-волновый ИК диапазон, микро
		400 нм	750 нм	1100 нм	1700 нм	8000 нм	14000 нм

- Человеческий глаз может видеть свет в диапазоне около 400-750 нм
- Стандартный ПЗС/КМОП сенсор имеет рабочий диапазон примерно 300-1100 нм
- УФ сенсор определяет волны длиной около 200 нм
- Сенсоры на ближний ИК диапазон работают в диапазоне 750-1000 нм.
- Для диапазонов волн выше 1100 нм требуется сенсор из специальных материалов :  
 Коротковолновый ИК диапазон – из арсенида галлия-индия  
 Дальневолновый ИК диапазон – неохлаждаемый детектор на основе оксида ванадия



## 1.2 Принцип длинноволновой инфракрасной визуализации – тепловое излучение



- Любой объект с температурой выше абсолютного нуля  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$  благодаря электромагнитному излучению.
- Человеческий глаз не может воспринимать тепловое излучение, но оно является одним из наиболее распространенных излучений в природе.
- Интенсивность теплового излучения объекта связана со свойствами его материалов, температурой поверхности и т.д.: чем выше температура, тем больше энергия излучения.

## 1.2 Принцип захвата изображения камерой в длинноволновом инфракрасном диапазоне

Система захвата изображений камеры в длинноволновом ИК диапазоне



### Линза из германия

Монокристаллический германий высокой чистоты имеет высокий показатель преломления света, пропускает инфракрасный свет и непроницаем для видимого и ультрафиолетового света.

### Неохлаждаемый сенсор на основе оксида ванадия

Детектор поглощает тепловое излучение объекта, вызывая изменение сопротивления некоторых термочувствительных компонентов материала (оксида ванадия).

**Камера в длинноволновом ИК диапазоне** представляет собой детектор, который преобразует сигналы инфракрасного теплового излучения различной интенсивности в соответствующие электрические сигналы через германиевую линзу, а затем преобразует их в цифровые сигналы с помощью механизмов обработки для формирования изображений.



# ОГЛАВЛЕНИЕ

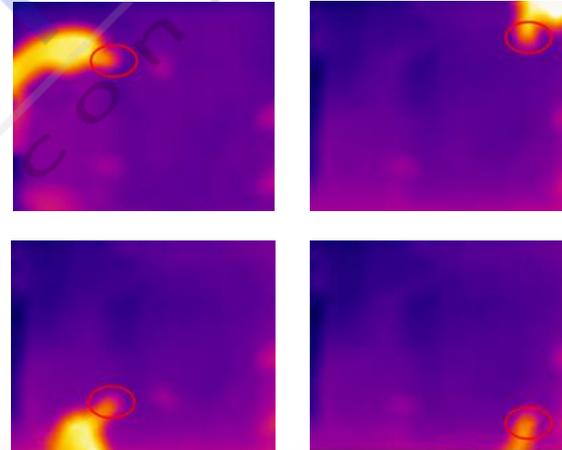
- 01** • Принципы захвата изображений в длинноволновом инфракрасном диапазоне
- 02** • **Применения матричных камер в длинноволновом инфракрасном диапазоне**
- 03** • Матричные камеры серии CI
- 04** • Выбор матричной камеры серии CI

## 2.1 Применения камер в длинноволновом инфракрасном диапазоне

### Фотоэлектрическая промышленность

#### Исследования на клеточном уровне

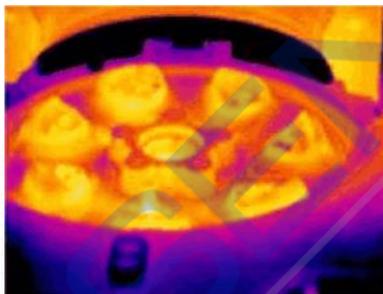
- Пример: при тесте I-V необходимо проверить аккумулятор на короткое замыкание и внутренние дефекты.
- Короткое замыкание в устройстве приведёт к очевидному повышению температуры после его включения. На изображении видно, что уровень яркости значительно изменился.



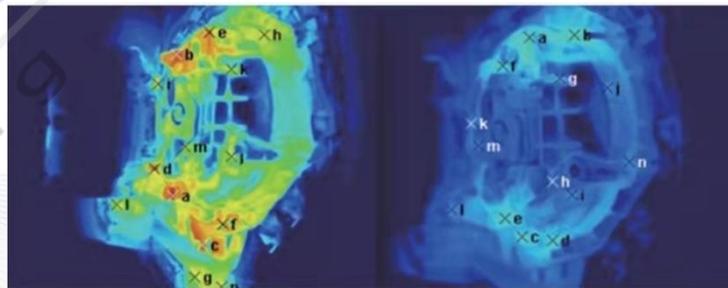
## 2.2 Применения камер в длинноволновом инфракрасном диапазоне

### Производство деталей и компонентов

- Температура в зоне дефекта заготовки отличается от температуры других её областей. Камера может отображать разность температур, чтобы быстро обнаружить и отбраковать дефектную продукцию.
- Можно постоянно контролировать температуру пресс-формы на предмет наличия дефектов.



Обработка пресс-формы  
колёсного диска

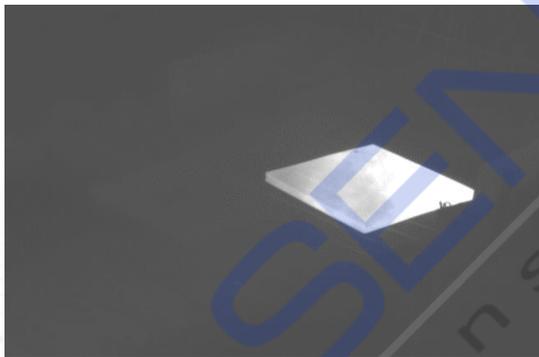


Пресс-форма

## 2.3 Применения камер в длинноволновом инфракрасном диапазоне

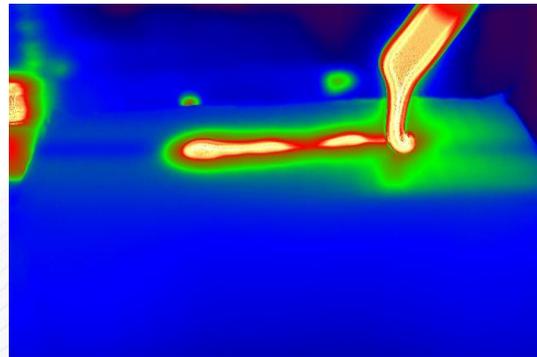
### Производство стали

- Проверка температуры сталеразливочного ковша (уровень яркости) во время производственного процесса (различные требования для разных температур стали)



### Проверка покрытия

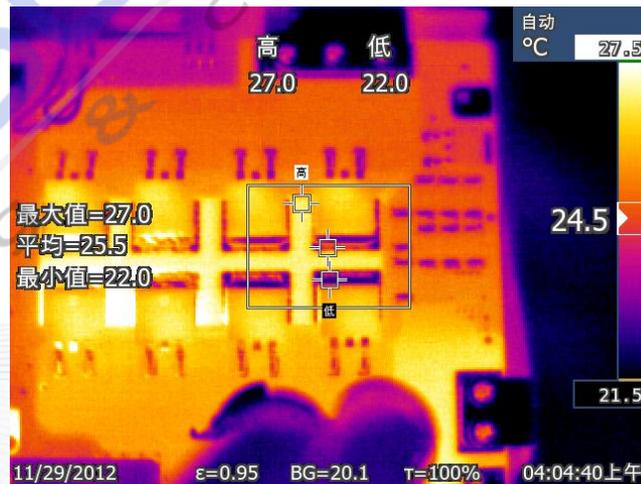
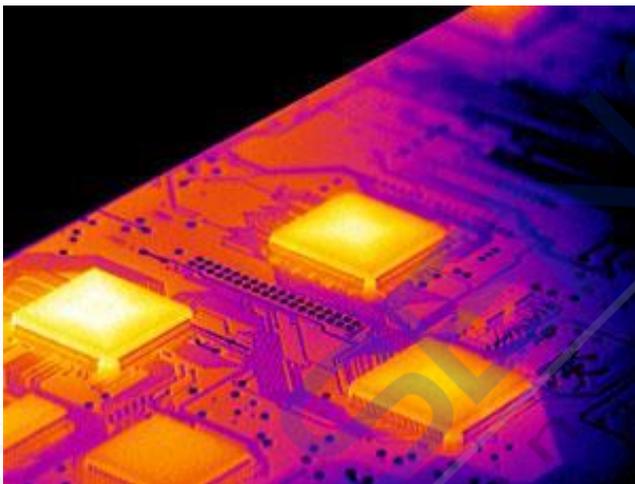
- Проверка однородности клеевого шва, его разрывов или истончения.



## 2.4 Применения камер в длинноволновом инфракрасном диапазоне

### Производство / проверка качества печатных плат

- Камера может определять температуру печатной платы и находить точку перегрева. Это можно использовать для оценки конструкции схемы и производительности устройства.



# ОГЛАВЛЕНИЕ

- 01 • Принципы захвата изображений в длинноволновом инфракрасном диапазоне
- 02 • Применения матричных камер в длинноволновом инфракрасном диапазоне
- 03 • Матричные камеры серии CI
- 04 • Выбор матричной камеры серии CI

## 3.1 Матричные камеры серии CI

В камерах серии CI используется высокочувствительный неохлаждаемый детектор на основе оксида ванадия с полосой отклика **8-14 мкм**, который может визуализировать данные о температуре и измерять температурные характеристики объектов. Камеры серии CI применимы в новой энергетике, на производстве автокомпонентов и электронных полупроводников и в других отраслях.

Модель	Разрешение	Размер пикселя	Макс. кадров в секунду	Фокусное расстояние	Интерфейс передачи данных
MV-CI003-GL-N6	640 x 512 (0.3 Мп)	17 мкм	50.0	6.3 мм	GigE
MV-CI003-GL-N15	640 x 512 (0.3 Мп)	17 мкм	50.0	15 мм	GigE
MV-CI003-GL-N25	640 x 512 (0.3 Мп)	17 мкм	50.0	25 мм	GigE
MV-CI003-GL-N35	640 x 512 (0.3 Мп)	17 мкм	50.0	35 мм	GigE
MV-CI003-GL-T6	640 x 512 (0.3 Мп)	17 мкм	50.0	6.3 мм	GigE
MV-CI013-GS-TF	1280 x 1024 (1.3 Мп)	5 мкм	91.00	Объектив заказывается отдельно	GigE

## 3.2 Матричные камеры серии CI

### ➤ Модель для обнаружения и измерения температуры

	MV-CI003-GL-Nx 	MV-CI003-GL-Tx 
Тип сенсора	<b>Неохлаждаемый детектор на основе оксида ванадия</b>	
Размер пикселя	17 мкм	
Разрешение	640 × 512	
Макс. кадров в секунду	50 кадров в секунду (частота кадров не регулируется)	
Эквивалентная шуму разность температур	<35 мК (F1,0, 25 °C)	<50 мК (F1.0, 30 °C)
Формат пикселя	<b>Ч/Б 8/12/ 14, цветовая модель YUV</b>	<b>Ч/Б 16, Число одинарной точности 32-бит с плавающей запятой, цветовая модель YUV</b>
Обработка изображения	Поддерживает яркость, контрастность, увеличение детализации изображения, цифровое шумоподавление	Поддерживает яркость, резкость, гамму
Диапазон измеряемых температур	<b>Не поддерживается</b> (сенсор поддерживает обнаружение до 150 °C)	Поддерживается: -20 ~ 150°C или 0 ~ 550°C
Мин. рабочее расстояние	<b>0.1 м / 0.1 м / 0.25 м / 0.45м</b>	<b>0.6 м</b>
Габариты	58 мм x 58 мм × 115.5 мм 58 мм x 58 мм × 102.5 мм 58 мм x 58 мм × 96.9 мм 58 мм x 58 мм × 115.5 мм	48 мм x 48 мм × 117.9мм

## 3.3 Матричные камеры серии CI – ключевые преимущества

Поддерживают **гибкую настройку параметров**

Поддерживают **несколько способов триггерования**, сигнал триггера можно настроить по уровню или по фронту.

Поддерживают **вывод разных событий**: старт/стоп сбора данных, старт/стоп захвата кадров и т. д.

Поддерживают **синхронизацию нескольких камер**, имеют интерфейс ввода/вывода общего назначения и оптические входы/выходы

Поддерживают **интерфейс GigE** и обеспечивают дальность передачи данных до 100 м без реле. Поддерживают питание через Ethernet (PoE).

Поддерживает **протокол GenICam**



# ОГЛАВЛЕНИЕ

- 01** • Принципы захвата изображений в длинноволновом инфракрасном диапазоне
- 02** • Применения матричных камер в длинноволновом инфракрасном диапазоне
- 03** • Матричные камеры серии CI
- 04** • **Выбор матричной камеры серии CI**

## 4.1 Выбор матричной камеры серии CI



**Шаг 1:** Выберите разрешение камеры

**Шаг 2:** Выберите фокусное расстояние объектива в соответствии с размером целевого объекта / рабочим расстоянием (обратите внимание, что инфракрасная камера имеет минимальное рабочее расстояние)

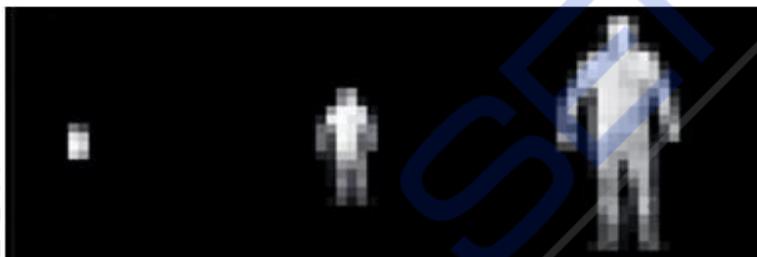
**Шаг 3:** После выбора фокусного расстояния объектива рассчитайте количество пикселей на 1 мм площади, соответствующее размеру целевого объекта

**Шаг 4:** Можно завершить подбор оборудования, если кол-во пикселей на 1 мм площади Вас устраивает

## 4.2 Ключевые параметры – расстояние обнаружения

Правило  
Джонсона

Задача	Описание	Пикселей на 1 мм
Обнаружение	Обнаружить объект в поле зрения	1.5 пикселя и больше
Распознавание	Классификация целей: танки, грузовики, люди и т.д.	6 пикселей и больше
Идентификация	Можно выявить модель и другие характеристики объекта.	12 пикселей и больше



Обнаружение

Распознавание

Идентификация



## 4.3 Ключевые параметры – поле зрения

IFOV: поле зрения в моменте

Наименьшая цель (область), которую может обнаружить каждый пиксель камеры на единице расстояния. Обычно это отношение размера пикселя ( $d$ ) к фокусному расстоянию ( $f$ ), то есть  $IFOV = d/f$ .

Когда единица расстояния одинаковая, чем меньше IFOV, тем меньше область, которую может обнаружить один пиксель. Если область обнаружения насчитывает большое количество пикселей, на изображении появляется больше деталей, и оно становится чётче .

Пример: размер пикселя камеры составляет 17 мкм, она оснащена объективом с фокусным расстоянием 100 мм.

Результат:  $IFOV = 17 / 100 = 0,17$  мрад.

Постоянные значения	Пиксель (мкм)	17.00	17.00	17.00	17.00
	Фокусное расстояние	6.30	15.00	25.00	35.00
	Разрешение по оси X	640.00	640.00	640.00	640.00
	Разрешение по оси Y	480.00	480.00	480.00	480.00
	IFOV (мрад)	2.70	1.13	0.68	0.49

## 4.4 Ключевые параметры – детектор

- В зависимости от рабочей температуры детекторы можно разделить на охлаждаемые и неохлаждаемые.



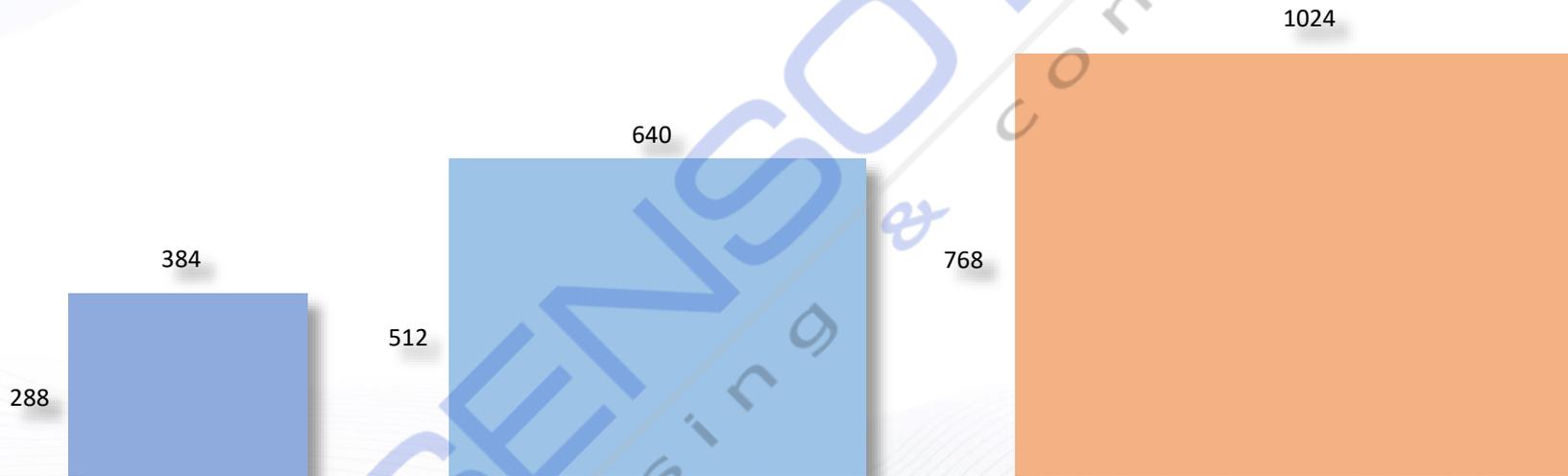
Охлаждаемый



Неохлаждаемый

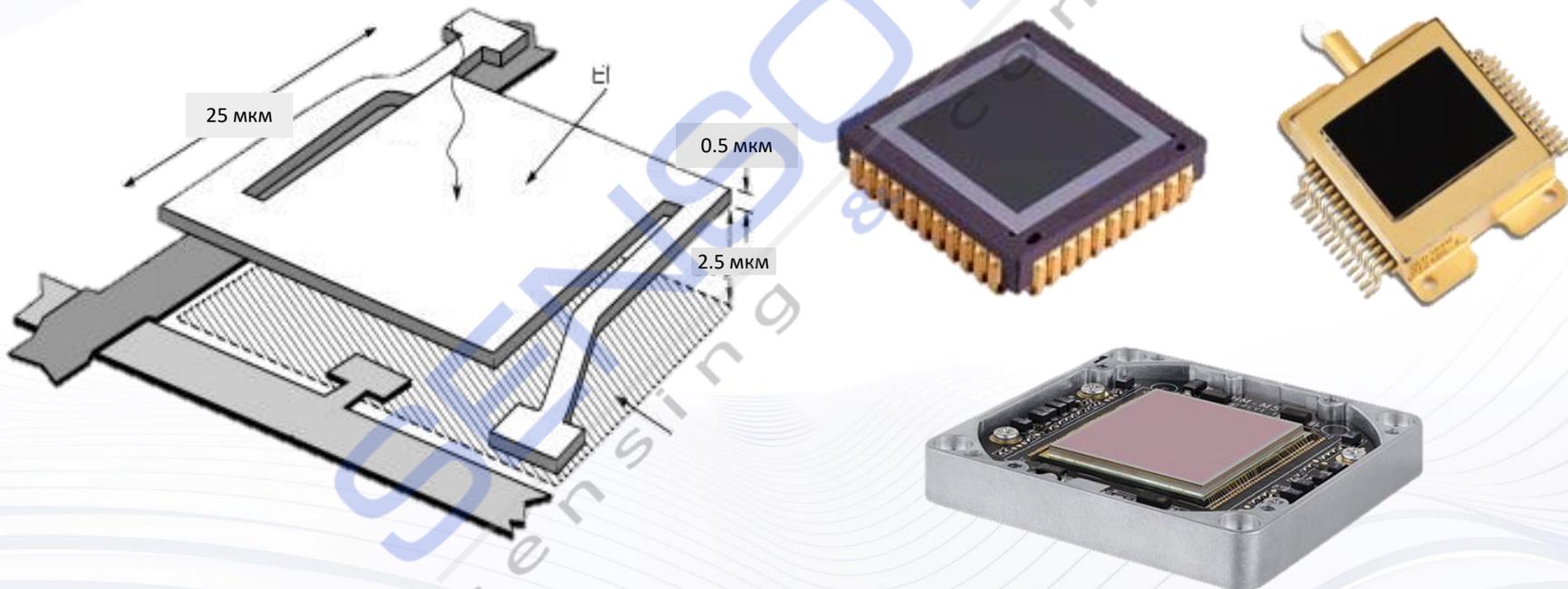
## 4.4 Ключевые параметры – детектор

- Наиболее распространённые разрешения:  $160 \times 120$ ,  $384 \times 288$ ,  $640 \times 512/480$ ,  $1024 \times 768$  и т.д. Чем выше разрешение, тем четче изображение.



## 4.4 Ключевые параметры – детектор

- Размер пикселя: обычно 12 мкм, 17 мкм, 25 мкм и т.д.



## 4.5 Ключевые параметры – эквивалентная шуму разность температур (NETD)

NETD: Эквивалентная шуму разность температур

Под температурной чувствительностью понимается способность тепловизионного оборудования точно отличать малейшую разницу между излучением объекта и фона.

**Чем меньше значение NETD, тем выше чувствительность.**

Эквивалентная шуму разность температур	<35 мК (F1,0, 25 °C)
-------------------------------------------	----------------------

Например: NETD= 50 мК (F1,0,30°C)

Когда значение F равно 1,0, а температура окружающей среды составляет 30°C, если температура поверхности контролируемого объекта изменится на 50 мК (что эквивалентно 0,05°C), камера сможет обнаружить это изменение.

## 4.5 Ключевые параметры – излучательная способность

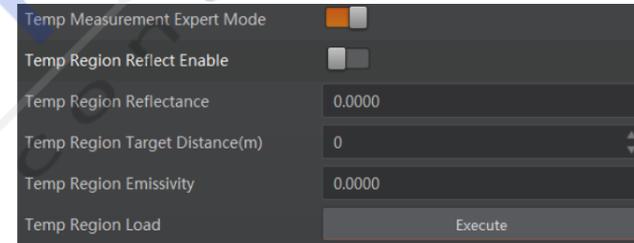
➤ **Излучательная (эмиссионная) способность:** отношение энергии, излучаемой поверхностью объекта, к энергии, излучаемой черным телом при той же температуре, в пределах от 0 до 1.

➤ **Определяющие факторы:**

- Материал объекта, шероховатость поверхности, геометрия поверхности, угол захвата изображения
- Температура объекта

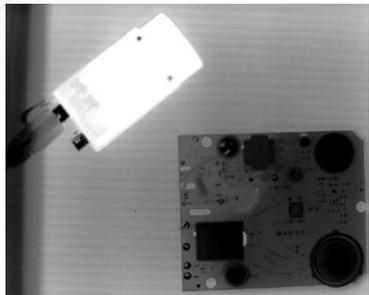
➤ **Свойства излучательной способности**

- Если поверхность гладкая, то коэффициент излучения будет ниже, а если поверхность шероховатая, то коэффициент излучения будет выше – гладкая поверхность подобна зеркалу. Инфракрасная камера измеряет не собственную температуру, а отраженную температуру (**отражательная способность - важный компенсационный параметр, влияющий на результаты измерения температуры**)
- Угол излучения становится меньше, когда уменьшается угол падения луча. При этом тепловое излучение является самым высоким, когда оно перпендикулярно поверхности. Оно будет стремительно уменьшаться, когда угол опустится ниже 45°.
- Когда температура объекта высокая, коэффициент излучения тоже будет выше.

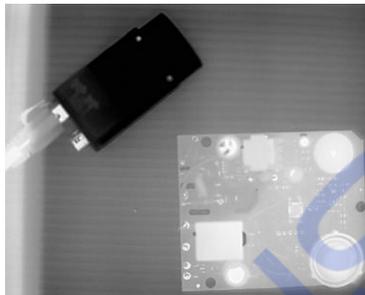


## 4.5 Ключевые параметры – спектрозональный режим

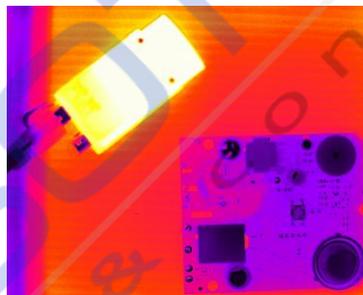
Спектрозональный цвет: камера захватывает изображения теплового излучения, и исходное изображение имеет **серо-белый цвет**. Спектрозональный режим преобразует изображения в оттенках серого или многоспектральные изображения в цветные изображения для усиления визуальных различий.



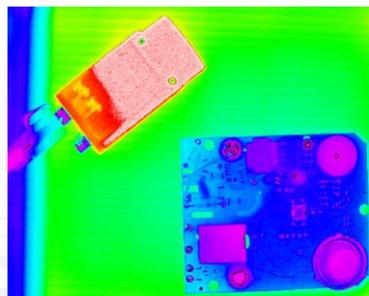
Белое калиение



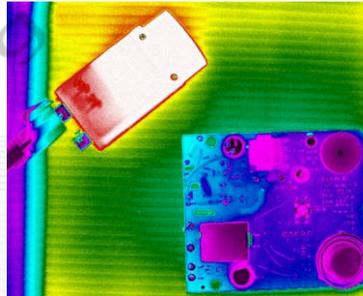
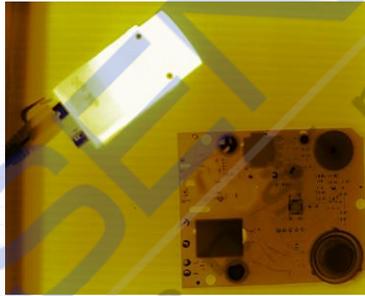
Тёмно-красное калиение



Красное калиение



Цвет 1



- Между температурой и цветом не существует абсолютного соответствия, нет чёткого регламента, какой цвет следует использовать для представления конкретной температуры на инфракрасных изображениях. Это соответствие определяется производителем.
- Области применения и отрасли диктуют разные требования.



SENSOTEC  
sensing & control



ООО «СЕНКОТЕК»

[www.sensotek.ru](http://www.sensotek.ru)

+7(495) 181-56-67

[info@sensotek.ru](mailto:info@sensotek.ru)