

**Программа Президиума РАН № 27  
«ОСНОВЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ»**

**Проект № 35: «Исследование, разработка и изготовление  
двухцветного ИК фотоприемного устройства  
на основе гетероструктур с квантовыми ямами»**

**Организация Исполнитель: *Институт физики полупроводников  
им. А. В. Ржанова СО РАН***

**Руководитель проекта: *к.ф.-м.н. Есаев Дмитрий Георгиевич  
тел. (383) 330-90-29  
e-mail: esaev@thermo.isp.nsc.ru***



*Цель работы:*

*Разработка, изготовление и исследование двухцветного ИК фотоприемного устройства на основе гетероструктур с квантовыми ямами чувствительного одновременно в спектральном диапазоне 3-5 и 8-12 мкм.*



## **Основные преимущества фотоприемников на структурах с квантовыми ямами**

**Высокая однородность фотоэлектрических характеристик по площади, обеспеченная хорошо развитой технологией получения соединений  $A_3B_5$ , включая газотранспортную и молекулярно-лучевую эпитаксию слоев.**

**Полосовой спектр fotocувствительности, позволяющий изготавливать монолитные многоспектральные структуры.**

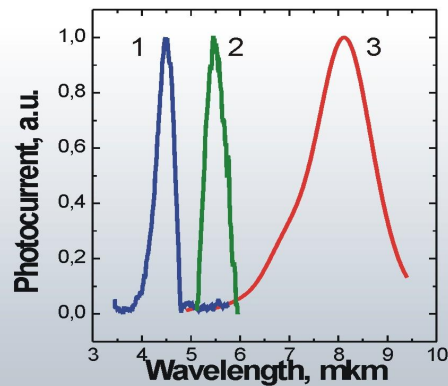
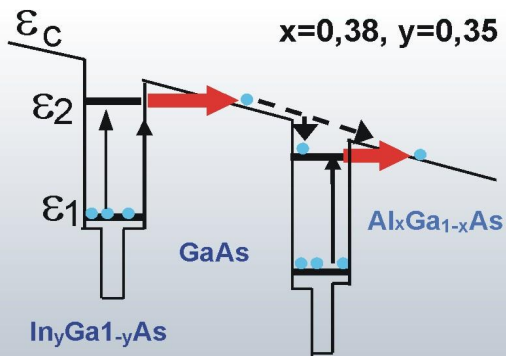
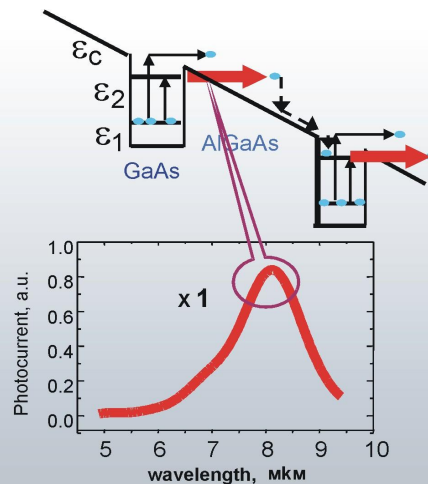
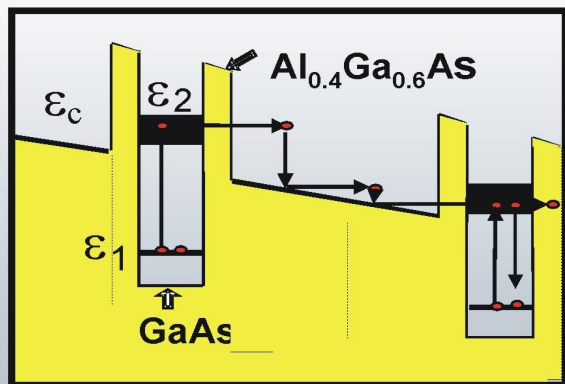
**Высокая температурная, механическая и радиационная стойкость.**

**Сравнительно низкая себестоимость при высоком выходе годных изделий.**

**Рабочая температура 65-75 К для фотоприемников для спектрального диапазона 3 - 5 и 8 - 12 мкм.**

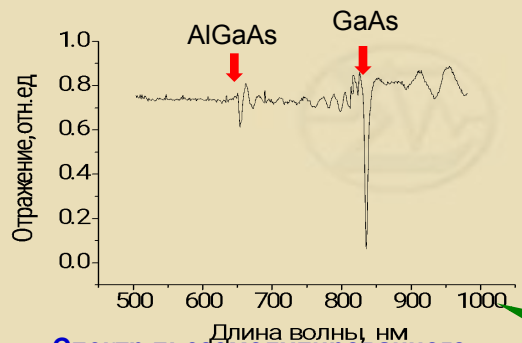


## МСКЯ гетероструктуры для диапазонов 3 – 5 и 8 – 10 мкм

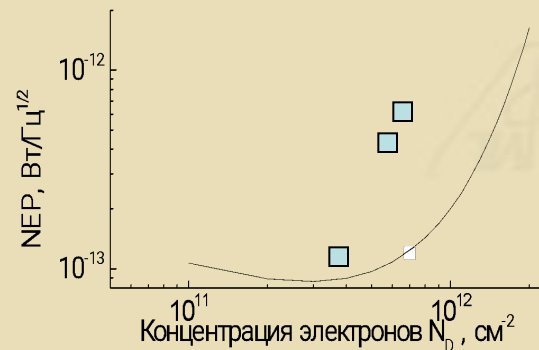




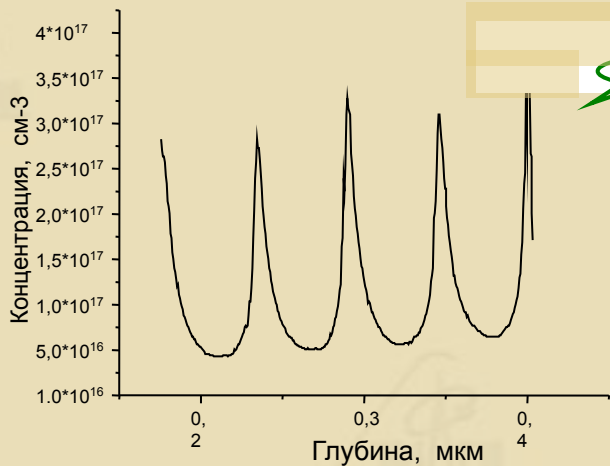
## Контроль параметров МСКЯ фотоприемников



Спектр пьезомодулированного отражения



Пороговая мощность в зависимости от уровня легирования



Распределение носителей по глубине



Спектр пропускания

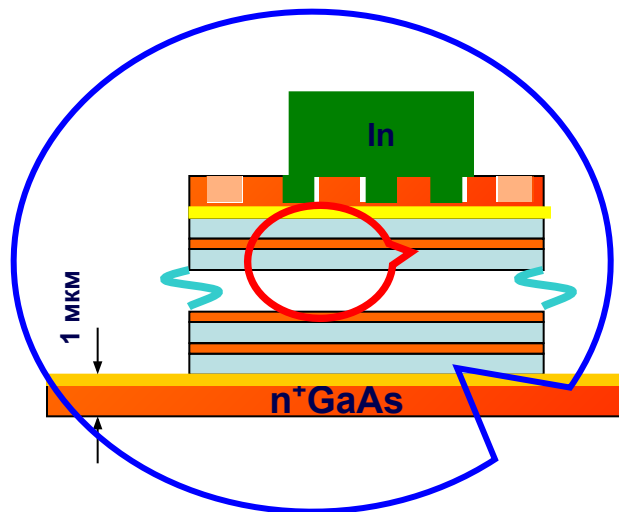


## Структура фотоприемного устройства на МСКЯ

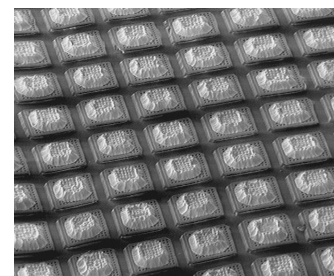
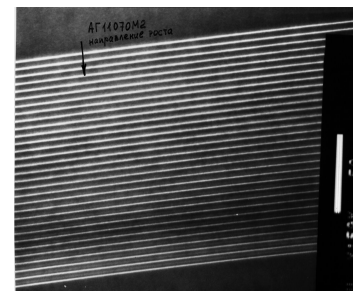


Гибридная сборка мультиплексора и фотоприемной матрицы форматом 320 x 256

Химико-механическое утонение GaAs подложки до 0.6- 1.0 мкм



Фоточувствительные слои



## Сравнение приемников на МСКЯ и КРТ

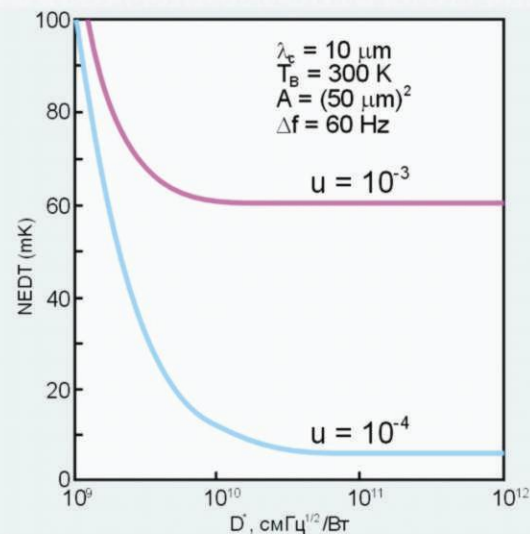
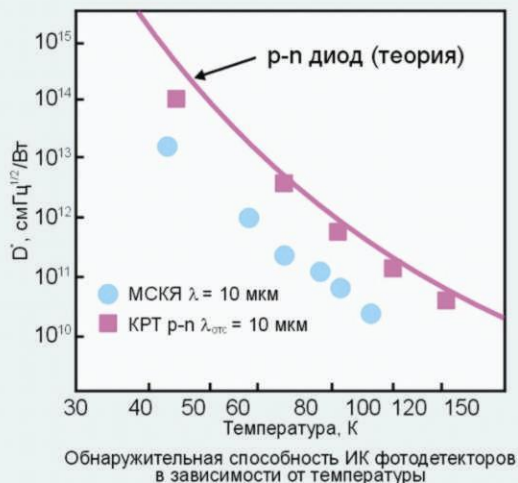
Для матричных приемников с ограниченной величиной зарядовой емкости накопления в мультиплексоре и в условиях фоновой засветки при 300 К пороговая мощность и NEDT слабо зависят от типа приемника

$$\text{КРТ: } I_n = \sqrt{\left(2eI_{ph} + \frac{4kT_d}{R}\right) \frac{1}{2\tau_{int}}}; \quad \text{NEDT} = \frac{2kT_B^2\lambda}{hc} \cdot \sqrt{\frac{1}{2N_w}} \approx 0,023 \text{ K}$$

$$\text{МСКЯ: } I_n = \sqrt{4eg(I_{ph} + I_d) \frac{1}{2\tau_{int}}}; \quad \text{NEDT} = \frac{2kT_B^2\lambda}{hc} \cdot \sqrt{\frac{g}{N_w}} \approx 0,021 \text{ K}$$

$$\frac{\text{NEDT}_{\text{КРТ}}}{\text{NEDT}_{\text{МСКЯ}}} = \frac{1}{\sqrt{2g}} \sim 1$$

$I_n$  - шумовой ток,  $I_{ph}$  - фототок,  $N_w$  - количество электронов в емкости накопления,  $g$  - коэффициент фотоэлектрического усиления

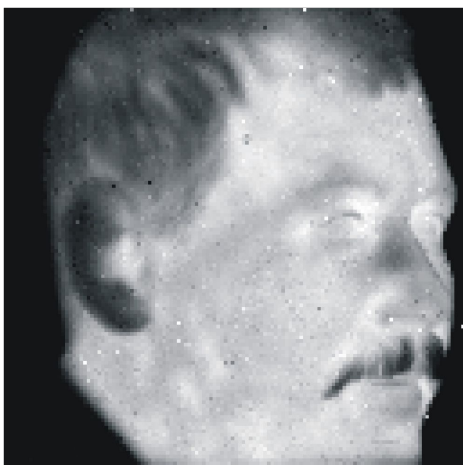


Для одиночных детекторов  $D^*_{\text{КРТ}} > D^*_{\text{МСКЯ}}$ , т.к. квантовая эффективность для КРТ  $\eta > 80\%$ , а для МСКЯ  $\eta < 10\%$ .

Зависимость NEDT от  $D^*$  для матричных приемников с разной величиной однородности чувствительности  $u = DS/\langle S \rangle$ , (объектив  $f/2$ ).



**Имеющийся задел в разработке одноцветных фотоприемников.  
Тепловое изображение, регистрируемое фотоприемниками на МСКЯ  
форматом 128x128 и 320x256 элементов**



**Формат 128x128  
NEDT  $\approx$  0,05 К  
 $\lambda$  max = 8,6 мкм  
T = 65 К  
98,5% рабочих  
пикселей**



**Формат 320x256  
NEDT  $\approx$  0,03 К  
 $\lambda$  max = 9,5 мкм  
T = 70 К  
98% рабочих  
пикселей  
(с GaAs подложкой)**

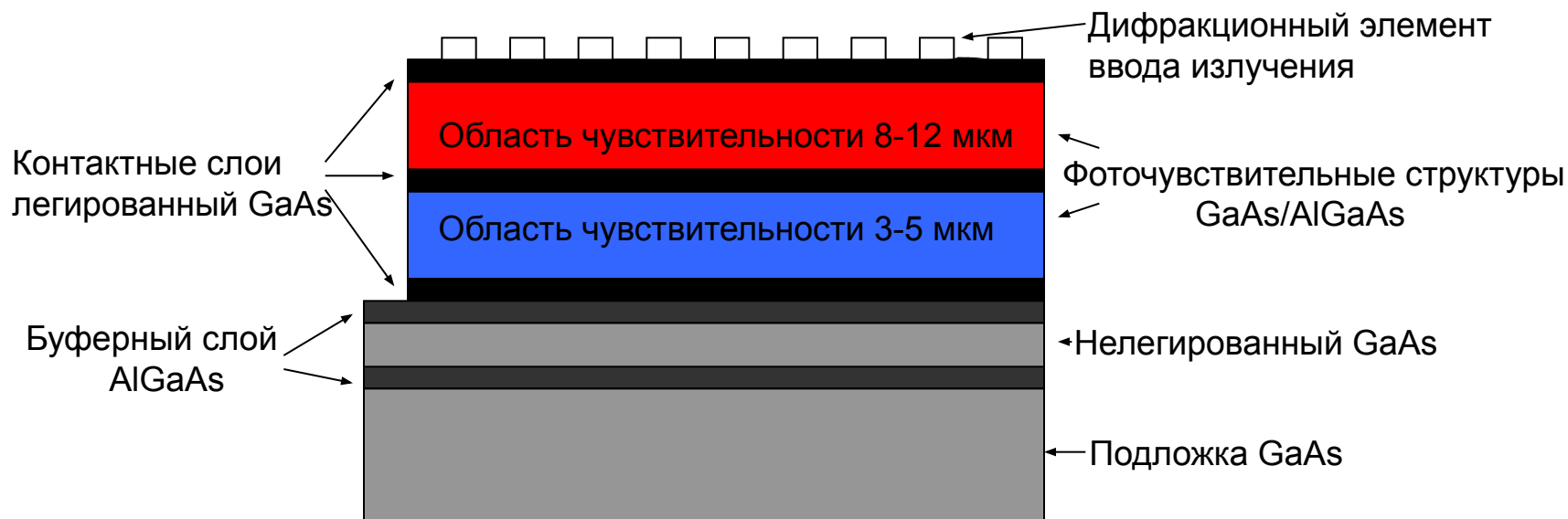


**Формат 320x256  
NEDT  $\approx$  0,03 К  
 $\lambda$  max = 9,4 мкм  
T = 70 К  
99% рабочих  
пикселей  
(подложка удалена)**





## Один из вариантов структуры двухцветного фотоприемника



Один из 320x256 пикселей



Ожидаемые результаты по проекту в 2009 г.

1. Будет разработана конструкция и проведена оптимизация параметров матричных большеформатных фотоприемников с полным форматом 320x256 элементов.
2. Будет отработана технология глубокого плазмо-химического травления структур.
3. Разработана технология и оптимизирован способ сопряжения структур с кремниевым мультиплексором для чересстрочного считывания фотосигнала с каждой из частей структуры.
4. Будут разработана технология и изготовлены многослойные гетероструктуры GaAs/AlGaAs с квантовыми ямами чувствительные в спектральном диапазоне 3-5 и 8-12 мкм.
5. Шаг матрицы фотоприемников составит 30-35 мкм, полный формат - 320x256 элементов, быстродействие - до 50 кадров/сек, температурное разрешение – не более 50 мК, динамический диапазон не менее 40 дБ.