



**ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ
им. А.В.РЖАНОВА СО РАН**

7 ноября 2018 г.

г.Новосибирск

Стратегия технологического развития!

***Центр нанотехнологий
как элемент
технологического прорыва***

*А.В.Латышев
директор ИФП СО РАН*

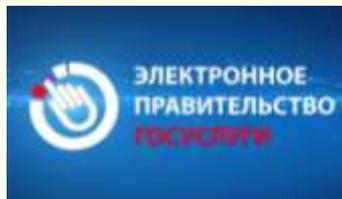
ЭРА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ



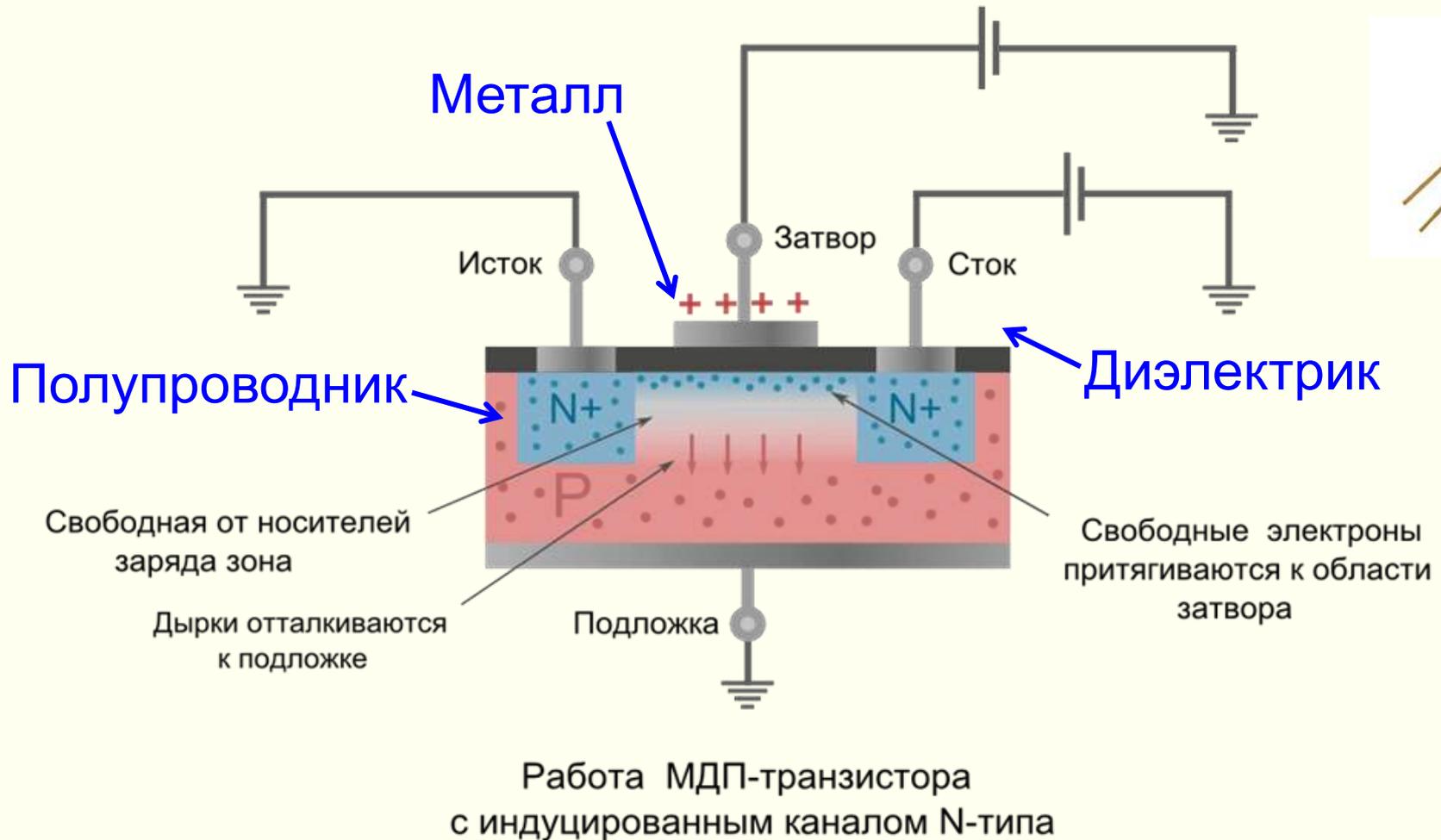
Двоичный код использует только «0» или «1».



Привет, я Алиса



Что такое элементная база двоичного кода?



Как работает транзистор?

Открыт или закрыт: **2 состояния** (0 или 1)!

Двоичный код!!!

ОАО «НИИМЭ и Микрон», г. Зеленоград



Создание интегральной схемы технологического уровня 90 нм содержит примерно 5000 операций и 1000 контрольных измерений параметров.



Мотивация «Центра нанотехнологий»



Ориентированные фундаментальные исследования



Прорывные технологии и новые материалы



Проекты полного цикла и подготовка кадров



Современный полупроводниковый чип - это 8 млрд. транзисторов!

Мировая тенденция: создание научно-исследовательских технологических центров с современным дорогостоящим оборудованием на базе существующих научных организаций и университетов, действующих по принципам Центров коллективного пользования.



ЦЕНТР НАНОТЕХНОЛОГИЙ

междисциплинарный центр исследований и разработок

Миссия Центра - обеспечение мирового уровня научных исследований, технологий и разработок в области новых материалов и элементной базы, работающей на новых физических принципах, для микро-, нано-, био- и оптоэлектроники и нанофотоники, СВЧ-электроники, сенсорики, радиационно-стойкой электроники, квантовой электроники, ИК-техники ...





ЦЕНТР НАНОТЕХНОЛОГИЙ: ГЛОБАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

- ✓ **Обеспечение мирового уровня ориентированных фундаментальных исследований, направленных на разработку технологий и приборов в области элементной базы наноэлектроники и нанофотоники.**
- ✓ **Опережающее создание точек роста электроники будущего на новых физических принципах на основе квантовых технологий.**
- ✓ **Кратное увеличение проектов полного цикла от генерации знаний до разработки технологий на основе фундаментального задела научных организаций и учебных заведений в интересах среднего и крупного бизнеса.**





ЦЕНТР НАНОТЕХНОЛОГИЙ: ГЛОБАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

✓ **Прорывные решения по разработке конкурентоспособной высокотехнологичной, импортозамещающей электронной компонентной базы.**

✓ **Оказание технологических и инжиниринговых услуг на современном уровне, особенно, в области междисциплинарных исследований, научно-исследовательским организациям, резидентам Технопарков и профильным предприятиям РФ с целью масштабирования результатов НИОКРов.**

✓ **Разработка новых полупроводниковых технологий и функциональных материалов для промышленных партнеров с целью выхода на международные рынки.**



✓ **Подготовка кадров высшей квалификации для научных организаций и предприятий электронной промышленности. Обеспечение условий для притяжения талантливой молодежи, воспитания лидеров и формирования команд как основа новых стартапов в области нанoeлектроники и нанофотоники.**



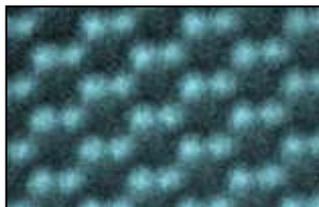
ЦЕНТР НАНОТЕХНОЛОГИЙ

междисциплинарный центр исследований и разработок



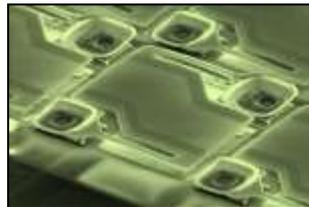
Новые технологии

эпитаксия,
квантовые
технологии



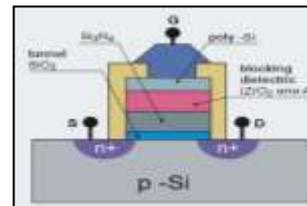
Новые материалы

МЛЭ, КНИ,
графен и др.



Сенсорные системы

биомедицина,
фотовольтаика



Электронные компоненты

транзисторы,
память



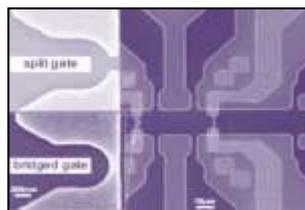
Нано фотоника

ИК- техника,
тепловидение

Наука Технология Прибор

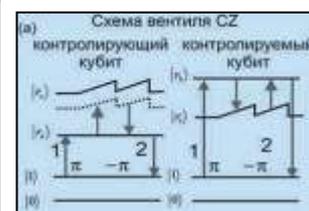


- ❖ *Фундаментальные знания*
- ❖ *Технологии наноструктур*
- ❖ *Прототипы приборов*
- ❖ *Подготовка кадров*



Нано структуры

наноэлектроника,
нанофотоника



Квантовые вычисления

криптография,
спинтроника



Приборостроение

нанотехнологии
сенсорика



- В квантовой яме, изготовленной на основе теллурида ртути, обнаружена новая низкоразмерная система – двумерный полуметалл. **Nature Physics**, (2014), **IF=20,14**, **Nature Communication**, (2016), **IF=11,33**
- Экспериментальное наблюдение динамического перехода Мотта как возможная альтернатива обычным кремниевым транзисторам сверхмалого размера. **Science**, (2015), **IF=33,61**
- Поляризационные спиновые эффекты в коллоидных квантовых точках CdSe. **Nature Nanotechnology** (2017), **IF=38,9**
- Разработаны новые типы элементов терабитной памяти на основе резистивного эффекта (HfO_2 , ZrO_2 , TiO_2) и МОНОП- транзистора. **Physics Reports**, (2016), **IF=16,4**
- Получены низкоразмерные системы топологических изоляторов с гигантским расщеплением Рашбы. **Advanced Materials**, (2016), **IF=17,5**
- Выявлены одноэлектронные и коллективные эффекты ансамбля туннельно-связанных квантовых точек, закономерности переноса заряда и спиновых состояний. **Physical Review Letters** (2015), **IF=7,51**
- Обнаружение аномального гигантского комбинационного рассеяния света монослоем MoS_2 на поверхности массива нанокластеров Au. **Nanoscale** (2017) **IF= 7.37**
- Разработаны различные виды метаматериалов на основе свернутых напряжённых полупроводниковых плёнок, предназначенных для управления терагерцовым излучением. **Scientific Reports** (2017), **IF=5,22**, **Nano Letters** (2015) **IF=13,59**



1 ГГц ИЗЛУЧАТЕЛЬ ОДИНОЧНЫХ ФОТОНОВ

Разработаны излучатели одиночных фотонов на основе брэгговских микрорезонаторов и одиночных InAs квантовых точек, расположенных вблизи субмикронной оксидной токовой апертуры прибора. Структура содержит 1156 слоев $Al_xGa_{1-x}As$.

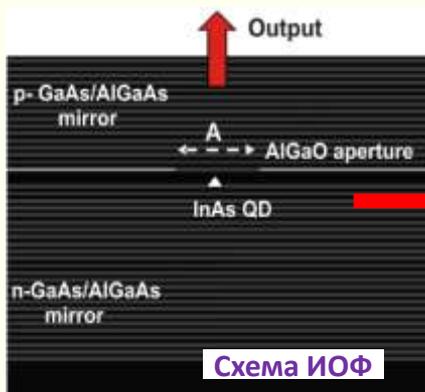
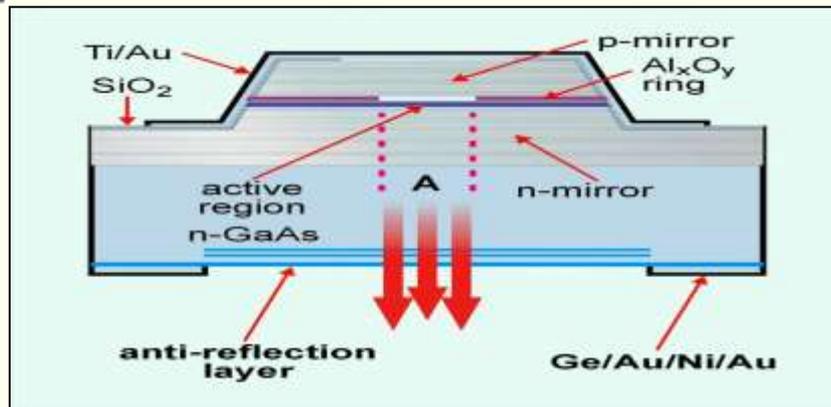
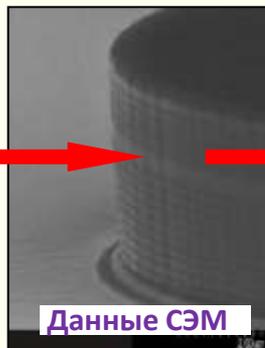
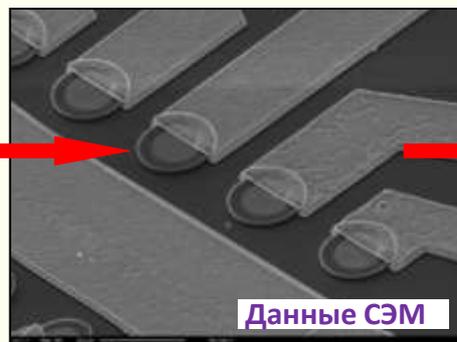


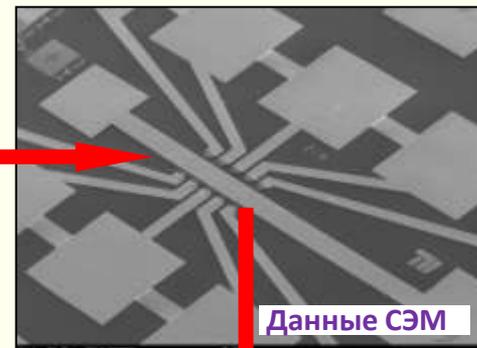
Схема ИОФ



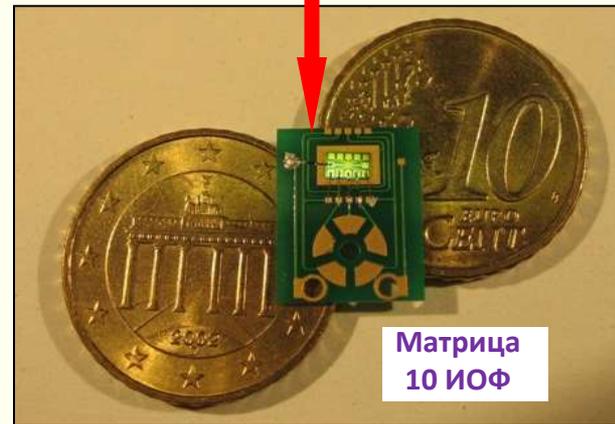
Данные СЭМ



Данные СЭМ

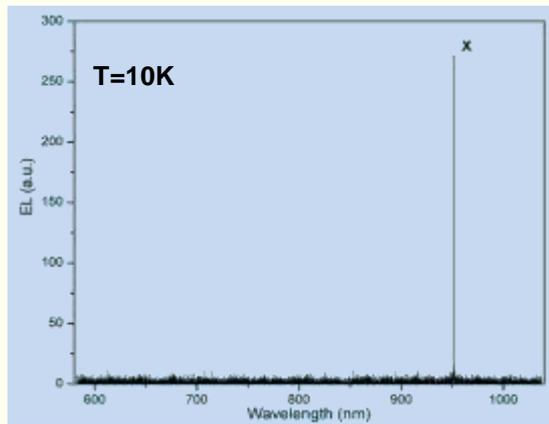


Данные СЭМ

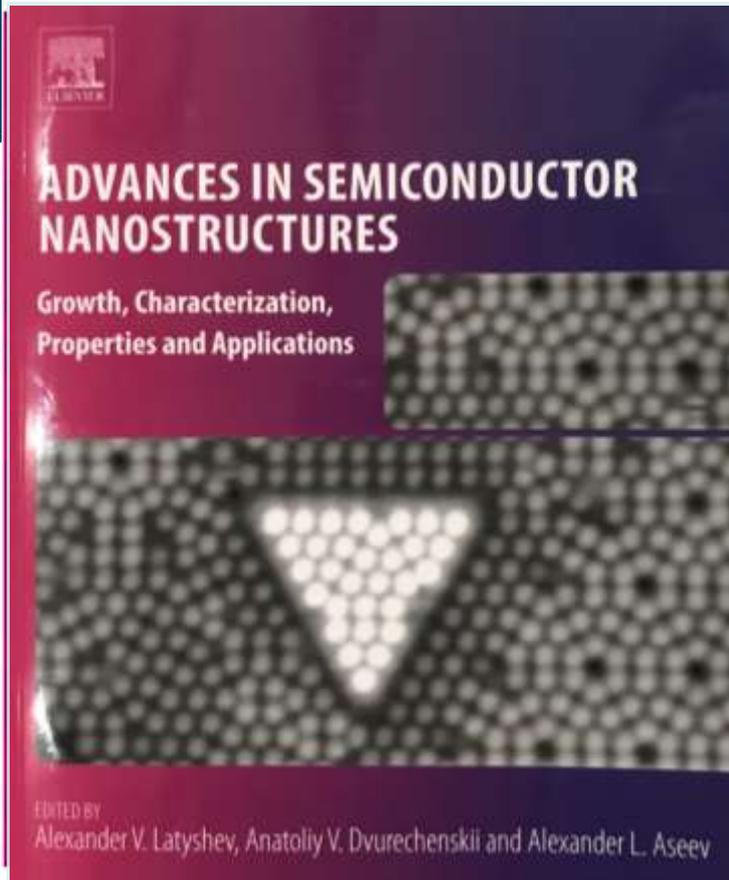


Матрица 10 ИОФ

Разработанные миниатюрные излучатели одиночных фотонов могут использоваться в системах квантовой криптографии, квантовых вычислениях и миниатюрных атомных стандартах частоты нового поколения. В.А.Гайслер,



Advances in Semiconductor Nanostructures, 1st Edition



Ключевые характеристики:

- ❖ Представлено исчерпывающее исследование новейших физических явлений и свойств полупроводниковых наноструктур;
- ❖ Представлены последние результаты исследований в этой области в ИФП им. А.В.Ржанова СО РАН;
- ❖ Отдельные главы базируются на результатах, полученных в совместных работах с исследовательскими группами из России, Германии, Франции, Англии, Японии, Голландии, США, Бельгии, Китая, Израиля, Бразилии и стран бывшего СССР.

Advance in Semiconductor Nanostructures: Growth, Characterization, Properties and Applications

Под редакцией А.В. Латышева, А.В. Двуреченского, А.Л. Асеева

Print book ISBN 9780128105122: 552 страницы. Copyright © 2017. Elsevier Inc.



ЦЕНТР НАНОТЕХНОЛОГИЙ

междисциплинарный центр исследований и разработок

Обеспечение мирового уровня научных исследований, технологий и разработок в области новых материалов и элементной базы, работающей на новых физических принципах, для наноэлектроники и оптоэлектроники.



- 1. Отдел технологии Si;*
- 2. Отдел технологии A_3B_5 ;*
- 3. Отдел технологии A_2B_6*
- 4. Отдел технологий новых материалов;*
- 5. Аналитический отдел и дизайн центры.*



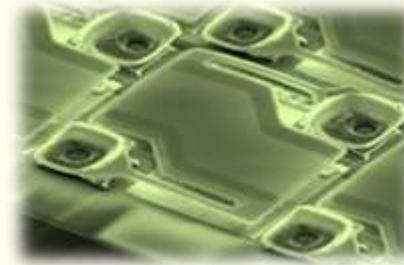
Академгородок-2.0



1. ТЕХНОЛОГИЯ Si

Задачи:

- ✓ Наногетероструктуры на основе кремния и германия для нанофотоники и наноэлектроники.
- ✓ Системы кремний-на-изоляторе для экстремальной и радиационно-стойкой электроники, включая элементы памяти и нейроморфные системы.
- ✓ Микродатчики и сенсоры для космической, авиационной и автомобильной промышленности, медицинские и ветеринарные системы мониторинга, сенсоры для клинических тестов.



ПРОДУКТЫ ТЕХНОЛОГИИ:

Прорывные результаты в области одноэлектроники, нанофотоники, спинтроники, плазмоники, нанолитографии

Поставка КНИ-пластин для производства радиационно-стойкой и экстремальной электроники

Разработка электроники на новых физических принципах, нового поколения сенсоров, малые серии изделий



DeleCut технология для КНИ, кремнии-на-сапфире, A_3B_5 -на-изоляторе

Установка срачивания пластин



*Необходима
высоконадежная
ЭКБ для
ответственных
приложений*



N.Rezzak et al. Radiation Effects Data Workshop (REDW), 2015 IEEE



Поставка 100 КНИ-
пластин для ОАО
«НЗПП с ОКБ».

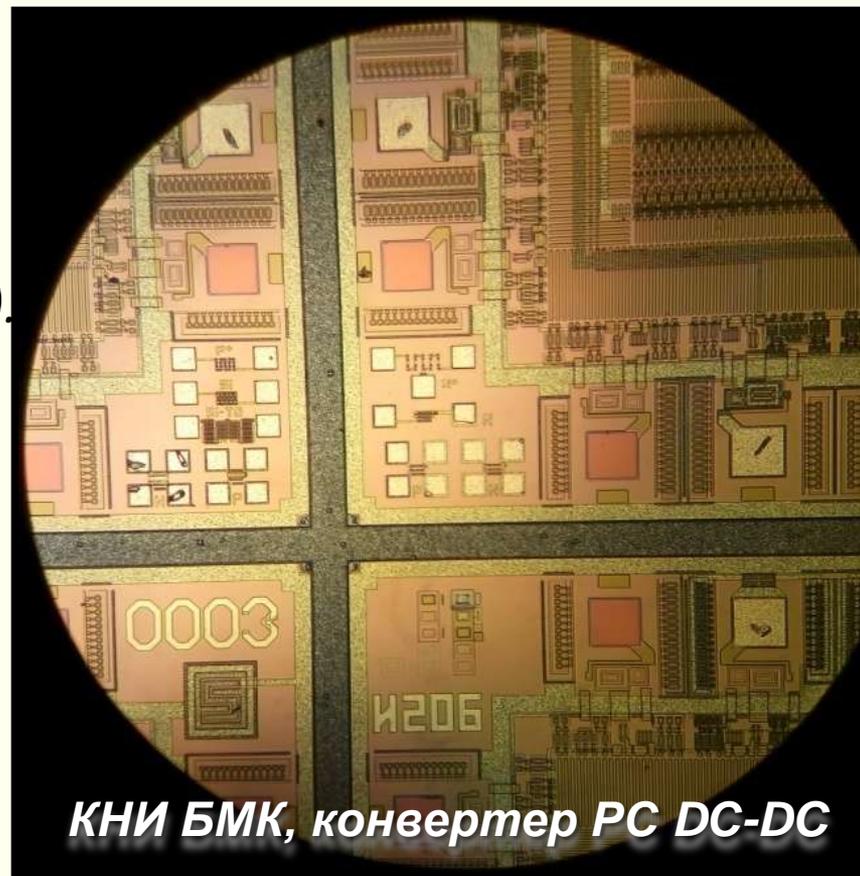
ИФП СО РАН и ОАО «НЗПП с ОКБ» разрабатывают КНИ и КНС гетероструктуры с радиационно-стойкими диэлектриками для электроники повышенной надежности ¹⁵



ИФП СО РАН – поставщик полупроводниковых структур для предприятий российской электроники

Разработана технология создания подложек кремния-на-изоляторе, для радиационно-стойкой и экстремальной электроники (запатентованная технологии «DeleCut»).

В 2017г. В ОАО “НЗПП с ОКБ” поставлено 100 КНИ пластин для сверхнадежных радиационно-стойких ИС.



КНИ БМК, конвертер РС DC-DC

*За прошлые годы изготовлено более **12 тысяч пластин** КНИ и КНС Ø 100 и 150 мм для микро-, нано- и биоэлектроники.*



2. ТЕХНОЛОГИЯ A_3B_5

Задачи:

- ✓ *Материалы и элементы для СВЧ-электроники и фотовольтаики.*
- ✓ *Оптоэлектронные устройства на квантовых ямах.*
- ✓ *Элементы оптоэлектроники (вертикально излучающие лазеры, однофотонные излучатели и т.д.).*
- ✓ *Материалы, элементы и устройства для радиофотоники.*
- ✓ *Повышение мощности GaAs-приборов, повышение рабочей частоты GaN-приборов для СВЧ электроники.*



ПРОДУКТЫ ТЕХНОЛОГИИ:

Прорывные результаты в области однофотоники, вертикально излучающих лазеров, элементов нанофотоники

Поставка гетероэпитаксиальных GaAs и GaN подложек для производства мощных СВЧ интегральных схем

Разработка электронных компонентов для терагерцовой фотоники, радиофотоники, ИК-техники, малые серии изделий

«Экран-оптические системы» будет работать по технологиям ИФП СО РАН

Проект полного цикла

ИФП СО РАН и **индустриальный партнер АО «Экран-оптические системы»**

подписали соглашение о сотрудничестве, в рамках которого планируется производство полупроводниковых гетероструктур.

На первом этапе, в ИФП СО РАН будет поставлено промышленное оборудование **почти на 500 млн. рублей.**

02.02. 2018



Наука – Бизнес



Наука – Власть – Бизнес



Бизнес – Бизнес

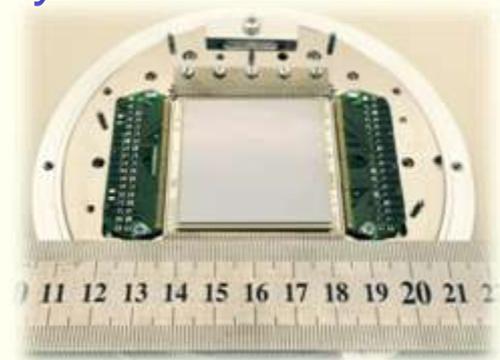




3. ТЕХНОЛОГИЯ A_2B_6

Задачи:

- ✓ *Материалы, элементы и устройства для ИК-фотоприемников в целях безопасности, обороны, медицины, противодействия природным катаклизмам и терроризму.*
- ✓ *Материалы и устройства для терагерцовых применений.*
- ✓ *Материалы для элементной базы перспективной электроники (топологические изоляторы, двумерный полуметалл, квантовые системы).*



ПРОДУКТЫ ТЕХНОЛОГИИ:

Прорывные результаты в области однофотоники, вертикально излучающих лазеров, элементов нанофотоники

Поставка гетероэпитаксиальных КРТ подложек для производства ИК-фотоприемных устройств

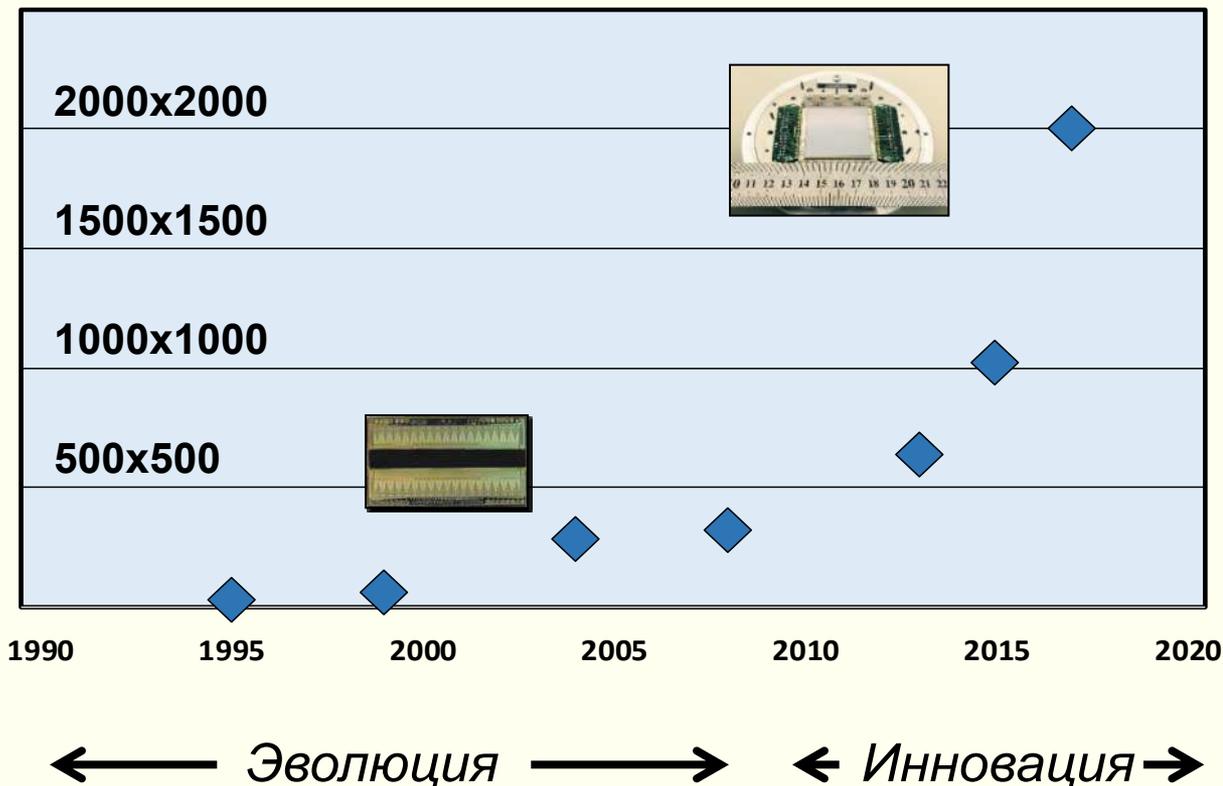
Разработка мегапиксельных, многоспектральных фотоприемных ИК-матриц, малые серии изделий



Дорожная карта развития фотоэлектроники в ИФП СО РАН

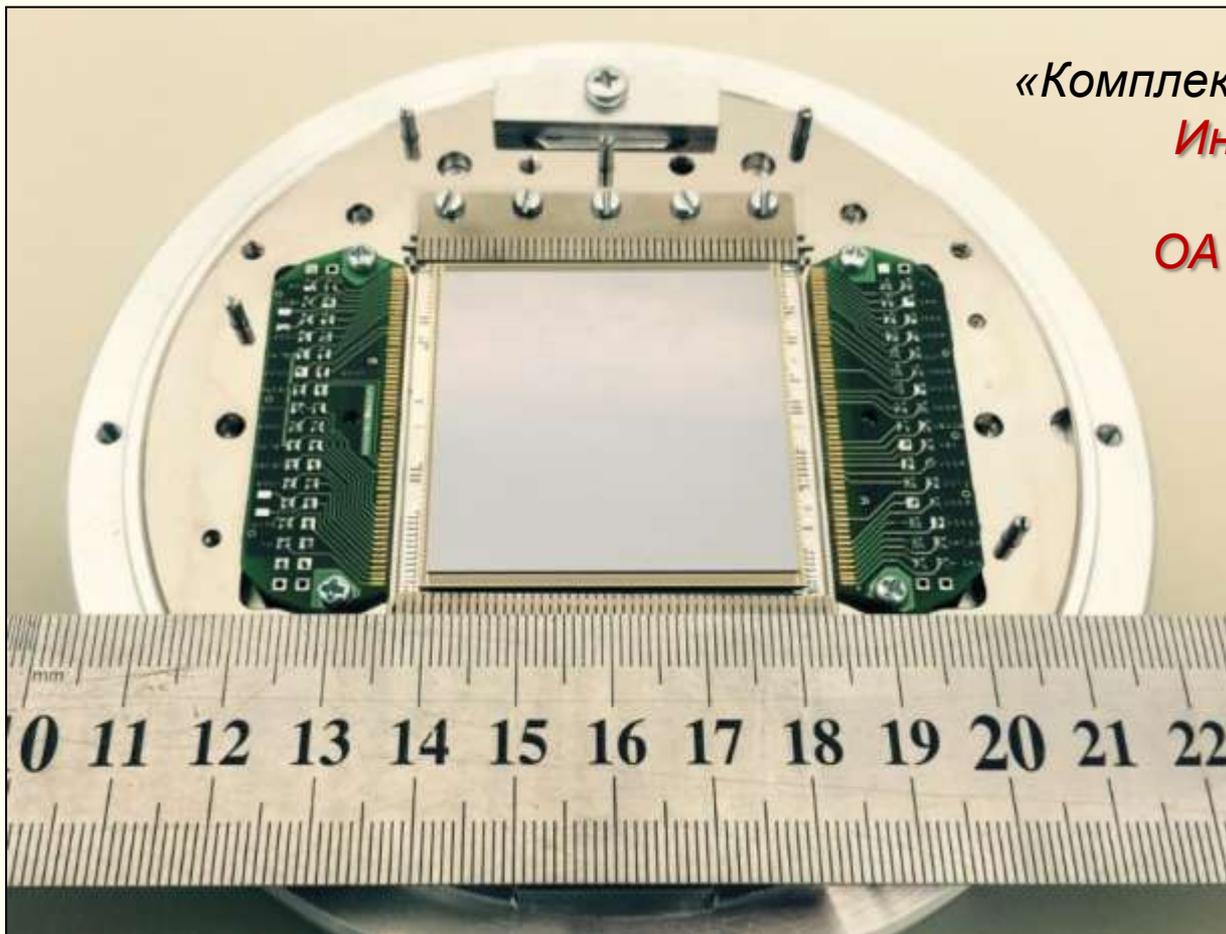
- Создан технологический комплекс промышленно-ориентированной технологии производства ГЭС КРТ МЛЭ для инфракрасных фотоприемников.
- Разработаны фоточувствительные материалы, полноформатные, мегапиксельные и двухспектральные фотоприемные устройства.

Эволюция фотоприемной матрицы (в пикселях)





*Матричный фотоприемник на основе ГЭС КРТ МЛЭ
форматом 2000x2000 элементов для ГК «Роскосмос»*



*«Комплект-МФПУ-ИФП»
Индустриальный
партнер,
ОА «НЗПП с ОКБ»*

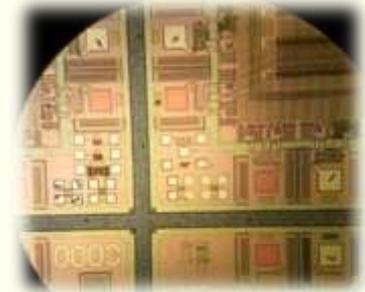
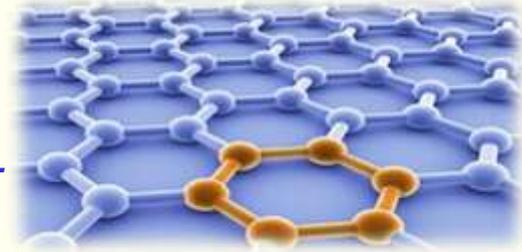
*Фотография фотоприемного модуля в технологическом корпусе,
предназначенного для использования в аппаратуре космического базирования для
глобального обзора земли, околоземного пространства и далекого космоса.*



4. ТЕХНОЛОГИИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Задачи:

- ✓ Полупроводниковые пленки атомной толщины для гибкой электроники: графен, силицен, мультиграфен.
- ✓ Наногетероструктуры на основе уникальных материалов: одностенные углеродные нанотрубки, фуллерены, алмазные пленки, топологические изоляторы, двумерный полуметалл для фотоники и электроники.
- ✓ Трехмерные метаматериалы и атомно-гладкие зеркала для нанофотоники.
- ✓ Нейроморфные сети, мемристоры, трехмерная печать ...



ПРОДУКТЫ ТЕХНОЛОГИИ:

Прорывные результаты в области квантовой электроники, нанофотоники, спинтроники, плазмоники, нанолитографии

Поставка пластин метаматериалов и углеродных слоев для производства высокочувствительных систем мониторинга

Разработка элементов квантовой электроники, нового поколения сенсоров, малые серии изделий

УЧАСТНИКИ ПРОЕКТА: ИНТЕГРАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ

Федеральный бюджет в рамках программы Академгородок 2.0

Аналитическое оборудование, Интеллектуальная собственность

НСО

РОСНАНО,
РВК, МЭР РФ

МОН, СО РАН

Соинвесторы

Индустриальные
партнеры



ЦЕНТР НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Здания и инженерная инфраструктура

Технологическое оборудование

Аналитическое оборудование

Технологические процессы

Администрация
НСО

Дизайн-центры

ЦКП СО РАН

СО РАН

Технопарки

СЕТЬ
НАНОЦЕНТРОВ

НИИ и ВУЗы

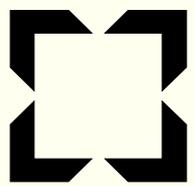
КОРПОРАЦИИ и СРЕДНИЙ БИЗНЕС

Росэлектроника, Роскомос, АФК Система,
РТИ, Швабе, Алмаз-Антей, Микран, Октава,
Экран-ОС, Орион, МЗ Сапфир, и др.

IBM, Tronic, SVTC,
IMEC, Samsung,
Nanofab, Intel

ПАРТНЕРЫ ПО КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ

ЦЕНТР НАНОТЕХНОЛОГИЙ: ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ПАРТНЕРЫ



Ростех



РОСЭЛ



Концерн ВКО
Алмаз - Антей



Ростехнологии



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



АКЦИОНЕРНАЯ ФИНАНСОВАЯ КОРПОРАЦИЯ

СИСТЕМА

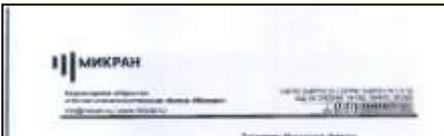


Швабе

mikron



РИОН



МИКРАН



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
«СИСТЕМЫ ПРЕЦИЗИОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»
[АО «ИНС-ЭПТА»]



Швабе



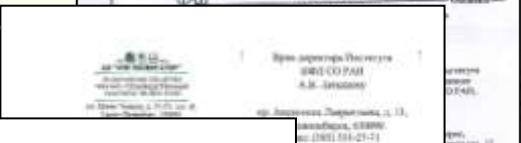
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФАКТО-КОММЕРЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ПРОГРЕСС»
(АО «ФАКТО-ПРОГРЕСС»)



РИОН



РОССИЙСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО
ЦЕНТРА «ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ»



АО «ИНС-ЭПТА»



Okmaba



АНГСТРЕМ



МИКРАН



Новосибирский завод полупроводниковых приборов с особым конструкторским бюро

€ НЗПП с ОКБ



Более 25 организаций выразили поддержку Центру и заинтересованы в его реализации.





ЦЕНТР НАНОТЕХНОЛОГИЙ

ожидаемые результаты проекта

- ✓ *Создание Центра нанотехнологий мирового уровня на основе квантовых полупроводниковых технологий.*
- ✓ *Прорывные решения по электронной компонентной базе для наноэлектроники, нанофооники, одноэлектроники, однофотоники, спинтроники, плазмоники и нанолитографии.*
- ✓ *Мелкосерийное производство современной и перспективной ЭКБ для систем радиолокации, СВЧ-техники, радиационно-стойкой электроники, телекоммуникации, энергетики, авионики и приборостроения.*
- ✓ *Разработка микродатчиков и сенсоров нового поколения, мегапиксельных, многоспектральных фотоприемных ИК-матриц для промышленности и медицины.*
- ✓ *Опережающее создание точек роста электроники будущего на новых физических принципах, выполнение проектов полного цикла и передача технологий и результатов НИР и ОКР на ведущие электронные предприятия России.*



Спасибо за внимание!