



НИЯУ
МИФИ

НАУКА
И ТЕХНОЛОГИИ
В НИЯУ МИФИ

Содержание

От фундаментальных исследований к готовому прибору	2
Стратегические проекты, реализуемые университетом в рамках проекта «ПРИОРИТЕТ 2030»	4
Технологическое оснащение центров и лабораторий	6
Перспективные разработки и исследования центров и лабораторий	18

НИЯУ МИФИ – ведущий национальный исследовательский университет России и научно-образовательный центр мирового уровня.

Являясь одним из ключевых партнеров высокотехнологических предприятий, НИЯУ МИФИ осуществляет эффективный трансфер технологий и знаний в реальный сектор экономики. За последние 2 года сотрудниками университета было подано более 240 заявок на государственную регистрацию объектов интеллектуальной собственности.

Университет входит в ТОП-5 российских технических вузов по объему НИОКР на одного НПР. НИЯУ МИФИ проводит как фундаментальные, так и прикладные исследования и является ключевым партнером в области научно-исследовательской деятельности для НИЦ «Курчатовский институт», ГК «Росатом», Российской академии наук, Минобороны России, Минпромторга России, ФМБА России, Росфинмониторинга, ГК «Ростех», ГК «Роскосмос», АО «Росэлектроника», ПАО «Газпром», АФК «Система», IPG-Photonics, SAMSUNG, HUAWEI, KasperskyLAB, ОИЯИ и других ведущих организаций.

ОТ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ К ГОТОВОМУ ПРИБОРУ

В состав НИЯУ МИФИ входят научные лаборатории, центры и институты, оснащенные современным исследовательским и технологическим оборудованием, способные решать передовые задачи для обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации.

Гибкость технологической линейки оборудования позволяет вести прикладные разработки по созданию опытных образцов устройств в цикле «Фундаментальные разработки – опытный прибор – мелкосерийное производство» в областях ядерных технологий, радиофотоники, квантовой сенсорики, СВЧ- и силовой электроники, нанобиотехнологий, медицины, лазерных, плазменных и пучковых технологий, квантовых технологий, технологий радиационного контроля, информационной безопасности и т.д.



УНИВЕРСИТЕТ – ПРИЗНАННЫЙ ЛИДЕР В СЛЕДУЮЩИХ НАПРАВЛЕНИЯХ:

- Ядерные исследования и технологии
- Лазерные, плазменные и пучковые технологии
- Информационные технологии
- СВЧ-нанoeлектроника
- Нанобиотехнологии, биомедицина и медицинская физика

НА БАЗЕ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИВАЮТСЯ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МИРОВОГО УРОВНЯ:

- Космические исследования и технологии
- Управляемый термоядерный синтез
- Материалы для ядерного и космического применения
- Экономическая безопасность

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ, РЕАЛИЗУЕМЫЕ УНИВЕРСИТЕТОМ В РАМКАХ ПРОЕКТА «ПРИОРИТЕТ 2030»



РЕЛЯТИВИСТСКАЯ КВАНТОВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Получение новых знаний о фундаментальных свойствах материи от элементарных частиц до наблюдаемых границ Вселенной и создание новых технологий на основе квантовых объектов.



ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

Разработка технологий, направленных на переход к практически неограниченным безуглеродным источникам энергии, на основе результатов исследований и разработок на стыке ядерной физики и физики экстремальных состояний вещества.



СИНХРОТРОННЫЕ, НЕЙТРОННЫЕ, УСКОРИТЕЛЬНЫЕ, РАДИАЦИОННЫЕ И НАНОРАЗМЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ, БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ

Увеличение ожидаемой продолжительности жизни и ее качества, снижение потерь от социально-значимых заболеваний, обеспечение экологической и продовольственной безопасности за счет развития синхротронных, нейтронных, ускорительных, радиационных и наноразмерных технологий.



КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ И КРИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНФРАСТРУКТУР

Обеспечение кибербезопасности систем искусственного интеллекта, критических информационных инфраструктур и финансово-экономической системы Российской Федерации на базе новых технологий, в частности, безопасных многосторонних вычислений, конфиденциального машинного обучения и других перспективных методов защиты информации от киберугроз и обеспечения ее конфиденциальности.

РАДИОФОТОНИКА И КВАНТОВАЯ СЕНСОРИКА



Достижение лидерства в области интегральной радиофотоники, квантовой сенсорики, терагерцовой фотоники и разработку новых функциональных квантовых материалов.

ЦЕНТР РАДИОФОТОНИКИ И СВЧ-ТЕХНОЛОГИЙ. ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР

УЧАСТОК МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИИ СОЕДИНЕНИЙ GAAS

Установка молекулярно-лучевой
эпитаксии Riber 21 T 3-5
(Riber, Франция)

Молекулярно-лучевая эпитаксия гетероструктур группы АЗВ5 на подложках GaAs, InP. Максимальный диаметр используемой подложки для нанесения эпитаксиальных слоев – 76 мм (3 дюйма).

Установка состоит из трех вакуумных камер: роста, подготовки и загрузки. Все камеры оснащены системами безмасляной откачки и разделены между собой высоковакуумными затворами. Имеется пять источников молекулярных потоков.

ДЛЯ СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКИ:

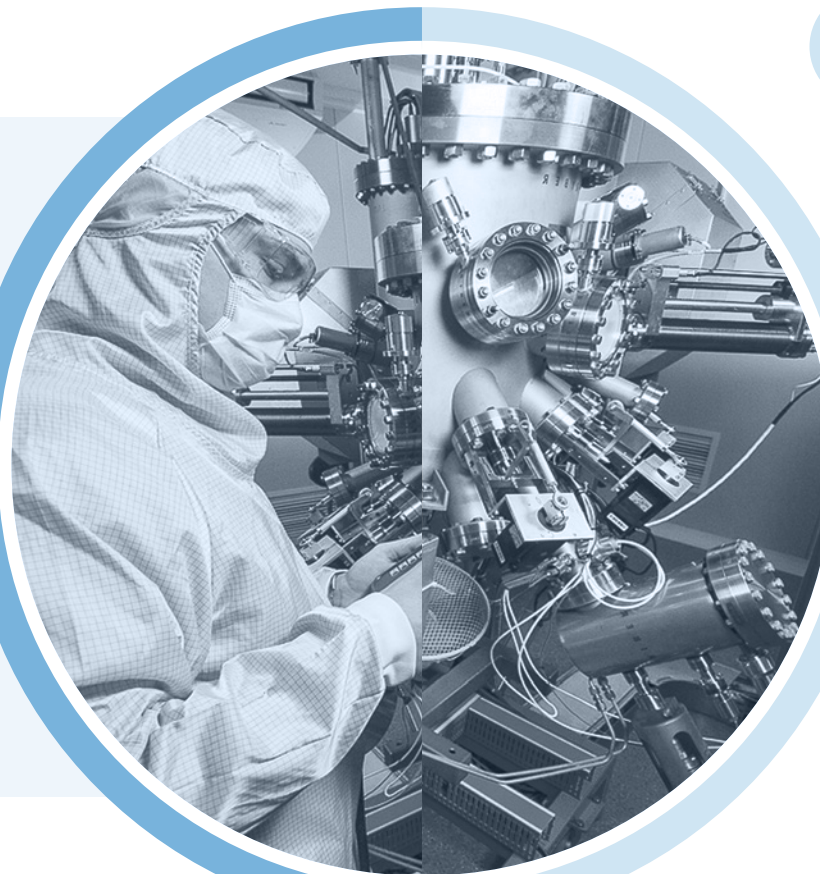
- pHEMT (X, Ku диапазон);
- HEMT/InP (Ka, мм-диапазон, субТГц).

УЧАСТОК МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИИ СОЕДИНЕНИЙ GAN

Установка молекулярно-лучевой
эпитаксии GEN 930
(Veeco, США)

Система позволяет формировать высококачественные равномерные полупроводниковые эпитаксиальные слои или структуры на подложках диаметром до 76 мм (3 дюйма) для радиационно стойких приборов СВЧ- и силовой электроники. Установка имеет модульную структуру и включает одну камеру роста в условиях сверхвысокого вакуума (СВВ), одну камеру предварительной подготовки в условиях СВВ и одну камеру загрузки.

Создание многослойных гетероструктур с двумерным электронным газом для транзисторов и МИС СВЧ мощной и силовой электроники.



УЧАСТОК НАНОЛИТОГРАФИИ И ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Автоэмиссионный растровый электронный микроскоп с блоком нанолитографии Raith 150 TWO (Raith, Германия)

- Электронная растровая микроскопия высокого разрешения (не хуже 2–5 нм);
- Нанолитографии с размерами получаемых элементов не хуже 15–20 нм;

Современная технология изготовления грибообразных затворов СВЧ-транзисторов с длиной затвора $L_g = 100\text{--}250$ нм, в перспективе – до 35–50 нм

- Диаметр пластин – до 150 мм.;
- Создание квантовых наноразмерных приборов;
- Создание прототипов субТГц-транзисторов.

УЧАСТОК ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ

Введены в работу две установки плазмохимического травления

Plasma Therm ICP Cl:

- Травление полупроводников A3B5: GaAs, GaN, InP;
- Травление металлов: Au, Cr, Al, Ti.

Plasma Therm ICP F:

- Глубокое травление Si (bosh-процесс, криопроецесс);
- Глубокое травление SiC;
- Травление диэлектриков Si₃N₄, SiO₂.



УЧАСТОК МЕТАЛЛИЗАЦИИ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Системы осаждения тонких пленок
PVD 250, PVD 75 (Kurt J. Lesker Company,
США), Modular RTP600S

Система позволяет наносить металлы методом термического, электронно-лучевого испарения и магнетронного распыления.

Возможность попеременного напыления шести материалов; охлаждаемый держатель изделий размером 4" (100 мм) (скорость вращения – до 20 об./мин, экраны).

Установка быстрого термического отжига позволяет проводить термическую обработку контактов до 1200 °С в инертной среде.



УЧАСТОК ФОТОЛИТОГРАФИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Установка контактной литографии
микросхем Suss MJB4
(SUSS MicroTec, Германия)

Экспонирование высокого разрешения – до 0,4 мк (в глубоком ультрафиолете).

Максимальный размер обрабатываемых пластин и подложек – до 100 мм диаметром (пластины) и до 100×100 мм (подложки). Специальные держатели для кусков пластин, AlIBV, толстых подложек, гибридных схем и ВЧ. Высокоточная юстировка на плоскости и манипулятора микроскопа.

Контроль толщин различных пленок и глубин травления осуществляется с помощью контактного профилометра Dektak XT.

УЧАСТОК СВЧ- И СТАТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Комплекс измерений S-, X-параметров PNA-X N 5245A. Измерительный комплекс полупроводниковых структур B1500A. Зондовые станции PM8 и EP6

Комплекс измерений S-, X-параметров PNA-X N 5245A обеспечивает во всей рабочей полосе измерения S-, X-параметров, измерение интермодуляционных искажений, измерение компрессии коэффициента усиления в диапазоне частот 0,01 – 50 ГГц.

Измерительный комплекс B1500A позволяет проводить автоматизированные измерения ВАХ от 0,1 фА до 100 мА и ВФХ на частотах до 5 МГц.

Имеется тестер Formula TT для измерения ВАХ в диапазоне токов до 10 А и напряжений до 2 кВ.



УЧАСТОК ИОННО-КЛАСТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Установка для планаризации поверхности различных материалов ускоренными ионно-кластерными пучками – nAccel 100 (Exogenesis)

Основные параметры установки:

- рабочий газ – аргон (возможно использовать и другие газы);
- пучок – 5×10^{14} , 1×10^{16} частиц в секунду;
- размер обрабатываемой области – около 5×5 мм;
- давление в камере ионизации: $< 10^{-6}$ Торр;
- давление в камере с образцом: $< 5 \times 10^{-3}$ Торр;
- достижима средняя шероховатость поверхности (Ra) до $1,5 \text{ \AA}$.

УЧАСТОК РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ И ПРЕЦИЗИОННОГО ИОННОГО ТРАВЛЕНИЯ

Растровый электронный микроскоп с приставкой прецизионного ионного травления LYRA3 SEM-FIB

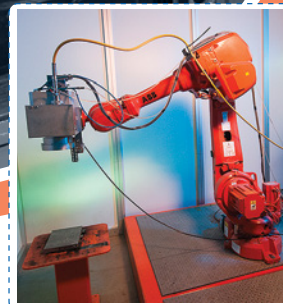
Сканирующий электронный микроскоп с интегрированной ионной колонной (SEM-FIB) представляет собой высококачественную систему для визуализации и анализа поверхности образцов с возможностью обработки и модификации поверхности образца сфокусированным ионным пучком галлия.

Разрешение SEM в режиме регистрации вторичных электронов 1,2 нм при 30 кВ, 2,5 нм - при 3кВ, увеличение до 1000000х.



ЛАЗЕРНЫЙ ЦЕНТР

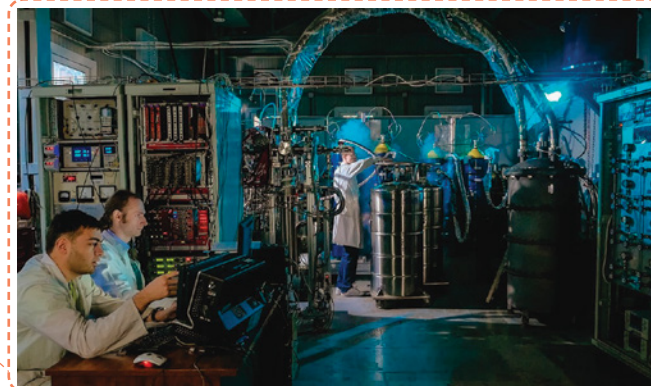
- установка для лазерной резки на основе волоконного лазера мощностью 3 кВт с полем обработки 3000x1500 мм;
- универсальная роботизированная сварочная ячейка на основе волоконного лазера мощностью 10 кВт;
- пятиосная лазерная установка Huffman-205 на основе волоконного лазера мощностью 3,5 кВт для проведения исследований по прецизионной порошковой лазерной наплавке;
- учебно-научная многофункциональная лазерная технологическая установка МЛ-4 на основе Nd:YAG лазера с программируемой формой импульса и импульсного волоконного лазера;
- опытный стенд лазерных технологических систем на основе волоконного лазера мощностью 700 Вт;
- многофункциональная лазерная технологическая установка на основе двух волоконных лазеров с длиной волны 1,07 мкм и 0,53 мкм;
- прецизионный маркер на основе импульсного волоконного лазера исследований в области лазерной маркировки и гравировки;
- многофункциональная роботизированная лазерная технологическая установка со сканированием лазерного луча на основе волоконного лазера мощностью 5 кВт для проведения исследований по термическому воздействию лазерного излучения на различные материалы.



МЕЖКАФЕДРАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ ЛАБОРАТОРИИ:

- нейтринный детектор РЭД-100 – уникальная установка, разработанная и построенная в НИЯУ МИФИ для исследования возможности эффективной регистрации нейтрино, излучаемых ядерными реакторами, с целью независимого мониторинга состояния активной зоны ядерных реакторов и контроля за изменением изотопного состава активной зоны, включая наработку оружейного плутония;
- уникальная электроискровая установка «Мойдодыр» для очистки сжиженных благородных газов с целью использования их в качестве рабочей среды двухфазных эмиссионных детекторов слабовзаимодействующих частиц, включая реакторные нейтрино, частицы тёмной материи, слабовзаимодействующие ядерные излучения и элементарные частицы;

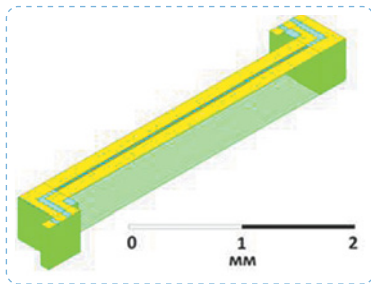
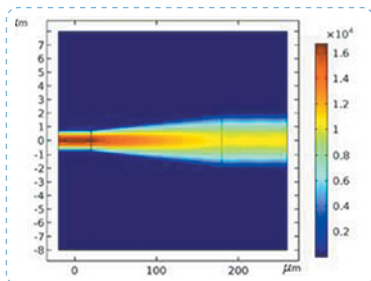


- установка CRYOMECH LNP120 для производства жидкого азота (120 литров в сутки) с целью обеспечения работоспособности криогенных установок, предназначенных для регистрации ядерных излучений;
- чистая комната LAMSYSTEMS 24 м² для монтажа детекторов ядерных излучений в особо-чистых условиях;
- комплекс учебно-научных установок, построенных в лаборатории для исследования методов регистрации ядерных излучений с помощью детекторов на основе сжиженных благородных газов, газовых электронных усилителей, сцинтилляторов на основе квантовых точек, кремниевых фотоэлектронных умножителей.

ЦЕНТР РАДИОФОТОНИКИ И СВЧ-ТЕХНОЛОГИЙ. ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР

РАДИОФОТОНИКА. ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЯТОР

Радиофотонный модулятор на подложке фосфида индия диапазона длин волн 1530 – 1610 нм представляет собой двухплечевой интерферометр Маха-Цандера. Планарная конструкция такого модулятора состоит из системы ввода-вывода излучения, волновода, тейпера, разделителя и сумматора. Волноводная часть модулируется СВЧ-сигналом диапазона частот более 25 ГГц.

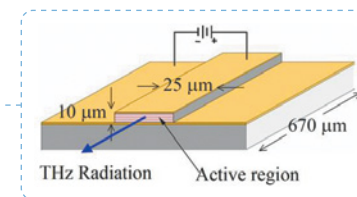


ФОТОНИКА

Квантовые каскадные лазеры средней и дальней инфракрасной (терагерцовой) областей спектра, построенных на основе полупроводниковых наногетероструктур

Комплексная разработка ККЛ:

- моделирование дизайна ККЛ;
- изготовление гетероструктур методом молекулярно-пучковой эпитаксии;
- изготовление прибора методами микро- и нанoeлектроники;
- измерение свойств ККЛ и оптимизация конструкции и технологии.

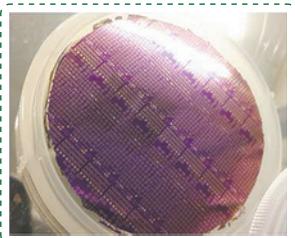


Разработка и изготовление ККЛ различного назначения:

- InGaAs/InAlAs на пластинах InP;
- InGaAs/InAlAs изоморфные с InP;
- GaAs/AlGaAs на пластинах GaAs;
- разработка дизайна структур;
- выращивание структур методом МПЭ;
- разработка технологического маршрута и процессинг эпитаксиальных структур;
- тестирование приборов.

СВЧ-ТЕХНОЛОГИИ. ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА НА ОСНОВЕ AlInBV

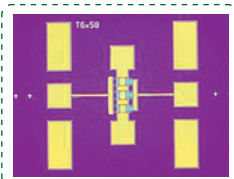
Замкнутый цикл разработки интегральных схем – от гетероструктуры, комплекта фотошаблонов до измерений на чипах. Срок изготовления – 9-12 недель



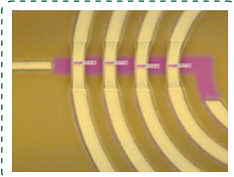
Пластина 3 дюйма с библиотекой элементов для МИС МШУ 0,15 рНЕМТ МИФИ-МИЛАНДР



Библиотечный модуль



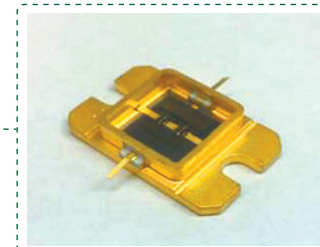
Пример библиотечного транзистора



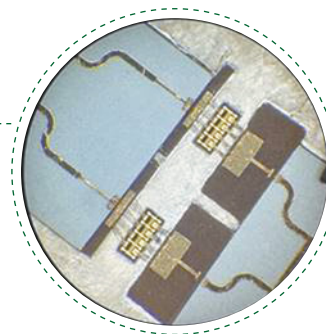
В НИЯУ МИФИ успешно создана библиотека элементов для СВЧ МИС МШУ (2019-2020 гг.). В 2021 г. ведется изготовление МИС 2- и 3- каскадного МШУ в интересах «Миландр».

СВЧ-ТЕХНОЛОГИИ. ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА НА ОСНОВЕ GAN

Усилитель мощности:



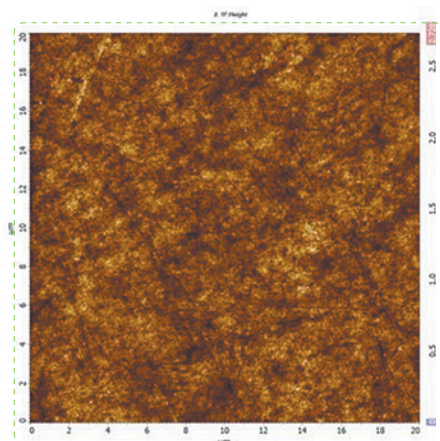
- диапазон рабочих частот – 12-14 ГГц;
- коэффициент усиления на центральной частоте рабочего диапазона – не менее 7 дБ;
- уровень выходной мощности в непрерывном режиме ~ 30 Вт (ранее достигнуто 12,5 Вт); номинальное напряжение питания («сток-исток») – 24 В;
- коэффициент полезного действия ~ 40 % (ранее достигнуто 30 %).



Решается задача суммирования мощности от нескольких кристаллов СВЧ-усилителей с использованием суммирующих плат в технологии корпусирования.

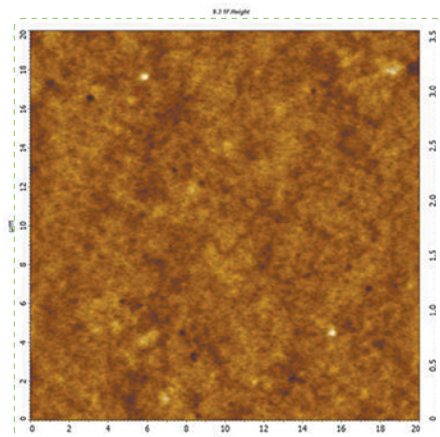
ИОННО-КЛАСТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

До



$R_a = 0,280 \text{ нм}$

После



$R_a = 0,157 \text{ нм}$

АСМ-изображения поверхности образцов оптической стеклокерамики (ситалла) до и после воздействия ионно-кластерного пучка GCIB + ANAB*

ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР



Инжиниринговый центр является наиболее перспективным предприятием по разработке и научным изысканиям на передовом крае науки и техники.

Инжиниринговый центр - это:

- переход от науки к прикладным инновационным решениям;
- обеспечение связи университет – индустриальный сектор;
- объединение межкафедральных компетенций;
- стартап-площадка для новых идей.

ВИРТУАЛЬНАЯ БАЗОВАЯ СТАНЦИЯ 3G / 4G



Начиная со стандарта UMTS, была исправлена уязвимость односторонней аутентификации, что привело к невозможности полноценного подключения МТ к ложной БС.

Для этих стандартов 3G / 4G ВБС используется в режиме получения IMSI/IMEI, основной функционал:

- получение IMSI, IMEI, подключающихся МТ (IMSI для LTE);
- селективное блокирование абонентов по IMSI позволяет выбрать конкретных абонентов, которые будут подключены к БС, остальные возвращаются в сеть оператора сотовой связи;
- перевод мобильного телефона в режим скрытой непрерывной передачи сигнала для последующей локализации с помощью пеленгатора. Реализуется путем обмена сообщениями «Measurement Response»;
- перенаправление (downgrade) МТ на произвольную базовую станцию GSM/UMTS/LTE.

КОМПЛЕКС ЛОКАЛИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Комплекс предназначен для поиска и локализации:

- мобильных устройств стандартов 2G, 3G, 4G, используемых несанкционированно;
- технических радиоустройств, используемых для контрнаблюдения.



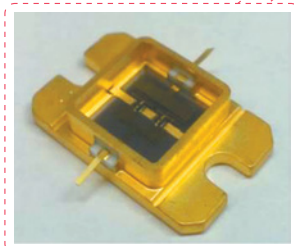
Структура комплекса :

- АПК контроля и имитации каналов беспроводных сетей;
- АПК локализации источников радиоизлучений;
- АРМ оператора.

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ – СИСТЕМЫ ПОТОКОВОГО ШИФРОВАНИЯ СО СКОРОСТЬЮ СВЫШЕ 100 ГБИТ/С

УСИЛИТЕЛЬ

Микросборка мощного усилительного модуля СВЧ Ku диапазона на базе транзистора СНК8015-99F



Основные параметры модуля:

- рабочий диапазон частот – 14÷15 ГГц;
- выходная мощность (CW) – 16 Вт;
- коэффициент усиления – 11 дБ;
- уровень IMD3 – минус 25 дБ;
- КПД – 32 %.

СКАНЕР СОТОВЫХ СЕТЕЙ

Основной функционал:

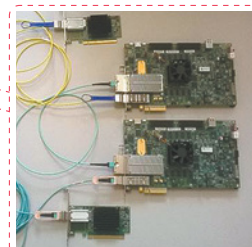
- выбор диапазонов работы сканера;
- режим быстрого сканирования;
- режим детального сканирования GSM;
- режим поиска виртуальных БС GSM;
- GPS/GLONASS геопозиционирование.



УСТРОЙСТВО «ШИФРАТОР»

Основной функционал:

- защита соединения 100G Ethernet для дата-центров;
- применение отечественных крипто-алгоритмов и режимов шифрования;
- программные средства защиты информации обеспечивают до 100 МБ/с;
- ИМС для отечественных криптоалгоритмов отсутствуют;
- реализация на основе ПЛИС.



РАМОЧНЫЙ НЕЛИНЕЙНЫЙ ЛОКАТОР

Предназначен для регистрации факта проноса радиоэлектронных устройств

Основной функционал:

- селекция по гармоническим составляющим сигнала (вывод на экран устройства уровня второй и третьей гармоники);
- передача данных о фактах проноса радиоэлектронных устройств по интерфейсу Ethernet;
- возможность добавления светодиодной индикации уровня второй и третьей гармоник сигналов в режиме реального времени;
- модульная конструкция изделия, количество зон сканирования – от 4-х и более;
- возможность дополнительного оснащения видеокамерой с возможностью распознавания лиц;
- встраивание в предметы интерьера для скрытой индикации;
- возможность интеграции со СКУД.

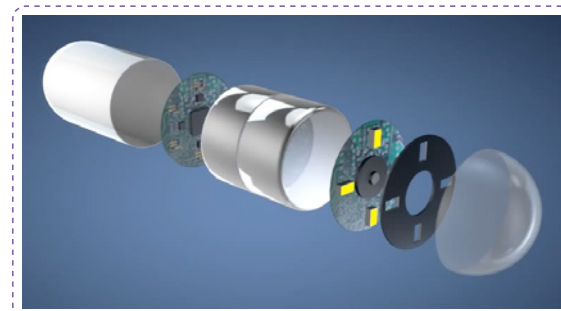


МОДУЛЬ ВЫЯВЛЕНИЯ, ИДЕНТИФИКАЦИИ И СБОРА ДАННЫХ С RFID-МЕТОК:

- обнаружение RFID-считывателей, активирующих RFID-метки;
- выявление, идентификация и считывание поля данных RFID-меток;
- локализация обнаруженных RFID-устройств;
- поддерживаемые диапазоны – 100–150 кГц, 13,56 МГц, 433,92 МГц, 860–960 МГц, 2,45 ГГц.

Комплекс обеспечивает:

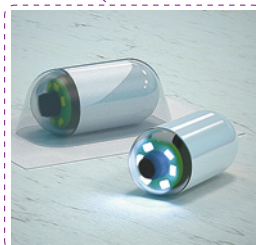
- выявление несанкционированной активности для устройств стандарта RFID;
- выполнение контроля пропусков систем СКУД.



ЭНДОСКОПИЧЕСКАЯ КАПСУЛА «ЛАНДЫШ»

Характеристики:

- запись видео с частотой 3 кадра в секунду;
- угол обзора: 140°;
- размеры: 21x10x10 мм;
- возможность с использованием считывателя определять местоположение капсулы в ЖКТ;
- передача данных по радиоканалу 2,45 ГГц;
- разработаны и изготовлены опытные партии считывателя и АРМ врача;
- подтверждена биосовместимость системы;
- проведены исследовательские и клинические испытания системы.



Потенциальные диагностические возможности новой системы:

- расширение угла обзора до 360 градусов за счет использования двух камер;
- создание контроллера магнитных полей для обеспечения изменения врачом положения капсулы в ЖКТ;
- передача данных через тело человека;
- увеличение качества изображения;
- уменьшение размеров до 25 x 8 мм за счет использования собственной системы на кристалле.

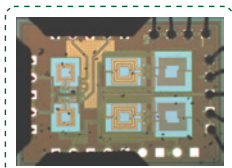


ЦЕНТР ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Радиационно стойкие IP-блоки СВЧ приемопередающих БИС-систем связи и передачи данных, радиочастотной идентификации

SiGe БиКМОП Квадратурный смеситель частот

Область применения: системы связи пятого поколения (5G).

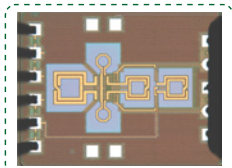


Диапазон рабочих частот по входу РЧ: 25,5 – 26,5 ГГц
Диапазон рабочих частот по выходу ПЧ: 1 – 2 ГГц
Кoeffициент преобразования: 5,5 дБ
Верхняя граница линейности по входу: -4 дБм
Потребляемая мощность: 235 мВт

При участии АО «НПП «Пульсар»

SiGe БиКМОП Генератор, управляемый напряжением (ГУН)

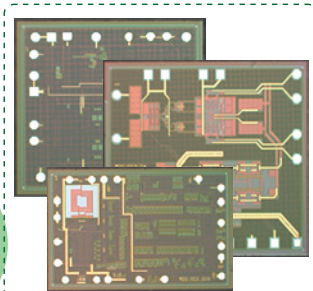
Область применения: системы связи пятого поколения (5G)



Диапазон частот: 20,8 – 24,6 ГГц
Выходная мощность: >6 дБм
Уровень фазового шума @ 1 МГц: -95 дБм/Гц
Управляющее напряжение: 0 – 4 В
Напряжение питания: 3,3 В
Потребляемая мощность: 115,5 мВт

При участии АО «НПП «Пульсар»

Комплект SiGe БиКМОП СФ-блоков приемопередатчика считывателя



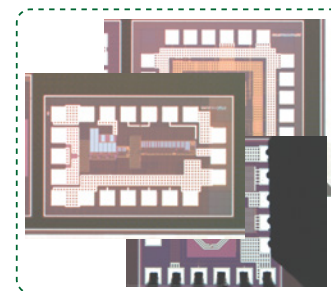
Область применения: системы RFID
Диапазон рабочих частот: 860 – 960 МГц
Чувствительность приемного тракта: -108 дБм
Выходная мощность передающего тракта: 17 дБм

Состав:

- приемный тракт;
- передающий тракт;
- синтезатор частот.

При участии АО «НИИМЭ»

Комплект КМОП КНИ СФ-блоков приемопередатчика



Область применения: системы связи и передачи данных до 3 ГГц.

Состав:

- генераторы, управляемые напряжением;
- делитель частоты;
- схема фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ).

КАФЕДРА ЛАЗЕРНЫХ МИКРО- НАНО- И БИОТЕХНОЛОГИЙ

В лабораториях НИЯУ МИФИ ведутся междисциплинарные исследования на стыке ядерной медицины и нанотехнологий для биомедицины; разработка новых технологий и приборов для диагностики и терапии социально-значимых заболеваний, в том числе радиофармацевтических препаратов для ядерной медицины; создание новых высокопроизводительных методов компьютерной наномедицины.

Светодиодные источники для фотодинамической инактивации бактерий и фотодинамических исследований in vitro



Для облучения небольших опухолевых очагов создан параметрический ряд малогабаритных устройств с разными длинами волн излучения на базе одиночных мощных СИД с оптической системой, проецирующей изображение чипа на облучаемый очаг. Устройства обеспечивают облучение очагов размером около 1×1 см с плотностью мощности до 160 мВт/см².

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ для ПРОФИЛАКТИКИ, ЛЕЧЕНИЯ И РЕАБИЛИТАЦИИ ОСЛОЖНЕНИЙ COVID-19

Сотрудниками НИЯУ МИФИ совместно с ИОФ РАН были разработаны и изготовлены светооблучающие устройства высокой мощности для проведения фотодинамической терапии пациентов с COVID-19. Проведены флуоресцентные исследования по фармакокинетике метиленового синего при ингаляционном и пероральном введении. На базе Института кластерной онкологии Сеченовского университета были проведены клинические исследования использования фотодинамической терапии для лечения пациентов с COVID-19. Первый этап исследований на 50 пациентах был успешно завершён со 100% положительным результатом.



ЛАБОРАТОРИЯ БИОНАНОФОТОНИКИ

УСТАНОВКА ФИЗИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ ТЕТА-10

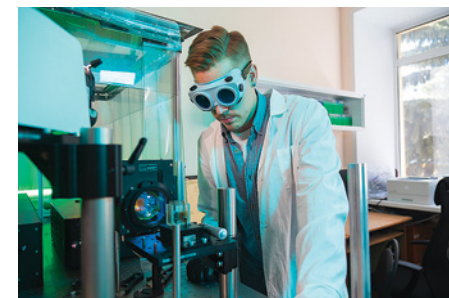
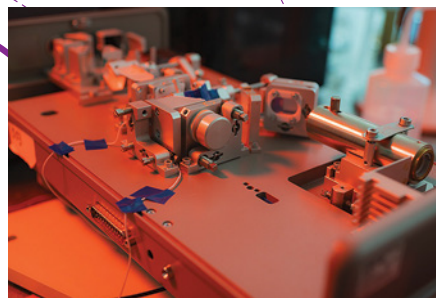


Использование установки: Установка, созданная учеными лаборатории «Бионанофотоники», позволяет получать ультрачистые наноматериалы, в том числе коллоидные, обладающие метастабильными кристаллическими фазами с уникальными геометриями и поверхностными свойствами. Подобные наноматериалы зачастую невозможно получить альтернативными методами синтеза.

Применение результатов: Основной вектор применения получаемых наноматериалов направлен на их использование для диагностики и терапии различных заболеваний, преимущественно онкологических. Наночастицы

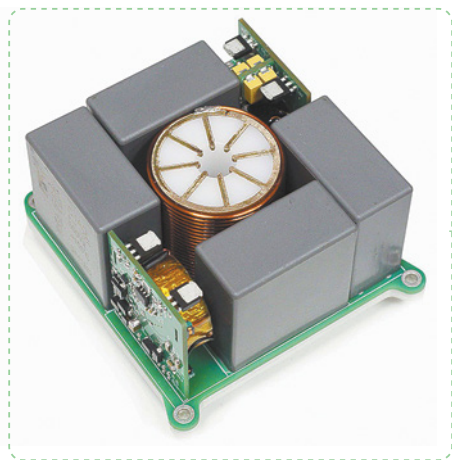
проходят ряд подготовительных этапов, после чего используются в качестве диагностических/терапевтических препаратов при разработке инновационных биомедицинских методов в ведущих медицинских клиниках и научно-исследовательских медицинских и биологических центрах, включая: МРНЦ им. А.Ф. Цыба, НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина, ИБХ РАН, Первый московский государственный университет им. И.М. Сеченова, ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии».

Еще одним важным направлением применения получаемых наноматериалов является индустрия катализа, где их уникальная чистота поверхности позволяет добиваться рекордных показателей каталитической активности.



ЛАБОРАТОРИЯ ПЛАЗМЕННЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ПЛАЗМЕННАЯ ДВИГАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ МИКРОСПУТНИКОВ VERA

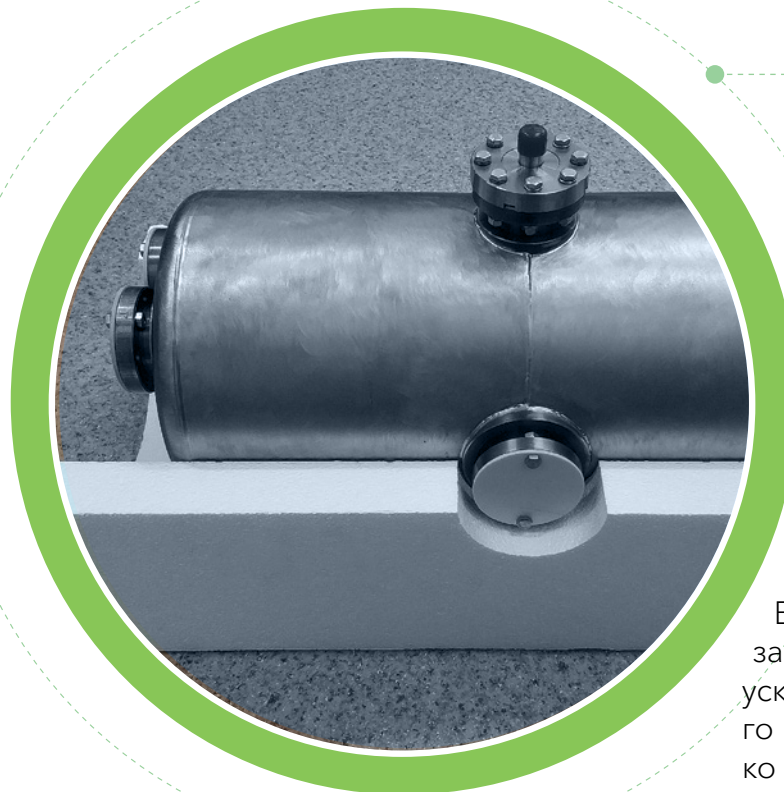


Использование установки в составе спутников позволяет:

- менять орбиту спутника;
- поддерживать орбиту, компенсируя сопротивление воздуха;
- повысить срок службы спутника, препятствуя входу в плотные слои атмосферы;
- осуществлять контролируемый сход с орбиты;
- осуществлять маневры для взаимодействия отдельных спутников между собой и др.

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

УСКОРИТЕЛИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

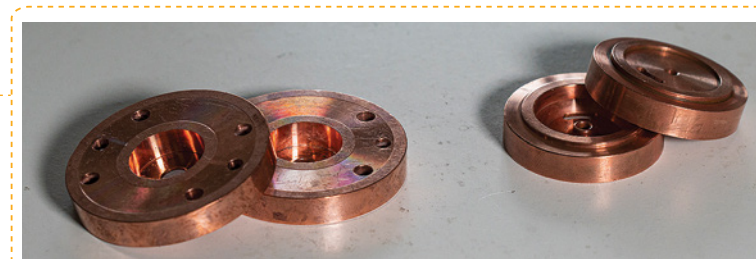


Разработка ускорителей заряженных частиц в НИЯУ МИФИ ведется уже более 70 лет, подготовка кадров начата в 1948 году. Сотрудники Университета принимали участие в создании всех основных советских и российских ускорительных комплексов от «Сихрофазотрона» до NICA и «СИЛА», а также участвовали в международных проектах SLC, LHC, European-XFEL и т.д. Создано и поставлено заказчикам более 40 компактных линейных ускорителей электронов и ионов прикладного назначения. Университет имеет несколько действующих ускорителей электронов на энергию от 2 до 30 МэВ, планируется запуск еще нескольких установок.

В НИЯУ МИФИ выполнены договоры по разработке ускорителей и их составных частей для российских (ОИЯИ, НИЦ «Курчатовский институт», РФЯЦ ВНИИЭФ, НИИТФА, НПП «Корад») и зарубежных (DESY, CERN) партнеров. В работах по ускорительной, пучковой и радиационной тематике занято более 90 сотрудников.

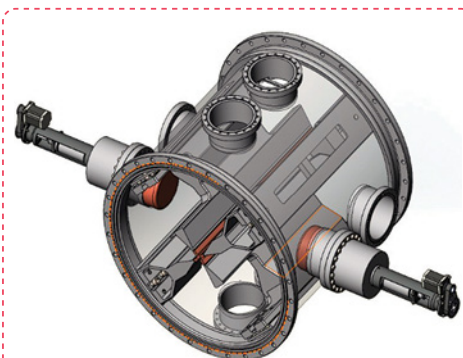
ВОЗМОЖНОСТИ НИЯУ МИФИ В ОБЛАСТИ УСКОРТЕЛЕЙ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И ПУЧКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ:

- полный цикл работ по разработке, проектированию и изготовлению линейных резонансных ускорителей электронов прикладного назначения на энергию до 30 МэВ;
- разработка комплексов для применения радиационных технологий на основе линейных ускорителей электронов;
- облучение небольших партий продукции, в том числе элементов ЭКБ, пучками электронов и фотонов с энергией до 30 МэВ;
- разработка, проектирование и изготовление ускоряющих резонаторов для линейных ускорителей протонов и ионов, в том числе – сверхпроводящих;
- разработка и изготовление высокочастотных генераторов на частоту до 700 МГц и мощность до сотен кВт на основе твердотельных элементов для систем питания ускорителей;
- электродинамические испытания ускоряющих структур;
- подготовка и переподготовка кадров для разработки и эксплуатации ускорителей заряженных частиц.

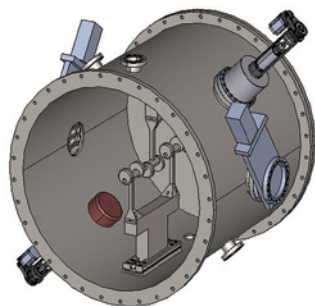




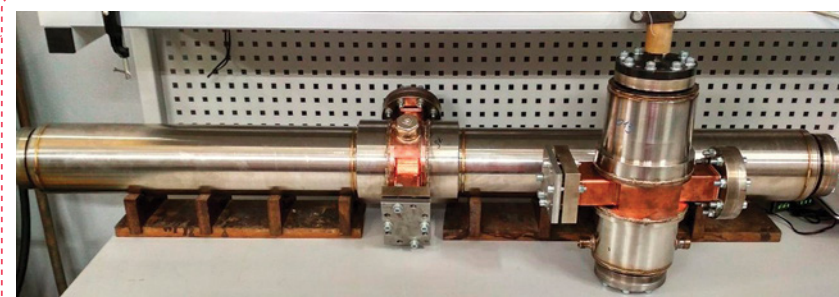
Ускоряющие структуры
для линейных ускорителей
электронов 3 и 10 ГГц
диапазона.



Модели ускоряющих резонаторов
линейного ускорителя протонов
и легких ионов.



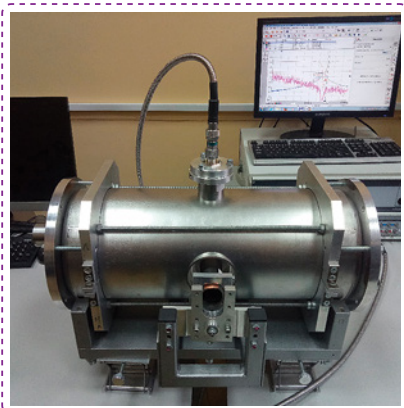
Ускоряющие структуры
линейных ускорителей
электронов на энергию 10
и 2 МэВ в сборе (совместная
разработка НИЯУ МИФИ
и НПП «Корад»). Ускорители
запущены в мелкосерийное
производство. Ускоритель
на 10 МэВ при средней
мощности в пучке 15 кВт
имеет КПД 24-25 % «от
розетки», что является
мировым рекордом.



РАЗРАБОТКА УСКОРЯЮЩИХ РЕЗОНАТОРОВ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ УСКОРИТЕЛЕЙ ИОНОВ



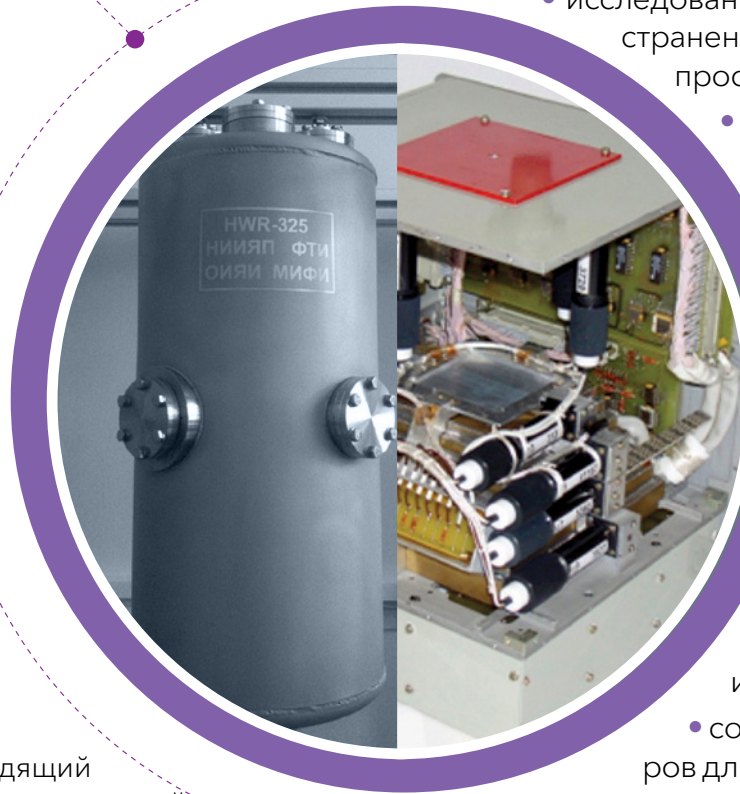
Ускоритель ионов с пространственно-однородной квадрупольной фокусировкой – инжектор в ускорительный комплекс NICA ОИЯИ (совместная разработка НИЯУ МИФИ, НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ и ОИЯИ, резонатор изготовлен в РФЯЦ ВНИИТФ), действует в составе комплекса с 2016 года



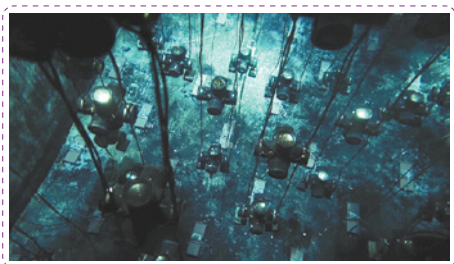
Сверхпроводящий (ниобиевый) ускоряющий резонатор с рабочей частотой 325 МГц для линейных ускорителей ионов и его медный прототип (совместный проект НИЯУ МИФИ, ОИЯИ, ФТИ НАНБ и ИЯП БГУ)

ИНСТИТУТ КОСМОФИЗИКИ

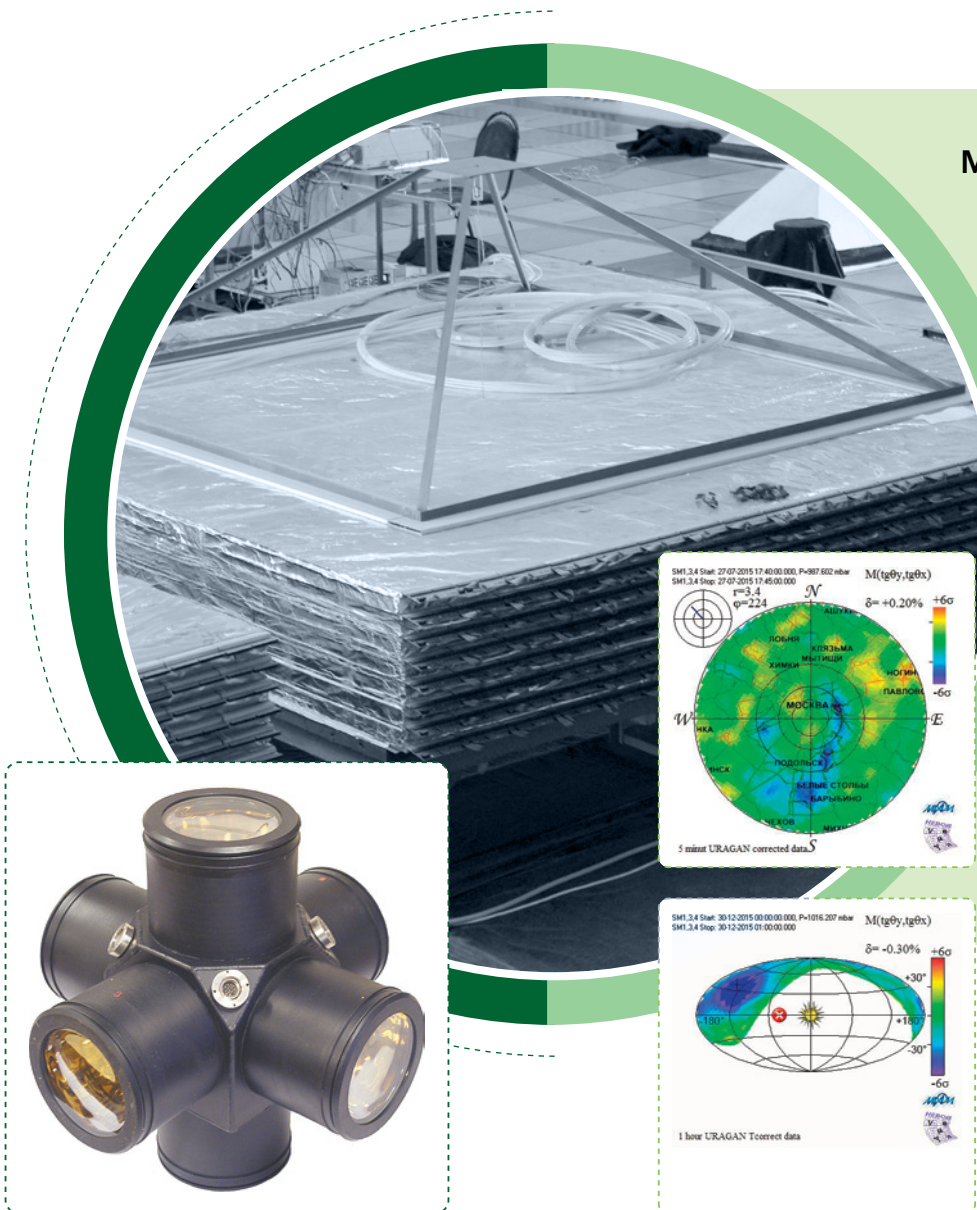
- проведение экспериментальных и теоретических исследований в области фундаментальной и прикладной ядерной космофизики;
- исследование процессов рождения, ускорения и распространения элементарных частиц и ядер в космическом пространстве;
- изучение природы и состава первичного космического излучения (потoki заряженных частиц и античастиц, включая ядерный, изотопный и ионный состав, нейтронов и гамма-квантов);
- исследование природы тёмной материи, путём наблюдения возможных продуктов аннигиляции или распадов частиц тёмной материи;
- изучение физических процессов, происходящих на Солнце в различные периоды его активности;
- изучение физических процессов, протекающих в околоземном космическом пространстве: солнечно-магнитосферные возмущения и динамика радиационного пояса Земли;
- создание уникальных ядерно-физических приборов для проведения исследований на автоматических космических аппаратах и орбитальных станциях;
- глобальный мониторинг из космоса радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве и вблизи ядерно-физических объектов на поверхности Земли;
- разработка ядерно-физических методов регистрации сейсмомагнитосферных взаимодействий для спутникового мониторинга радиационной обстановки с целью прогнозирования сейсмических явлений из космоса.



НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР НЕВОД



НОЦ НЕВОД создан на базе уникальной научной установки «Экспериментальный комплекс НЕВОД», который представляет собой многофункциональный комплекс для проведения мультикомпонентных исследований космических лучей в широком интервале энергий и зенитных углов, состоящий из десяти детекторов и установок, не имеющих аналогов в мире. На комплексе проводятся исследования мирового уровня и ведется подготовка кадров высшей квалификации в реальных условиях проведения современного эксперимента. Важной задачей Экспериментального комплекса является проведение испытаний, тестирования и калибровки различной ядерно-физической аппаратуры по заявкам заинтересованных организаций.



МЮОННАЯ ДИАГНОСТИКА ОКРУЖАЮЩЕГО ПРОСТРАНСТВА

Мюонная диагностика – метод удаленного мониторинга опасных явлений в межпланетном пространстве (например, корональные выбросы вещества с поверхности Солнца), магнитосфере (магнитные бури) и атмосфере (грозы, ураганы и т.п.) Земли. Метод основан на одновременной регистрации потока мюонов со всех направлений небесной полусферы на поверхности Земли детекторами нового поколения – мюонными годоскопами, которые были разработаны в НОЦ НЕВОД. Такой подход позволяет изучать динамику процессов, происходящих в окружающем пространстве, с помощью мюонографий – снимков объектов в мюонном свете.

В настоящее время в Научно-образовательном центре НЕВОД ведется разработка специализированных детекторов частиц и мюонные годоскопы различного назначения.

ЛАЗЕРНЫЙ ЦЕНТР

НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ:

- научно-исследовательские работы в области взаимодействия мощного лазерного излучения с различными материалами;
- лазерные технологии и оборудование на базе волоконных лазеров для резки, сварки, наплавки, термообработки и др. для различных предприятий РФ;
- экспертные, консультационные и информационные услуги в области лазерных технологий;
- создание новых образовательных технологий по применению волоконных лазеров с использованием средств вычислительной и телекоммуникационной техники.



ЛАБОРАТОРИЯ ПЛАЗМЕННЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

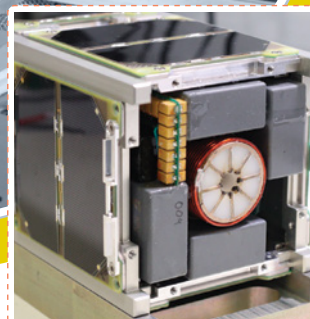
Разработка плазменных и, в перспективе, ионных двигателей для малых космических аппаратов.

Двигатели необходимы для фазирования в орбитальной плоскости, совершения орбитальных манёвров, сведения аппарата с орбиты по завершению его работы для предотвращения накопления космического мусора и, в перспективе, для совершения межпланетных перелётов.

- **От первого прототипа до установки двигателя на космический аппарат - не более двух лет.**
- **Ориентация на новейшие потребности космической отрасли, работа идёт в тесном сотрудничестве с разработчиками космических платформ.**

Лаборатория участвует в проекте «Срасе-п» по созданию созвездия спутников учебных заведений в рамках программы «Дежурный по планете». В проекте:

- запуск на орбиту сотни наноспутников формата CubeSat 3U, часть из которых оборудована плазменными двигателями, созданными в лаборатории НИЯУ МИФИ;
- первая партия наноспутников уже работает на орбите;
- вторая партия, где есть аппараты с плазменными двигателями, ожидает запуска;
- в третьей партии спутников будет аппарат непосредственно от НИЯУ МИФИ.



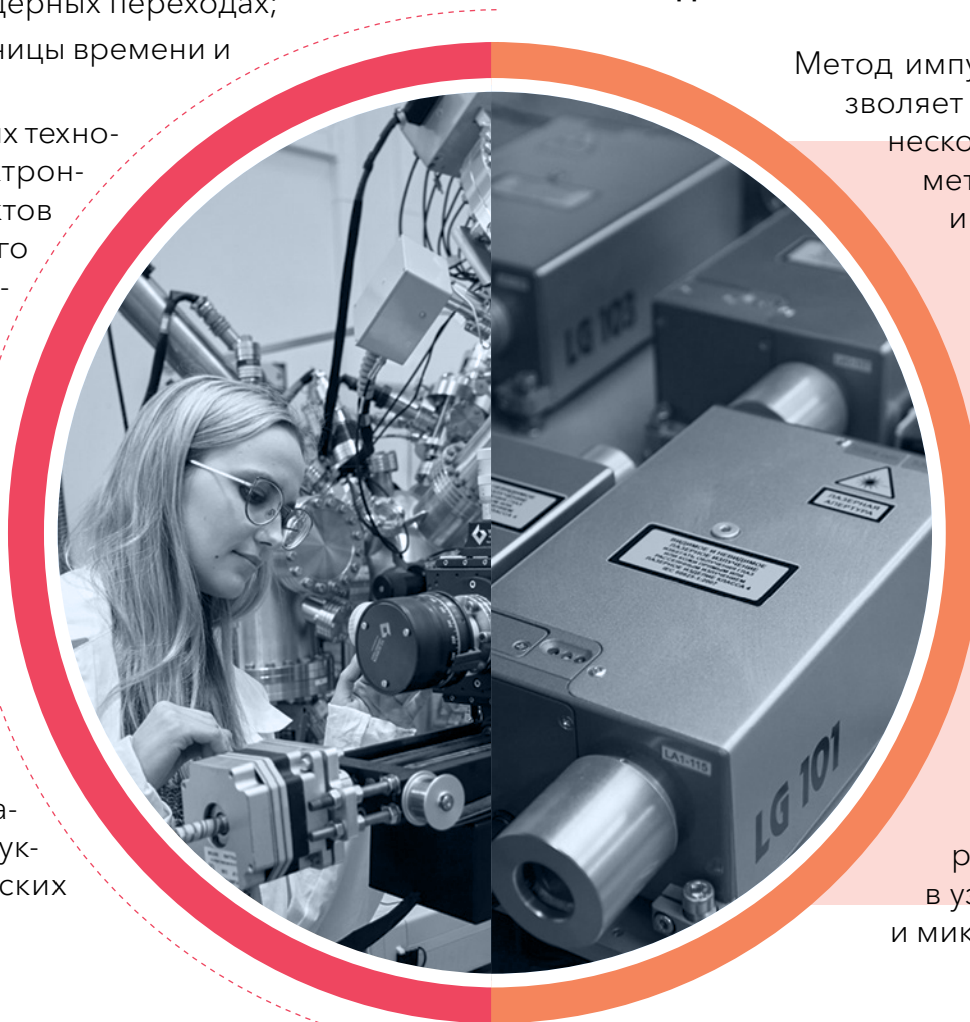
ЛАБОРАТОРИЯ КВАНТОВОЙ МЕТРОЛОГИИ

Основные задачи лаборатории:

- развитие эффективных приложений и фундаментальных основ квантовой метрологии;
- создание стандартов времени и частоты нового поколения, включая стандарты частоты на ядерных переходах;
- развитие методов передачи единицы времени и частоты на расстояние;
- развитие и применение новейших технологий анализа атомарного, электронного и ядерного строения объектов органического и неорганического происхождения на базе инструментальных аналитических методов.

Текущие проекты лаборатории:

- разработка квантовых стандартов времени и частоты на ансамблях ультрахолодных атомов и ионов в ловушках;
- спектроскопия квантовых состояний ансамбля ионов тория-229 в линейной ловушке Пауля для создания ядерного стандарта времени и частоты;
- разработка радиоизотопных батарей питания на основе наноструктурированных термоэлектрических материалов.



ЛАБОРАТОРИЯ ЛАЗЕРНОГО СИНТЕЗА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Проекты лаборатории направлены на создание наноматериалов для водородной энергетики, алмазоподобных пленок, трибологических покрытий методом импульсного лазерного осаждения.

Метод импульсного лазерного осаждения позволяет создавать материалы толщиной от нескольких атомных слоев до сотен нанометров с разнообразными свойствами и характеристиками.

Основные задачи:

- разработка и создание высокоэффективных кремниевых фотокатодов для получения «зеленого» водорода на гомо- и гетеропереходах с перспективными сокатализаторами на основе сульфидов молибдена;
- разработка и создание MOSiC гетероструктур для детектирования водорода в экстремальных условиях;
- разработка и создание тонкопленочных покрытий для энергосбережения через эффект суперсмазки в узлах трения космических аппаратов и микроэлектромеханических устройств.

ЛАБОРАТОРИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СТЕНКАХ ТЕРМОЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК

Направления работ:

- элементарные процессы взаимодействия ионов с поверхностью перспективных материалов (эксперимент и моделирование);
- разработка и испытание обращенных к плазме элементов для термоядерных установок (ТЯУ);
- разработка новых методов диагностики поверхности.

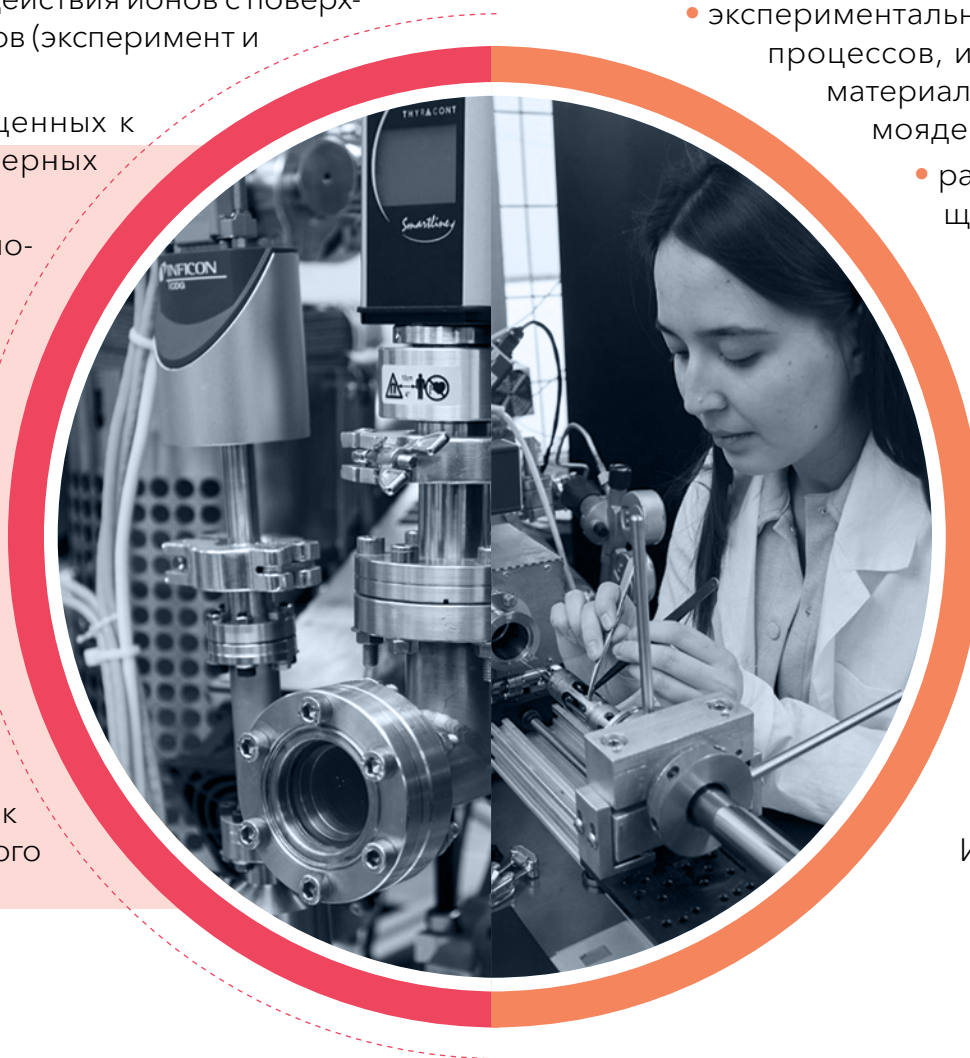
Текущие проекты:

- разработка системы мониторинга содержания изотопов водорода в стенках ТЯУ на основе лазерного излучения;
- испытание паяных соединений вольфрама (и его сплавов) со сталью;
- фундаментальные работы по изучению со-осаждения водорода с металлами;
- физические основы обращенных к плазме элементов на основе жидкого лития.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЛАЗМЫ ТЕРМОЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК С КОНТАКТИРУЮЩИМИ С ПЛАЗМОЙ МАТЕРИАЛАМИ

Направления работ:

- экспериментальные и теоретические исследования процессов, имитируемых облучением плазмой материалов первой стенки и диверторов термоядерных установок;
- разработка покрытия, предотвращающего воздействие плазмы на материалы плазменной камеры и метода формирования покрытия;
- разработка методов низкотемпературного удаления трития из материалов плазменных камер;
- разработка диагностических зондовых устройств, вводимых в плазму для анализа процессов, имитируемых плазменным воздействием на материалы первой стенки и дивертора;
- разработка и изготовление Системы анализа металлической пыли, образуемой при взаимодействии плазмы со стенкой токамака ИТЭР, и эксперименты с Системой.



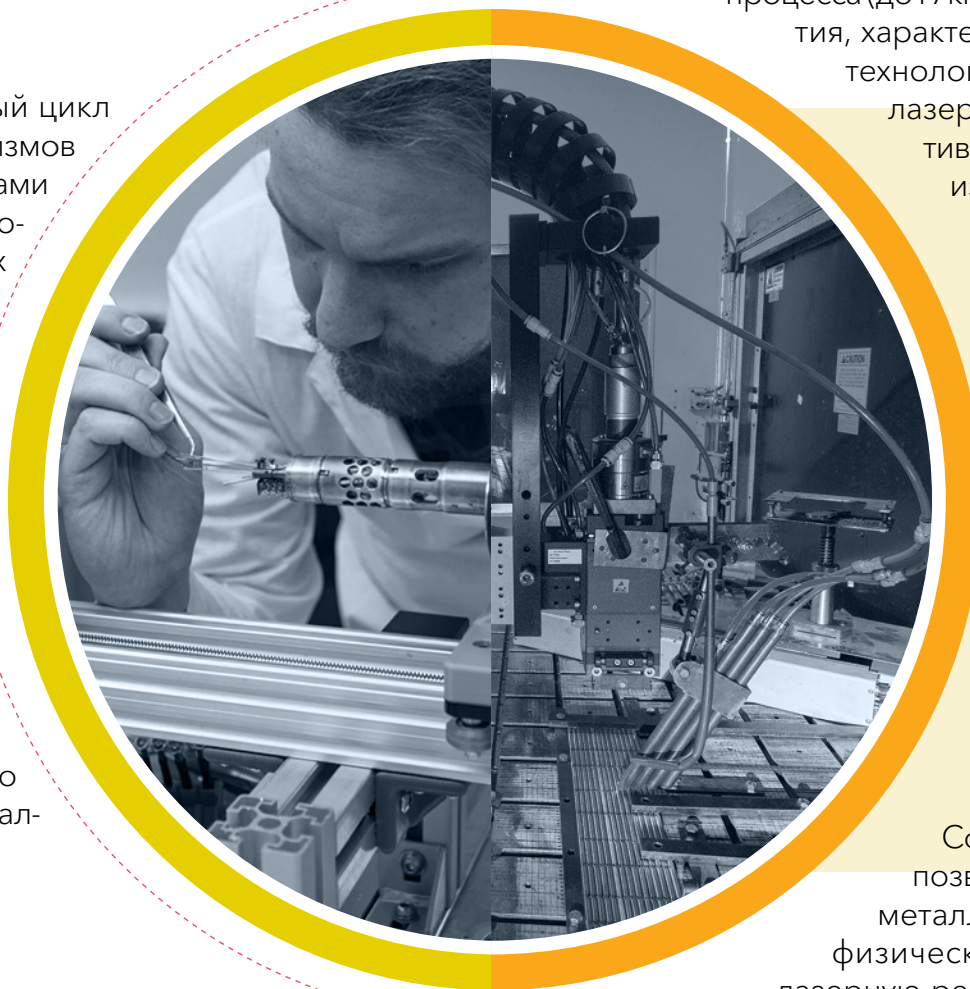
ЛАБОРАТОРИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Работа лаборатории направлена на решение наиболее острых проблем, сдерживающих развитие атомного реакторостроения России.

Лаборатория осуществляет полный цикл от исследования физических механизмов взаимодействия плазмы с материалами ядерных реакторов до создания промышленно применимых плазменных технологий.

Текущие проекты:

- создание плазменного метода ускоренных испытаний оболочек тепловыделяющих элементов, позволяющего интенсифицировать все работы, направленные на повышение их защитных свойств;
- разработка плазменных технологий защиты оболочек тепловыделяющих элементов от коррозионного воздействия водного и жидкометаллического теплоносителей.



ЛАЗЕРНЫЙ ЦЕНТР

НАПЛАВКА И ТЕРМОУПРОЧНЕНИЕ

Использование высокомощного лазерного излучения позволяет значительно повысить производительность технологического процесса (до 17 кг/час) при сохранении качества покрытия, характерного для существующих лазерных технологий наплавки, что делает технологию лазерной наплавки экономически эффективной при обработке крупногабаритных изделий.

ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА

Локальность нагрева и высокие скорости обработки позволяют получать сварные швы с минимальной зоной термического влияния и обеспечивают возможность получения равнопрочных сварных соединений однородных и разнородных материалов. Возможность транспортировки лазерного излучения с помощью оптических волокон позволяет осуществлять сварку в труднодоступных местах.

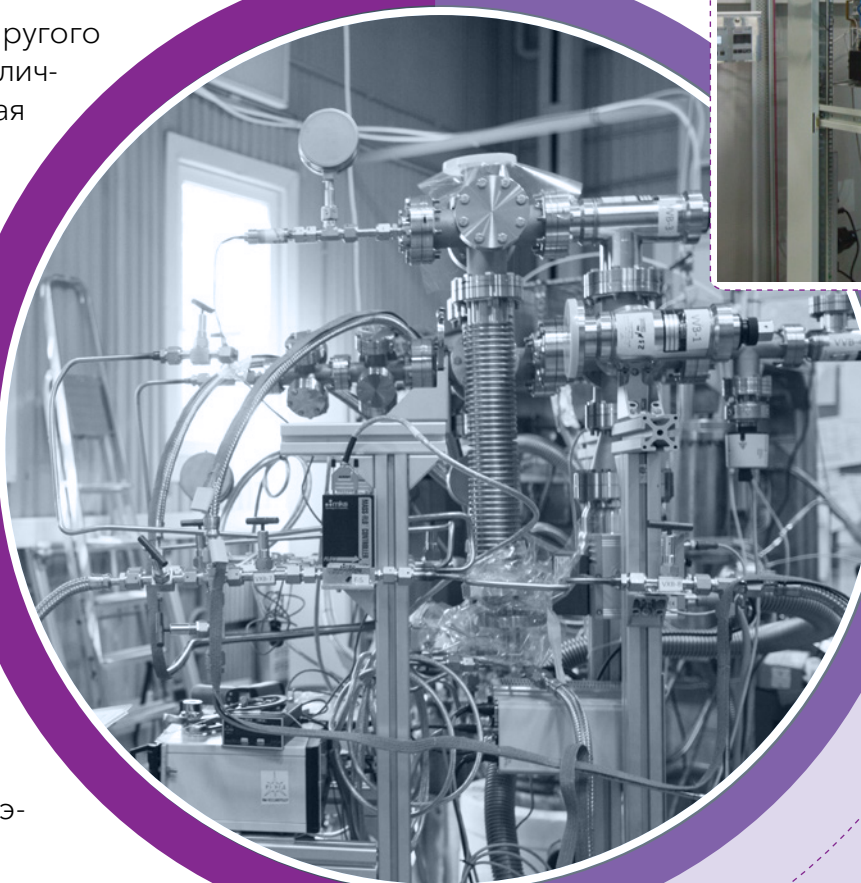
ЛАЗЕРНАЯ РЕЗКА

Сфокусированное лазерное излучение позволяет разделять практически любые металлы и сплавы независимо от их теплофизических свойств. Можно осуществлять лазерную резку с высокой степенью точности, в том числе и легкодеформируемых и нежестких деталей.

МЕЖКАФЕДРАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВОДИМЫЕ СОТРУДНИКАМИ ЛАБОРАТОРИИ:

- экспериментальные исследования упругого когерентного рассеяния нейтрино различных типов на атомных ядрах (включая открытие этого эффекта в 2017 году) в широком диапазоне атомных номеров на ускорительных и реакторных установках;
- разработка методики мониторинга состояния активной зоны ядерных реакторов с помощью эффекта упругого когерентного рассеяния нейтрино на атомных ядрах с целью повышения безопасности эксплуатации ядерных реакторов и контроля за соблюдением международных соглашений о нераспространении ядерного оружия. Работа проводится с помощью созданной в лаборатории установки РЭД-100 в сотрудничестве с АО «Концерн Росэнергоатом» на Калининской АЭС;



- поиск двойного безнейтринного бета-распада атомных ядер Mo-100 и Ge-76 с целью исследования фундаментальных свойств нейтрино при участии предприятий госкорпорации по атомной энергии «Росатом»;
- исследования редких ядерных распадов на Баксанской нейтринной обсерватории.

КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Комплекс
научно-исследовательских
лабораторий, осуществляющих:

- разработку новых материалов для экстремальных условий эксплуатации, в том числе под облучением;
- повышение стойкости материалов к воздействию коррозионной среды;
- совершенствование методик исследования структурно-фазового состояния материалов;
- компьютерное моделирование материалов и протекающих процессов, в том числе при аддитивных технологиях.



РАЗРАБОТКИ:

- припои СТЕМЕТ™ для высокотемпературной пайки разнородных материалов и тонкостенных конструкций (ЖРД, дивертор ИТЭР и др.);
- разработка рекомендаций по термомеханической обработке различных материалов на основе текстурного анализа;
- высокотехнологичные ядерные топливные композиции для реакторов новых поколений;
- хромосодержащие покрытия с барьерным слоем из тугоплавких металлов на оболочках твэлов из сплава Э110о.ч., обеспечивающие повышение стойкости в условиях высокотемпературного окисления в паре при температурах до 1500°C.



ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

ЦЕНТР РАДИОФОТОНИКИ И СВЧ-ТЕХНОЛОГИЙ

+7 (495) 788 56 99, доб. 8146 • nikargin@mephi.ru

ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР

+7 (495) 788 56 99, доб. 8491 • eaguznyayeva@mephi.ru

ЛАЗЕРНЫЙ ЦЕНТР

+7 (495) 788 56 99, доб. 9392 • vnpetrovskij@mephi.ru

ЦЕНТР ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

+7 (495) 788 56 99, доб. 6901 • vatelets@mephi.ru

КАФЕДРА ЛАЗЕРНЫХ МИКРО- НАНО- И БИОТЕХНОЛОГИЙ

+7 (495) 788 56 99, доб. 8386 • aagarmash@mephi.ru

ЛАБОРАТОРИЯ БИОНАНОФОТОНИКИ

+7 (495) 788 56 99, доб. 8386 • aagarmash@mephi.ru

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

+7 (495) 788 56 99, доб. 9940 • smpolozov@mephi.ru

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР НЕВОД

+7 (495) 788 56 99, доб. 9771 • SSKhokhlov@mephi.ru

ЛАБОРАТОРИЯ ПЛАЗМЕННЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

IDEgorov@mephi.ru

ЛАБОРАТОРИЯ КВАНТОВОЙ МЕТРОЛОГИИ

+7 (495) 788 56 99, доб. 9912 • pvborisyuk@mephi.ru

ЛАБОРАТОРИЯ ЛАЗЕРНОГО СИНТЕЗА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

+7 (495) 788 56 99, доб. 9507 • asolovev@mephi.ru, VYFominskij@mephi.ru

ЛАБОРАТОРИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СТЕНКАХ ТЕРМОЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК

+7 (495) 788 56 99, доб. 9983 • ymgasparyan@mephi.ru

ЛАБОРАТОРИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЛАЗМЫ ТЕРМОЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК С КОНТАКТИРУЮЩИМИ С ПЛАЗМОЙ МАТЕРИАЛАМИ

+7 (495) 788 56 99, доб. 9322 • lbbegrambekov@mephi.ru

ЛАБОРАТОРИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

+7 (495) 788 56 99, доб. 9061 • aeevsin@mephi.ru

ИНСТИТУТ КОСМОФИЗИКИ

+7 (495) 788 56 99, доб. 8489 • MGKorotkov@mephi.ru

МЕЖКАФЕДРАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

+7 (495) 788 56 99, доб. 9015 • AlBolzdynya@mephi.ru

КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

+7 (495) 788 56 99, доб. 9086 • ANSuchkov@mephi.ru

