



Курчатовский комплекс
кристаллографии и фотоники
НИЦ «Курчатовский институт»

ЦКП «СТРУКТУРНАЯ
ДИАГНОСТИКА МАТЕРИАЛОВ»

119333, г. Москва,
Ленинский проспект, д. 59
телефон: +7 (499) 135-61-20
e-mail: ckpicras@mail.ru
<https://kif.ras.ru/ckp/>



Курчатовский комплекс
кристаллографии и фотоники
НИЦ «Курчатовский институт»



ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

**СТРУКТУРНАЯ
ДИАГНОСТИКА
МАТЕРИАЛОВ**



Центр коллективного пользования "Структурная диагностика материалов" Курчатовского комплекса кристаллографии и фотоники НИЦ "Курчатовский институт" создан в 2002 году в Институте кристаллографии. С момента основания был **оснащен большим количеством современных рентгеновских, электронно-микроскопических, оптических и других измерительных приборов и установок**, на которых можно проводить исследования структуры, состава и свойств широкого круга материалов. На имеющемся оборудовании **высококвалифицированные сотрудники** выполняют работы как для подразделений комплекса, так и для сторонних организаций. Одним из важнейших аспектов деятельности Центра является **метрологическое обеспечение оборудования**. Все приборы Центра проходят **периодическую поверку или калибровку**, утверждены методики выполнения измерений. ЦКП "Структурная диагностика материалов" принимает участие в **тематических выставках**, на которых представляет свое оборудование и измерительные возможности. С использованием оборудования Центра выполняется большое число поисковых работ в рамках грантов, НИОКР, государственных контрактов, договоров, работ по тематикам бюджетного финансирования, а полученные результаты ежегодно в большом количестве публикуются в высокорейтинговых российских и зарубежных изданиях.

В рамках договоров и межинститутских соглашений ЦКП "Структурная диагностика материалов" ежегодно сотрудничает более чем с тридцатью организациями, в том числе реального сектора экономики, а также высшими учебными заведениями. Заказчиками работ в разное время выступали такие организации как: МГУ им. М.В. Ломоносова, Сколтех, Роснефть, Газпром, Роснано, НИЦ "Курчатовский институт", ОАО "Хенкель Рус", "ППГ-индастриз", "Промтех Дубна", МИСиС, МИЭТ и другие.

ЦКП "Структурная диагностика материалов" обеспечивает **быстрое и качественное выполнение заказов** на оказание услуг заинтересованным сторонним государственным и коммерческим организациям, физическим лицам, сотрудникам при проведении НИР и НИОКР в подразделениях комплекса, а также проводит **практикумы и обучение** на оборудовании Центра, научные семинары, лекции.

ОСНОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРА –

СТРУКТУРНАЯ ДИАГНОСТИКА РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ:

- органических и неорганических кристаллов, включая кристаллические плёнки и многослойные структуры;
- композитных кристаллических материалов;
- тонких плёнок и многослойных структур, включая трековые мембраны, границы раздела;
- биологически активных веществ, биомакромолекул, в том числе белков и их ассоциатов, вирусов и их компонентов;
- наноматериалов (нанокомпозитов, органических и неорганических наноструктур).

ОСНОВНОЙ КОМПЛЕКС МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

■ РЕНТГЕНОВСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ:

рентгенофазовый анализ (порошковая рентгеновская дифрактометрия), рентгеноструктурный анализ монокристаллов, малоугловое рентгеновское рассеяние, рентгенофлуоресцентный анализ;

■ ЭЛЕКТРОННАЯ, ЗОНДОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ МИКРОСКОПИЯ:

изучение морфологии поверхности и структуры материалов с помощью оптической, конфокальной и электронной микроскопии – просвечивающей и растровой, ионного травления и резки, а также методов зондовой микроскопии;

■ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ (КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ) ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА:

рентгенофлуоресцентный анализ, энергодисперсионный рентгеновский микроанализ, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (в том числе, с лазерной абляцией), атомно-эмиссионная спектрометрия;

■ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ:

измерение теплопроводности и температур фазовых переходов методами термогравиметрии, дифференциальной сканирующей колориметрии, измерение импедансных и электрических характеристик, определение нанотвердости, взвешивание микрообъектов, измерение размеров пор;

■ ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ:

исследование оптических свойств материалов, морфологии поверхности, химического состава методами спектроскопии, оптической и лазерной конфокальной микроскопии, эллипсометрии, динамического светорассеяния;

■ МЕТОДЫ ПРОБОПОДГОТОВКИ:

механическое и ионное утонение, полировка, шлифовка, ионная резка, травление и другие виды пробоподготовки образцов, в том числе материалов, легко разрушающихся при низких температурах, для исследований оптическими, зондовыми, электронно-микроскопическими и другими методами.

ОСНОВНЫЕ УСЛУГИ

- 1 Структурные исследования белков и неорганических материалов методами рентгеновской дифрактометрии: экспресс-анализ структуры порошков и тонких плёнок; исследования в широком интервале температур (28–1200 K) на монокристалльном рентгеновском дифрактометре, моделирование динамики атомных характеристик;
- 2 Рентгенофлуоресцентные исследования поверхности, приповерхностных слоев, многослойных систем и тонких плёнок, в том числе методом стоячих рентгеновских волн;
- 3 Рентгеновские исследования реальной структуры кристаллов;
- 4 Рентгеновская томография биологических объектов;
- 5 Исследования методами просвечивающей и растровой электронной микроскопии атомной структуры, морфологии поверхности и элементного состава широкого класса материалов в области полупроводникового материаловедения, катализа, минералогии и биологии; 3D реконструкция объектов;
- 6 Быстрое построение с высоким разрешением карт распределения элементов в образце методом энергодисперсионного рентгеновского микроанализа;
- 7 Изготовление наноразмерных изделий методом резки ионным пучком в растровом электронном микроскопе, "сварка" объектов (в том числе наноразмерных систем), создание электрических контактов между наноразмерными материалами различной природы;
- 8 Электронно-дифракционное ("на просвет" и "на отражение") исследование атомной структуры и микроструктуры, а также анализ качества поверхности различных материалов, включая аморфные материалы;
- 9 Электронографический структурный анализ отдельных нанокристаллов методом "полого конуса";
- 10 Оперативный бесконтактный контроль атомарных поверхностей методами атомно-силовой микроскопии;
- 11 Измерение локальных электрических характеристик (потенциала, пространственной вариации емкости поверхности, электростатических сил, тока, электромеханического отклика) методами атомно-силовой микроскопии;
- 12 Исследование методами абсорбционной спектроскопии оптических характеристик, структуры и химического состава конденсированных материалов, в том числе параметров монокристаллов и изделий на их основе;
- 13 Исследование спектральных характеристик в диапазоне 190–3300 нм и примесного состава монокристаллов, растворов органических и неорганических соединений, полиэлектролитных микро- и наноканалов;
- 14 Исследование методами конфокальной оптической микроскопии 3D объектов и их деталей с разрешением до 350 нм; получение изображений по глубине отдельных срезов прозрачных объектов субмикронного размера с последующим восстановлением трехмерной структуры образца;
- 15 Измерение диэлектрических характеристик, исследование ионной и протонной проводимости и других физико-химических свойств кристаллов при высоких температурах в различных газовых атмосферах;
- 16 Исследования тепловых характеристик и фазовых переходов, изменения массы материалов в различных газовых атмосферах и вакууме, а также измерения теплоемкости;
- 17 Исследования качественного и количественного состава микропримесей и следовых примесей различных жидких и твердых материалов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с возможностью лазерного пробоотбора;
- 18 Исследования элементного состава образцов методом атомно-эмиссионной спектрометрии;
- 19 Исследование проводимости и вольт-амперных характеристик различных полупроводниковых элементов (диодов, полевых и биполярных транзисторов фотовольтаических ячеек и солнечных элементов) двухзондовым и четырёхзондовым методами;
- 20 Рентгенофлуоресцентный экспресс-анализ элементного состава твердых неорганических материалов и построение карт распределения элементов;
- 21 Приготовление плоскопараллельных поверхностей зеркального качества для электронной микроскопии, включая резку, полировку и шлифовку образцов в автоматическом или полуавтоматическом режиме;
- 22 Ионная полировка и очистка шлифованных поверхностей, ионное травление поперечных срезов.

ПРИБОРНАЯ БАЗА ЦЕНТРА

ЦКП располагает БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРОВ И УСТАНОВОК

■ ПРОСВЕЧИВАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ МИКРОСКОПЫ (ПЭМ):

1 ПЭМ высокого разрешения с полевой эмиссией и сверхбыстрым элементным микроанализатором Osiris (FEI, США, 2015 г.)

Исследование атомной структуры твердых тел с высоким разрешением в режимах HRTEM и STEM (разрешение $< 1.4 \text{ \AA}$) и быстрое построение карт распределения элементов в образце с помощью энергодисперсионного рентгеновского микроанализа (разрешение $< 1 \text{ нм}$).

Ускоряющее напряжение до 200 кВ.

2 ПЭМ высокого разрешения Tecnai G²30 S-TWIN (FEI, США, 2005 г.)

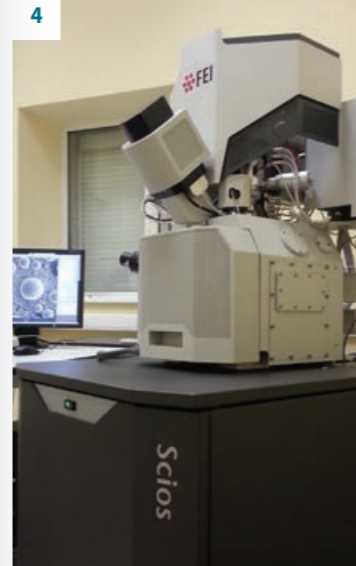
Исследования твердых тел с высоким (вплоть до атомного) пространственным разрешением. Проведение качественного и полуколичественного элементного анализа образцов.

Ускоряющее напряжение до 300 кВ. Пространственное разрешение до 1.4 \AA .

3 Криоэлектронный ПЭМ Tecnai G² 12SPIRIT (FEI, США, 2005 г.)

Исследование атомной и молекулярной структуры материалов в режиме заморозки образца.

Ускоряющее напряжение до 120 кВ. Пространственное разрешение до 3 \AA .



■ РАСТРОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ МИКРОСКОПЫ (РЭМ):

4 Автоэмиссионный РЭМ JSM-7401 F (JEOL, Япония, 2006 г.)

Исследование особенностей морфологии поверхности широкого спектра аморфных и кристаллических материалов, изучение элементного состава образцов. Ускоряющее напряжение до 30 кВ. Пространственное разрешение до 10 \AA .

5 Высокорастворяющий двулучевой электроно-ионный растровый микроскоп Scios (FEI, США, 2015 г., модернизация 2018 и 2020 гг.) с фокусированным ионным пучком (FIB), системой напыления, микроманипулятором, детектором обратно рассеянных электронов и системой энергодисперсионного рентгеновского микроанализа

Исследование морфологии поверхности образца с высоким разрешением и вариацией по контрасту (до 1 нм в электронном и до 5 нм в ионном пучке). Подготовка образцов для ПЭМ, системы ионной резки и напыления материалов по шаблонам, создание 3D микро- и нанообъектов. Исследования текстуры поликристаллических материалов, ориентации монокристаллов, дефектов, определение кристаллических фаз, изучение границ зерен, картирование микродеформаций, качественный и полуколичественный анализ, одновременное построение карт распределения элементов и получение микрофотографий, 3D реконструкция объектов, в том числе с использованием детектора обратно рассеянных электронов. Ускоряющее напряжение до 30 кВ.

6 РЭМ QUANTA 200 3D (FEI, США, 2008 г.) с FIB и микроманипуляторами

Исследование морфологии поверхности любых материалов, в том числе биологических в режиме низкого вакуума, изучение состава образцов и построение карт распределения элементов, создание 3D микро- и нанообъектов, изготовление, визуализация и анализ микросрезов и микросечений, полученных с помощью FIB.

Ускоряющее напряжение до 30 кВ. Пространственное разрешение до 30 \AA . Вакуум от 10^{-4} до 75 Па .

■ СКАНИРУЮЩИЕ ЗОНДОВЫЕ МИКРОСКОПЫ:

1 Solver PRO-M (NT-MDT, Россия, 2010 г.)

Исследования сверхбольших образцов с использованием сканирующей головки в конфигурации Standalone, в том числе для модификации поверхностей, манипуляции частицами (до 50 нм в диаметре) и литографии высокого разрешения.

Размеры образцов до 100 мм. Пространственное разрешение до 10 нм.

2 Ntegra Prima (NT-MDT, Россия, 2006 г., модернизация 2015 г.)

Изучение рельефа и шероховатости поверхности образцов, исследование пространственного распределения электрических, магнитных, механических, адгезионных свойств поверхности.

Пространственное разрешение менее 0.1 нм.

■ РЕНТГЕНОВСКИЕ ДИФРАКТОМЕТРЫ:

3 Порошковый дифрактометр X'Pert Pro (PANalytical, Нидерланды, 2006 г.)

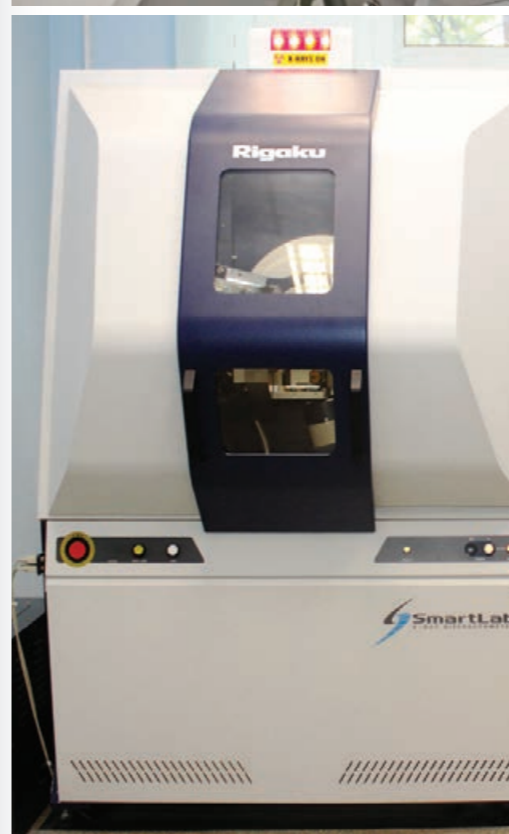
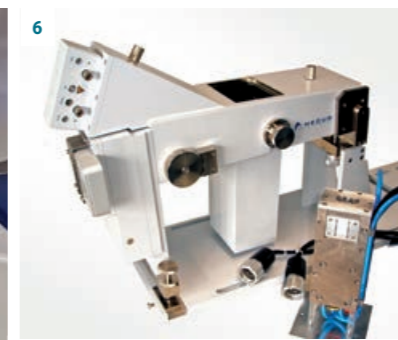
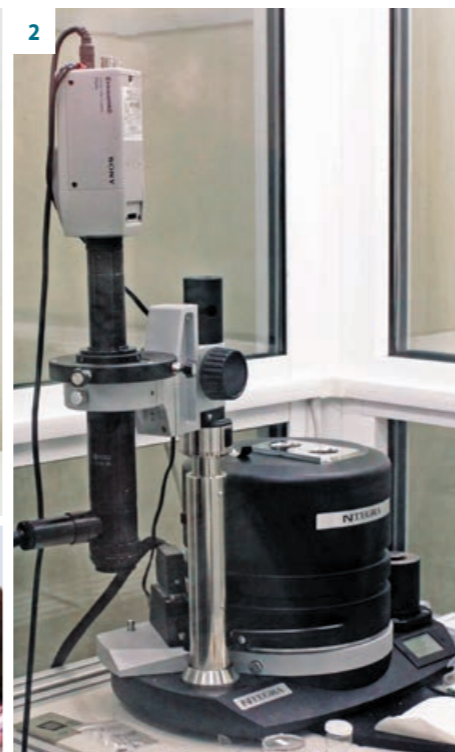
Качественный и количественный анализ фазового состава порошковых и поликристаллических объектов в геометрии на отражение и на просвет.

Длина волны излучения 1.54 Å.

4 Монокристалльный дифрактометр Xcalibur S (Oxford Diffraction, Англия, 2006 г., модернизация 2015 г.), оснащённый температурной приставкой Cobra Plus

Проведение дифракционных экспериментов для структурных исследований монокристаллов неорганических и органических соединений при низких и высоких температурах.

Длина волны излучения 0.71 Å, температурный диапазон 80–500 К.



5 Монокристалльный рентгеновский дифрактометр с вращающимся анодом XtaLAB Synergy-DW (Rigaku–Oxford Diffraction, Япония–Польша, 2020 г.), оснащённый температурными приставками N-Helix, Cobra Plus, Gaz Blower и алмазными наковальнями

Исследования монокристаллов органических и неорганических соединений: определение атомной структуры кристаллов – параметров элементарной ячейки, пространственной симметрии, позиционных параметров атомов, параметров тепловых колебаний атомов, распределения электронной плотности.

Длины волн излучения 0.71 и 0.56 Å. Температурные диапазоны 28–300, 80–500, 300–1200 К. Высокие давления до 95 ГПа.

6 Малоугловой дифрактометр SAXS2D (HECUS, Австрия, 2006 г.)

Исследование надатомной структуры твёрдого тела, полимеров, жидкостей, мицелл, биологических макромолекул в растворе, полидисперсных материалов, сплавов, фрактальных систем и других наноматериалов. Получение статистических данных о размерностях частиц в слабопоглощающих образцах в диапазоне 0.6–150 нм.

Длина волны излучения 1.54 Å.

7 Универсальный дифрактометр SmartLab™ с вращающимся анодом 9 kW (Rigaku, Япония, 2007 г.), оснащённый оптикой для вариации расходимости, монохроматичности и размера пучка, рентгенофлуоресцентным детектором

Изучение планарных тонкоплёночных систем, поликристаллов, монокристаллов, порошковых материалов с использованием методов стоячих рентгеновских волн, рефлектометрии, двухволновой и многоволновой дифрактометрии, рентгенофазового и рентгенофлуоресцентного анализа.

Длины волн излучения 1.54 и 0.71 Å.

8 Порошковый настольный дифрактометр Miniflex 600 (Rigaku, Япония, 2015 г.)

Проведение качественного и количественного экспресс-анализа фазового состава различных порошковых, поликристаллических и некоторых тонкоплёночных материалов.

Длина волны излучения 1.54 Å.

ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ:

1 Оптический лазерный конфокальный сканирующий микроскоп TCS SPE (Leica, Германия, 2008 г.)

Исследование трехмерных живых и фиксированных объектов и их деталей, окрашенных флуоресцентными красителями, восстановление трехмерной структуры объекта по сериям конфокальных оптических срезов. Наблюдение и документирование динамических процессов в живых системах.

Длины волн излучения 405 нм, 488 нм, 532 нм и 635 нм. Доступный диапазон детекции: 430–750 нм. Пространственное разрешение по глубине 10 нм.

2 Спектрофотометр Cary 5000 (Varian, Австралия, 2009 г.)

Измерения спектральных характеристик кристаллических материалов и изделий из них, включая нанокристаллы, биокристаллы, тонкие плёнки.

Спектральный диапазон 175–3300 нм.

3 Анализатор размера и дзета-потенциала частиц DelsaTM Nano (Beckman Coulter, США, 2009 г.)

Определение размеров частиц от 0.6 до 7000 нм в коллоидных растворах и измерение дзета-потенциала в диапазоне от -100 до +100 мВ для частиц размером от 5 нм до 10 мкм.

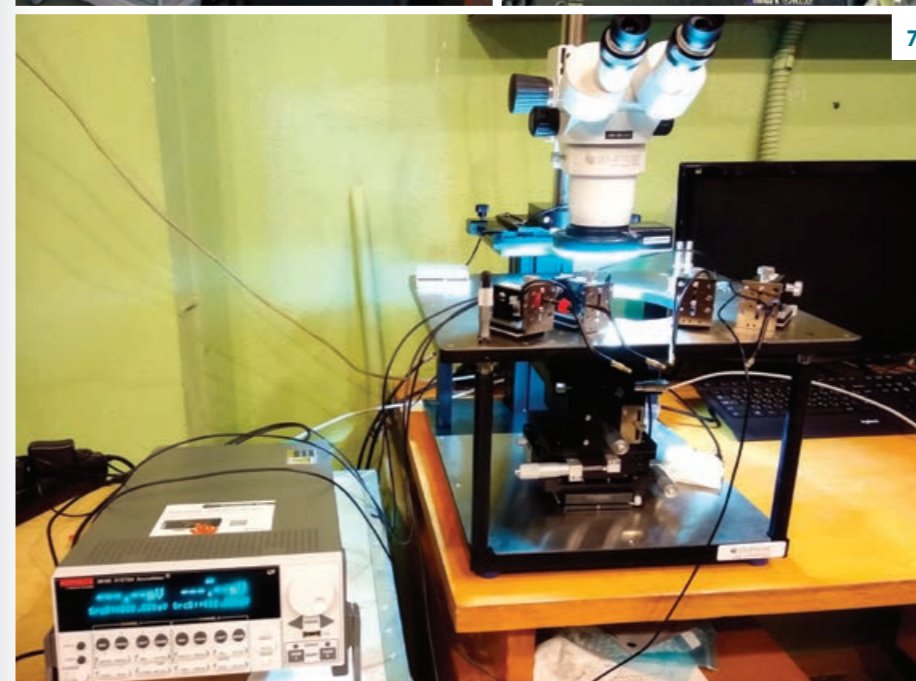
Объем исследуемого образца – 1 мл.

4 Эллипсометр UVISSEL NIR2.1 AGMS (Horiba Jobin Yvon, ФРАНЦИЯ-Япония, 2012 г.)

Измерение оптических характеристик материалов, в том числе дисперсии показателей преломления и коэффициента поглощения изотропных и анизотропных материалов, толщины и состава многослойных структур, получение данных об ориентации оптических осей материалов.

Спектральный диапазон: 250–2100 нм.

Размер аналитического пучка (диафрагмы): 80 мкм, 100 мкм, 1 мм.



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ:

5 Установка Novoterm 1200 с измерителем импеданса Alpha-A + ZG4 analyser (Novocontrol Technologies GmbH & Co, США, 2012 г.)

Измерение различных электрических характеристик кристаллических или аморфных материалов многозондовым методом.

6 Прибор синхронного термического анализа ТГ-ДСК STA 449 F1 Jupiter (NETZSCH, Германия, 2012 г.)

Сочетание методов дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрии в одном измерении для характеристики тепловых характеристик и фазовых переходов, изменения массы материалов в различных газовых атмосферах и вакууме, а также измерения теплоемкости.

7 Зондовая станция LA-150DC (SemiProbe, Германия, 2020 г.)

Исследование проводимости и вольт-амперных характеристик различных полупроводниковых элементов (диодов, полевых и биполярных транзисторов фотовольтаических ячеек и солнечных элементов) двухзондовым и четырехзондовым методами.

8 Сканирующий зондовый микроскоп нанотвердомер "НаноСкан-3D" (TICNUM, Россия, 2014 г.)

Изучение микротвердости и нанотвердости, а также модуля упругости различных объемных материалов и тонких плёнок методами индентирования и склерометрии.

Диапазон нагрузок до 100 мН.

■ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА:

1 Масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой и системой лазерного пробоотбора iCAP Q (Thermo Scientific, Германия, 2014 г.)

Анализ качественного и количественного, в том числе изотопного, состава микропримесей и следовых примесей (за исключением газообразующих элементов, Са). Анализ растворов жидких и твердых образцов с точностью менее 1 ppb (одна миллиардная доля), в том числе нерастворимых материалов с помощью системы лазерного пробоотбора.

Прибор располагается в комплексе чистых помещений.

2 Двухканальный атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой iCap (Thermo Scientific, Германия, 2017 г.)

Определение чистоты материала, в том числе основных элементов, благодаря проведению качественного и количественного элементного анализа любых твердых и жидких материалов (воды, сплавов, кристаллов и других материалов) с точностью до 1 ppm (одна миллионная доля).

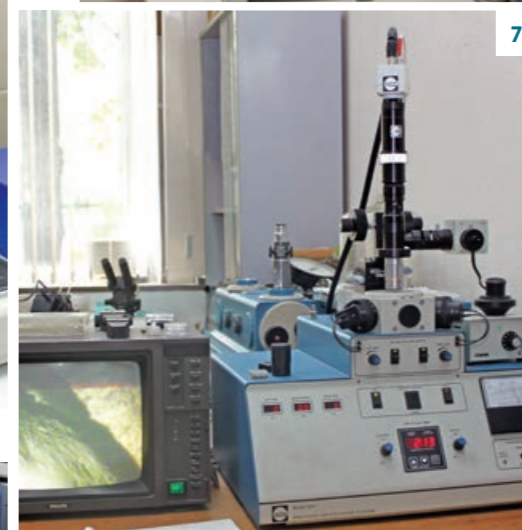
Прибор располагается в комплексе чистых помещений.

3 Рентгенофлуоресцентный спектрометр ORBIS PC Micro-XRF Analyzer (EDAX, США, 2020 г.)

Неразрушающий элементный анализ (от Na до U) объектов произвольной формы, в том числе картирование распределения элементов.

Длина волны излучения – 0.71 Å. Режимы работы: вакуум (0,5 Торр), атмосферное давление.

4 Исследование качественного и количественного элементного состава образцов с помощью энергодисперсионных флуоресцентных детекторов, установленных на микроскопах Osiris, Tecnai G230 S-TWIN, JSM-7401 F, Scios, QUANTA 200 3D, JCM 6000Plus.



■ ПРОБОПОДГОТОВКА

Комплекс механической и ионно-лучевой подготовки проб на базе станка механической обработки твердых образцов

5 TXP (Leica Microsystems, Германия, 2020 г.)

и установки ионного травления

6 IM4000 Plus (Hitachi, Япония, 2020 г.)

предназначен для приготовления плоскопараллельных поверхностей зеркального качества для электронной микроскопии. Ионная полировка и очистка поверхности шлифов, травление поперечных срезов с помощью установки ионного травления, в том числе при низких температурах (до температуры жидкого азота).

7 Ионное утонение для просвечивающей электронной микроскопии (Gatan 691 PIPS),

8 полировка и шлифовка образцов (Struers LaboPol 5),

9 очистка плазмой образцов для РЭМ и ПЭМ (Fiscione NanoClean 1070),

10 пробоподготовка биологических образцов (Vitrobot),

11 проволочная алмазная пила (B. Well), ультразвуковые ванны.

12 Подготовка образцов для просвечивающей электронной микроскопии с использованием электронных микроскопов Scios, QUANTA 200 3D.

■ ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ЗОНЫ

Ряд приборов и оборудования ЦКП "Структурная диагностика материалов" располагается в чистых помещениях и климатических зонах классов ИСО5, ИСО6, ИСО7, ИСО8/P5(100), P6(1000), P7(10000), P8(100000): чистое помещение Trackrope room – 02, климатические зоны Trackrope room – 05, чистое помещение для проведения исследований в различных областях нанотехнологий (обеспечивает содержание в 1 м³ воздуха от 100 до 100 000 пылинок и "абсолютно" чистую – нулевую – зону).



■ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Оборудование ЦКП "Структурная диагностика материалов" полностью обеспечено метрологически. Центр имеет в своем распоряжении более 60 аттестованных методик измерений. Из них четыре методики имеют статус ГОСТа и девять аттестованы в ранге рекомендаций метрологического института.

Перечень методик измерений, имеющих статус национального стандарта Российской Федерации (ГОСТ):
 ГОСТ Р 8.696–2010.
 ГОСТ Р 8.697–2010.
 ГОСТ Р 8.698–2010.
 ГОСТ Р 8.700–2010.



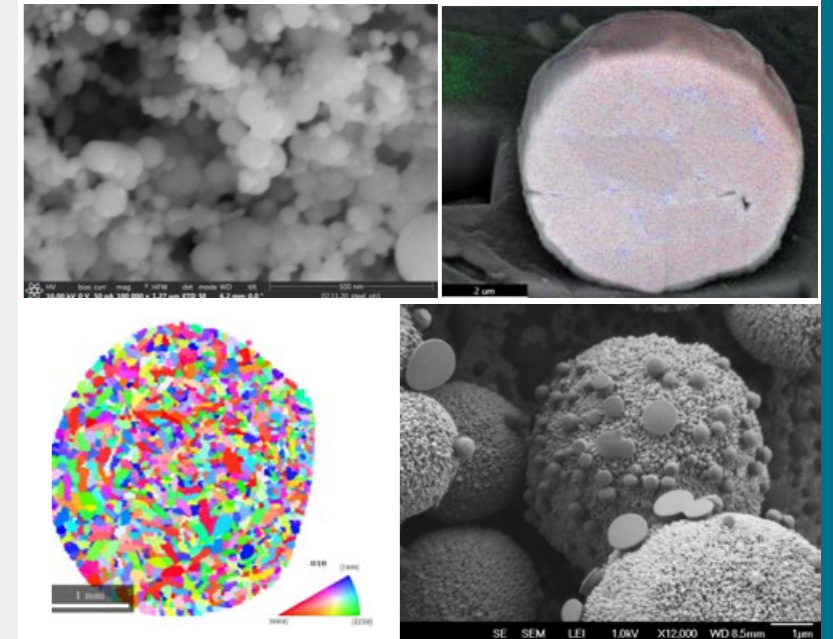
Перечень методик измерений (МИ), прошедших Государственную регистрацию в ранге рекомендаций метрологического института:

МИ 3077–2007, МИ 3078–2007, МИ 3079–2007, МИ 3080–2007, МИ 3143–2008, МИ 3142–2008, МИ 3141–2008, МИ 3160–2008, МИ 3161–2008.

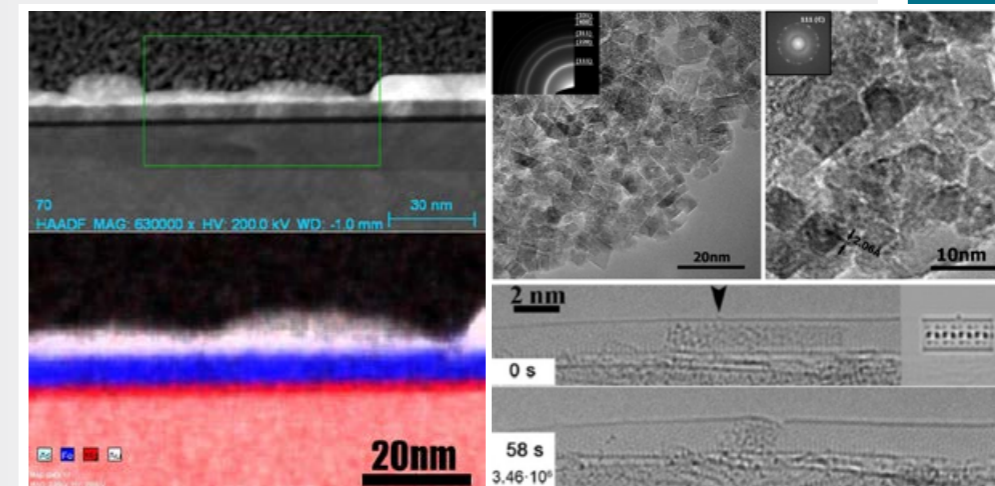
ПРИМЕРЫ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕНТРА

■ РАСТРОВАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ

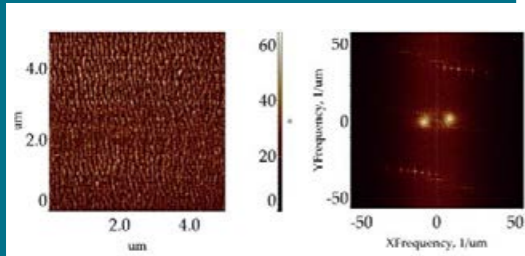
Изображения наночастиц Ni (вверху слева) и карта распределения элементов (вверху справа) на срезе частицы ZrB₂ с включениями SiO₂, полученные с использованием ионного пучка в РЭМ **Scios**. Ориентационная карта фазы CrSi₂ (внизу слева) в образце, приготовленном с помощью установок механической резки и ионной полировки **Leica TXP** и **Hitachi IM4000 Plus**, построена с использованием детектора обратно рассеянных электронов (**EDAX Hikari Super**). Изображение (внизу справа), полученное с помощью РЭМ **JEOL 7401F**.



■ ПРОСВЕЧИВАЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ

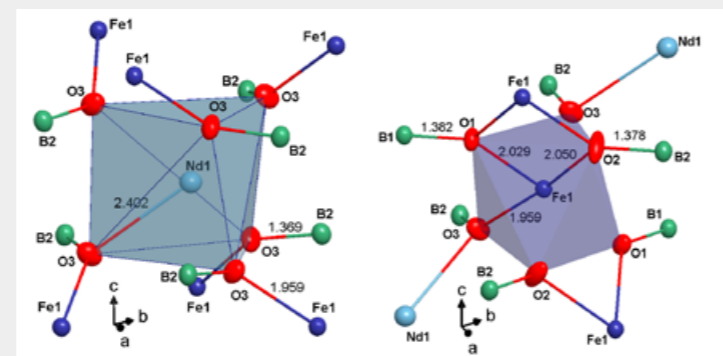


Изучение структуры и состава тонких плёнок Mg–Fe–Au (слева) на поверхности GaAs методом ПЭМ и сверхчувствительного энергодисперсионного рентгеновского микроанализа с использованием электронного микроскопа FEI **Osiris**. Исследование структуры нанодIAM (вверху справа), а также процессов диффузии атомов кристалла ZnTe через дефекты в одностенных углеродных нанотрубках (внизу справа) после облучения электронами в течение 58 с в колонне просвечивающего электронного микроскопа.



■ СКАНИРУЮЩАЯ ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ

Исследование *in situ* фазового перехода в кристалле триглицин-сульфата (ТГС) методами контактной и гибридной сканирующей пьезоэлектрической микроскопии (микроскоп **Ntegra Prima**). Метастабильная квазипериодическая одномерная структура, образующаяся в кристалле ТГС вблизи температуры Кюри: микроскопия пьезоэлектрического отклика (контактный режим) (а); фурье-образ фазового изображения (б). Масштаб 5 × 5 мкм.

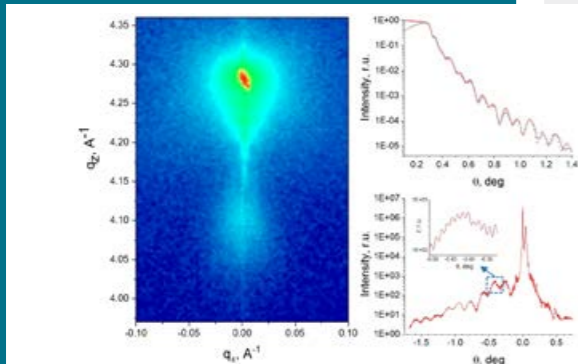


Координационные полиэдры (Nd, Bi)O₆ и FeO₆ в структуре (Nd_{0.91}Bi_{0.09})Fe₃(BO₃)₄ с локальным окружением атомами В и О, построенные по данным, полученным на монокристалльном рентгеновском дифрактометре **Rigaku XtaLAB Synergy-DW**. На рисунке показаны длины межтомных связей в ангстремах.

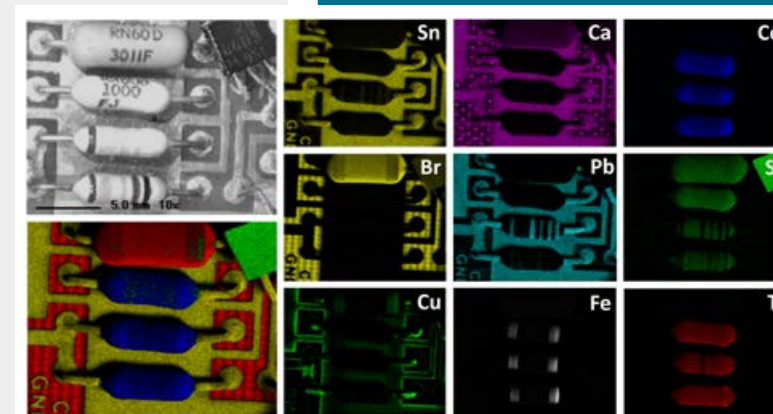
■ РЕНТГЕНОВСКАЯ ДИФРАКТОМЕТРИЯ

Комплексное исследование образцов многослойных гетероструктур

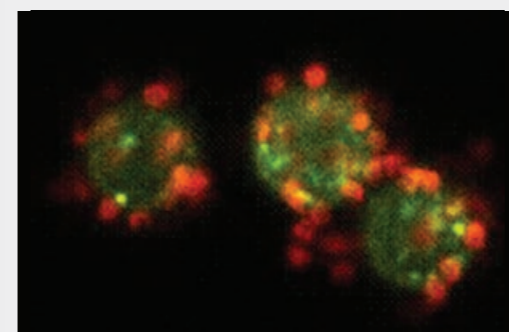
In_xAl_{1-x}As/In_yGa_{1-y}As/In_xAl_{1-x}As с помощью многофункционального дифрактометра **Rigaku SmartLab** методами картирования обратного пространства, рентгеновской рефлектометрии и высокоразрешающей рентгеновской дифракции.



■ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ



Карты распределения элементов в образце, полученные с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора **EDAX Orbis PC**: изображение платы с элементами электроники (слева вверху); наложение обнаруженных химических элементов Sn, Ca, Co, Br, Pb, Si, Cu, Fe, Ti (слева внизу) и карты их распределения (справа).



Лазерная конфокальная оптическая микроскопия полиэлектролитных (полилизин ФИТС/полиаргинин) микрокапсул (размер 5–7 мкм), поверхность которых модифицирована микрокапсулами микронного размера.

■ ЛАЗЕРНАЯ КОНФОКАЛЬНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ МИКРОСКОПИЯ

■ МАЛОУГЛОВОЕ РЕНТГЕНОВСКОЕ РАССЕЯНИЕ

Определение формы макромолекул иммуноглобулина М и ревматоидного фактора в растворе методом моделирования по данным малоуглового рентгеновского рассеяния

