

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций

Кафедра физической электроники

6 профилей подготовки

- физика электронных и ионных процессов
- активные среды вакуумной электроники
 - физика наноразмерных структур
- когерентно-оптические приборы и системы
- принципы аналитического приборостроения
 - физика медицинских технологий

Направления подготовки

- Техническая физика
- Электроника и нанoeлектроника

9 лабораторий

- Сильноточной и сверхвысокочастотной электроники
 - Корпускулярной оптики
 - Эмиссионной электроники
- Ионной физики и масс-спектрометрии
 - Физики и диагностики поверхности
 - Когерентной оптики
- Физики взаимодействия излучения с веществом
 - Физики газовых лазеров
- Научно-образовательный центр «Физика нанокomпозитных материалов электронной техники»

Научно-образовательный центр кафедры «Физическая электроника»
Института физики, нанотехнологий и телекоммуникаций

**«ФИЗИКА НАНОКОМПОЗИТНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ
ТЕХНИКИ»**

Директор НОЦ «ФНК» - Филимонов А.В.

Научный руководитель – Вахрушев С.Б.

- *Направление работ:* комплексное исследование самоорганизованных наноструктурированных материалов для электронной техники, а также искусственных нанокомпозитных структур на основе диэлектрических пористых матриц с использованием комбинации различных методов и оборудования:

**Комплексная система AttoAFM-I - Cryogenic
Microscope System**

**Ультраширокополосный диэлектрический
спектрометр с криосистемой типа turnkey
broadband system NOVOCONTROL CONCEPT-80**



Оборудование для подготовки образцов

**Шлифовально-полировальный станок
Struers Tegramin-30**



**Вакуумная универсальная автоматическая
система для нанесения тонких пленок
Moorfield MiniLab-080**



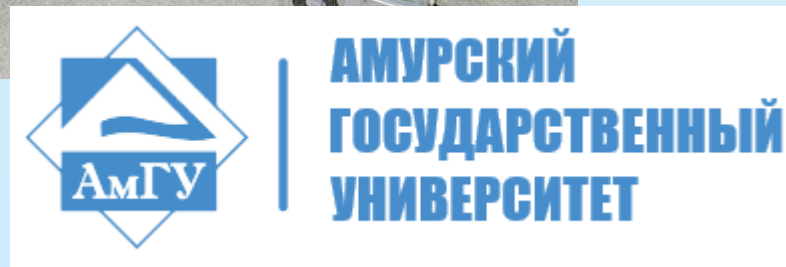
Отрезной станок Struers Accutom-50



*В число партнеров НОЦ «ФНК» входят такие организации,
как:*



Все это — НОЦ «ФНК»!



Направление научно-исследовательской деятельности кафедры
«Физическая электроника» Института физики, нанотехнологий и
телекоммуникаций

«ОПТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПОЛИДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ»

Руководитель направления - Малюгин В.И.

- Направление работ: Исследования, разработка и создание приборов для диагностики полидисперсных систем
- Цель: оптических методов диагностики для определения пространственных параметров и поверхностной структуры объектов, в том числе спектрального видения объектов в мутных и непрозрачных средах.
- Партнеры: Дальневосточный политехнический университет, КНР
- Институт информатики, электроники и автоматики, Вьетнам
- Объединение Спецхиммонтаж, РФ

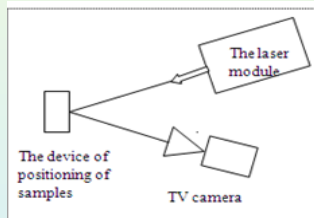
Спекл-корреляционные методы диагностики объектов

Основан на измерении спектральных характеристик рассеянного объектом излучения

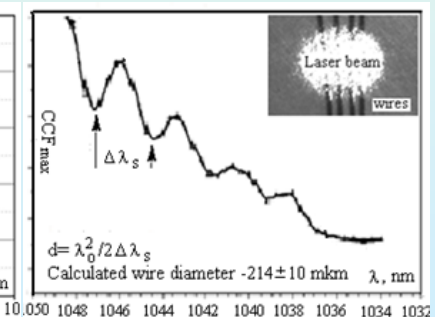
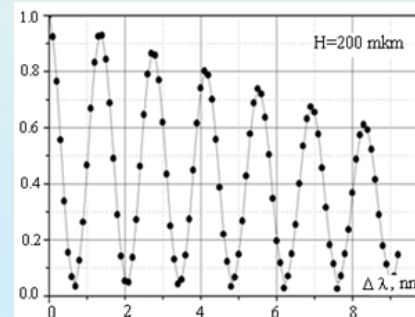
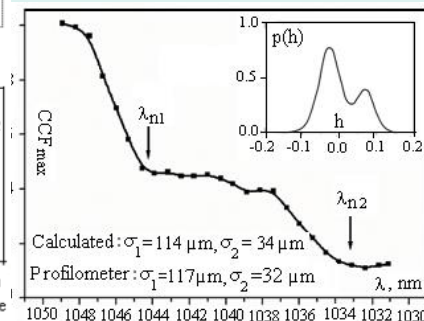
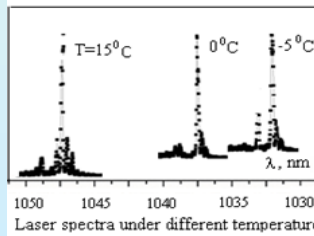
Распределение высот
шероховатости

Измерение толщины
пленок и покрытий

Измерение геометрических
параметров объектов

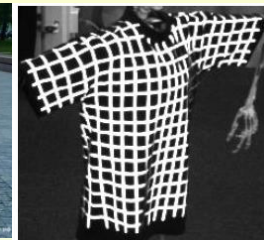
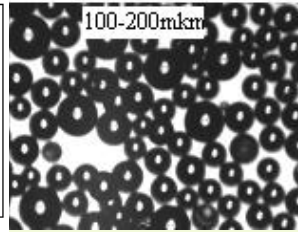
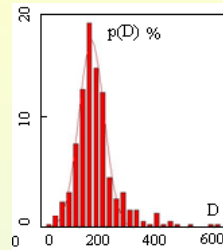
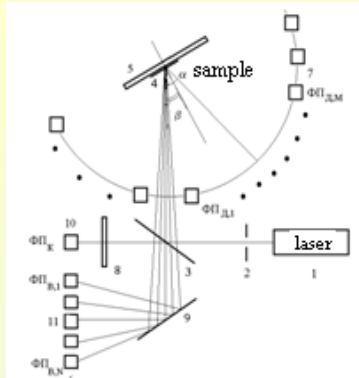


Experimental facility



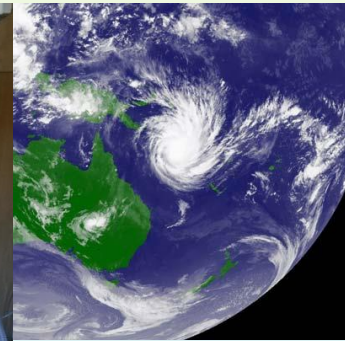
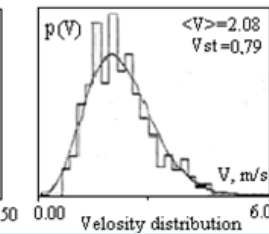
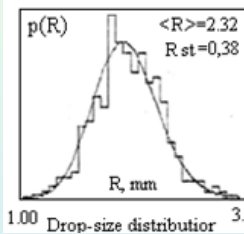
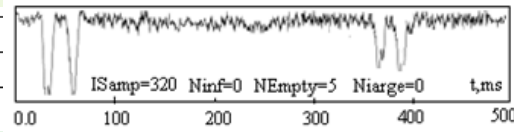
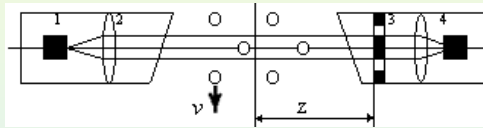
Световозвращающие покрытия

Оптимизация технологии изготовления и контроль качества световозвращающих покрытий



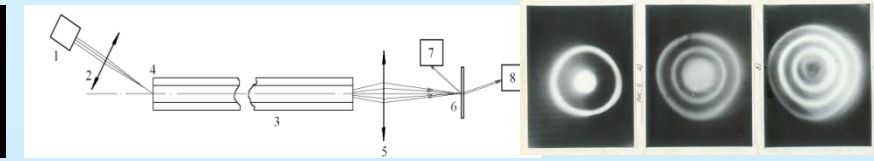
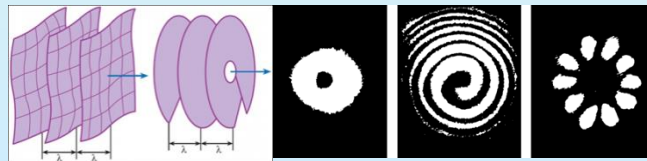
Диагностика капельных и аэрозольных потоков

Система сбора метеорологических данных и прогнозирования катастрофических ситуаций



Сингулярная оптика

Изучение и создание вихреобразных световых пучков



1 – laser, 2 – lens, 3 – optical fiber, 4 – input end of optical fiber,
5 – lens, 6 – diffusely scattering object, 7, 8 – CCD

Направление научно-исследовательской деятельности кафедры
«Физическая электроника» Института физики, нанотехнологий и
телекоммуникаций

«СИЛЬНОТОЧНАЯ И СВЧ ЭЛЕКТРОНИКА»

Руководитель направления – Соминский Г.Г.

Основные направления работы:

- Подготовка бакалавров и магистров. Работа с аспирантами.
- Формирование и исследование потоков заряженных частиц для мощных электронных приборов.
- Поиск путей совершенствования СВЧ приборов миллиметрового и субмиллиметрового диапазона длин волн.
- Разработка и исследование полевых эмиттеров для высоковольтных электронных приборов.

Партнеры:

- Институт прикладной физики РАН.
- Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН.
- Университеты: Санкт-Петербургский, Нижегородский, Саратовский.
- Институт технологии г. Карлсруе (Германия).
- Университет г. Фукуи (Япония).
- Мэрилендский университет (США).

Основные источники финансирования:

- Грант Российского научного фонда.
- Гранты Российского фонда фундаментальных исследований.
- Хоз. договора с отечественными организациями электронного приборостроения.
- Контракты с зарубежными фирмами.

Избранные публикации 2016 года:

- O.I. Louksha, G.G. Sominski, A.V. Arkhipov, N.V. Dvoretzkaya, N.G. Kolmakova, D.B. Samsonov, P.A. Trofimov, Gyrotron Research at SPbPU: Diagnostics and Quality Improvement of Electron Beam. //IEEE Transactions on Plasma Science, **44**, issue 8, August 2016, pp. 1310-1319.
- Г.Г. Соминский, Е.П. Тарадаев, Т.А. Тумарева, М.Е. Гиваргизов, А.Н. Степанова. Полевая эмиссия многоострийных кремниевых структур с защитными покрытиями. //ЖТФ, 2016, **86**, №11, с.108-111.
- M.Yu. Glyavin, V.N. Manuilov, G.G. Sominskii, E.P. Taradaev, T.A. Tumareva. The concept of an electron-optical system with field emitter for a spectroscopic gyrotron. //Infrared Physics & Technology, 2016, **78**, pp 185–189.
- Н.Г. Колмакова, О.И. Лукша, Г.Г. Соминский, П.А. Трофимов. Разработка методики определения скоростей электронов в гиротроне. // ЖТФ, 2016, **86**, №12, с. 145-151.

Направление научно-исследовательской деятельности кафедры
«Физическая электроника» Института физики, нанотехнологий и
телекоммуникаций

**«КОГЕРЕНТНАЯ ОПТИКА.
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРАЖЕНИЯ
КОГЕРЕНТНОГО СВЕТА»**

Руководитель направления – Князьков А.В.

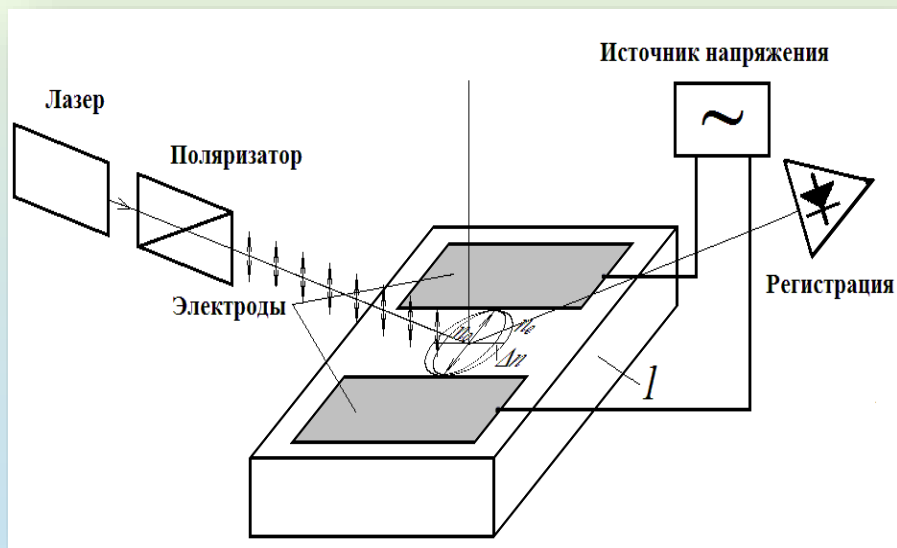
Отражение света

- Отражение естественного света дает информацию о форме и цвете тел
- Отражение когерентного света может дать информацию о структурных изменениях и плотности n тел

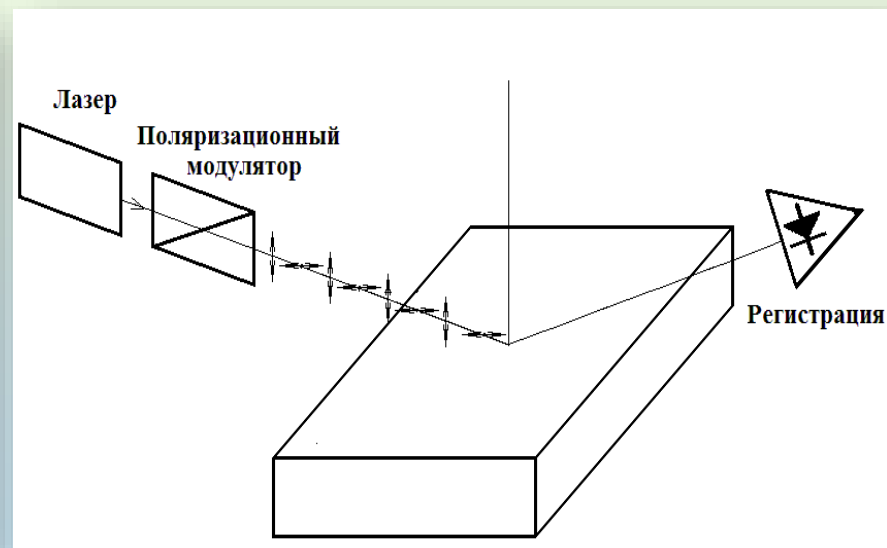


Методы исследования изменения отражения от твердых тел

Воздействие
переменным полем



Падение света с пере-
менной поляризацией



Направление научно-исследовательской деятельности кафедры
«Физическая электроника» Института физики, нанотехнологий и
телекоммуникаций

«КОГЕРЕНТНАЯ ОПТИКА. ГОЛОГРАФИЯ»

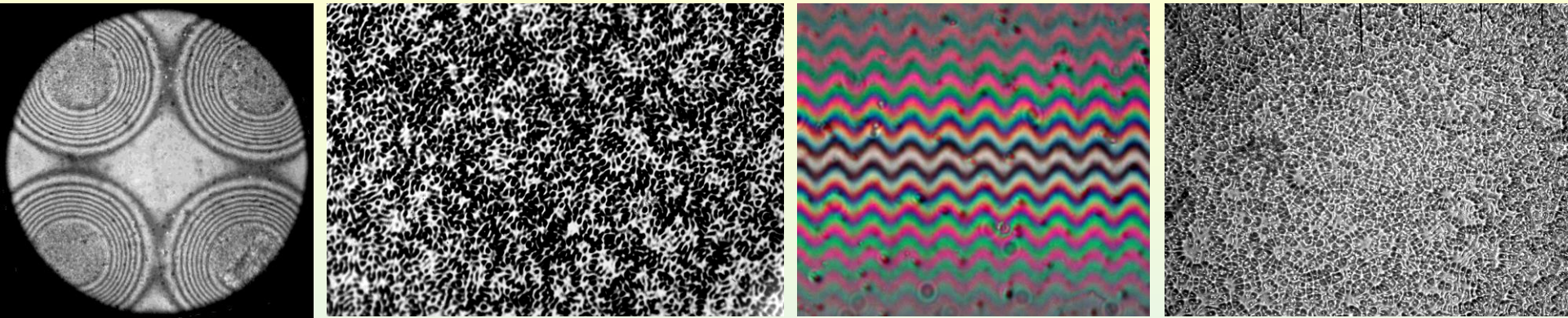
Руководитель направления – Гуляев С. Н.

Голография использует уникальную способность лазерных пучков – образовывать интерференционные картины в больших областях пространства. Эти картины, зарегистрированные на светочувствительной среде, способны реконструировать объемные изображения, обладающие полной информацией о волновых процессах.



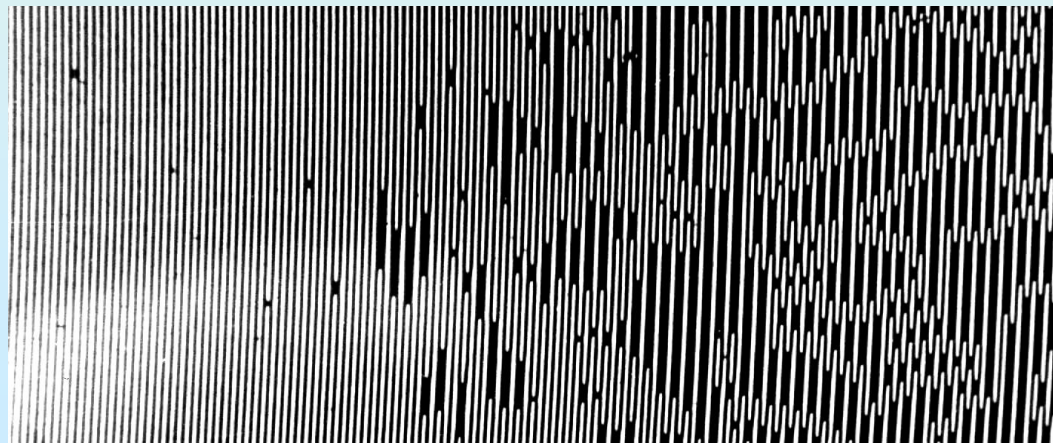
С помощью портативной голографической камеры (фото слева), студенты постигают искусство получения высококачественных объемных изображений (фото справа) и изучают их свойства.

Голографический способ записи информации позволяет сформировать на поверхности светочувствительной среды самые разнообразные пространственно-периодические и случайные структуры (4 фото ниже), которые имеют широкое использование в таких областях, как дифракционная оптика и оптоэлектроника.



В лаборатории когерентной оптики исследуются интересные свойства голографических структур, записанных на регистрирующих средах, содержащих желатину – протеиноподобное вещество, являющееся продуктом эволюции живой материи на Земле в течение многих сотен миллионов лет.

Структуры на желатиновых слоях при воздействии на них УФ-излучения демонстрируют удивительную способность к самоорганизации (фото справа). Детальные причины этого явления и других уникальных свойств желатиновых структур до конца не выяснены, поэтому есть место приложения сил для новых пытливых умов.



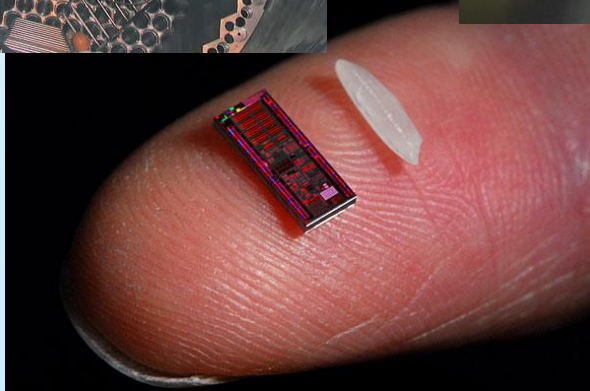
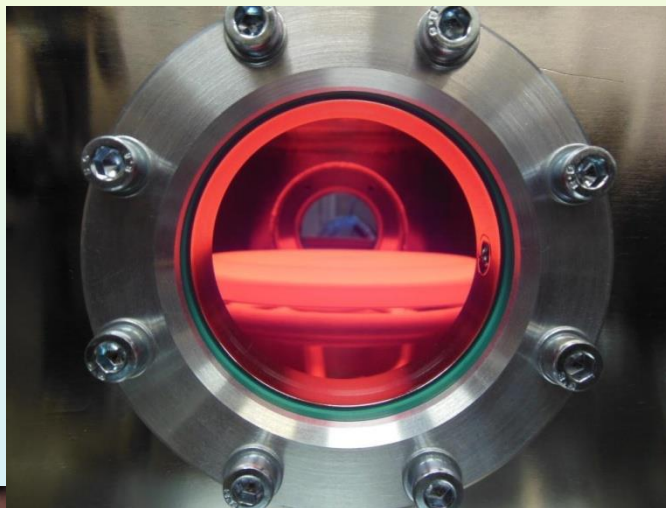
Направление научно-исследовательской деятельности кафедры
«Физическая электроника» Института физики, нанотехнологий и
телекоммуникаций

«ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИЗЛУЧЕНИЙ С ВЕЩЕСТВОМ»

Руководитель направления – Титов А.И.

Зачем это нужно?

- Энергетика (проблемы материаловедения для ядерных и термоядерных технологий)
- Полупроводниковые технологии, в т.ч. для создания микросхем, световых и СВЧ приборов и т.д.
- Пучковые методы формирования и инженерии наночастиц и наноматериалов
- Биотехнологии



Исследуемые материалы:

- Si, Ge
 - Привычная кремниевая электроника
 - ИК излучатели для замены медной металлизации на световоды
- GaN, ZnO и др. широкозонные полупроводники
 - Светодиоды и лазеры
 - Высокотемпературные и мощные транзисторы
 - СВЧ электроника
- Углеродные пленки, в т.ч. с наночастицами
 - Упрочняющие и антифрикционные покрытия
 - Функциональные наноматериалы
 - Низкотемпературные полевые эмиттеры для дисплеев
- Оксидные пленки, в т.ч. с наночастицами
 - Катализаторы с активирующими слоями из металлических наночастиц
 - Новые поколения нано-зернистой керамики для ядерных технологий
 - Сенсорные элементы сверхчувствительных датчиков химических соединений

Где получаем пучки:

- Ускоритель электронов (80 кэВ, Политех)
- Ускоритель ионов (500 кэВ имплантер, ОАО НПП Элар)
 - Одноатомные ионы с массами от ^1H до ^{209}Bi
 - Молекулярные ионы PF_4 , CO_2 и т.д.
- Ускоритель Пеллетрон (15 МэВ, Дели)
 - Быстрые ионы, в т.ч. тяжелые и многозарядные

Свежие международные проекты:

- Накопление радиационных дефектов при имплантации молекулярных и кластерных ионов в широкозонные полупроводники (Россия – США-Австралия)
- Исследования объёмного материала и наноструктур соединений AlPVRV и AlPbVI : ионно-лучевые синтез и модификация (Р)
- Влияние облучения нанокластерами на оптические (Россия – Финляндия)
- Синтез высокопроводящих треков в легированных алмазоподобных углеродных пленках облучением ионами (Россия – Индия)



Направление научно-исследовательской деятельности кафедры
«Физическая электроника» Института физики, нанотехнологий и
телекоммуникаций

«ИОННАЯ ФИЗИКА И МАСС- СПЕКТРОМЕТРИЯ»

Руководитель направления – Цыбин О.Ю.

- физика и техника ионного анализа
- мобильная полевая экспресс-диагностика окружающей среды и производственных процессов
- молекулярная медицина
- биомолекулярные исследования



Газовая масс-спектрометрия для медицинской диагностики

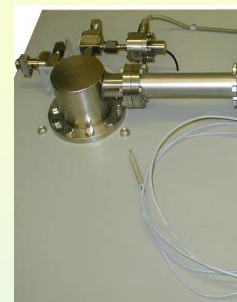
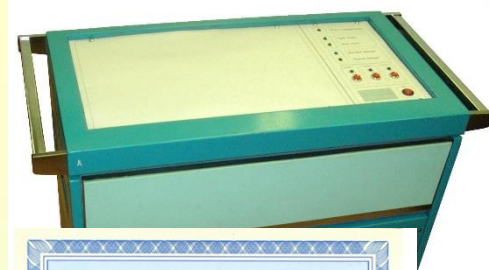
• «Разработка транспортабельного масс-спектрометра для анализа процессов жизнедеятельности организмов». Отчет НИР, СПб, Гос. рег. НИОКР № 02.2007 04654. ВНИТЦ 14 4000 509 0321, 2007.

• «Транспортабельный масс-спектрометр для анализа процессов жизнедеятельности организмов». Отчет НИР, СПб, СПбГПУ. Гос. рег. НИОКР № 01.2006 08680. ВНИТЦ 02.2000606405, 2005.

• Способ исследования биологической пробы с поверхности кожи. А.С. № 1772745, 01.07.1992г.

• Способ неинвазивного сбора и анализа транскутантного газа из живого организма в режиме реального времени. Патент № 2328213, 10.07.2008

• Газовый медицинский масс-спектрометр для диагностики живого организма в режиме реального времени. Патент № 2436506, 20.12.2011г.



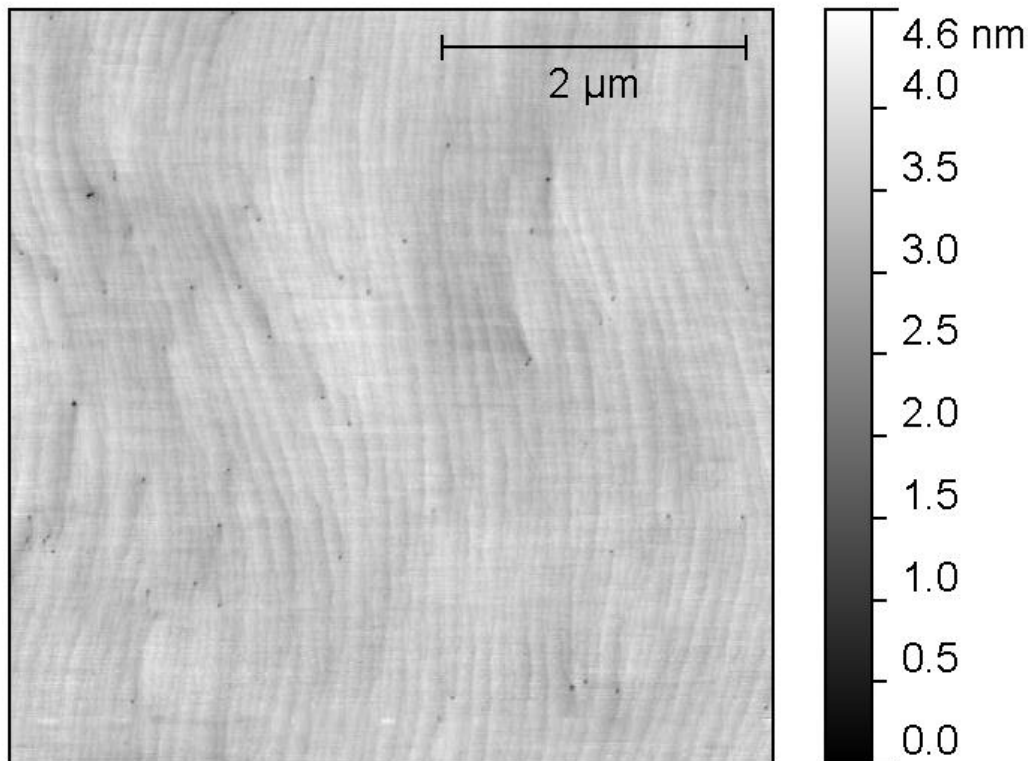
Направление научно-исследовательской деятельности кафедры
«Физическая электроника» Института физики, нанотехнологий и
телекоммуникаций

«АТОМНАЯ СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ»

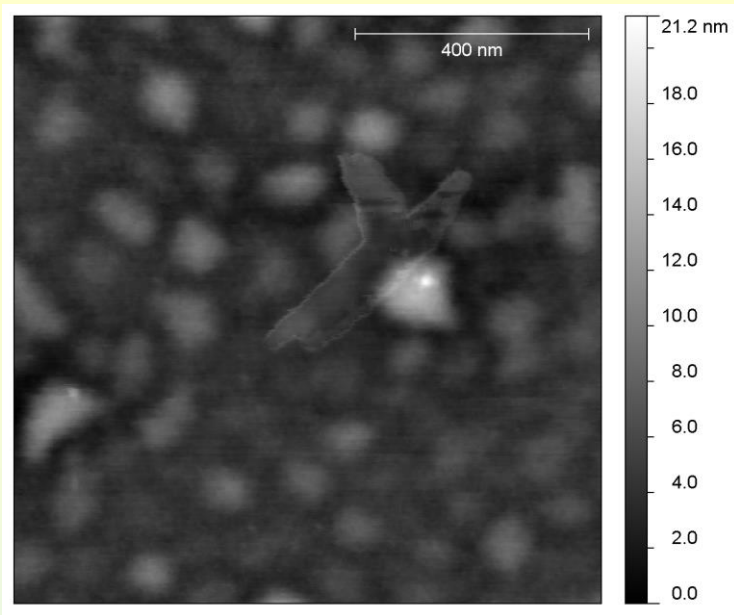
Руководитель направления – Архипов А.В.

Атомный силовой микроскоп - прибор для исследования топографии поверхности с уникальным разрешением.

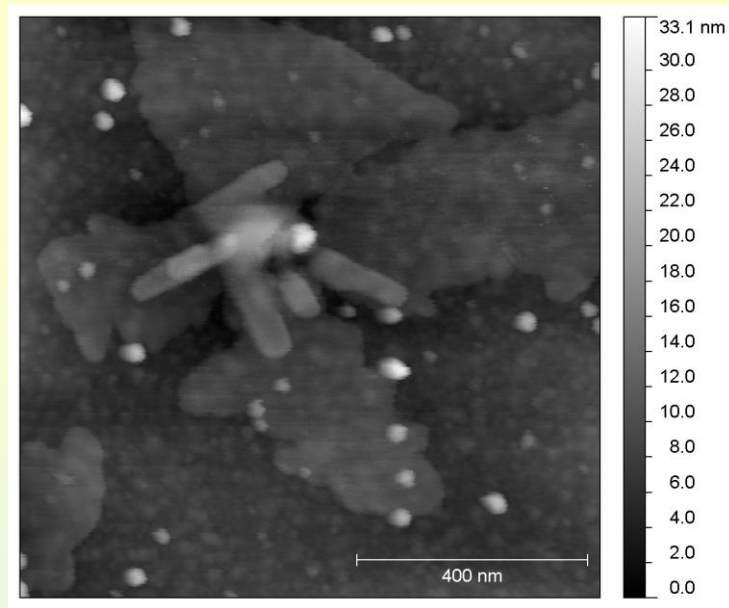
Внизу - на атомарно-гладкой поверхности нитрида галлия хорошо видны “точки”- дислокации (дефекты кристаллической структуры размером в один атом) и атомарные ступеньки (“волны”).



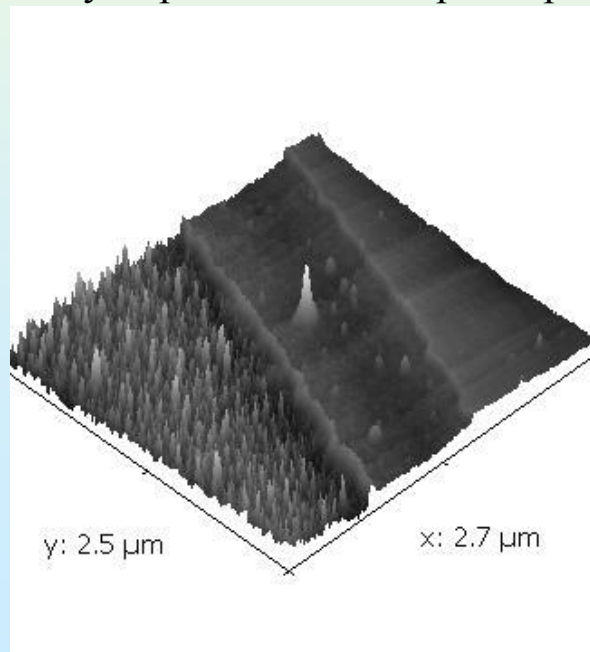
Сверху – так выглядит атомный силовой микроскоп Nano-DST (Pacific Nanotechnology) – в комн. 419.



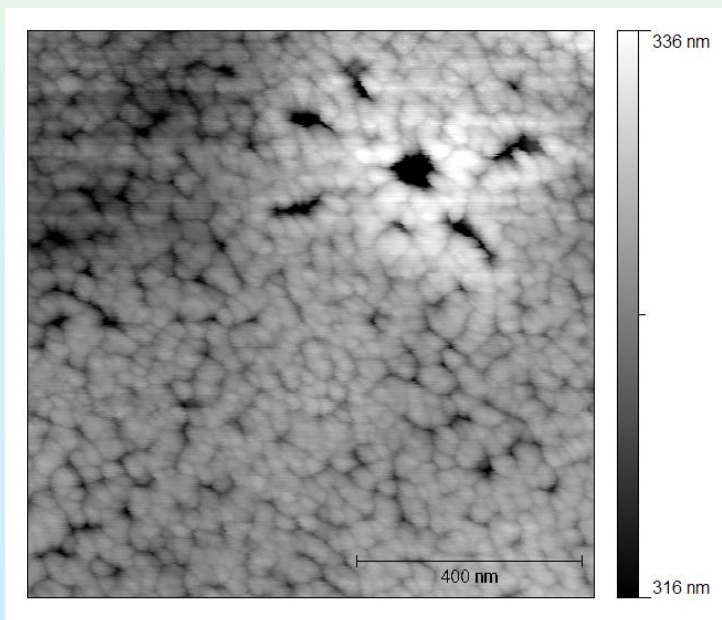
Отдельные листочки графена - одноатомного слоя углерода - также хорошо различимы.

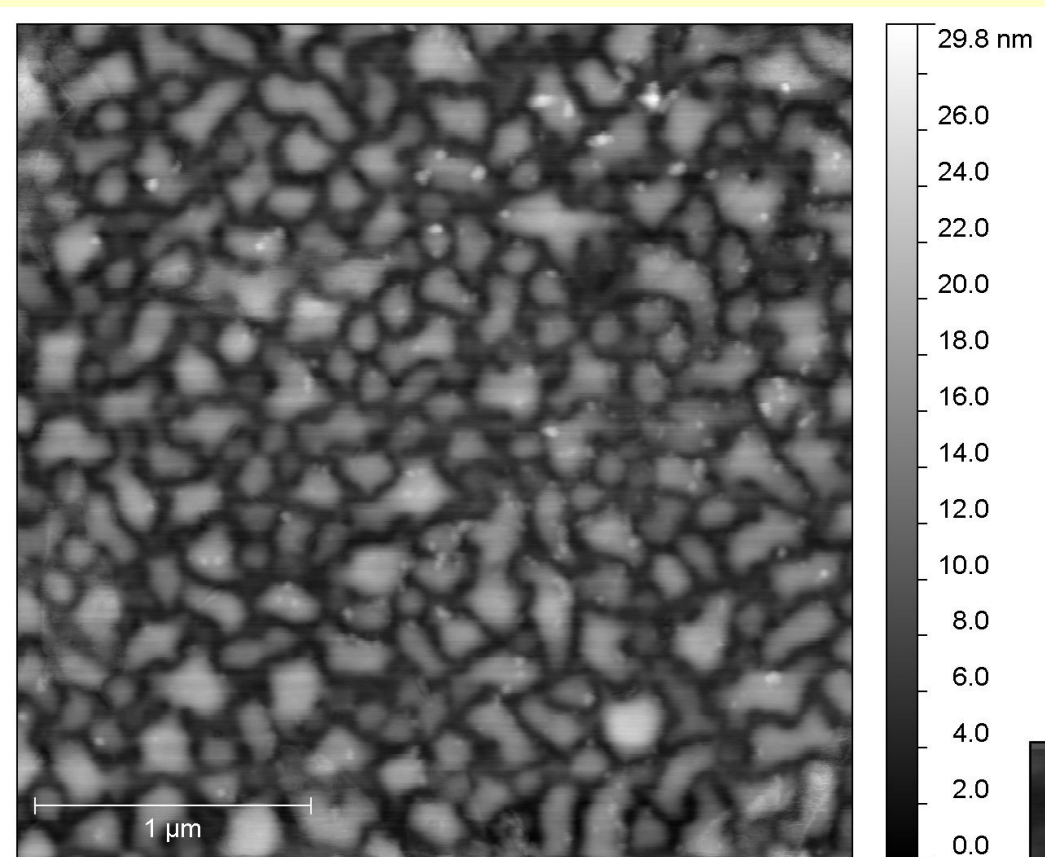


Можно собирать из них многослойные структуры

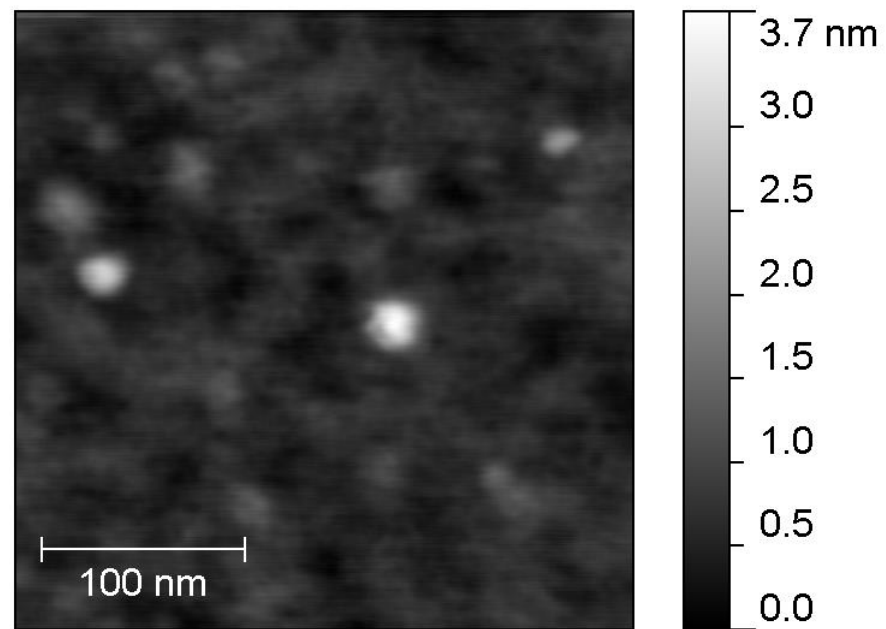


Методика атомной силовой микроскопии используется у нас для контроля результатов модификации поверхности ($\leftarrow$) и при изучении наноструктурированных материалов ($\rightarrow$).





... а также таких интересных
объектов, как квантовые точки. ←



Направление научно-исследовательской деятельности кафедры
«Физическая электроника» Института физики, нанотехнологий и
телекоммуникаций

«ГАЗОРАЗРЯДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

Руководитель направления – Головицкий А.П.

Поиск, создание и изучение новых активных сред мощных, эффективных, безртутных, экологически безвредных источников УФ излучения на основе непрерывного тлеющего разряда. Мощность – от ватт до киловатт с КПД до 40%. Спектроскопические исследования и численное моделирование плазмы электроотрицательных газовых разрядов.



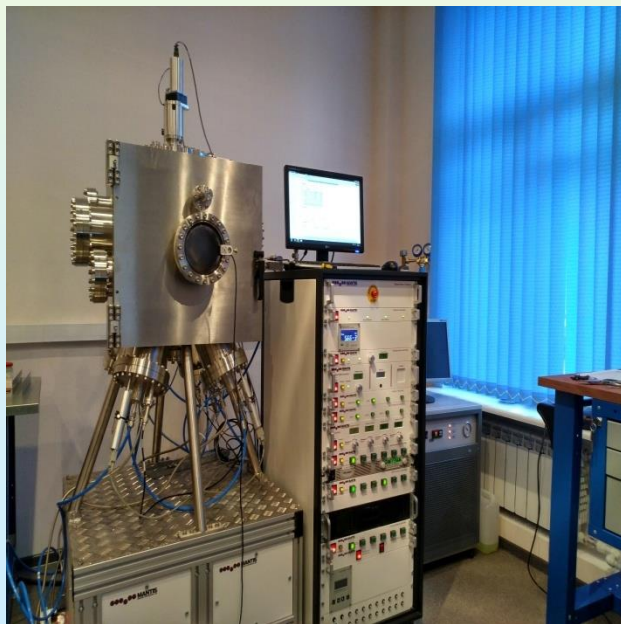
Области применения : полупроводниковые и фотохимические технологии; медицина; обеззараживание воды, воздуха, иных объектов; биология, утилизация вредных отходов; лакокрасочные и типографские технологии.

Направление научно-исследовательской деятельности кафедры
«Физическая электроника» Института физики, нанотехнологий и
телекоммуникаций

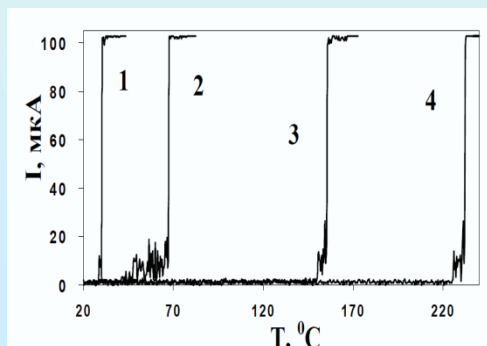
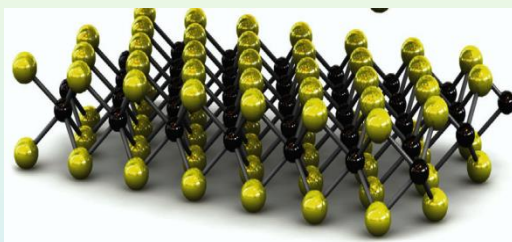
**«РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ
НАНОРАЗМЕРНЫХ
ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СИСТЕМ»**

Руководитель направления – Габдуллин П.Г.

- Направление работ: исследование электрофизических параметров наноразмерных тонкоплёночных систем
- Цель: создание эффективных сверхчувствительных датчиков внешних воздействий (температуры, давления, электрических и магнитных полей, механических воздействий)
- Партнеры:
 - ООО «Фомос-Материалс», Москва
 - ООО «Алмаз -Антей телекоммуникации», Москва
 - ООО Экситон-Аналитик», СПб
 - Институт Микроэлектроники Пекинского университета, КНР

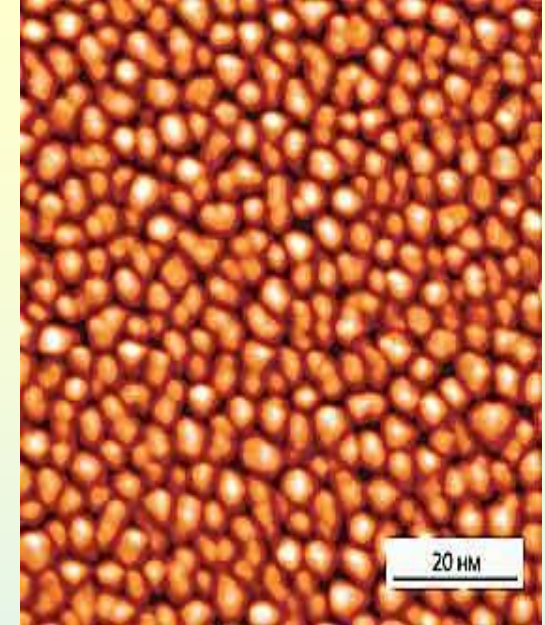
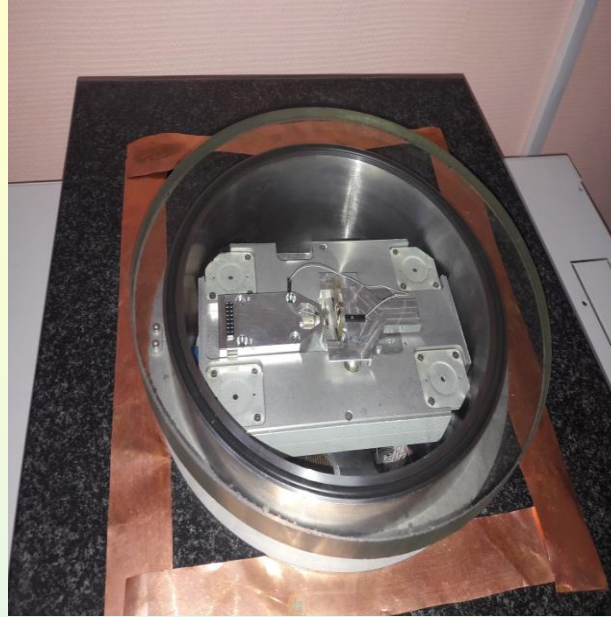


Напылительное оборудование для создания нанообъектов

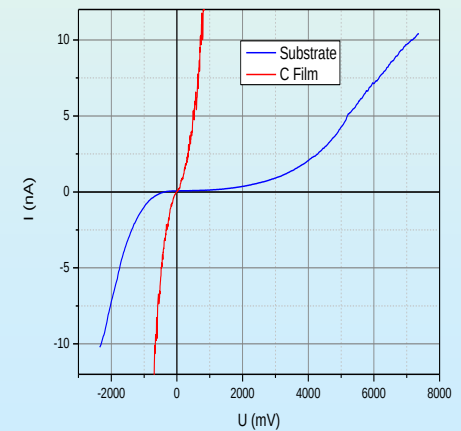
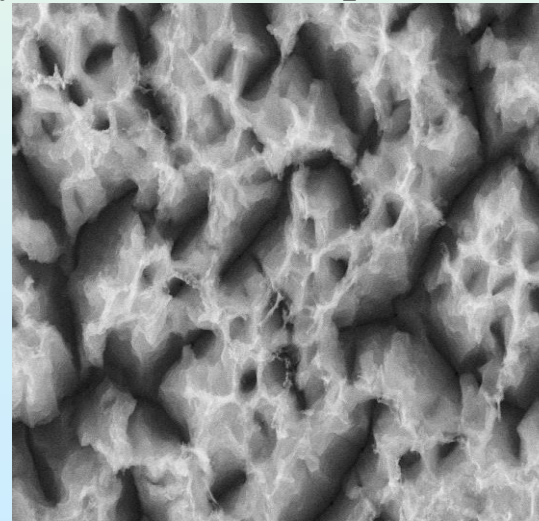
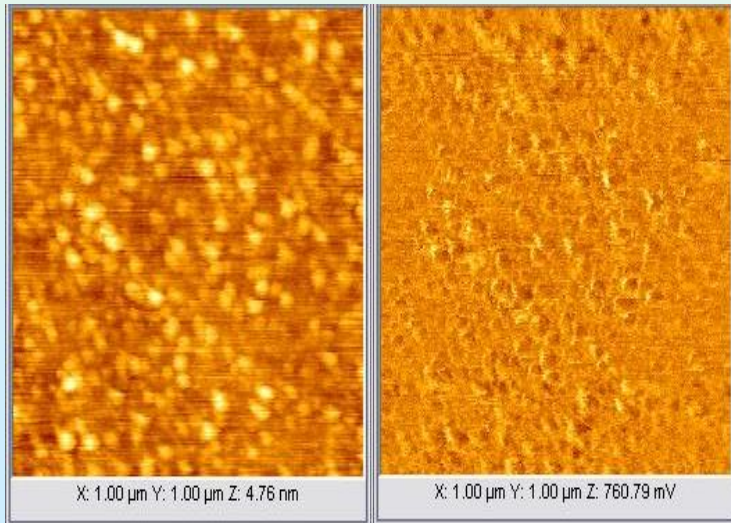


Встреча с китайскими партнёрами

Исследование наноструктур



Вакуумный туннельный микроскоп



Тонкие углеродные пленки

Направление научно-исследовательской деятельности кафедры
«Физическая электроника» Института физики, нанотехнологий и
телекоммуникаций

«ЭМИССИОННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

Руководитель направления – Устинов А.Б.

Научная работа

- Химические свойства поверхности: электронная спектроскопия
- Эмиссионные свойства поверхности
- Магнитные свойства материалов: магнитооптический эффект Керра
- Спектроскопия поляризованных электронов
- Изучение плазмы барьерного разряда

Инженерные направления

- Автоматизация физического эксперимента (avr8, stm32, linux on arm, NI LabVIEW)
- Разработка и изготовление электронных блоков для науки и промышленности
- Операционные системы, opensource, linux, вычислительные технологии

На базе сектора действует mini-fablab (чпу, паяльники, инструменты и материалы, планируется 3D-принтер)

Сотрудники: Коренюгин Д.Г., Маслевцов А.В., Солодухина В.А., Устинов А.Б.

Студенты и аспиранты: Павлов, Мушников, Будылина, Лобанова, Алехно, Рябов

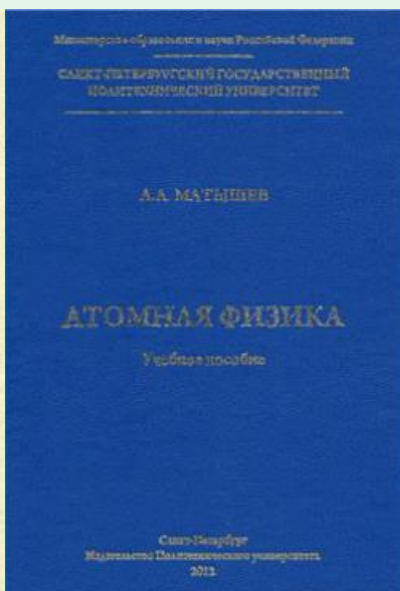
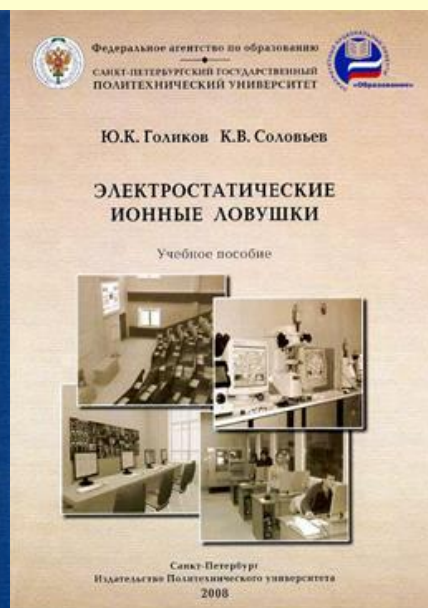
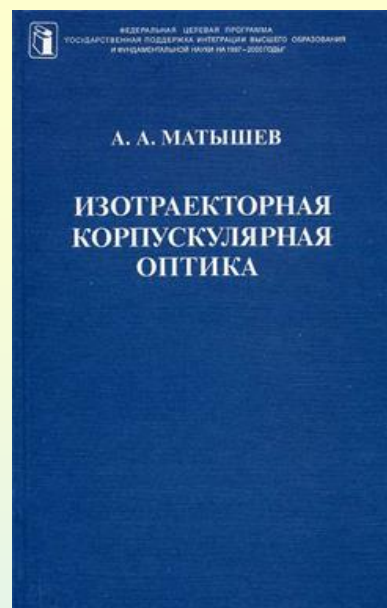
Направление научно-исследовательской деятельности кафедры
«Физическая электроника» Института физики, нанотехнологий и
телекоммуникаций

«КОРПУСКУЛЯРНАЯ ОПТИКА»

Руководитель направления – Матышев А.А.

профессор
Н.К. Краснова

доцент
К.В. Соловьев



Теоретическая корпускулярная оптика:

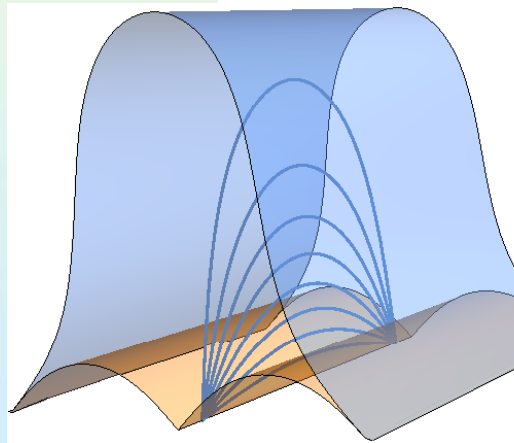
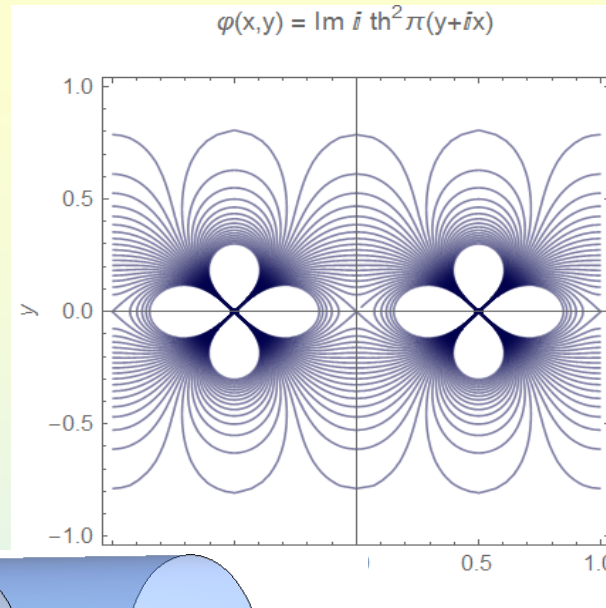
- обратные задачи корпускулярной оптики
- дипольная оптика
- изотраекторная динамика
- системы с идеальной пространственно-временной фокусировкой
- спектрографические среды

Применение:

- масс-спектрометрия
- транспортировка частиц
- энергоанализ

Инструментарий:

- аналитические методы
- численные методы
- компьютерное моделирование с использованием специализированных пакетов программ



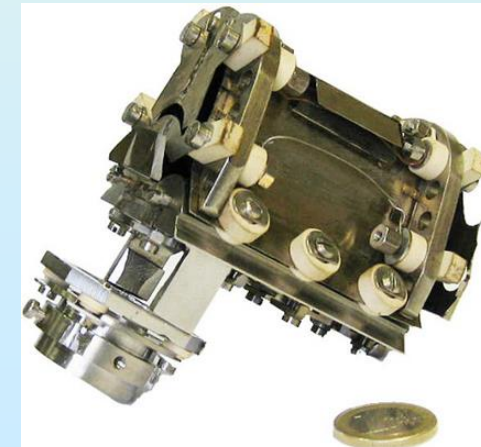
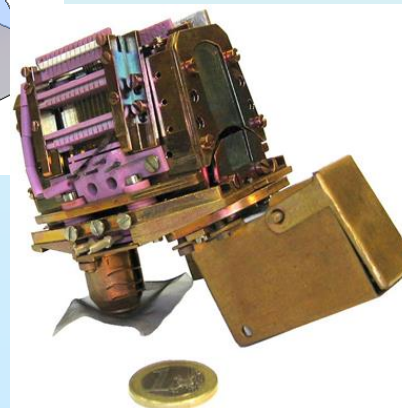
Энергоанализатор с идеальной фокусировкой

$$\varphi(x, y) = \frac{\sinh^2(2\pi x) - \sin^2(2\pi y)}{(\cosh(2\pi x) + \cos(2\pi y))^2}$$

Первая реализация:
К.Г. Уткин, А.А. Москвичев,
Ю. Архипов



Реализация: П.Г. Габдуллин, С.Н. Давыдов



"Квазиконический" энергоанализатор

Изотраекторная динамика

Масс-спектрометры с идеальной пространственно-временной фокусировкой

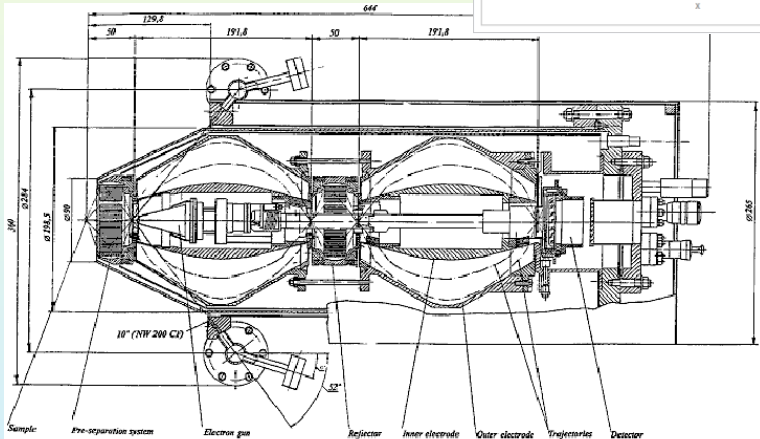
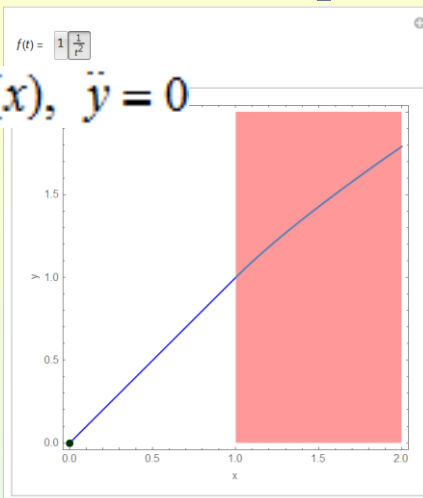
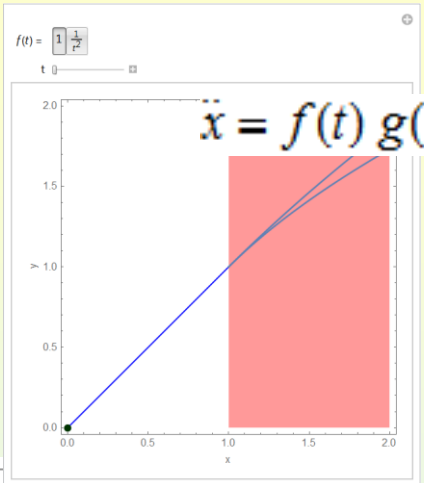
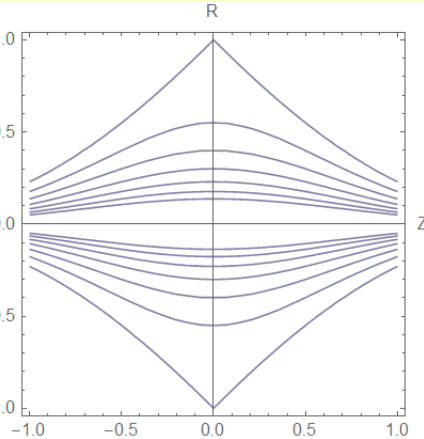
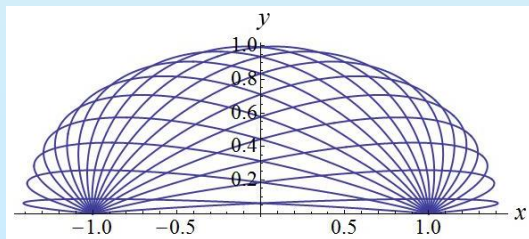
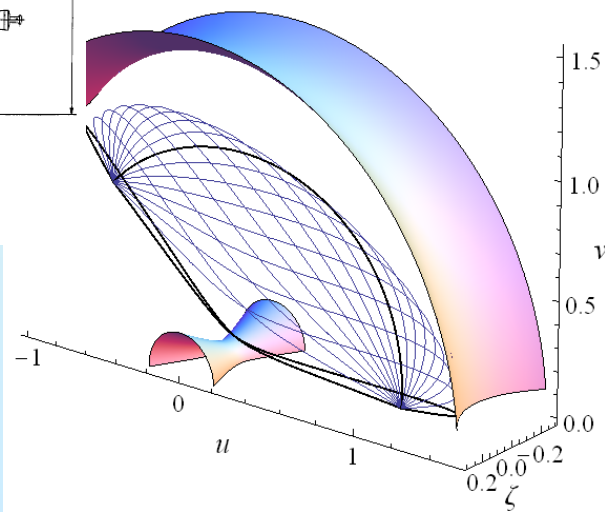


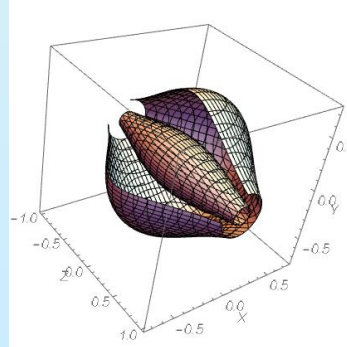
Fig.4. A Drawing of a Monooptical Energy-Mass-Analyser.

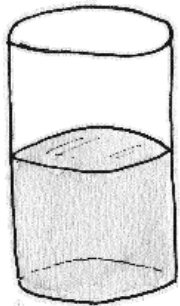


Транспортировка потоков заряженных частиц



Идея использована при реализации системы OrbiTrap (А. Макаров)





Optimist:
Glass half-full

Pessimist:
Glass half-empty

Physicist:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(\psi_{full} - \psi_{empty})$$



Спасибо за внимание!

