



Общие сведения о Центре

Центр коллективного пользования научным оборудованием «Диагностика микро- и наноструктур» (ЦКП ДМНС) создан при Ярославском госуниверситете 1 ноября 2006 г., приказ № 382, решение Ученого совета ЯрГУ от 24.10.2006 г.

С 2009 г. ЦКП ДМНС – интегрированное научное подразделение ЯрГУ и Ярославского филиала ФТИАН, действующее на основании договора от 09.02.2009 г.

Центр входит в национальную нанотехнологическую сеть

<http://www.rusnanonet.ru/nns/41450/>

Центр участвует в мероприятиях Федеральных целевых программ:

- Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы.
- Научные и научно-педагогические кадры инновационной России.
- Развитие инфраструктуры nanoиндустрии в Российской Федерации на 2008-2011 годы.

Центр расположен на площади ~ 1000 м², общая численность персонала – 49 человек, в том числе: докторов 12, кандидатов наук 14, аспирантов 4, студентов 12. Сайт ЦКП ДМНС <http://nano.yar.ru/>



Директор Центра
директор ФТИАН
академик А.А.Орликовский

Объем научно-исследовательских работ за 2008 - 2012 г.г. – 347,856 млн. руб.



Заместитель директора ЦКП
Директор Ярославского филиала ФТИАН
профессор А.С.Рудый

Центр располагает самым современным аналитическим и диагностическим оборудованием для выполнения следующих видов работ:

- Научно-исследовательские работы и опытно-конструкторских разработки в области микро- и наноэлектроники.
- Диагностика микро- и наноструктур электроники, наноматериалов, био-органических нанообъектов.
- Заказной анализ широкого класса объектов методами:
 - вторичной ионной масс-спектрометрии (IMS-4F);
 - времяпролетной ионной масс-спектрометрии (IONTOF SIMS⁵);
 - электронной сканирующей микроскопии (Supra 40);
 - электронной и ионной микроскопии (Quanta 3D 200i)
 - просвечивающей электронной микроскопии (Теснаі G2 F20 U-TWIN);
 - зондовой микроскопии высокого разрешения (GPI-Cryo-SEM);
 - обратного резерфордского рассеяния (K2MV);
 - оже-спектроскопии (PHI-660);
 - ИК фурье-спектроскопии (IFS 113-v);
 - дифрактометрии (ARL X'tra);
- Научно-образовательные услуги:
 - обеспечение основной образовательной программы «Электроника и наноэлектроника». Программа включена в реестр образовательных программ ОАО Роснано <http://edu-reestr.rusnano.com/>
 - повышение квалификации операторов аналитического и технологического оборудования микро- и наноэлектроники. Программа включена в реестр ОАО Роснано <http://edu-reestr.rusnano.com/>;

- поддержка спецкурсов отдельных образовательных программ;
- экспериментальная поддержка курсовых работ, дипломных проектов, кандидатских и докторских диссертаций.

Оборудование ЦКП ДМНС, введенное в эксплуатацию с 2008 по 2012 г.г.
Времяпролетный вторично-ионный масс-спектрометр IONTOF SIMS⁵



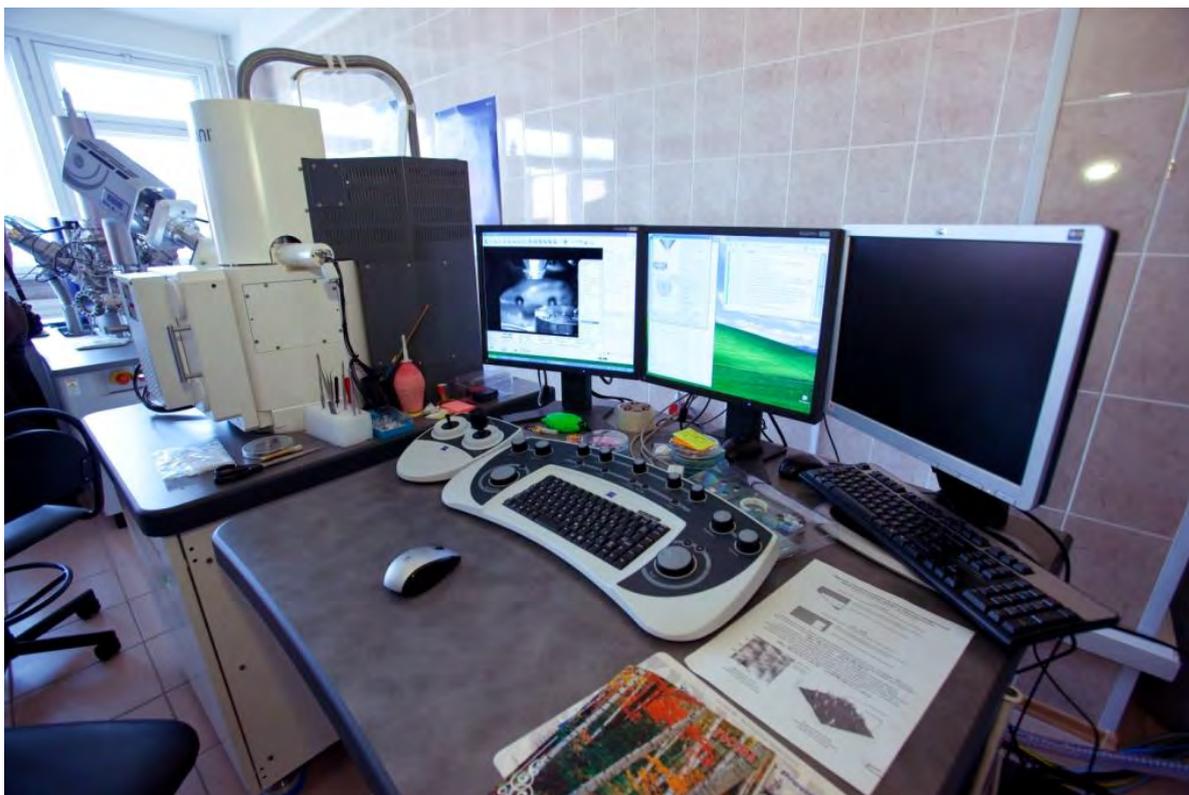
Виды ВИМС-анализа:

- Послойный элементный анализ поверхностных слоев наноматериалов и наноструктур методом вторичной ионной масс-спектрометрии, в том числе:
 - послойный анализ функциональных элементов интегральных микросхем,
 - послойный анализа сверхрешеток,
 - контроль дозы легирующих примесей в полупроводниках и структурах на их основе.
- Количественный элементный анализ наноматериалов различными методами ионной масс-спектрометрии.
- Физико-химический анализ микрочастиц с размерами менее 0,1 мкм.
- Трехмерный анализ распределения элементов.
- Исследования примесей и дефектов в кристаллах и минералах.
- Физико-химический анализ биоорганических нанообъектов.
- Количественный микроанализ для геологии и экологии.

Сканирующий электронный микроскоп Supra 40 с приставкой INCAx-act для энергодисперсионного микроанализа

Виды анализа методом сканирующей электронной микроскопии:

- Получение изображений методом СЭМ образцов наноразмерных объектов (проводящих и непроводящих):
 - наночастиц (нанопорошков),
 - наностержней, нановолокон,
 - нанотрубок,
 - нанопроволок,
 - нанодисков
- с пространственным разрешением до 2 нм.



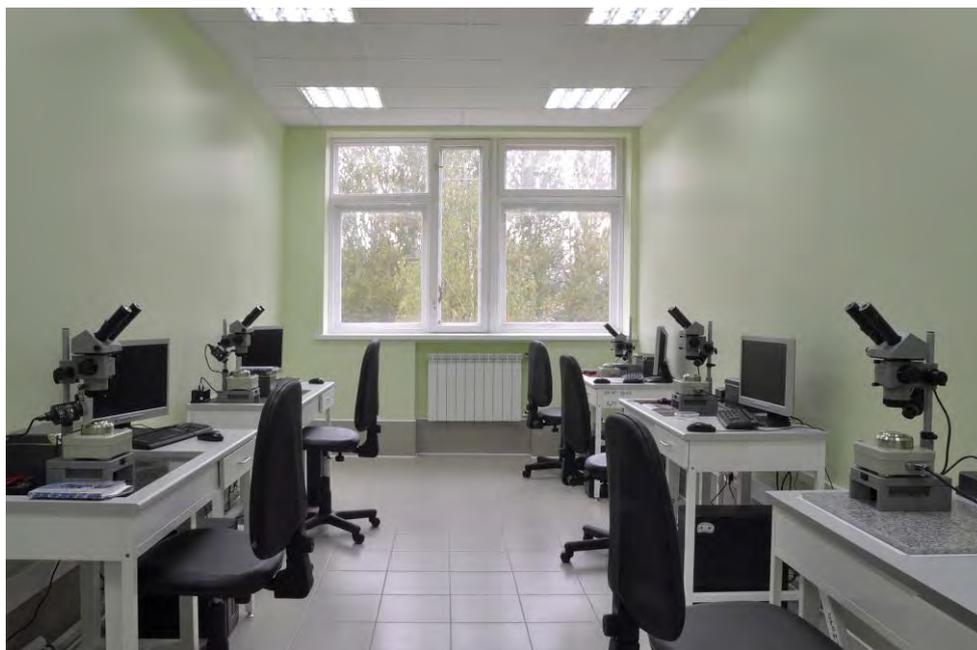
- Анализ изображений с получением численных данных о размерах и форме нанообъектов, степени их агломерированности.
- Получение изображений методом СЭМ структуры объема и поверхности образцов наноструктурных материалов (проводящих и непроводящих), в том числе нанокомпозитов с пространственным разрешением до 2 нм.
- Анализ изображений с получением численных данных о размерах и форме нанокристаллитов (гранул), пор, межкристаллитных границ и других особенностей структуры.

Класс сканирующих зондовых микроскопов и профилометров:

Используется преимущественно в учебных целях.

Виды анализа методом сканирующей зондовой микроскопии:

- Получение изображений в контактном, полуконтактном и бесконтактном режимах атомно-силовой микроскопией.
- Получение изображений в режиме фазового контраста.
- Получение изображений в режиме туннельного микроскопа.



Класс мультимикроскопов АСМ/ТСМ СММ-2000



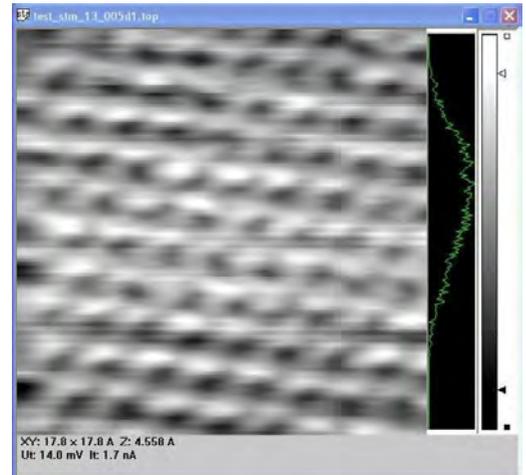
Класс профилометров модели 130

3D-нанозондовая система «GPI- Cryo-SEM»

Виды анализа методом сканирующей зондовой микроскопии высокого разрешения:

- Получение изображений в режиме туннельного микроскопа.
- Определения толщины тонких слоев покрытий и гетероструктур в диапазоне 1 - 100 нм.

- Электрофизические измерения структур микро- и нанoeлектроники.
- Нанолитография.
- Спектроскопические исследования структур микро- и нанoeлектроники.



Поверхность пирографита. Видна кристаллическая решетка и отдельные атомы углерода. Растр 17,8·17,8 нм

3D-нанозондовая система «GPI- Cryo-SEM» - сканирующий туннельный микроскоп на базе вакуумной системы СЭМ Supra 40

Рентгеновский дифрактометр ARL X'tra



- определение одной или нескольких фаз в неизвестной пробе;
- количественное определение известных фаз в смеси;
- определение структуры кристаллов и параметров элементарной ячейки;
- анализ поведения вещества в различных газовых средах, если структура кристаллов изменяется при изменении температуры, давления или газовой фазы;
- анализ поверхности и тонких пленок;

- анализ текстуры, возникающей в условиях прокатки, волочения проволоки

Просвечивающий электронный микроскоп Tescan G2 F20 U-TWIN



Виды анализа методом просвечивающей электронной микроскопии:

- Получение изображений методом ПЭМ образцов наноразмерных объектов:
 - наночастиц (нанопорошков),
 - наностержней,
 - нановолокон,
 - нанотрубок,
 - нанопроволок,
 - нанодисков
- с пространственным разрешением до 0,2 нм.
- Анализ изображений с получением численных данных о размерах и форме нанобъектов, степени их агломерируемости и распределении по размерам.
- Получение изображений методом ПЭМ структуры образцов наноструктурных материалов с пространственным разрешением до 0,2 нм.
- Получение стереоизображения топографии поверхности

- Анализ изображений с получением численных данных о размерах и форме нанокристаллитов (гранул), пор, межкристаллитных границ и других особенностей структуры.
- Получение изображений методом ПЭМ структуры поперечных сечений и поверхностей образцов тонкослойных наноструктурных объектов (проводящих и непроводящих), в том числе тонких пленок, покрытий, наночипов и электролит-электродных структур, с пространственным разрешением до 0,2 нм.
- Анализ изображений с получением численных данных о размерах слоев, о размерах и форме нанокристаллитов (гранул), пор, межкристаллитных границ, межслоевых интерфейсов и других особенностей структуры.
- Анализ распределения химических элементов в объекте (на основе рентгеноспектрального анализа);
- Исследование точечных и линейных дефектов материалов – вакансий и дислокаций;
- Анализ распределения потенциалов в сложных микроизделиях (вольтов контраст);
- Исследование распределения магнитных полей в образце (магнитный контраст);
- Метрология микроизделий.

FIB/SEM система Quanta 3D 200i с оборудованием пробоподготовки



Виды анализа методом сканирующей электронной и ионной микроскопии:

- Получение изображений методом СЭМ структуры поперечных сечений и поверхностей образцов тонкослойных наноструктурных объектов (про-

водящих и непроводящих), в том числе тонких пленок, покрытий, наночипов и электролит-электродных структур, с пространственным разрешением до 1 нм.

- Анализ изображений с получением численных данных о размерах слоев, о размерах и форме нанокристаллитов (гранул), пор, межкристаллитных границ, межслоевых интерфейсов и других особенностей структуры.
- Применение методов препарирования тонкослойных наноструктурных объектов для ПЭМ.



Оборудование пробоподготовки для просвечивающей электронной микроскопии

Установка для исследования характеристик солнечных элементов

Oriel I-V

Виды анализа:



- Измерение вольтамперных характеристик фотопреобразователей солнечной энергии.
- Измерение электрофизических параметров и эффективности фотопреобразователей солнечной энергии.

Научно-исследовательская работа Центра

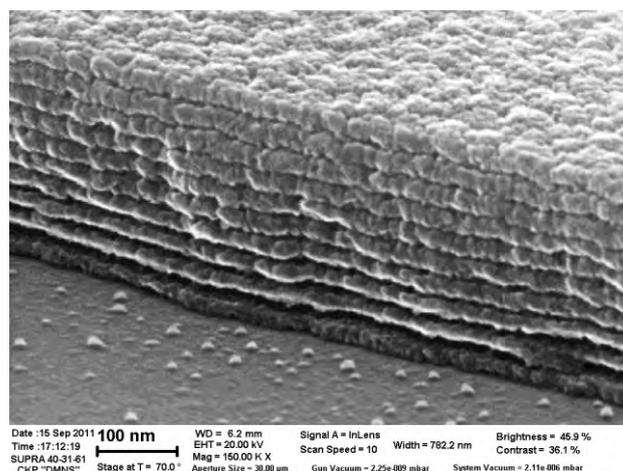
Разработка высокоэффективных солнечных элементов:

- солнечные элементы с p-i-n структурой на аморфном кремнии;
- солнечные элементы на пористом кремнии;
- солнечные элементы на основе аморфного и нанопористого кремния.

Разработка функциональных нанокompозитов для литий-ионных аккумуляторов нового поколения:



a)



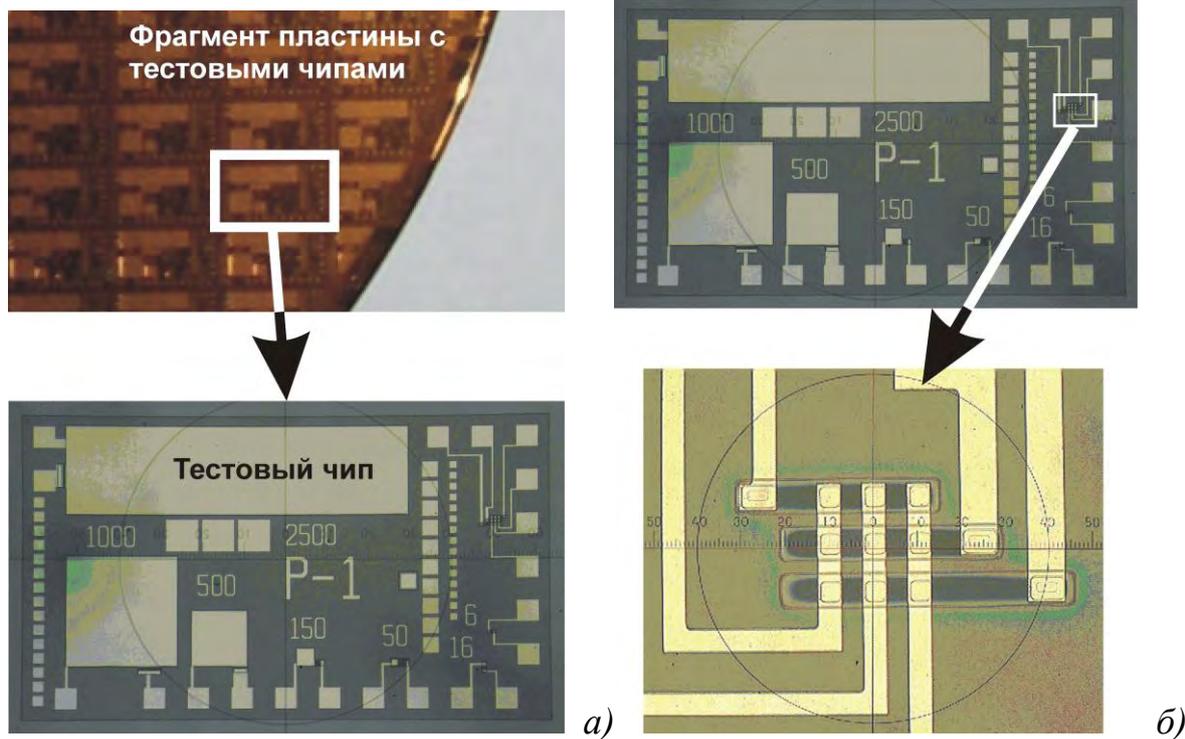
б)

Литий-ионный аккумулятор на основе кремния: *a)* опытный образец; *б)* анод на основе нанокompозитного материала Si/SiO₂.

- разработка положительного электрода на основе пентоксида ванадия;
- разработка отрицательного электрода на основе аморфного кремния и кремний-углеродного нанокompозита.

Работы выполняются совместно с Институтом физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина РАН и ОАО Сафоновский завод «Гидрометприбор».

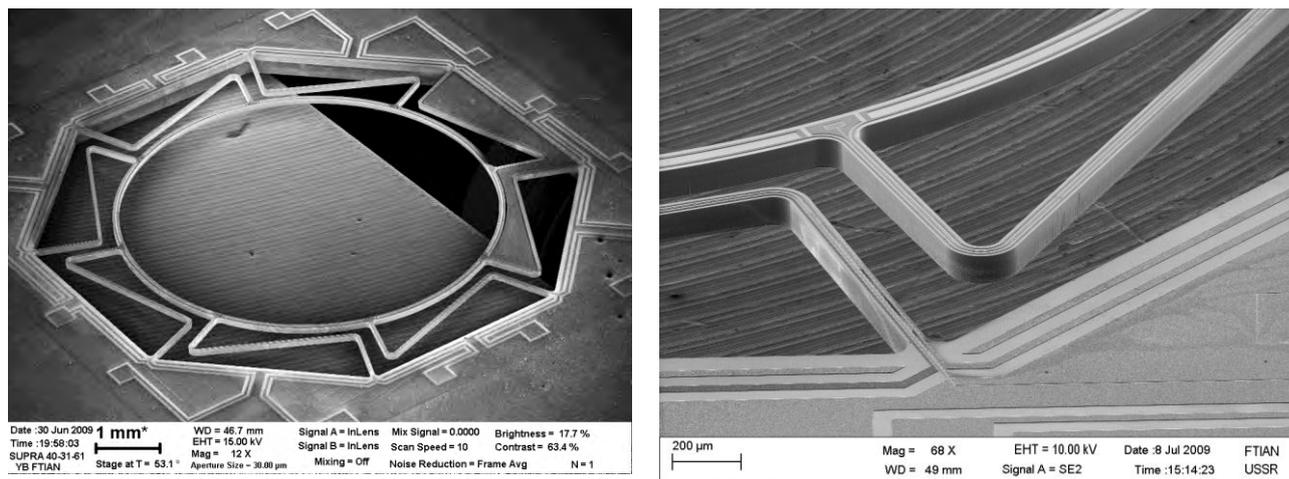
Разработка, изготовление и экспериментальное исследование макета элемента памяти на основе SiO_2 с включенными нанокластерами кремния:



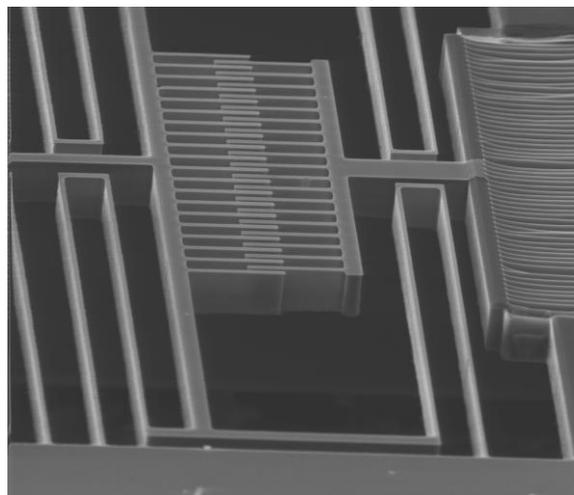
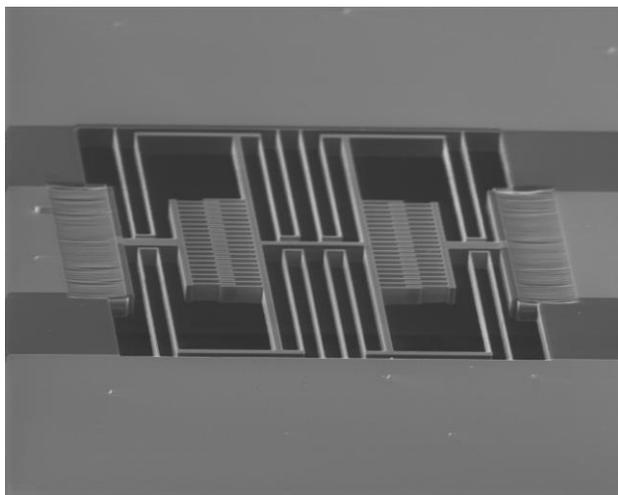
Тестовый чип *a)* и матрица элементов памяти 3x3 *б)*

Работа выполнена совместно с Ярославским филиалом Физико-технологического института РАН

Разработка nano- и микроэлектромеханических систем (НЭМС и МЭМС)



Чувствительный элемент кольцевого микрогроскопа



Микроактюатор на основе изолированных блоков

Разработки могут быть использованы для изготовления микрогироскопов, двумерных позиционеров микролинз, переменных оптических аттенюаторов, оптических переключателей, перестраиваемых конденсаторов и т.д.

Работа выполняется ЯФ ФТИАН совместно с ОАО «Раменское приборостроительное конструкторское бюро»

Для продолжения работ в области МЭМС и НЭМС в 2012 г. закуплена установка плазмохимического травления и осаждения Plasmalab 100 и установка совмещения и экспонирования SUSS MJB4.



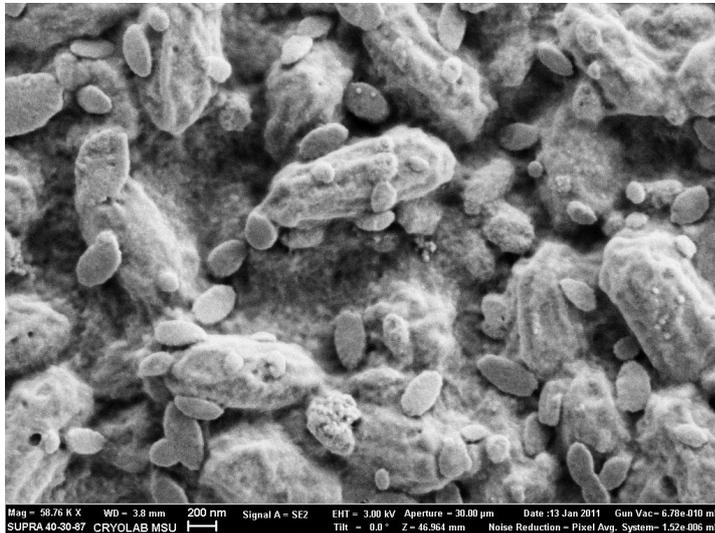
Установка плазмохимического травления и осаждения Plasmalab 100 производства компании Oxford Instruments



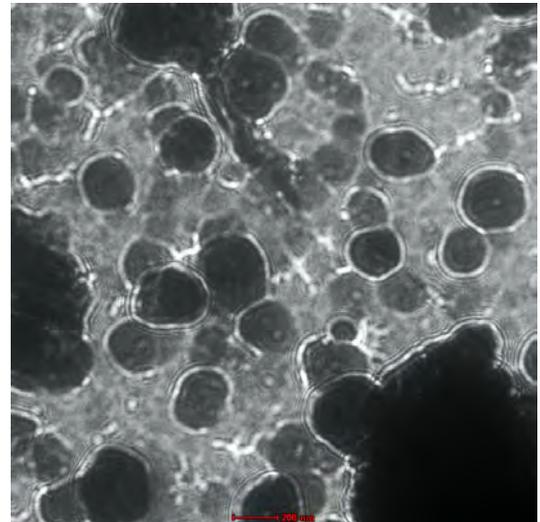
Установка совмещения и экспонирования SUSS MJB4

Исследование морфологии и фазового состава кальцифицирующих наночастиц из Воротиловской научной скважины

В чистой культуре *Planomicrobium* sp., выделенной из кернов метаморфических пород, вскрытых Воротиловской научной скважиной, обнаружены наночастицы размером от 30 до 200 нм. Методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии выполнено исследование их морфологии и фазового состава.



a)



б)

Микрофотографии кальцифицирующих наночастиц (нанобактерий), полученные на: *a)* - электронном сканирующем микроскопе Supra 40; *б)* - на просвечивающем микроскопе Теснаі G2 F20 U-TWIN

Пользователи услуг ЦКП ДМНС

- ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова»
- ФГБОУ ВПО «Ярославский государственный технический университет»
- ФГБОУ ВПО «Ярославская государственная медицинская академия»
- ФГБОУ ВПО «Рыбинская государственная авиационная технологическая академия им. П.А.Соловьева»
- НП "Лаборатория анализа микрочастиц" (Москва)
- ФГУП «Центр эксплуатации наземных объектов космической инфраструктуры»
- Учреждение РАН «Институт геологии и геохронологии докембрия РАН» (Санкт-Петербург)
- ОАО «Алроса» (Якутия)
- НПО «Сатурн» (Рыбинск)
- ООО "Высокие технологии" (Москва)
- ООО "НПО "Ликом" (Ярославль)
- ООО ТД «РЕАЛ СОРБ» (Ярославль)
- ООО «ЭТИЗ-АКТИВ» (Ярославль)
- Ярославская таможня
- ЗАО «Востек» (Ярославль)

- ОАО «Раменское Приборостроительное Конструкторское Бюро»
- ЗАО «Завод ЛИТ» (Переславль-Залесский)
- ООО «Микросистемная техника» (Ярославль)
- ООО «Эффективная энергетика» (Ярославль)
- Департамент экономического развития администрации Ярославской области
- ОАО Сафоновский завод «Гидрометприбор»

Роль центра в инновационном развитии региона

Обладая уникальным оборудованием и высококвалифицированными специалистами ЦКП «Диагностика микро- и наноструктур» выполняет функции регионального исследовательского центра для промышленных предприятий области. Центр оказывает инновационным организациям и высокотехнологичным предприятиям региона услуги научно-исследовательского характера на этапах разработки и выпуска новых видов продукции.

Центр проводит работу по созданию классов профильной подготовки в сфере нанотехнологий в школах г. Ярославля и служит базой для профессиональной подготовки специалистов в рамках основной образовательной программы ЯрГУ «Электроника и нанoeлектроника».



Семинар по нанотехнологиям для учителей профильных классов школ г. Ярославля в ЦКП ДМНС

В соответствии с соглашением Правительства Ярославской области с ОАО «РОСНАНО» и Фондом инфраструктурных и образовательных программ Центр реализует дополнительные образовательные программы в сфере нанотехнологий.



Открытие курсов по-
вышения квалификации
операторов уникального
аналитического оборудо-
вания. Курсы прово-
дятся по контракту Яр-
ГУ с правительством
Ярославской области

ЦКП «Диагностика микро- и наноструктур» является одним из организа-
торов регулярной «Международной конференции по актуальным проблемам
физики поверхности и наноструктур».



Участники междуна-
родной конференции
ICMPSN 2012. Парк-
отель Ярославль, 2012 г.