

Основные направления и тенденции развития фотоприемных устройств для ИК-систем технического зрения

24, 25 Июня 2025 г.



Болтарь Константин Олегович
Начальник НТЦ, АО «НПО «Орион»

Основная информация об организации

Государственный Научный Центр РФ АО «НПО «Орион» - головная организация в стране, на которую возложены задачи комплексного развития фото- и оптоэлектроники, разработки новых поколений наукоемких фотоэлектронных изделий, базовых и критических технологий их производства, одно из ключевых предприятий интегрированной Холдинговой компании АО «Швабе» госкорпорации «Ростех».

СЕРИЙНЫЕ МФПУ НА ОСНОВЕ
InSb ФОРМАТА 640×512 НА
ОБЛАСТЬ СПЕКТРА 3-5 МКМ

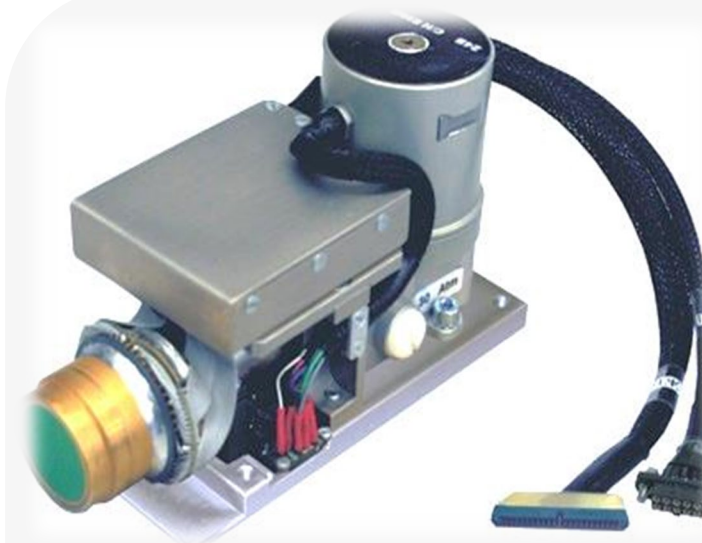
МОДУЛИ ФОРМИРОВАНИЯ
ТЕПЛОВИЗИОННОГО
ВИДЕОСИГНАЛА

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ
МОДУЛИ

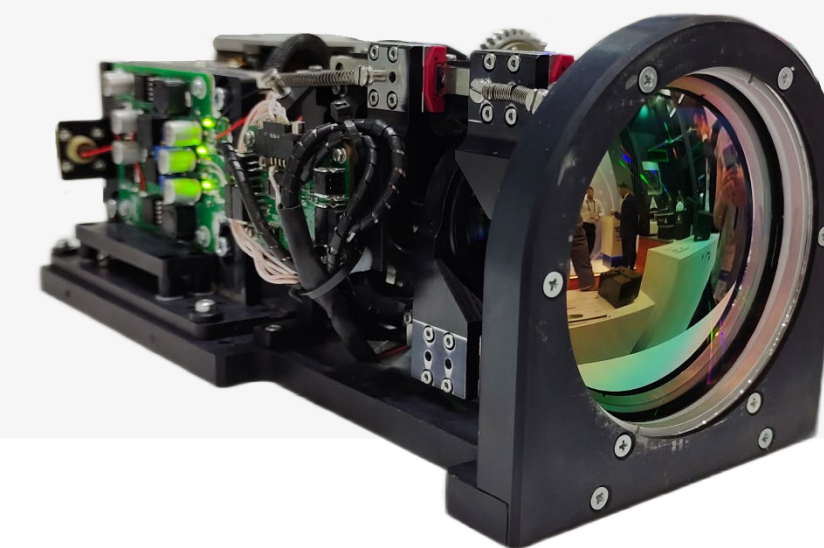
Ключевые изделия фотоники, производимые организацией



ФЭМ16М-04
ФЭМ16М-05



ФЭМ18М-03



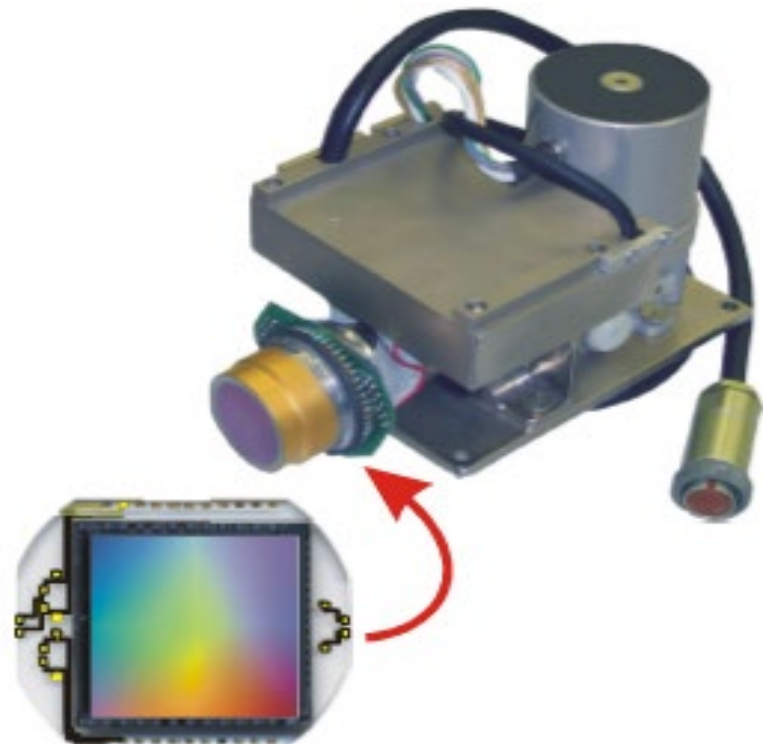
Основные области интересов

МФПУ для авиационных
управляемых средств

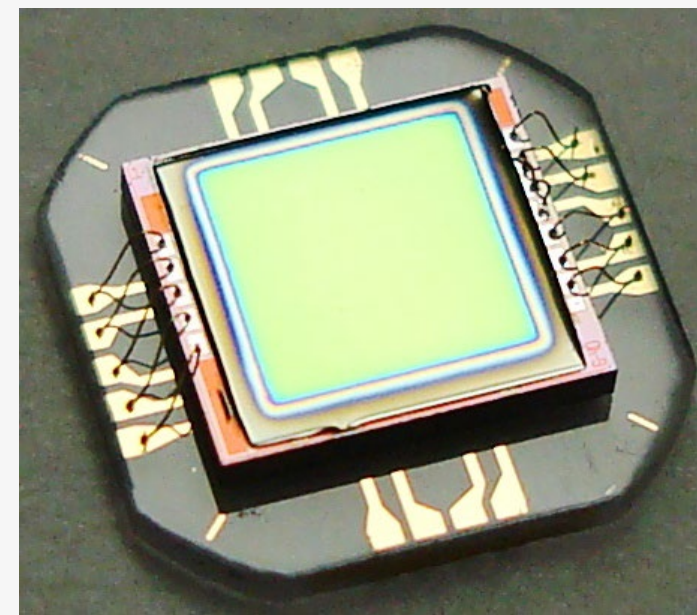
ДВУХСПЕКТРАЛЬНЫЕ
МФПУ для управляемых
средств различного
назначения

КОМПЛЕКТЫ МНОГОРЯДНЫХ
МФПУ (7 диапазонов) для
гидрометеорологической
аппаратуры МСУ-ГС
дистанционного
зондирования Земли

Ключевые изделия фотоники, производимые организацией



ФУК11М



**МФПУ ГС-4
для КА серий
«Электро-Л»
«Арктика-М»**

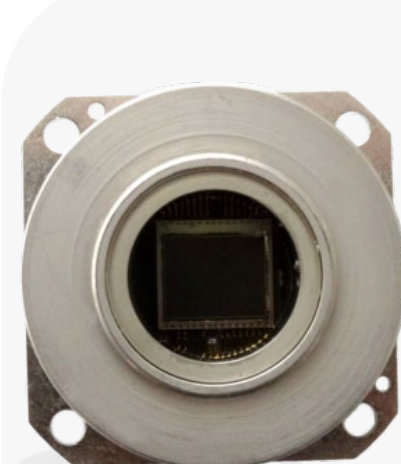
Основные области интересов

МФПУ И КАМЕРЫ
КОРОТКОВОЛНОВОГО
ИК-ДИАПАЗОНА
НА ОСНОВЕ INGAAS СТРУКТУР

МФПУ КОРОТКОВОЛНОВОГО
ИК-ДИАПАЗОНА
НА ОСНОВЕ КОЛЛОИДНЫХ
КВАНТОВЫХ ТОЧЕК

МАЛОЭЛЕМЕНТНЫЕ
ФОТОПРИЕМНИКИ И
ФОТОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА
ВИДИМОГО, ИНФРАКРАСНОГО
И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО
ДИАПАЗОНОВ
ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Ключевые изделия фотоники, производимые организацией



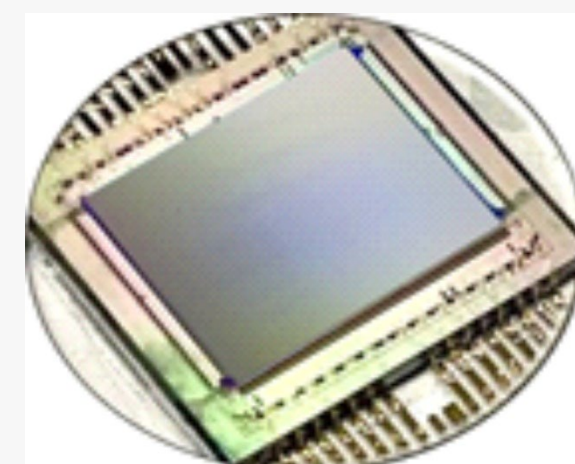
ФУК35М
ФУК38М



SWIR320



SWIR640



МФПУ
формата
640x512
элементов



Изображение
0,4 – 2,0 мкм



Решаемые задачи фотоники

Совершенствование технологии
серийных изделий, повышение
качества

Освоение отечественных кремниевых
БИС считывания с проектной нормой
менее 180 нм с приемлемой
длительностью изготовления

Освоение в производстве
миниатюрных систем
охлаждения с наработкой более
10 тысяч часов

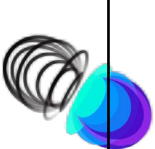
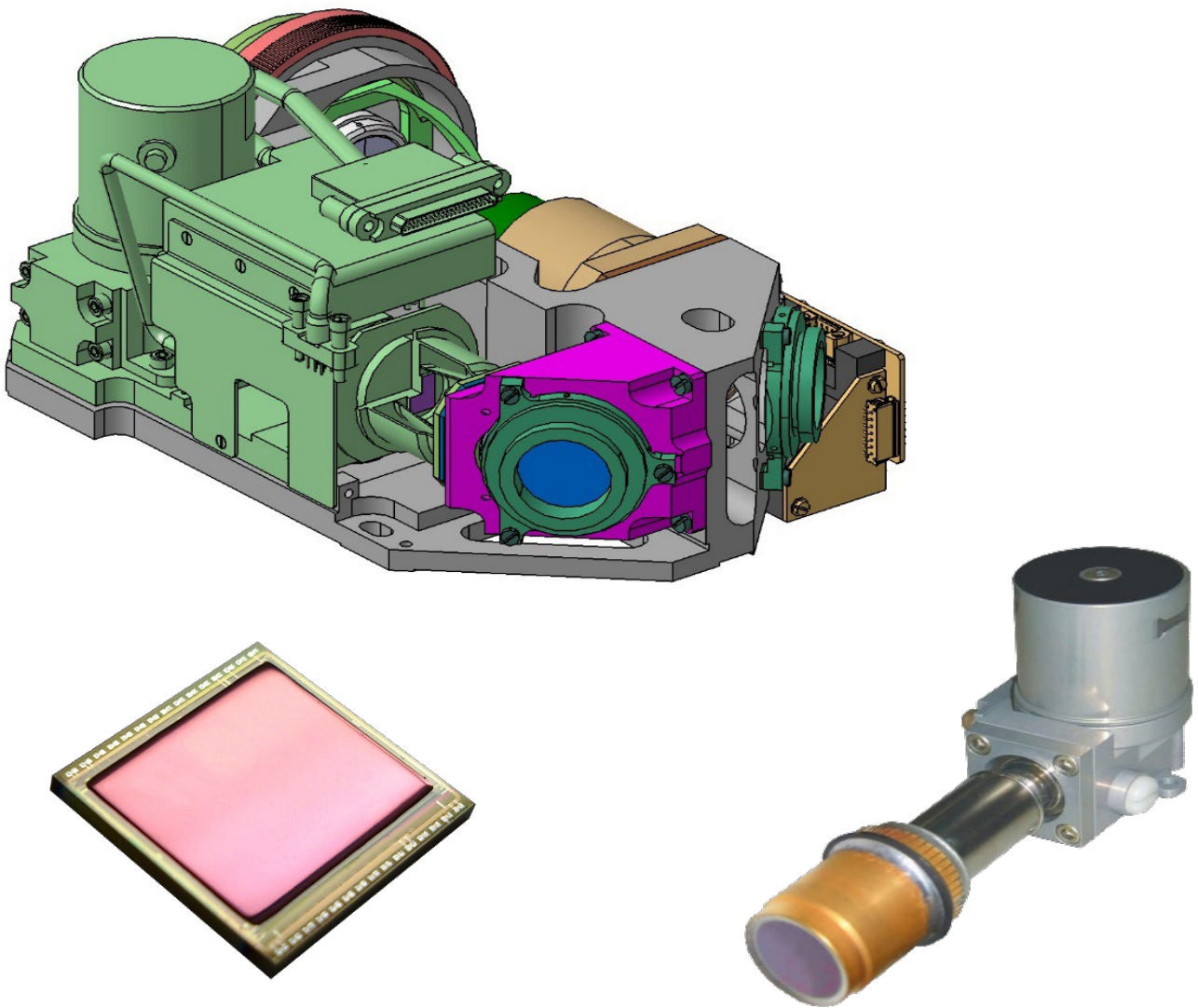
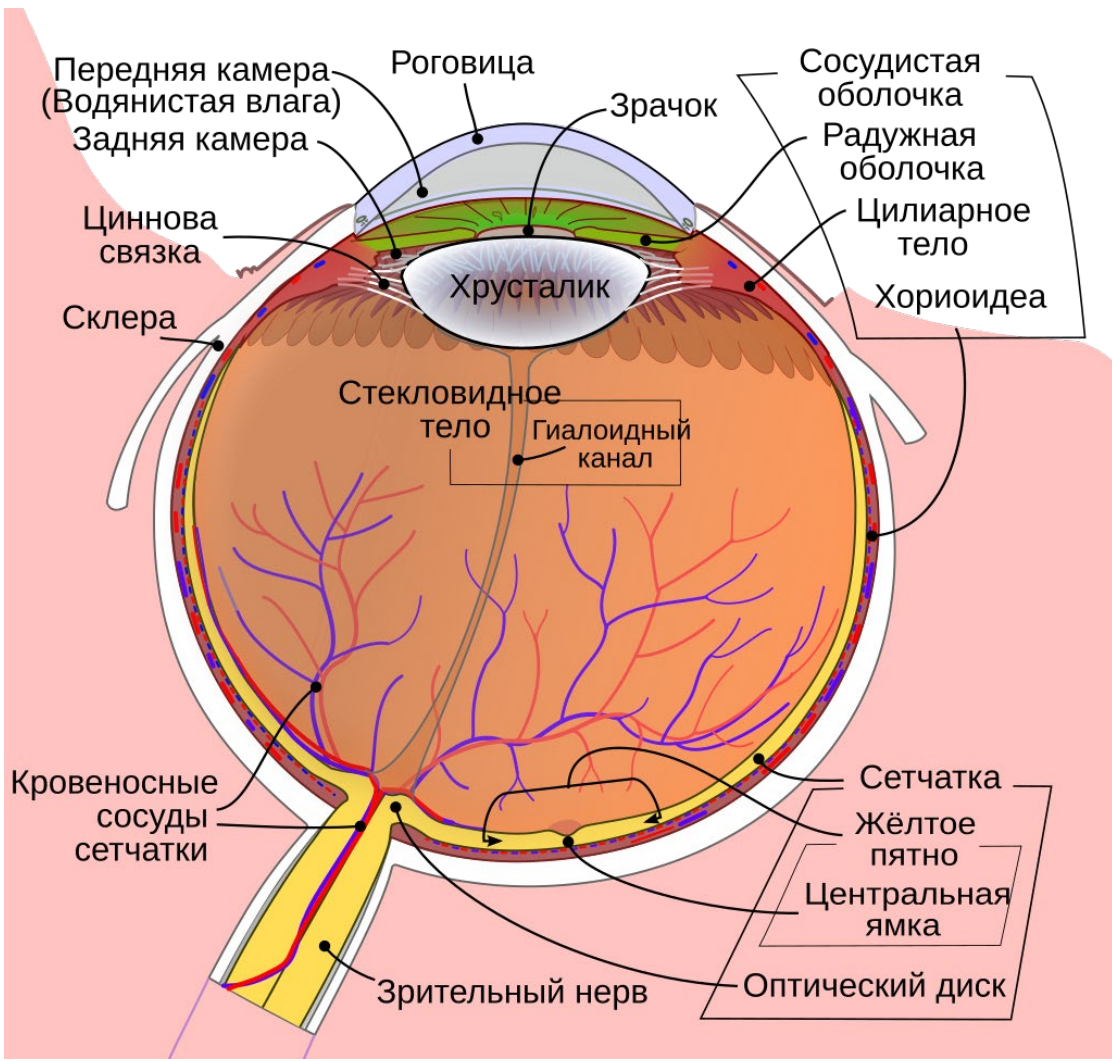
Освоение МФПУ длинноволнового
спектрального диапазона 8 - 12 мкм
на основе гетероструктур KPT,
QWIP-структур, решеток T2SL
(Эпитаксия многослойных
полупроводниковых гетероструктур)

Преимущества и недостатки человеческого и технического зрения

Рост мирового рынка технического зрения
11,3 млрд. дол. в 2024 году - 19,7 млрд. дол. в 2032 году
Рост 7,2% / год

Data Bridge Market Research (Индия)

Параметр



ФОРУМ
БУДУЩЕЕ
ФОТОНИКИ



Вес, Габариты	7 г, Диаметр 25	5 кг, 255x205x116	- -
Энергопотребление	-	35 Вт	- -
Температура ФЧЭ	300 К	80 К	- -
Чувствительность	100 фотонов (1 Гц)	1000 фотонов (100 Гц)	+
Угловое разрешение	0,58 мрад (в центре)	0,23 мрад	
Поле зрения	90 ° (периферическое)	3 ° (10 ° - «узкое поле»)	- -
Динамический диапазон	10 ¹² (после адаптации)	10 ⁵	- -
Дефектные ФЧЭ	до 10 % + слепое пятно	0,2 %	+ +
Скорость обработки	10 Мбит/с	224 Мбит/с	+ ?
Качество изображения	Без дефектов	Отдельные особенности	- -
Спектральный диапазон	0,4 – 0,7 мкм	1 – 1,7; 3 – 5; 8 – 12 мкм	+ +

Выводы: Никогда. Специализация

Преимущества ИК-диапазона

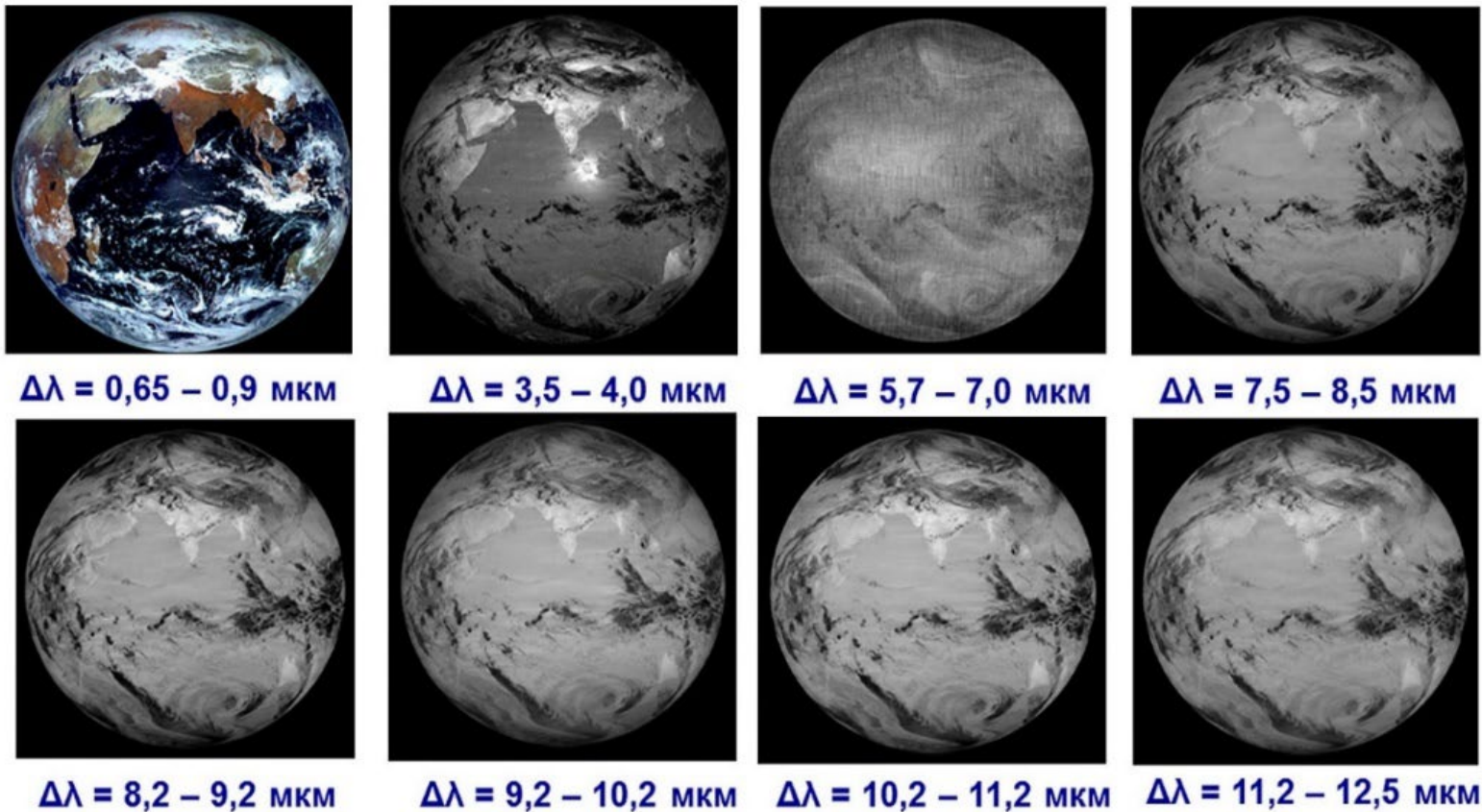
SWIR диапазон 1 – 1,7 мкм

Видимый диапазон



Параметр	ГС4-1	ГС4-2	ГС4-3	ГС4-4	ГС4-5	ГС4-6	ГС4-7
Диапазон, мкм	3,5-4,0	5,7-7,0	7,5-8,5	8,2-9,2	9,2-10,2	10,2-11,2	11,2-12,5
D*, Джонс	10 ¹¹	6·10 ¹⁰	6·10 ¹⁰	6·10 ¹⁰	4·10 ¹⁰	4·10 ¹⁰	2,5·10 ¹⁰

Необходима эпитаксия многослойных полупроводниковых гетероструктур



Проблемы обработки изображения

1. Минимальный размер несложной ячейки БИС считывания (DI, 5 транзисторов, 2 конденсатора, 5 шин) при проектной норме 180 нм – 12 мкм. Для уменьшения шага элементов МФПУ или усложнения схемотехники ячейки (вторичное накопление, АЦП в ячейке...) необходимо уменьшение проектной нормы БИС ≤ 40 нм.

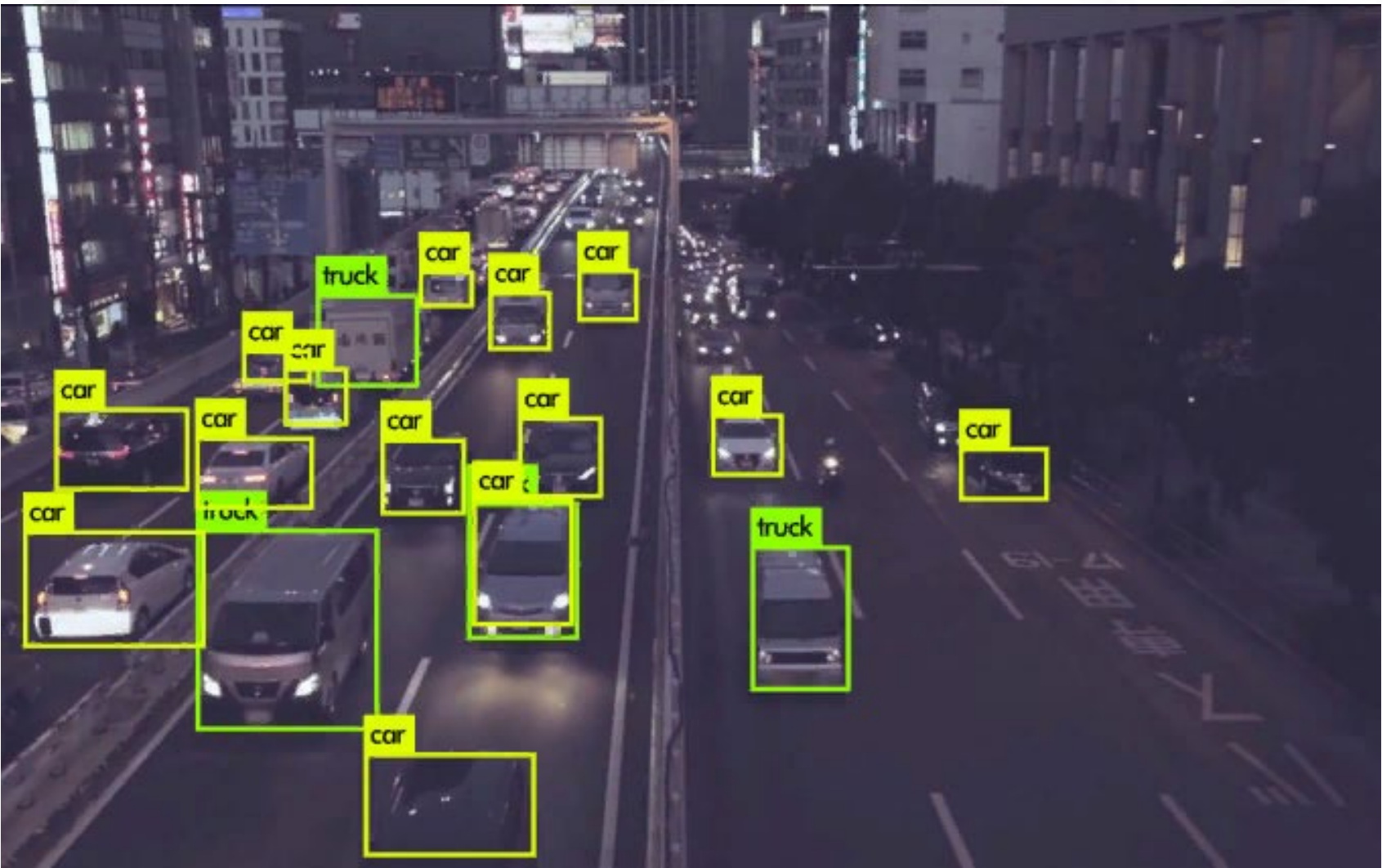
2. Преимущество машинного зрения – высокая кадровая частота ИК-МФПУ до 4 кГц (64x64 элементов), что необходимо для наблюдения некоторых промышленных процессов, гиперзвук...

Проблема – вывод данных изображения из криостата МФПУ. Максимальная частота передачи аналоговых данных с отношением сигнал/шум 14 бит – 10 МГц по одному выводу.

Предложение: обработка изображения в БИС считывания:

- оцифровка изображения, обработка неоднородности, дефектов, вывод из криостата сжатого в 10-20 раз изображения;
- оцифровка изображения, обработка видеопотока изображений с выделением и отслеживанием «потенциально интересных» объектов и вывод данных только о параметрах этих объектов

Формат	Число выводов	Кадровая частота, Гц
1280x1024	8	50
128x128	2	1000



Необходимы:

- уменьшение проектной нормы БИС ≤ 40 нм
- обработка изображения в БИС считывания

Проблема низкой рабочей температуры ИК МФПУ

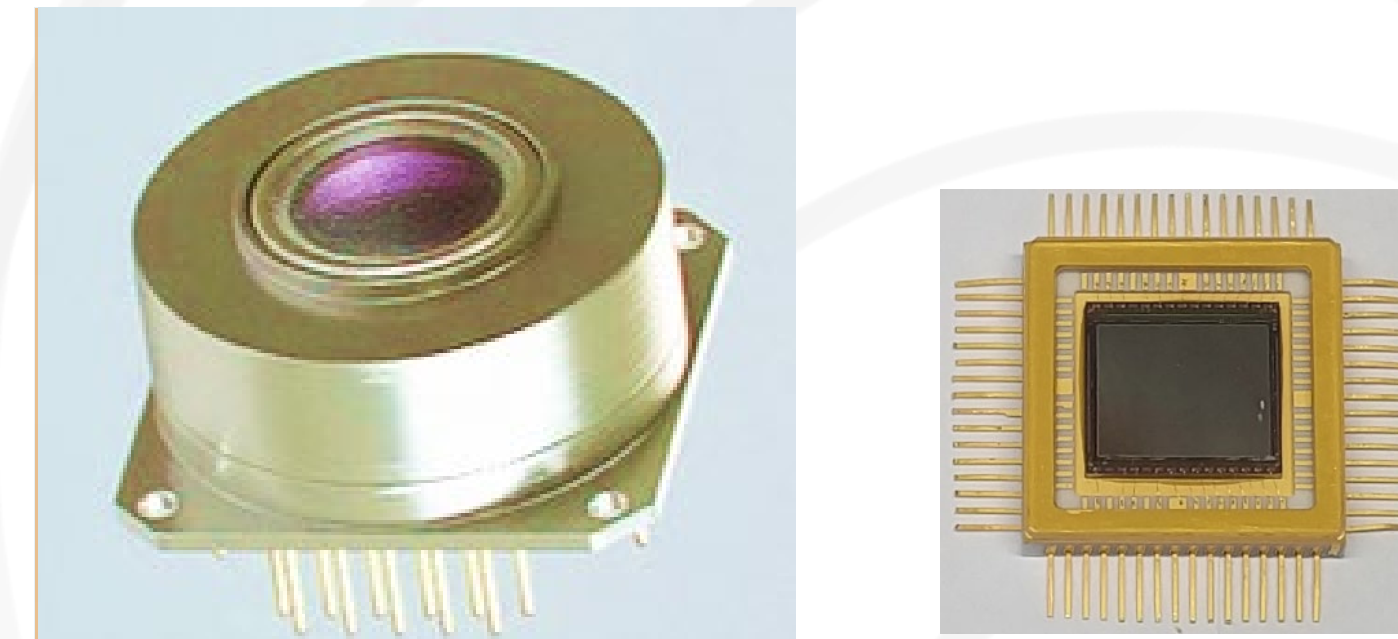
Мечта: ИК фотоприемники при комнатной температуре

DARPA HOT Program – 20 лет

- XBn-гетероструктуры
- Микроболометры

Надо развивать направления:

- Новые наноматериалы;
- Коллоидные квантовые точки;
- Графены;
- Миниатюрные МКС с КПД больше 8%



XBn InGaAs SWIR

Предложения по развитию отечественных технологий фотоники на долгосрочную перспективу



- Освоение отечественных кремниевых БИС считывания с проектной нормой не более 40 нм
- Обработка изображений в БИС считывания с элементами ИИ
- Освоение в производстве высокоэффективных миниатюрных систем охлаждения с наработкой более 10 тысяч часов
- Развитие технологии особочистых полупроводниковых материалов и методов эпитаксии сложных гетероструктур для различных спектральных диапазонов, новых наноматериалов

Спасибо за внимание!



24, 25 Июня 2025 г.