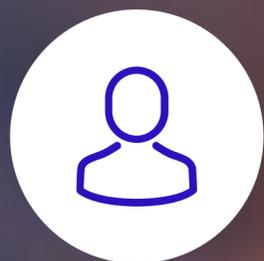


Тенденции развития матричных фотоприемников ИК диапазона спектра

24, 25 Июня 2025 г.



Якушев Максим Витальевич
Зам. директора, ИФП СО РАН

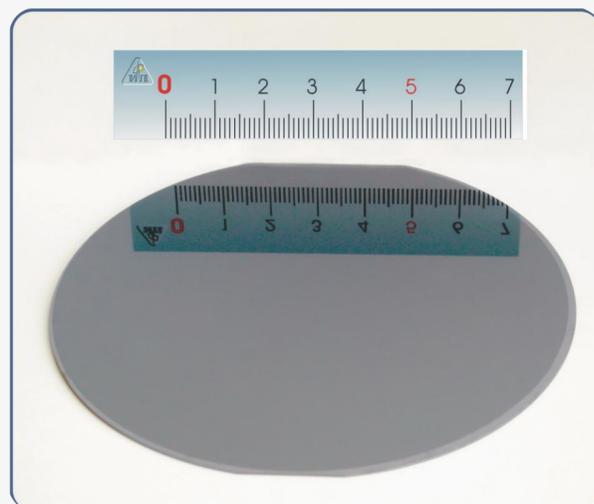
Основная деятельность организации в области технологий
оптоэлектроники и фотоники (кратко)

**Выращивание
фоточувствительных
структур**

**Разработка и мелкосерийное
производство ЭКБ фотоники**

**Разработка и производство
оптико-электронных систем**

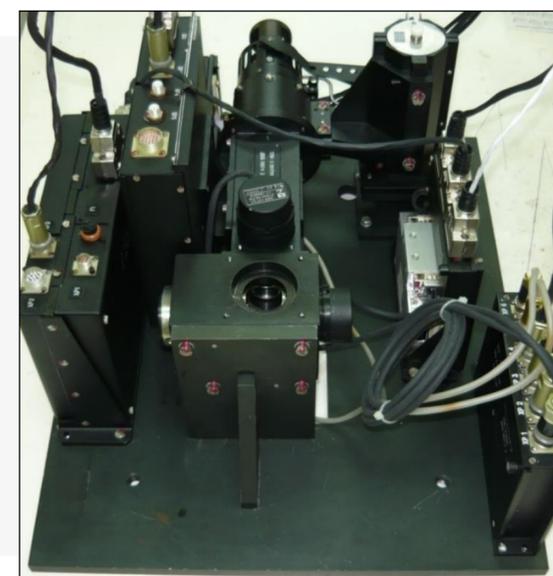
Ключевые изделия фотоники, производимые организацией



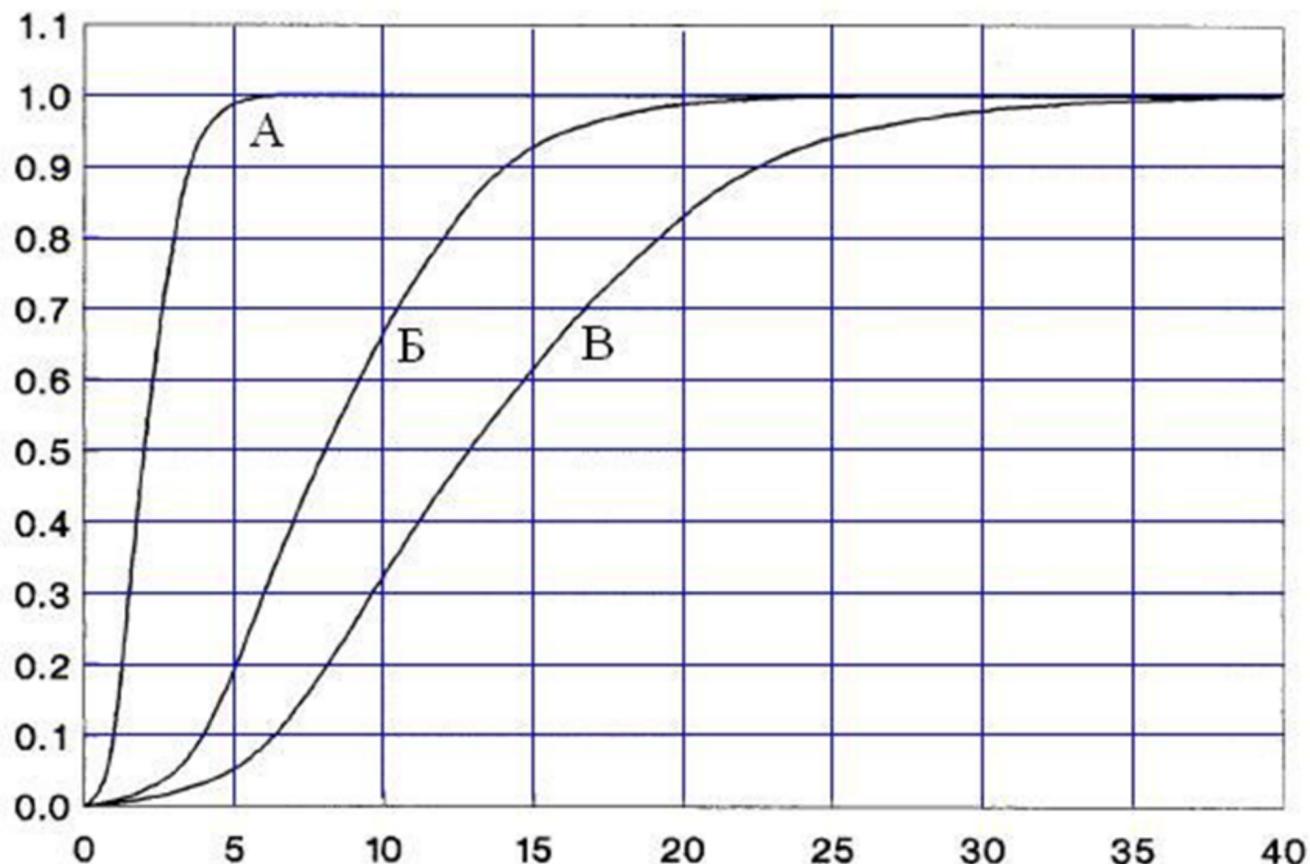
Гетероструктуры CdHgTe



**ИК фотоприемник,
диапазон 3-5 мкм,
640x512, шаг 15 мкм,**



**Тепловизионная камера ТПК-3
обзорно-прицельной системы
ОПС-28 вертолета МИ-28Н**



Зависимость вероятности обнаружения (А), распознавания (Б) и идентификации (В) объекта от разрешения.

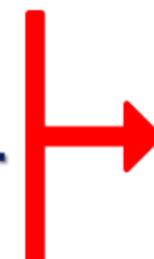


Основные тенденции развития инфракрасных ФПУ:

1. Увеличение формата;

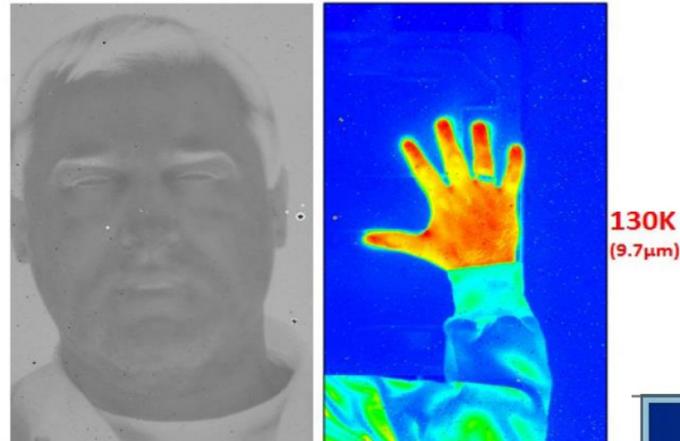
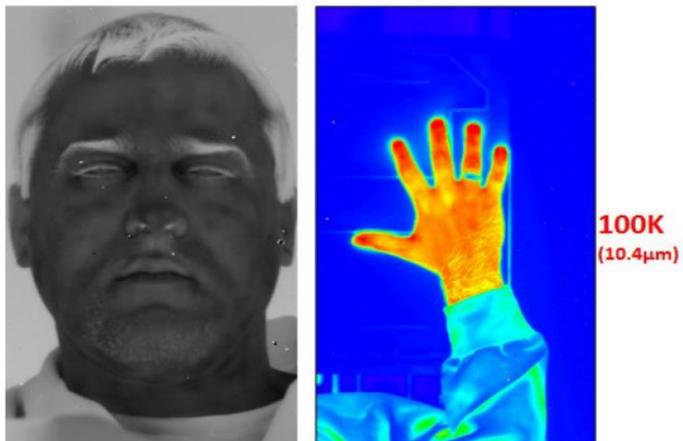
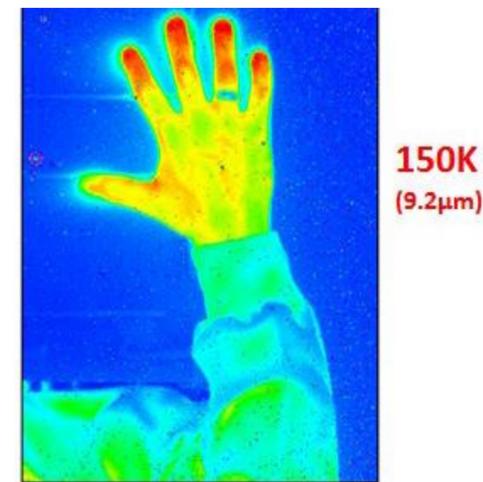
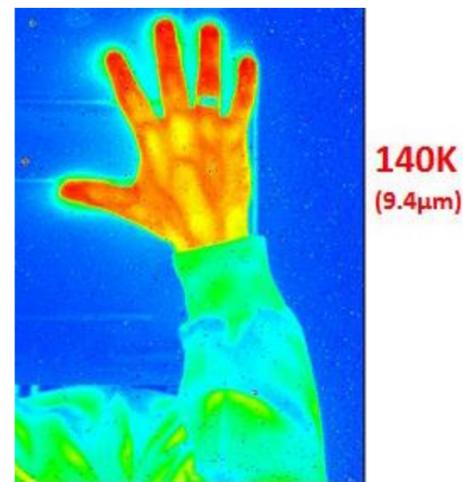
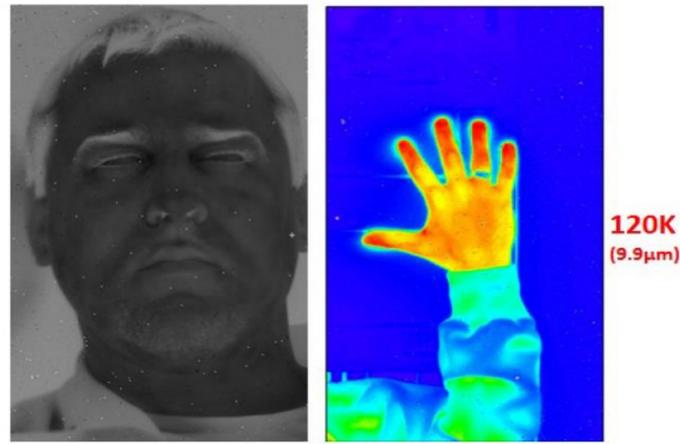
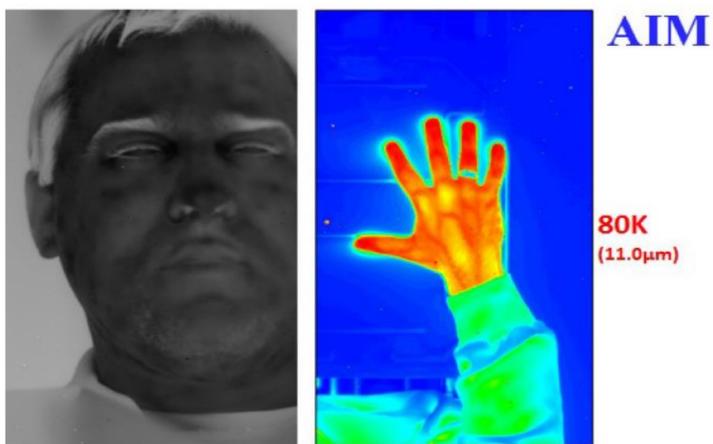
**2. Снижение массогабаритных характеристик и энергопотребления.
3. Снижение себестоимости ИК ФПУ**

Массовое применение

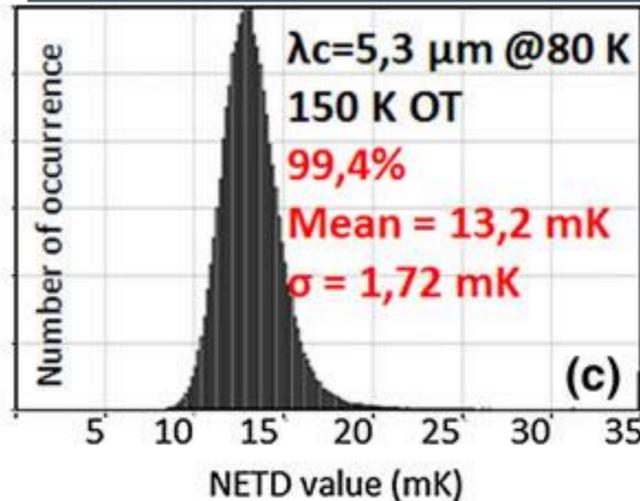
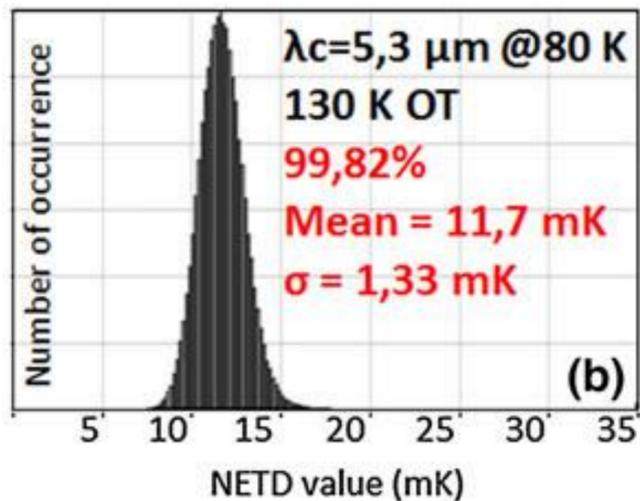
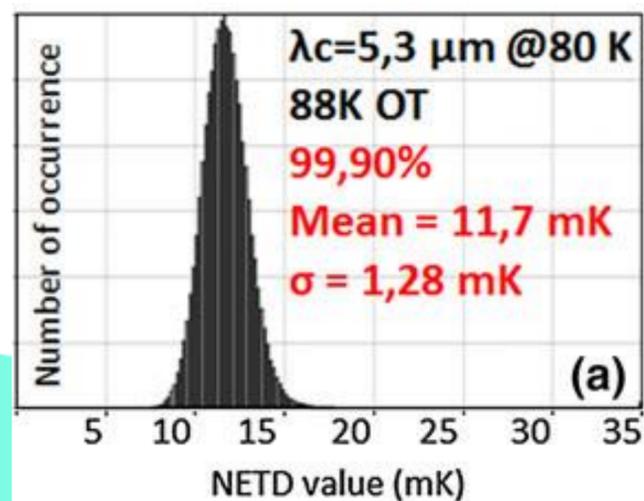


**Уменьшение размера пикселя,
Повышение рабочей температуры**

Кадровая частота, ЭШРТ = const



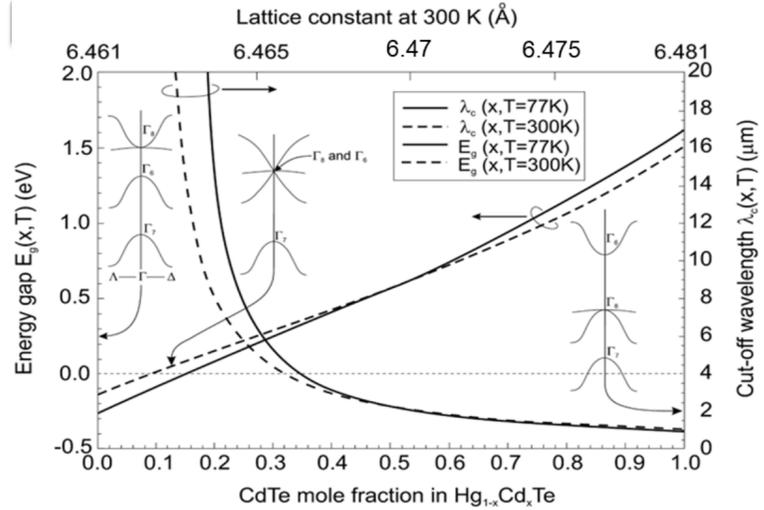
Двухточечная коррекция
без замещения дефектных пикселей



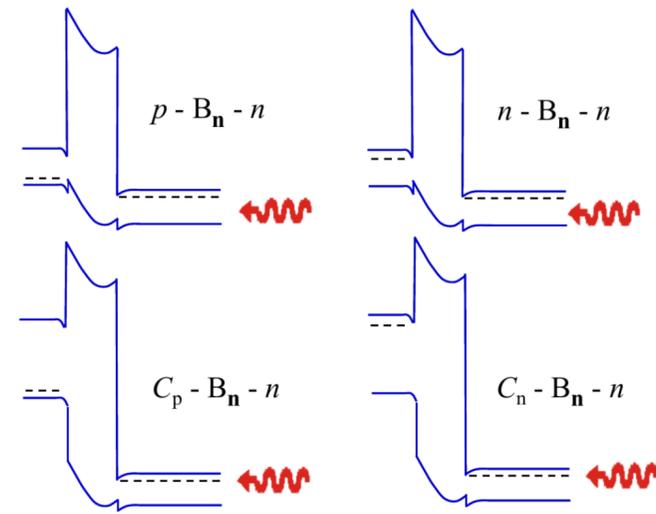
SOFRADIR

HgCdTe

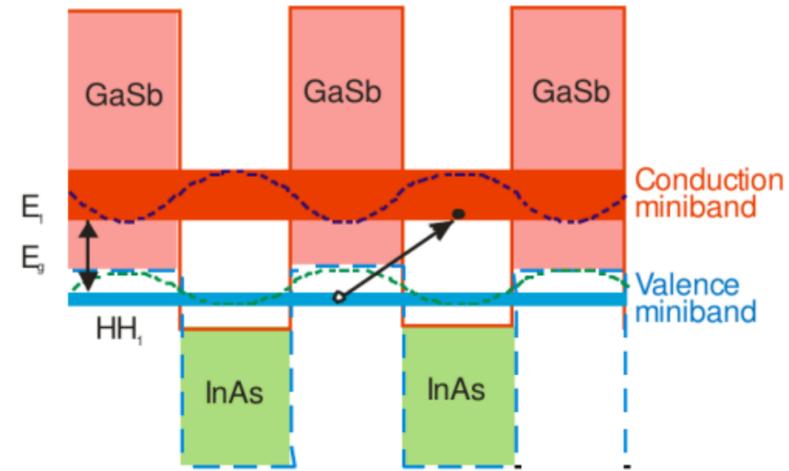
Зонная диаграмма HgCdTe



A3B5 XBn и XBp структуры



A3B5 Сверхрешетки 2го рода

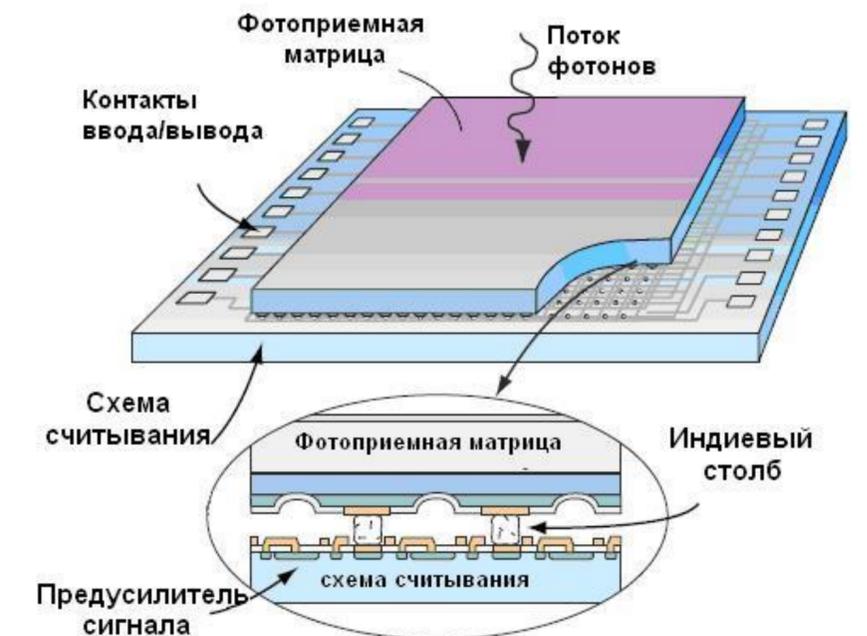


ИК ФПУ



Рекорды охлаждаемых ИК ФП

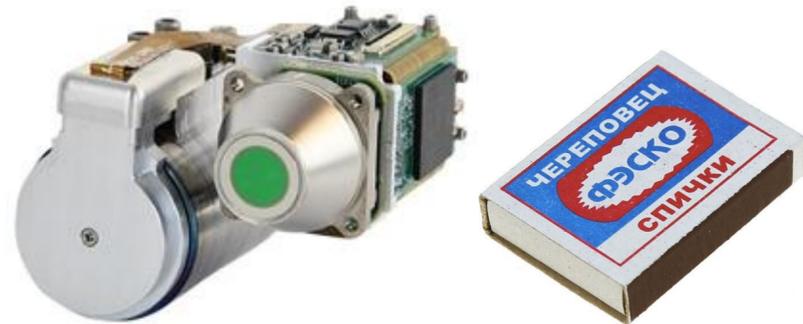
| ФПУ | Формат | Диапазон материал | Производитель |
|---------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| <i>Neutrino QX</i> | <i>2048 × 1536, 10μm</i> | <i>MWIR InSb</i> | <i>Teledyne FLIR</i> |
| <i>Griffin</i> | <i>1280×1024, 5μm</i> | <i>MWIR T2SL</i> | <i>Attollo Engineering</i> |
| <i>SUPERHAWK</i> | <i>1280 × 1024, 8μm</i> | <i>MWIR HgCdTe</i> | <i>Leonardo</i> |
| <i>Merlin(LWIR)</i> | <i>1024 × 768, 16μm</i> | <i>LWIR HgCdTe</i> | <i>Leonardo</i> |
| <i>HiPIR-D720L</i> | <i>1280 x 720, 12μm</i> | <i>LWIR HgCdTe</i> | <i>AIM Infrarot-Module</i> |
| <i>CRANE</i> | <i>2560 x 2048, 5μm</i> | <i>MWIR XBn InSb</i> | <i>SCD</i> |
| <i>CS5:</i> | <i>3840 x 2160, 6μm</i> | <i>MWIR InAsSb T2SL/nBn</i> | <i>HRL Labs</i> |



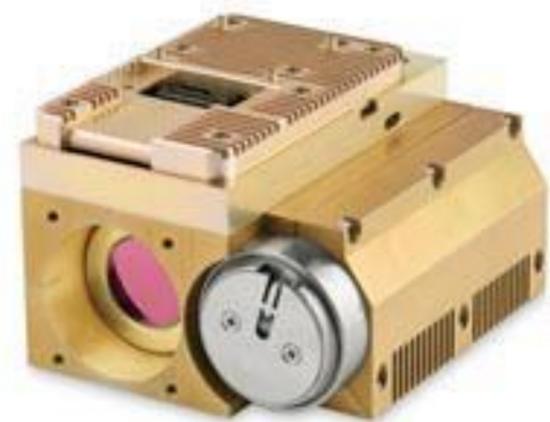
ИК фотоприемник



Griffin™ 5-R- MW (Attollo Engineering, США)
Формат – 1280×1024,
Шаг – 5 микрон,
Размер – 86x42x46 мм,
Вес – 221 грамм,
Энергопотребление – 4,5 ватт.



HexaBlu™ 1280 - MW (Leonardo DRS, США)
Формат – 1280×960,
Шаг – 6 микрон,
Размер – 68x61x46 мм,
Вес – 295 грамм,
Энергопотребление – 3 ватт.



Neutrino, Teledyne FLIR
2048 x 1536 /10 μm

Cryotech, Израиль



Цена < 1000\$
Ресурс > 45000 часов

Что нужно



- 1. Фоточувствительная структура**
Высокая квантовая эффективность
Низкий темновой ток
- 2. Фоточувствительный элемент**
Низкие токи утечки
- 3. Мультиплексор**
Новые решения, 90 нм
- 4. Гибридная сборка**
Высокая точность позиционирования
- 5. Микроригенная система**
Малые размер, вес и энергопотребление

Основные требования к мультиплексорам и тенденции их развития:

1. Контроль напряжения смещения детектора;
2. Высокая эффективность инъекции и пропускная способность;
3. Высокий динамический диапазон;
4. Уменьшение шумов считывания;
5. Уменьшение тепловыделения;
6. Наличие встроенных функций;
7. Высокая частота вывода информации;
8. Повышение радиационной стойкости;
9. Цифровой вывод и АЦП в каждом пикселе;
10. Функция вычитания фона;
11. Возможность получать 3х мерное изображение;
12. Технологии обработки изображения непосредственно в схемах считывания с целью сокращения объема передаваемых данных при сохранении полезной информации;
13. Технологии интеграции нейросетевых процессоров.



Наша цель

| | СВИК | ДВИК |
|---------|-------------------------------------|---|
| 2030 г. | 1920 × 1536, 10μm, 130 К | 1024 × 960, 15(12)μm, 80 К |
| 2035 г. | 2560 × 2048, 6μm, 150 К | 1280 × 1024, 12(10)μm, 100 К |

Необходимый научно-технический задел

- *Разработка технологий по выращиванию фоточувствительных структур на подложках большого диаметра – 3 НИОКР;*
- *Разработка технологии изготовления фоточувствительных элементов с пикселем 10 мкм и менее – 2 НИОКР;*
- *Разработка типовых решений и выпуск опытных образцов мультиплексоров с пикселем 10 мкм и менее – 1 НИОКР;*
- *Разработка технологии гибридной сборки для ИК ФП с пикселем 10 мкм и менее – 1 НИОКР*
- *Разработка и организация серийного производства линейки микрокриогенных систем роторного и линейного типа с улучшенными массогабаритными характеристиками – 2 НИОКР*

Необходимое оборудование

Разработка установки гибридной сборки – аналог SET-150(300)

Необходимая инфраструктура

- *Производственная линейка по производству ИК ФП на основе гетероструктур большого диаметра – 2 шт.*
- *Дизайн центр со специализированной линейкой для разработки и производства мультиплексоров – 1 шт.*
- *Центр производства МКС – 1 шт.*
- *R&D центр – 3 шт.*

**Спасибо
за внимание!**



24, 25 Июня 2025 г.