

Приемники излучения



Всесоюзный комитет по делам искусства при С.М. В. ССР



Свюзфото

**ФОТО-ПЛАСТИНКИ
ОРТОХРОМ**

ФАБРИКА №1
СРЕДНЕВОСКАЯ УЛ. 29
МОСКВА

РАЗМ. **10x12**

ШТ.

ОТКРЫВАТЬ ПРИ КРАСНОМ СВЕТЕ

Типы детекторов

Интегрирующие детекторы

Накапливают
приходящее излучение
со временем

Пример:

фотографическая
пластинка, ПЗС

Детекторы счета фотонов (PCD)

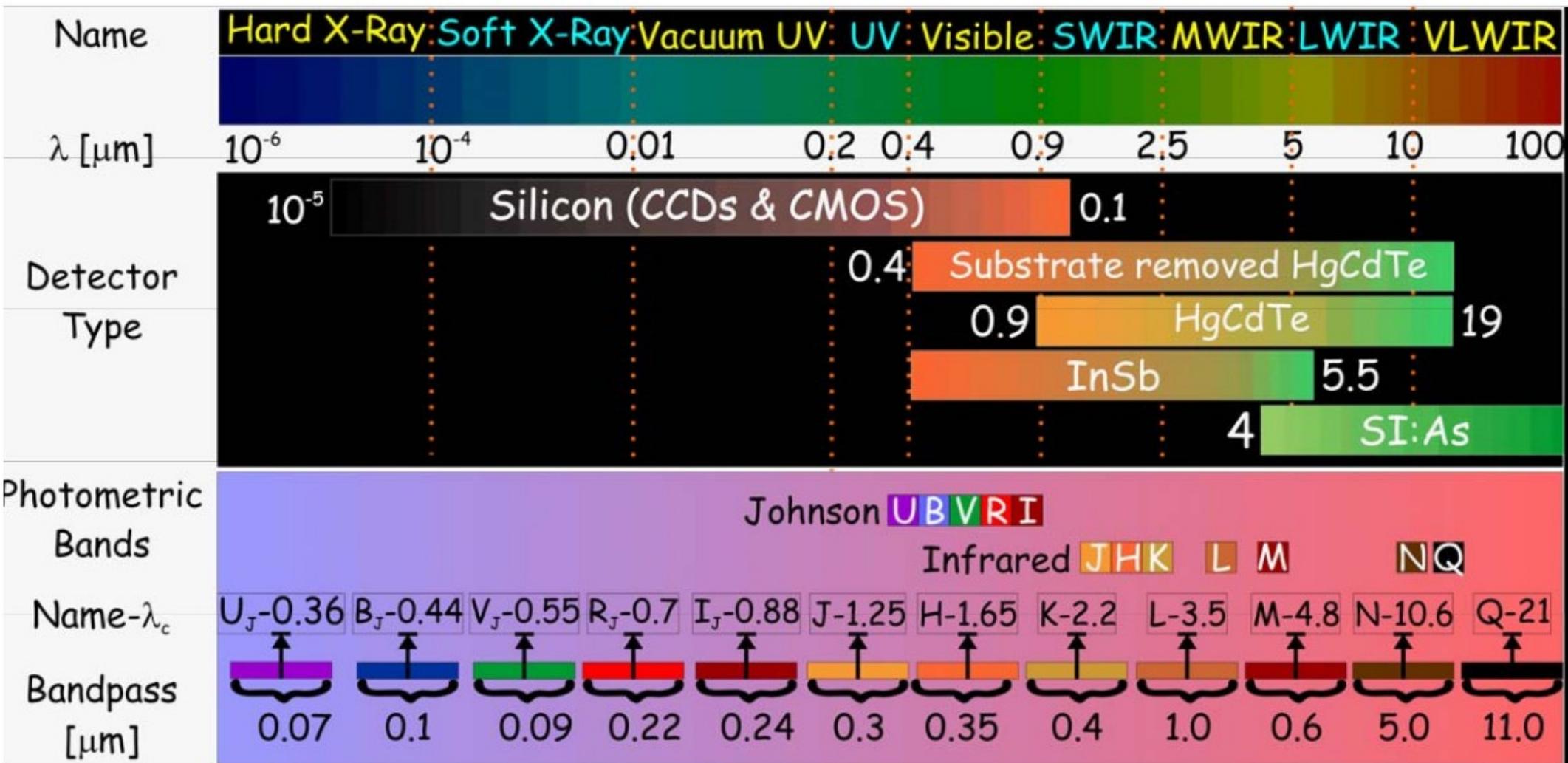
Реагируют почти на
каждый приходящий
фотон

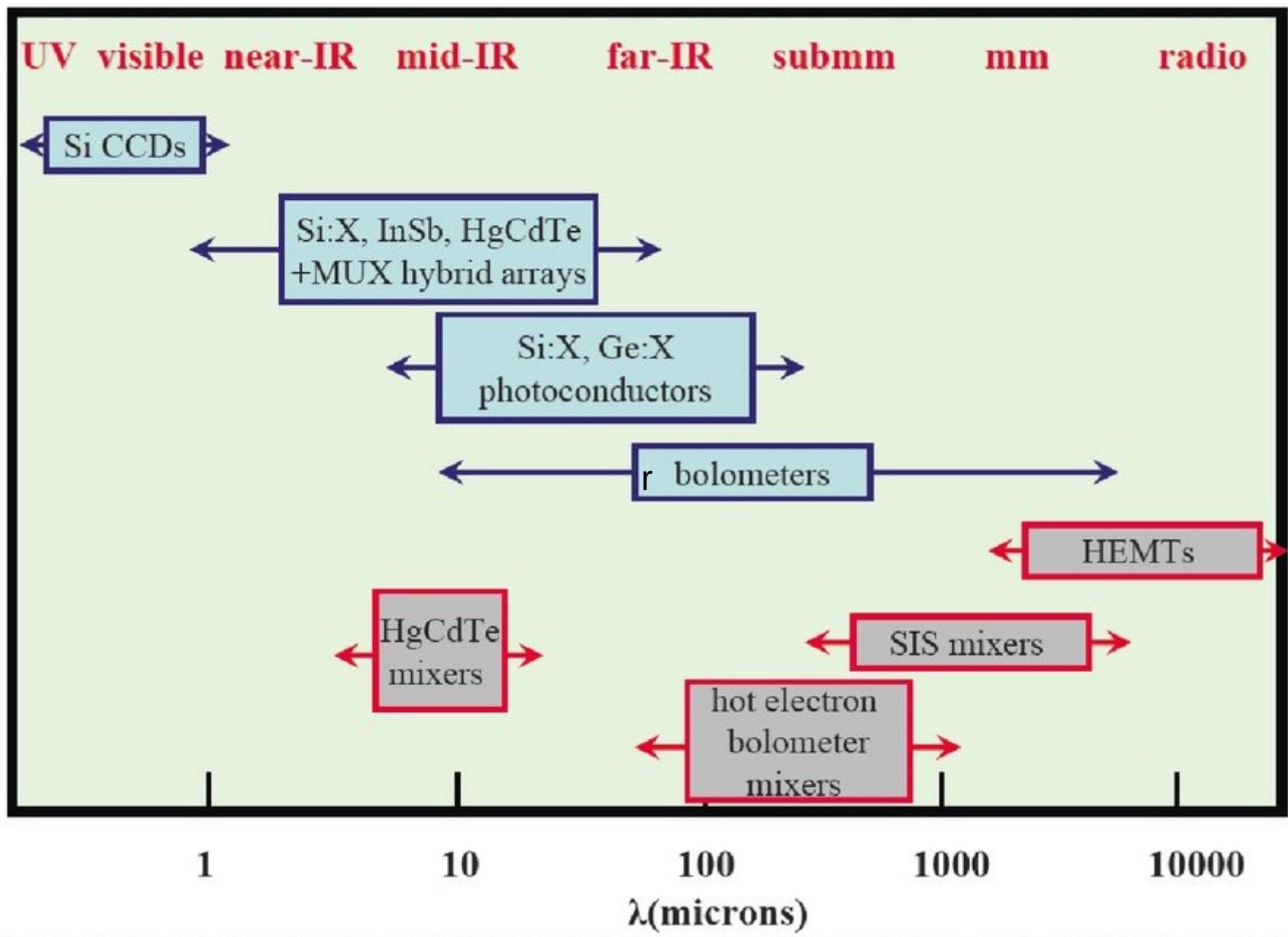
Пример:

фотоумножитель
МСП

Общие свойства детекторов

- Квантовая эффективность
- Частотная характеристика
- Линейность
- Усиление
- Динамический диапазон
- Уровень насыщения
- Чувствительность к космическим лучам
- Функция считывания
- Строение чувствительного слоя
- Шум
 - Дробовой шум
 - Шум считывания
 - Темновой ток
 - Фон
- Память
- Однородность чувствительности



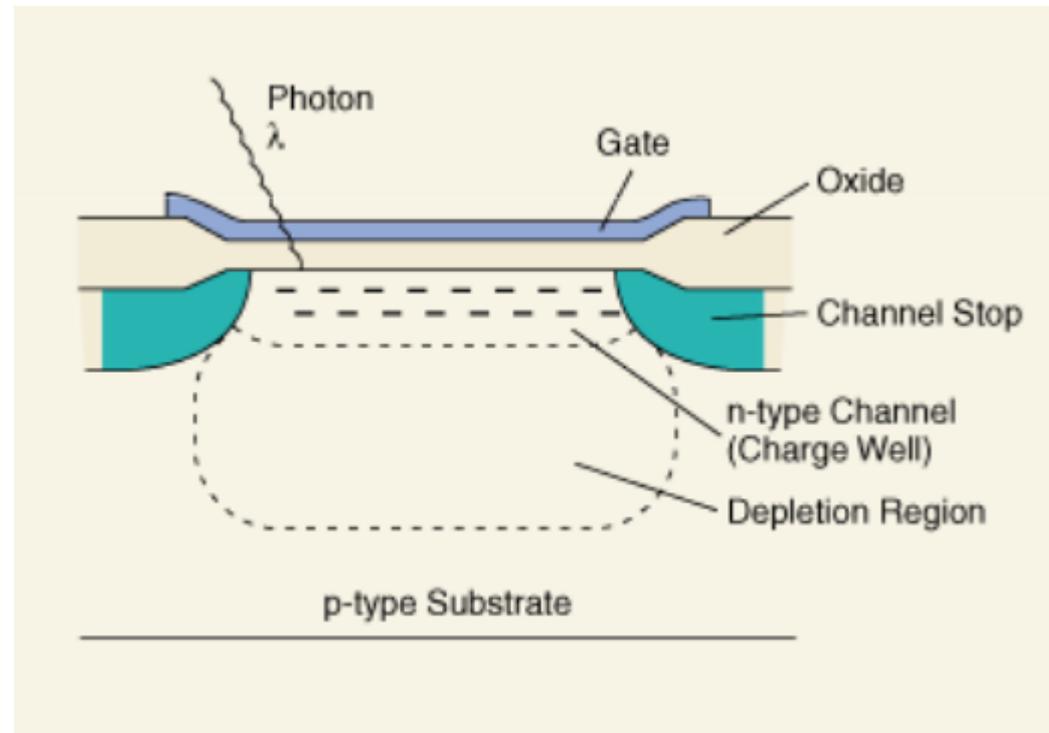


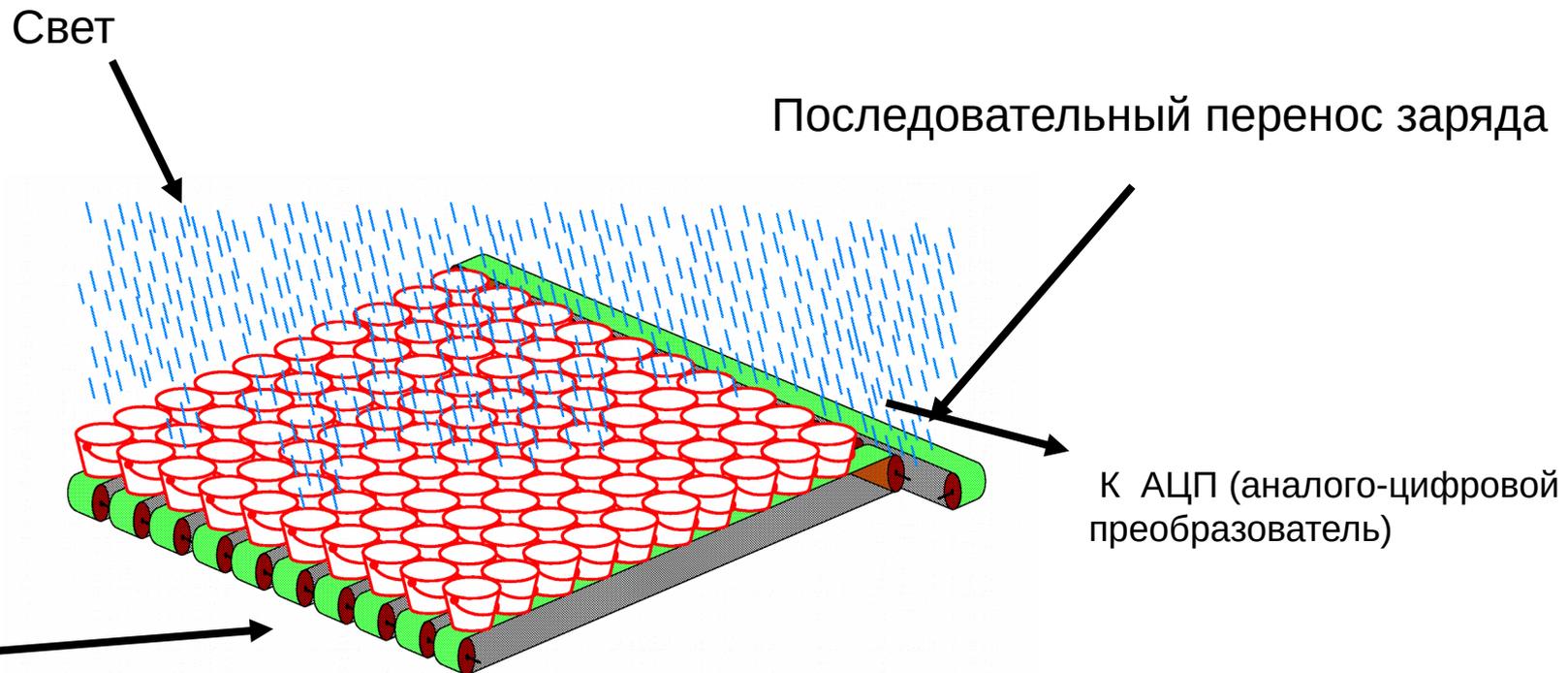
Source: <http://www.nasa.gov/pdf/115495main/115495main.pdf>

ПЗС-матрица

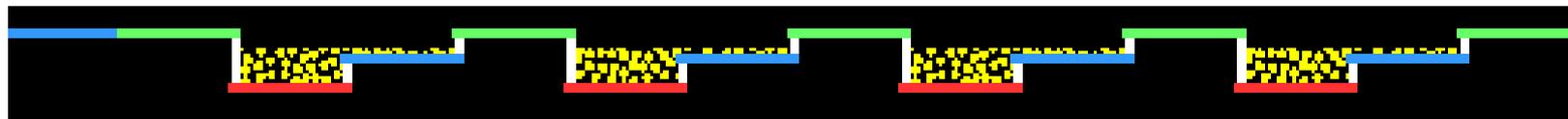
(Уф, оптический диапазон)

- МОП (металл-оксид-полупроводник) или МДП (металл-диэлектрик-полупроводник) структура
- Напряжение на электроде создает потенциальную яму в кремневой пластине
- Фотон выбивает в металле электрон (фотоэффект)
- Электрон захватывается в потенциальную яму
- Электроны накапливаются
- Управляющие сигналы переправляют электроны на выход
- Оцифровка сигнала

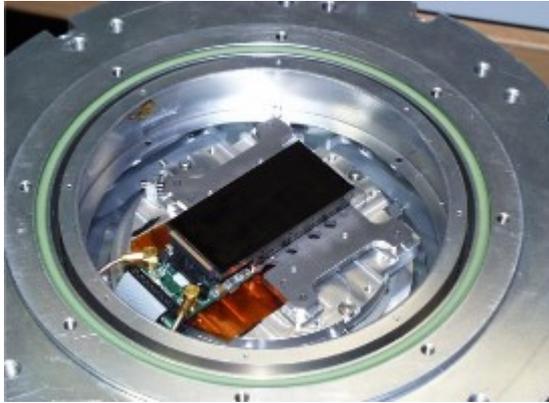




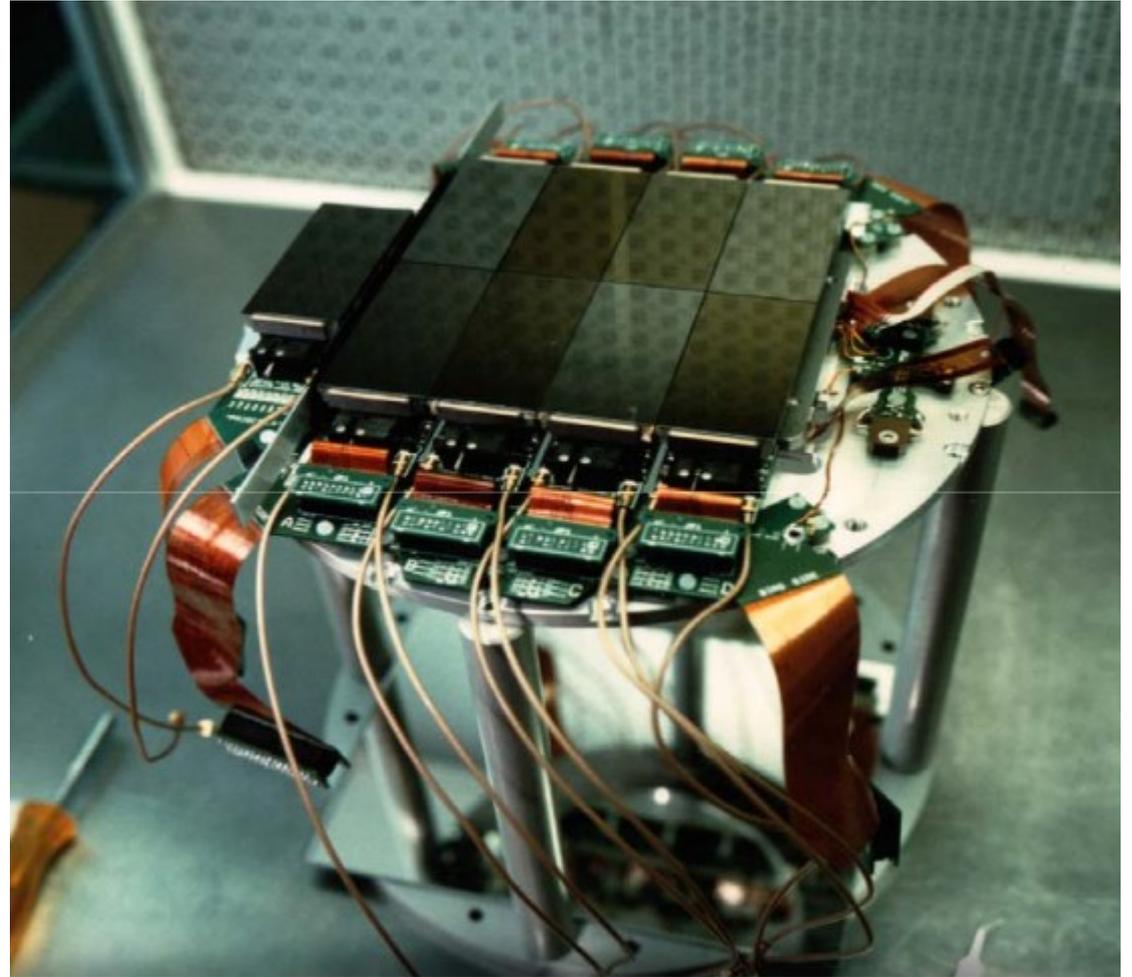
Паралельный перенос заряда



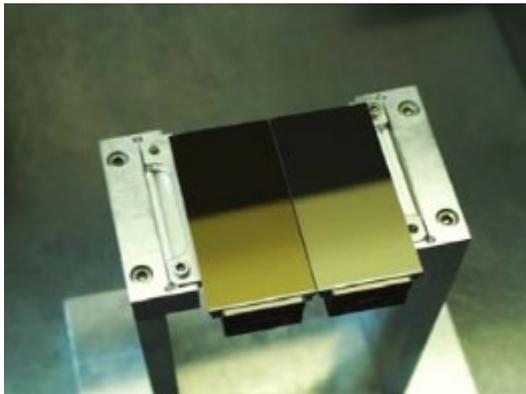
ПЗС матрица 4k x 2k



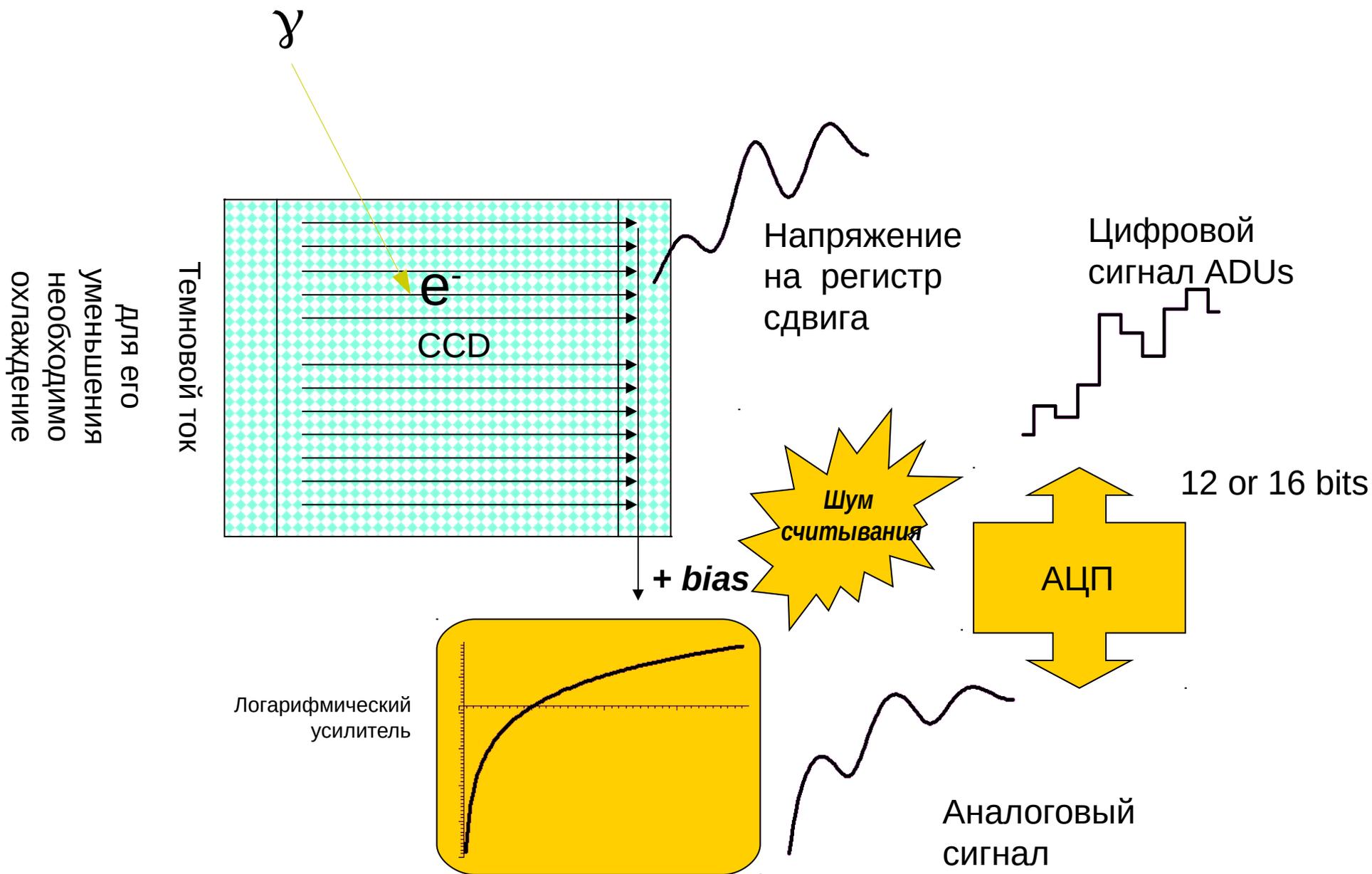
Мозайка из восьми ПЗС матриц 4k x 2k
ESO NTT телескоп, камера WFI
(Wide Field Imager)



Мозайка из двух ПЗС
матриц 4k x 2k

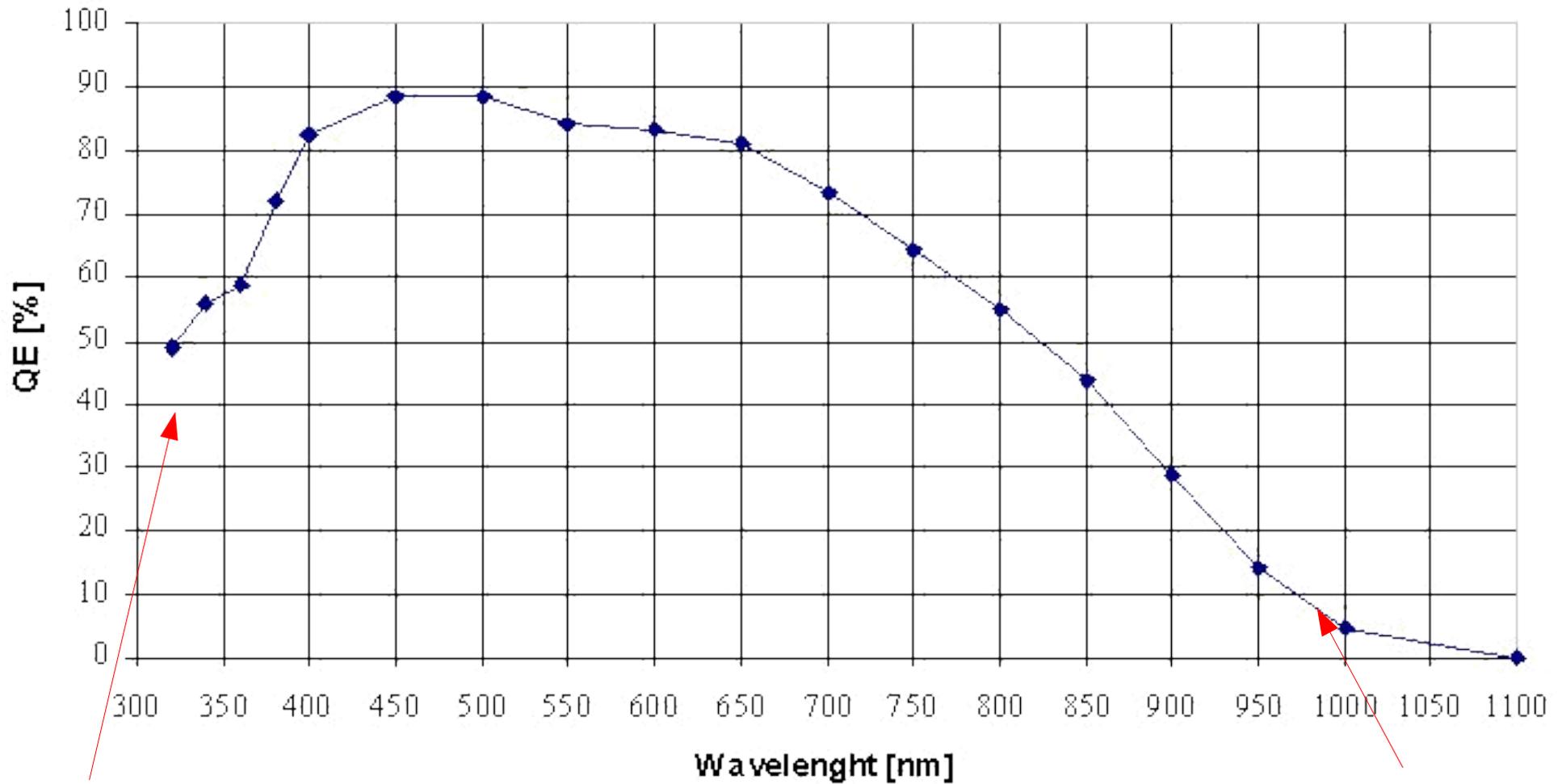


Путь сигнала



Квантовая эффективность

Quantum efficiency (UVES BLUE CCD SYSTEM)

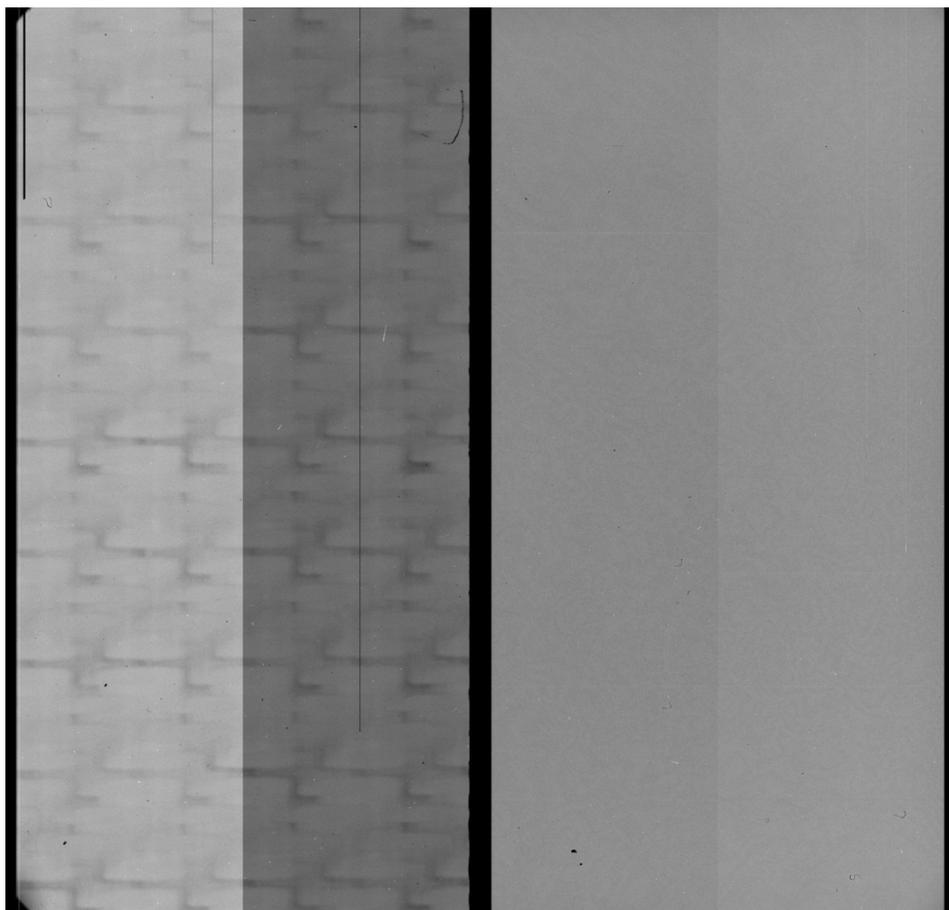


квант поглощается в подложке CCD
Выход: обратная засветка

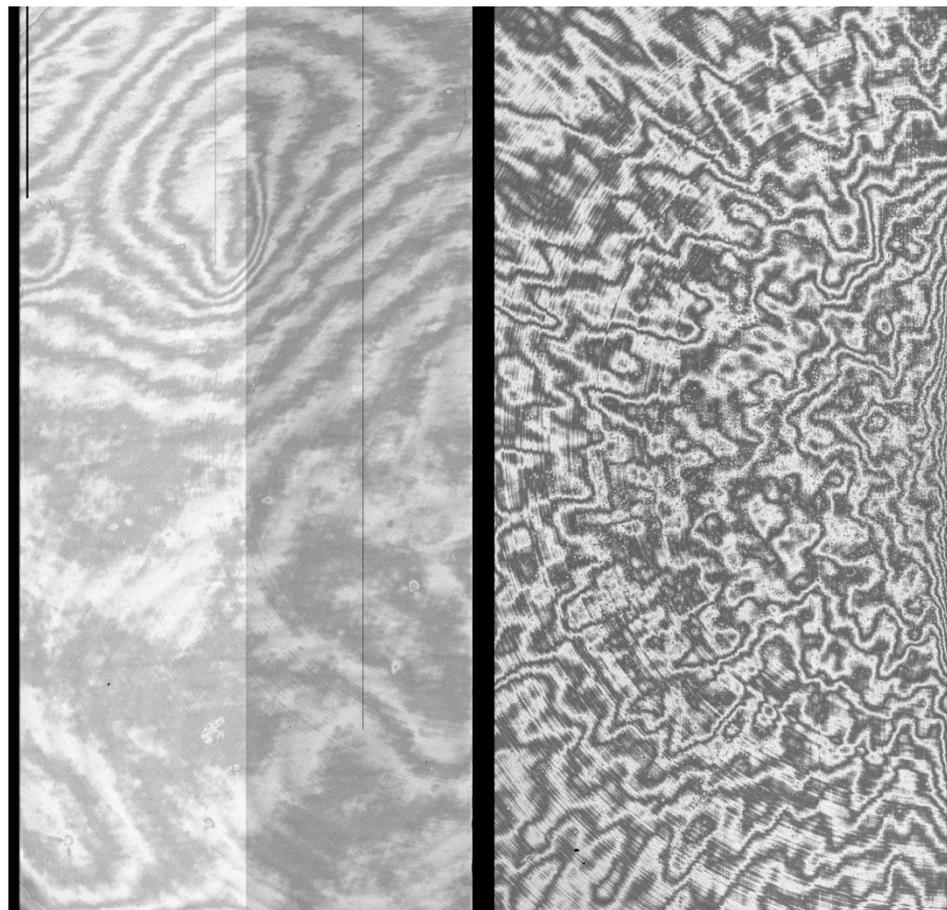
кванту не хватает энергии
Выход: нагрев CCD

Интерференционные ПОЛОСЫ

$\lambda=650$ nm



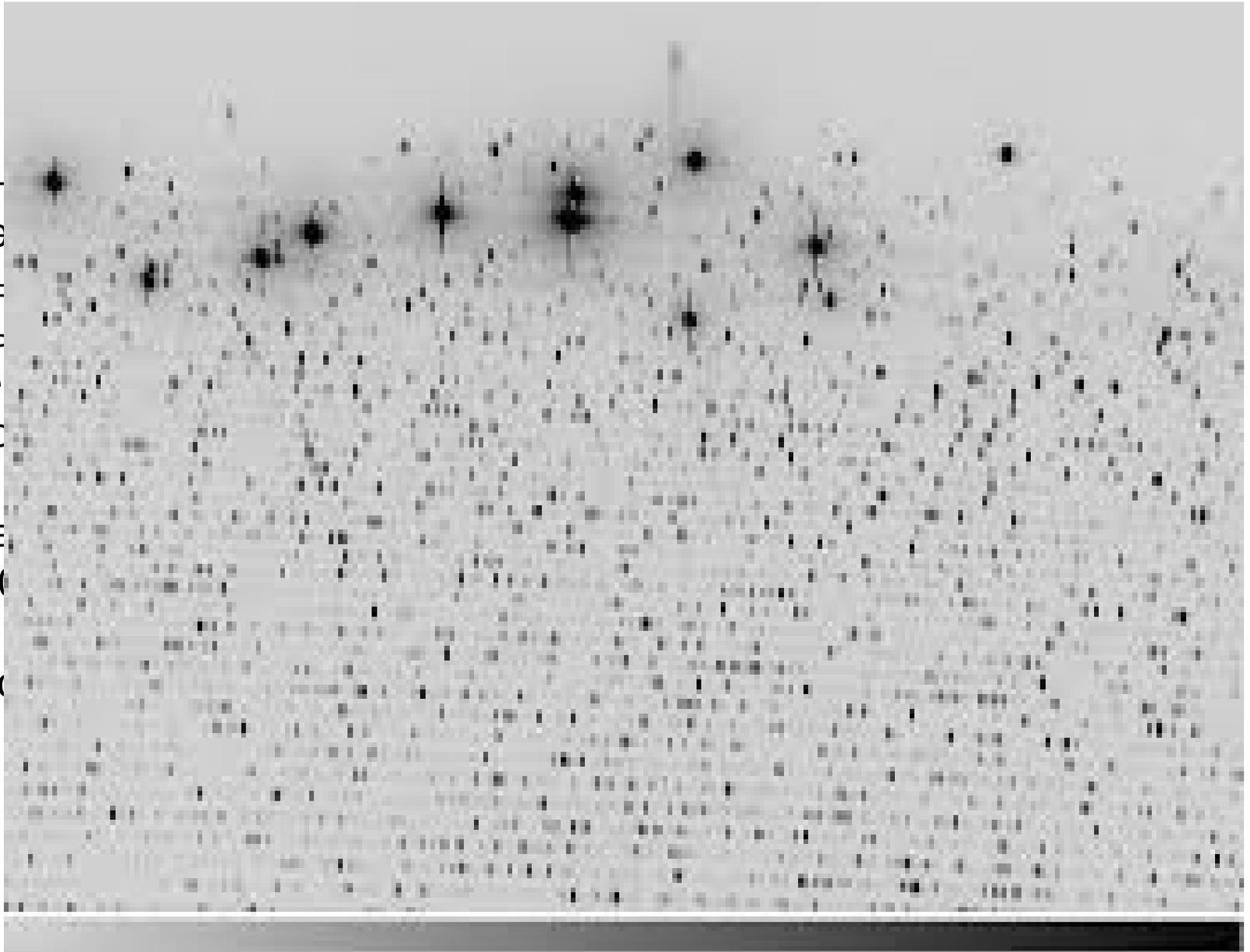
$\lambda=900$ nm



Линейность

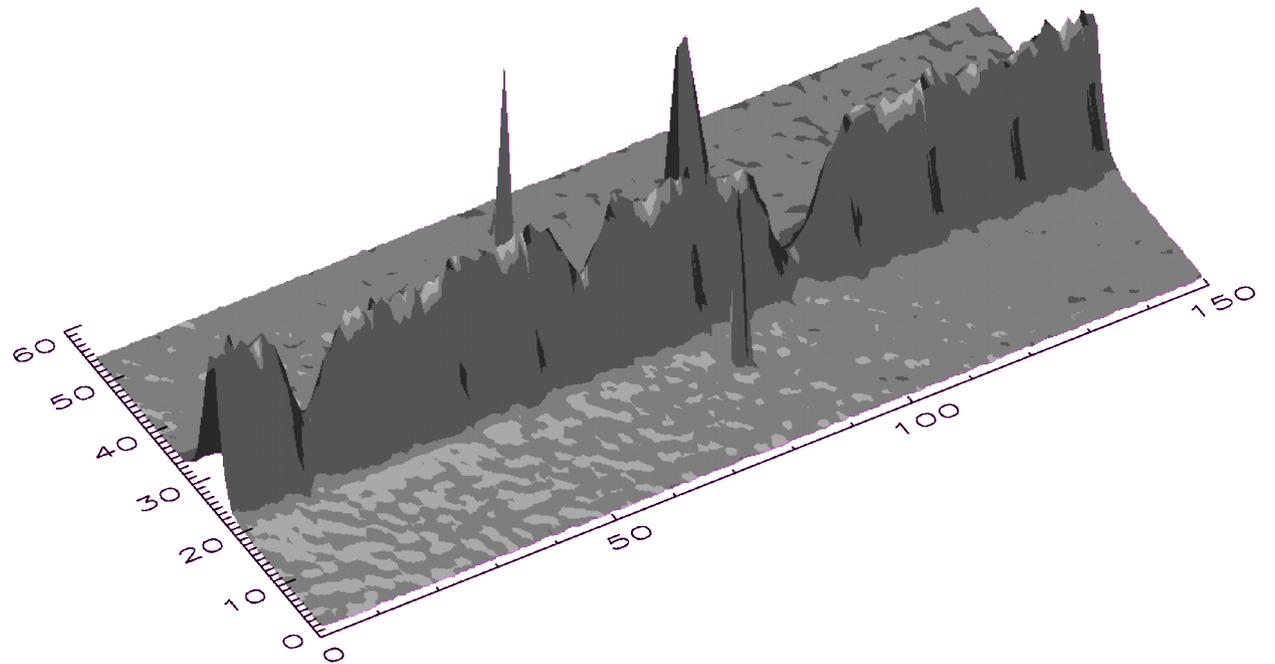
Заполнен
это число э
могут быть
пиксель (в
энергетиче
между пикс

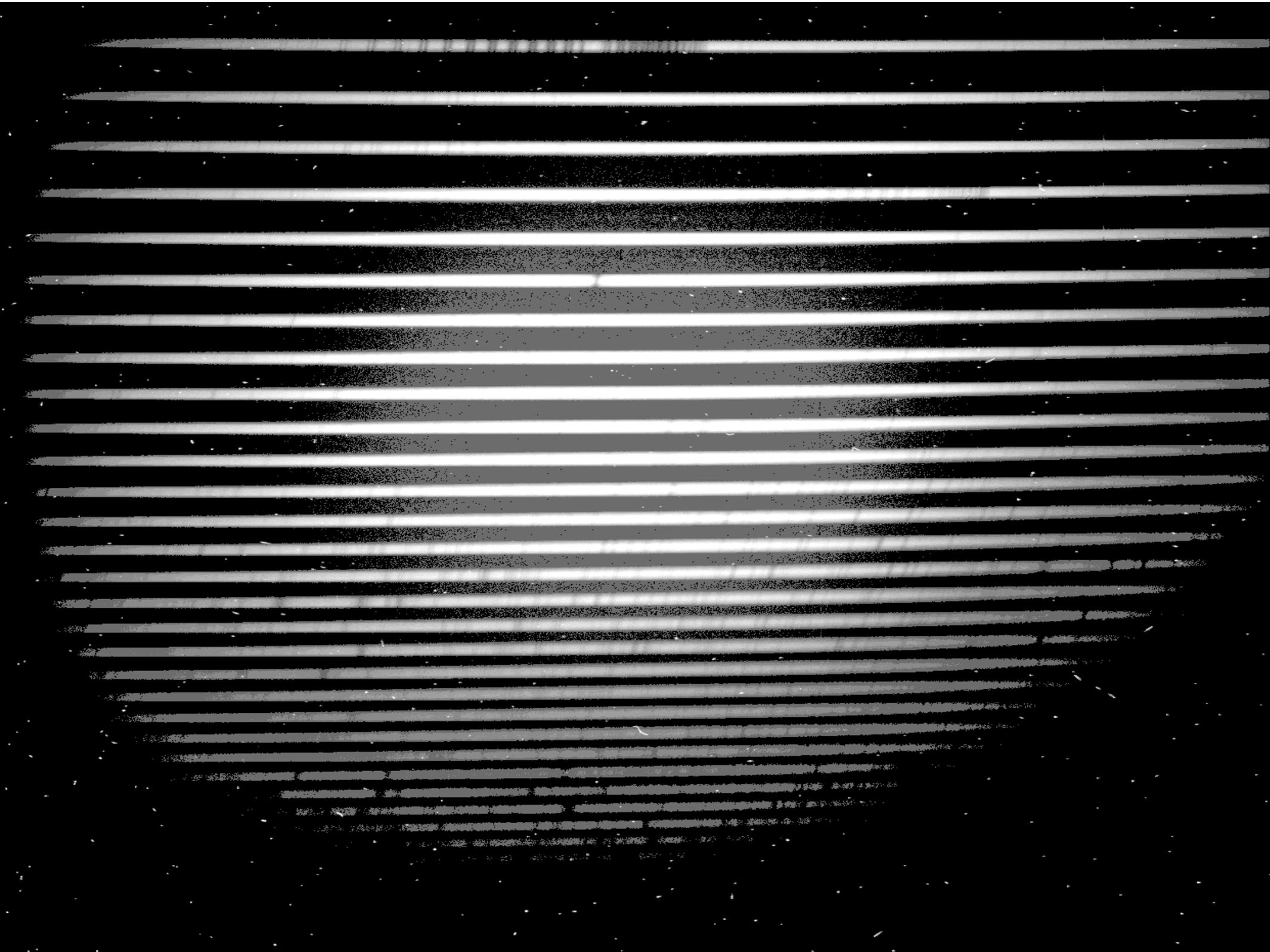
Типичные в
30000 и 100
значения о
нелинейнос



Шум

- Статистический шум (Распределение Пуассона $\sigma \approx \sqrt{N}$)
- Темновой ток пропорционален времени, зависит от температуры
- Шум считывания зависит от температуры, скорости считывания и используемого усилителя
- Космические лучи разрушают содержимое нескольких пикселей, зависимость от времени экспозиции





Плоское поле

неоднородность чувствительности ПЗС

- 1) крупномасштабная
- 2) пиксельная
 - горячие и холодные пиксели

Наблюдаемый сигнал

Нестабильность положения разбиение на несколько экспозиций

Нелинейные эффекты разбиение на несколько экспозиций

BIAS и шум съемка bias кадров — с 0ой экспозицией

Шум считывания (RON - read of noise)

Статистический шум увеличение времени экспозиции

Космические лучи (cosmic rays) разбиение на несколько экспозиций

Интерференционные полосы (frings) не ходить туда или flat field

Неоднородность спектральной чувствительности QE съемка flat

Неоднородность чувствительности ПЗС (flat field) съемка flat field

Темновой шум ПЗС (dark) охлаждение равномерно засвеченной области

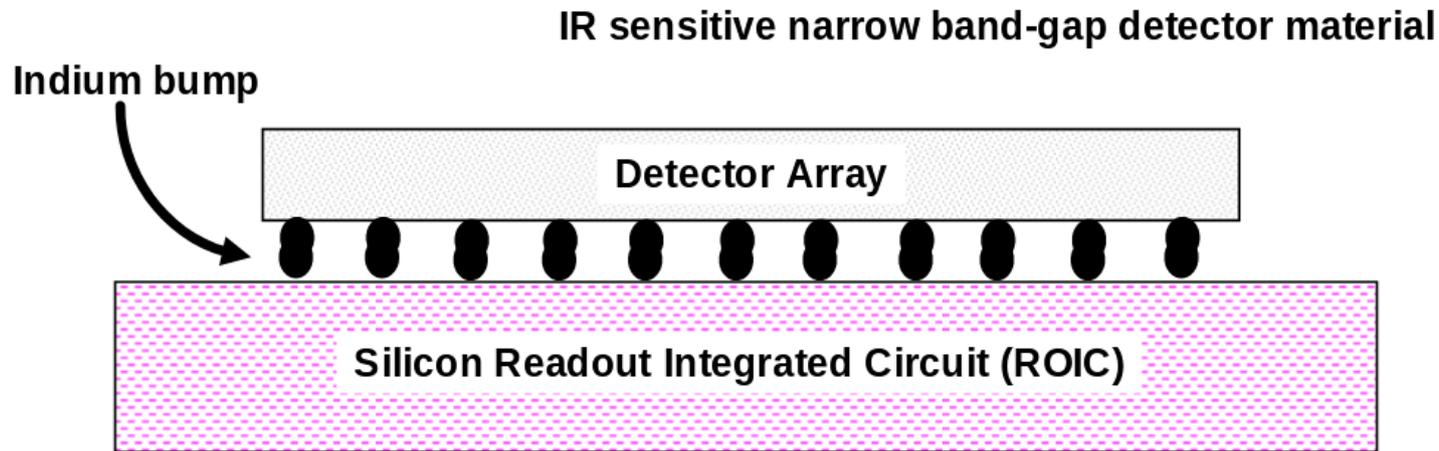
Посторонний и рассеянный сигнал изменение конструкции

Полезный сигнал

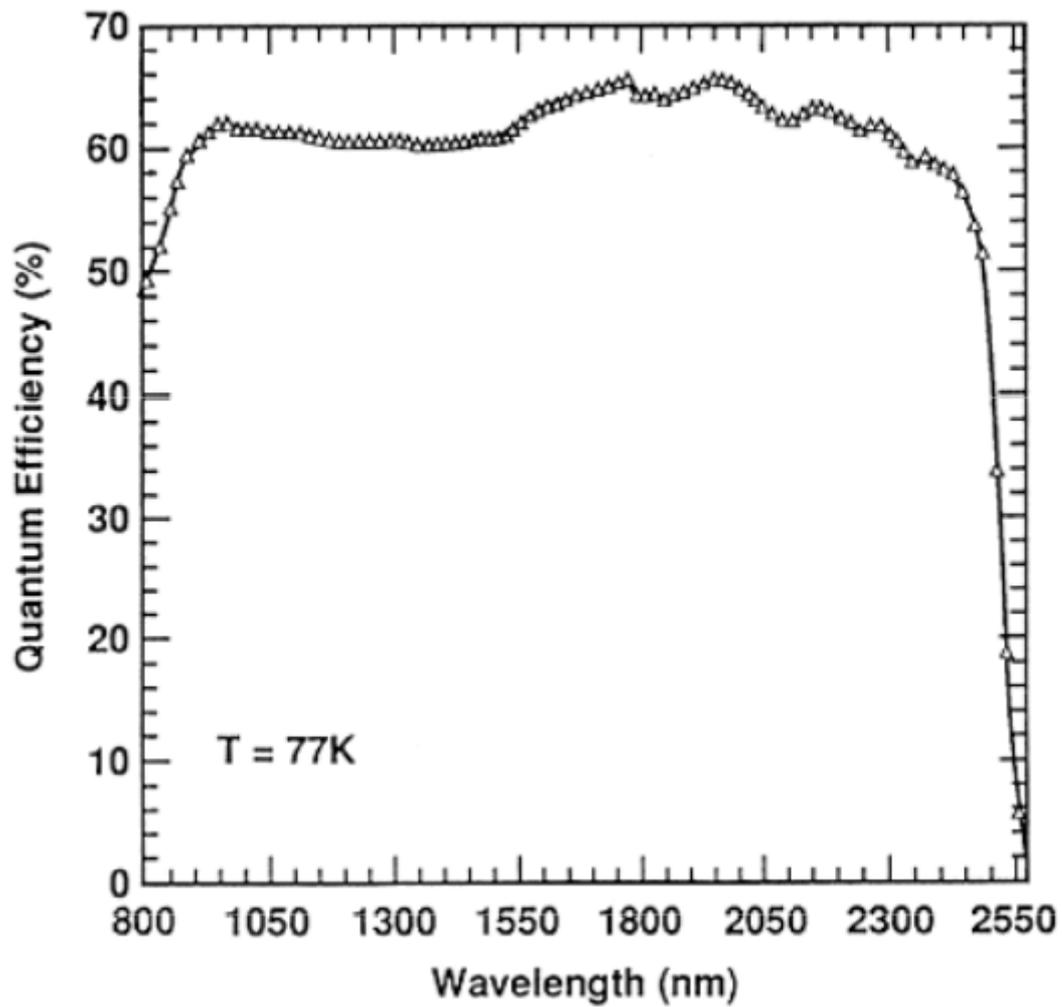
Инфракрасные приемники

Из-за красной кривизны фотоэффекта ПЗС на основе кремневой пластины не могут работать в ИК на длинах волн $> 1\mu\text{м}$ (10000 \AA)

→ замена на более светочувствительные соединения InSb, HgCdTe, Si:As, ...

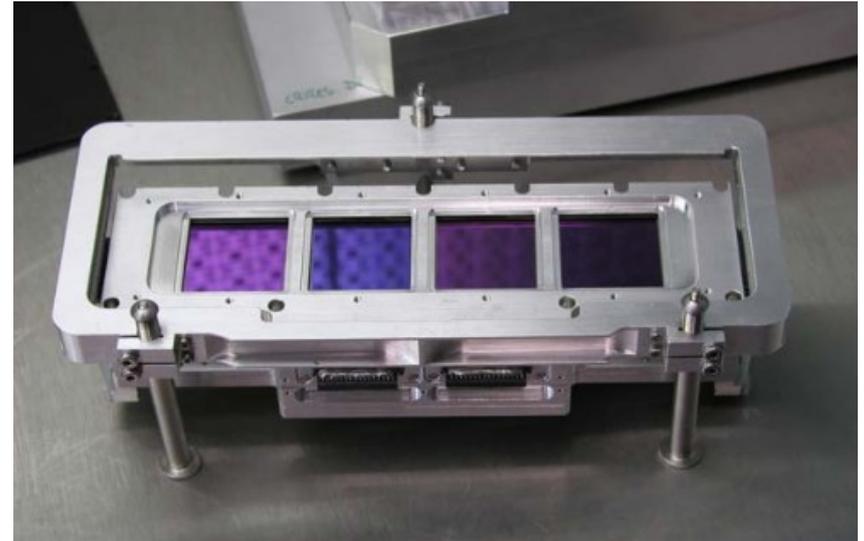


- CMOS КМОП (комплементарная структура металл-оксид-полупроводник) структура
- Фотон выбивает в чувствительном слое электрон (фотоэффект)
- Электрон переходит в кремниевую пластину
- Электроны накапливаются
- Управляющие сигналы переправляют электроны на выход
- Оцифровка сигнала



ИК приемники требуют сильного охлаждения!!!

Мозайка из 4 1k x 1k InSb матриц
Спектрограф CRIRES ESO



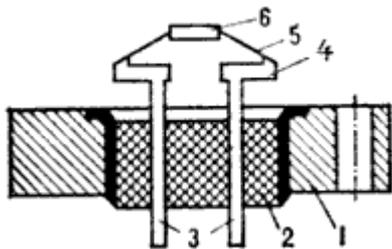
Инфракрасные приемники Болометры

БОЛОМЕТР - устройство для измерения потока энергии эл.-магн. излучения, основанное на изменении физ. параметров термочувствительного элемента в результате его нагрева при поглощении энергии измеряемого излучения (тепловой приёмник излучения).

Изменение температуры при поглощении энергии F и теплопроводности G

$$\Delta T = F/G$$

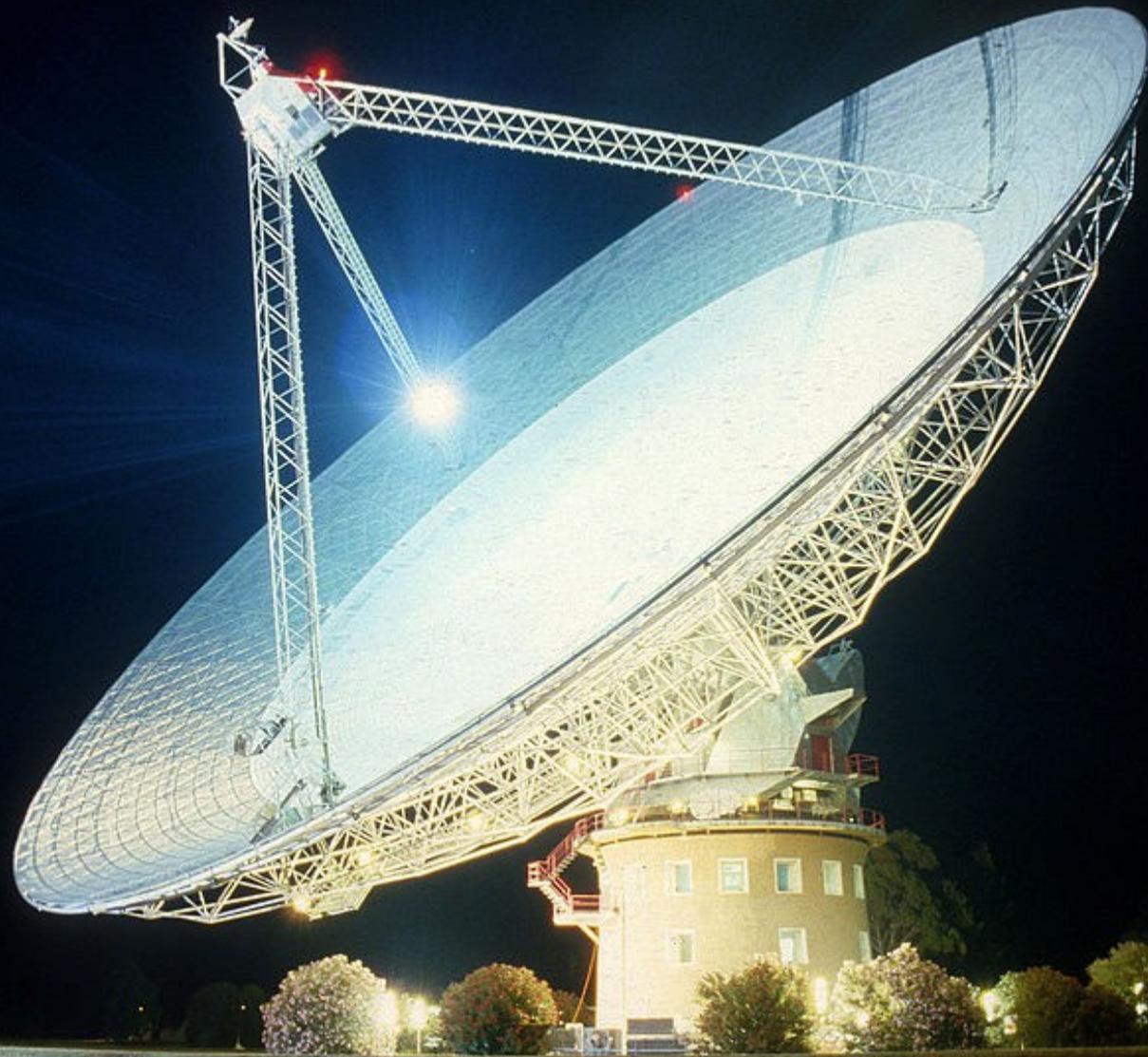
В астрономии чаще используют свойство изменения сопротивления при облучении. Болометр охлаждается жидким гелием или азотом.



Болометр для измерения ИК-излучения. Чувствительный элемент 6 удерживается проволоками 5, припаянными к пластинам 4 на коваровых штырях 3. Последние изолированы стеклом 2 от медного кольца 1, имеющего температуру базы

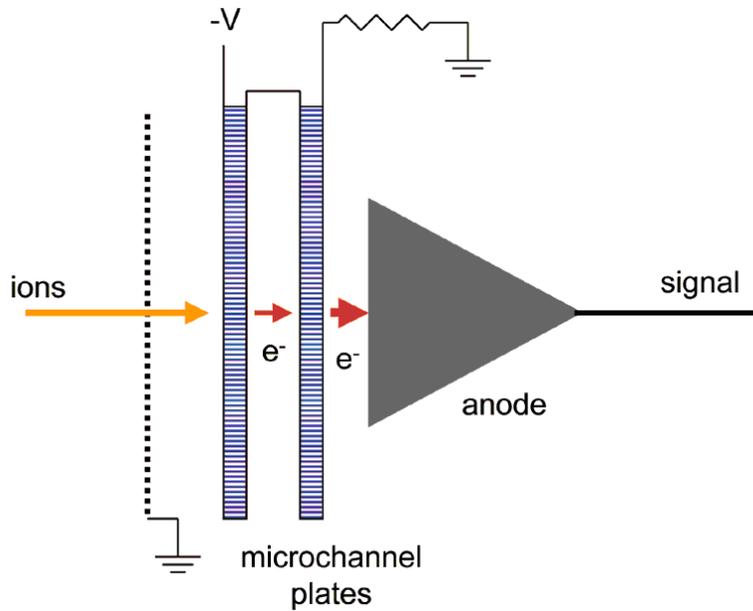
Приемник Радиодиапазона

Транзистор с высокой подвижностью электронов (ТВПЭ, НЕМТ)



Ультрафиолетовый приемник

Микроканальная пластина



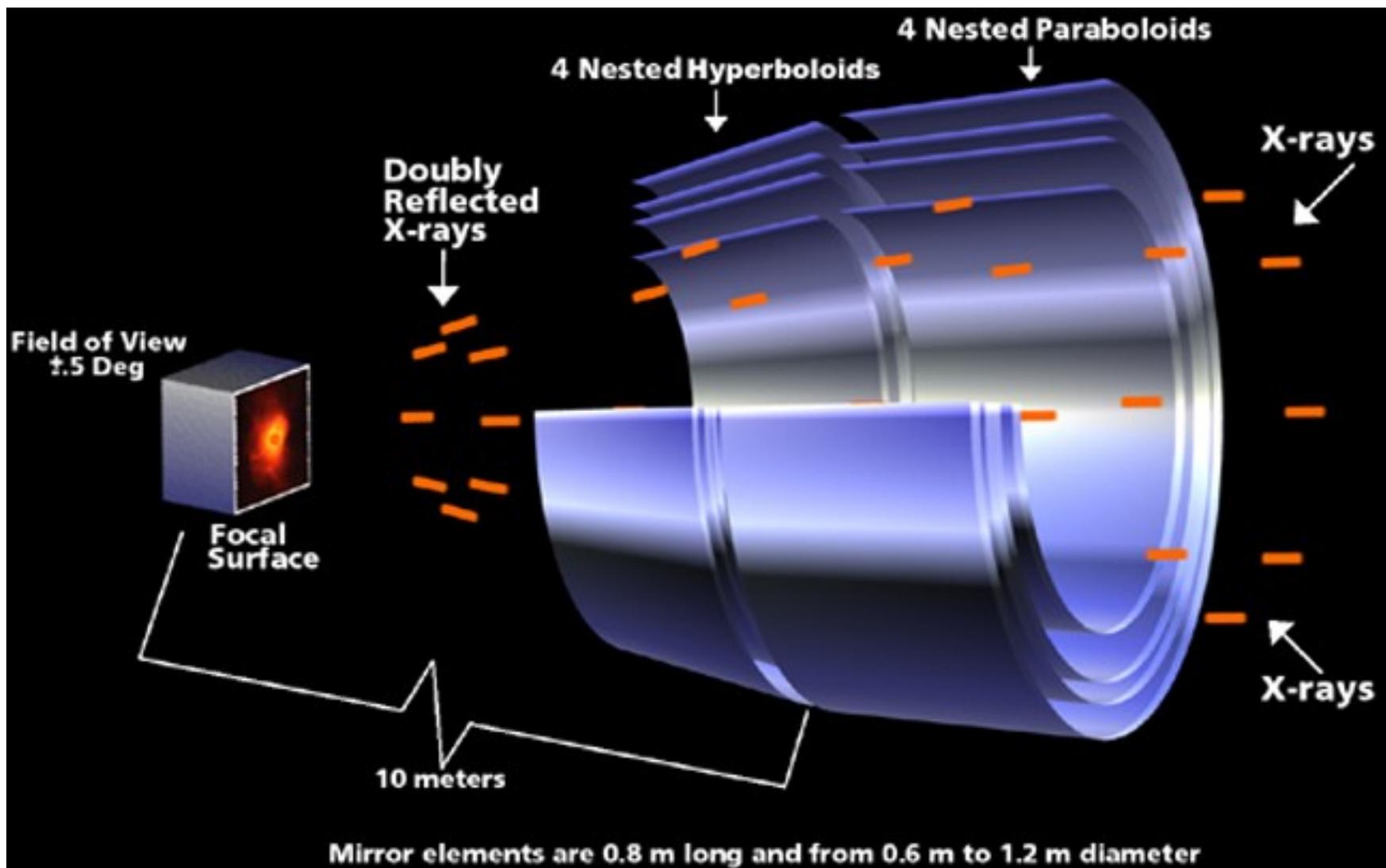
- Фотон выбивает электрон или жесткий фотон ионизирует чувствительный слой
- Электрон или ион сталкивается с первой поверхностью и выбивает вторичные электроны
- Электроны разгоняются в электрическом поле и выбивают еще электроны → принцип фотоумножителя
- Усиленный сигнал регистрируется как событие на конкретной ячейке

Рентгеновские телескопы

зеркала скользящего падения

Жесткие фотоны не отражаются от обычных зеркал, а поглощаются ими

Chandra



Рентгеновские приемники

Основаны на взаимодействии энергичного фотона с веществом

Режим Гейгера (факт прохождения частицы)

- Микроканальные камеры (аналог матрицы миниатюрных счетчиков Гейгера)

Режим пропорционального усиления

лавины заряда в цилиндрическом электрическом поле. Измеряют энергию фотона.

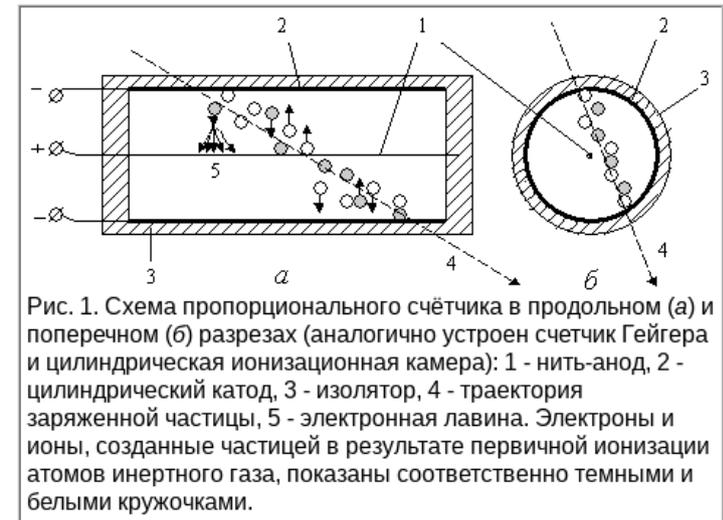
- Пропорциональные счетчики и их разновидности

Смешанный режим (развитие концепции счетчика Гейгера и пропорционального счётчика)

- Многопроволочная пропорциональная камера (измерение энергии и направления фотона)

Полупроводниковые детекторы

- CdZnTe в матрице

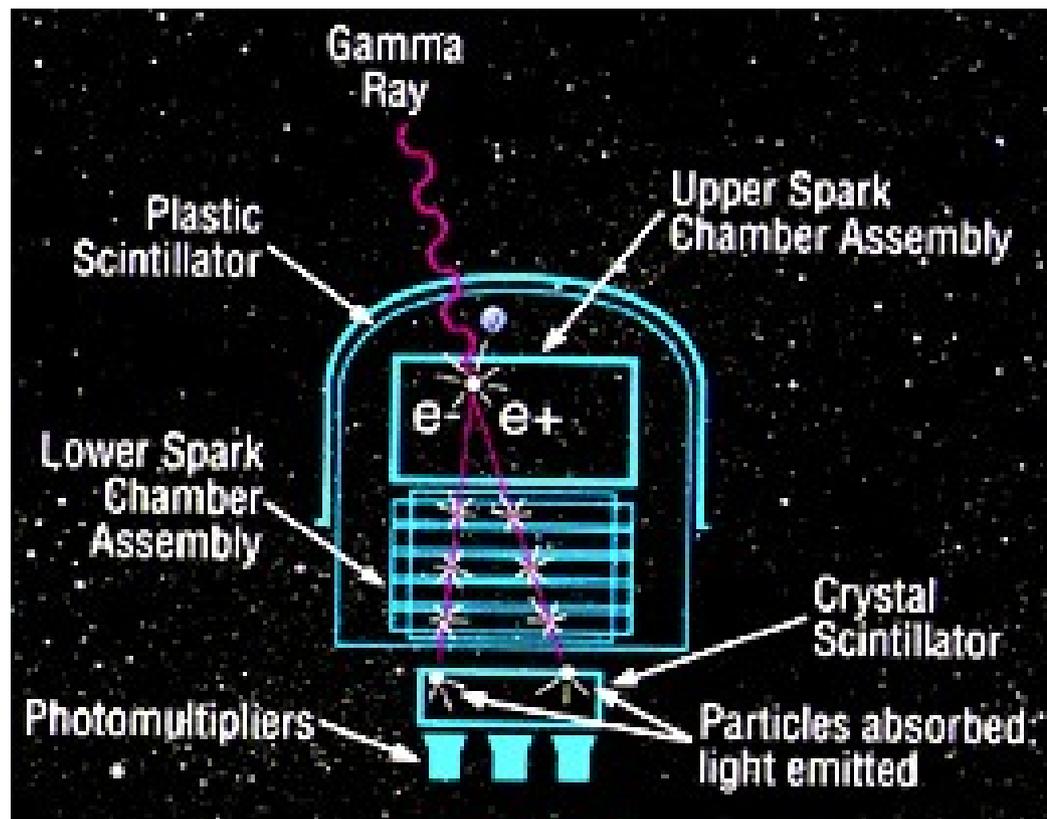


Приемники Гамма диапазона

0.2-12 MeV сцинтиляционные датчики (кристаллы NaI TI) + регистраторы (фотоумножители) оптического излучения

50 MeV — 5 GeV трековые камеры

>10 GeV черенковское излучение в земной атмосфере



Гамма телескопы Наземные

Основаны на регистрации видимого
черенковского излучения

