

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ЦКП,
зам. директора ФГБНУ ТИСНУМ



В.М. Прохоров

**Перечень услуг, оказываемых ЦКП федерального государственного
бюджетного научного учреждения «Технологический институт сверхтвердых и
новых углеродных материалов» (ФГБНУ ТИСНУМ)
«Исследования наноструктурных, углеродных и сверхтвердых материалов», в
режиме коллективного пользования**

Троицк 2018

ЦКП ФГБНУ ТИСНУМ предоставляет научно-исследовательским организациям и промышленным компаниям в режиме коллективного пользования следующие виды услуг:

Новые эффективные методы и средства проведения исследований:

Электронная микроскопия

- Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения. Микроскоп JEM-2010 высокого (до 1,4 А) разрешения (JEOL, Япония).
- Сканирующая электронная микроскопия. Микроскоп JSM-7600F с разрешением до 0,6 нм (в зависимости от объекта).
- Система фокусированного ионного пучка (ФИП) - установка ионной обработки EM 09100IS Ion Slicer.

Рентгеновские измерения и УНУ «Рентгеновская установка»

- Рентгеновская порошковая дифрактометрия на базе рентгеновской вертикальной дифракционной системы TETA ARL X'TRA.
- Рентгеновская дифрактометрия, определение *in situ*, в условиях высоких давлений структуры и сжимаемости материалов. Рентгеновский дифрактометр с вращающимся анодом и приставкой для исследования микрообразцов и двумерным детектором "Imagine Plate" (Rigaku, Япония).
- Рентгеновская система исследования топографии монокристаллов XRT-100.
- Уникальная Научная Установка (УНУ), в состав которой входят лабораторные источники рентгеновского излучения с вращающимся анодом, высокочувствительные (однофотонные) полупроводниковые детекторы высокого разрешения, рентгеновская оптика, сканирующий нанотвердомер NanoScan, компьютерная техника, оптика видимого диапазона длин волн и лазерной техники, программное обеспечение, включающее систему распознавания образов (система технического зрения).

Оптическая спектроскопия

- КР-спектроскопия при комнатной и низких (азотных) температурах. Спектрометр для исследования спектров комбинационного рассеяния и фотолюминесценции TRIAX 552 с микроприставкой (JOBIN YVON, Франция).

- ИК-спектроскопия и УФ-поглощение. ИК-спектрометр Thermo Nicolet Nexus FT-IR (диапазон 400÷600 см⁻¹, разрешение 1см⁻¹) с приставкой диффузного отражения (Thermo Nicolet Corporation, США). Спектрофотометр Cary-4000 (диапазон 170÷900 нм, разрешение 1 см⁻¹) (VARIAN, Австралия).

- Структурные исследования «in situ» методами КРС и рентгеновской дифракции в сдвиговых аппаратах сверхвысоких давлений с алмазными наковальнями, В состав комплекса для исследования фазовых переходов при высоких давлениях (до 3 Мбар) и температурах (до 3000 К и выше) входят:

1. установка для лазерного нагрева в сдвиговой камере с алмазными наковальнями до температур 3000 К и выше;

2. лазерная многоволновая система для возбуждения и регистрации спектров фотолюминесценции и комбинационного рассеяния света (КРС) в ультрафиолетовом (213 и 266 нм) и фиолетовом (405 нм) спектральных диапазонах.

Сканирующая зондовая микроскопия

- Комплексные исследования различных объектов с высоким пространственным разрешением методом сканирующей зондовой микроскопии в сканирующей зондовой лаборатории «Интегра-Прима» (НТ-МДТ, Россия).

- Измерения нанотвердости и упругости на наноуровне, измерение твердости стандартными методами. Сканирующий зондовый микроскоп-твердомер НаноСкан-3Д» для исследований упругих свойств материалов с пространственным разрешением 10x100x100 нм3 (ФГУ ТИСНУМ, Россия), оснащенный оптической системой визуализации (3D профилометр-конфокальный микроскоп).

Акустические измерения

- Прецизионные измерения фазовой скорости продольных ультразвуковых волн в образцах различных конструкционных материалов (металлов, сплавов, керамик, пластмасс, композитов) при одностороннем доступе к объекту контроля. Определение упругих модулей. Лазерный дефектоскоп УДЛ-2М.

- Измерение скоростей звука и упругих модулей твердых тел в образцах малых (1-2 мм) размеров. Высокочастотный, широкополосный, импульсный акустический микроскоп (диапазон 25÷100 МГц).

Электрические измерения

- Измерения вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик для исследования элементов микро- и нанoeлектроники. Измерения ЭДС Холла в магнитном поле до 2 Тесла. Установка LakeShore-7504 Cryotronics + Kethley 4200 SCS (США).

- Комплекс для исследования магнитооптических и электрооптических свойств синтетических алмазов и других широкозонных полупроводниковых материалов в диапазоне температур от 2 до 400 К, модель MLS фирмы LOT- QuantumDesign GmbH, Германия. Комплекс предназначен для изучения методом магнитооптической спектроскопии эволюции донорных и акцепторных состояний в полупроводниках (эффект Зеемана) и наблюдение в дальнем ИК диапазоне зависимости характеристик циклотронного резонанса от магнитного поля.

Теплофизические измерения

- Измерение тепловых свойств по изменению массы образца при нагреве в вакууме и/или защитной среде. Низкотемпературный дифференциальный сканирующий калориметр Diamond DSC CRYOFILL 8000.

- Измерение теплопроводности. Анализатор тепло- и температуропроводности LFA 457/2/G MicroFlash (NETZSCH, Германия).

- Измерения электрического сопротивления и коэффициента Зеебека в диапазоне температур от комнатной до 800 С. Прибор LSR-3 (LISEIS, Германия).

Измерения механических характеристик

- Измерение механических характеристик материалов. Машина для механических испытаний Instron 5982 (Германия).

- Комплекс термомеханического анализа свойства образцов на основе термомеханического анализатора (Вертикальный дилатометр) модели TMA 402 F1 Hyperion® (NETZSCH, Германия). Измеряемые параметры: коэффициент теплового расширения, модуль Юнга (изменение длины в зависимости от нагрузки и температуры), модуль изгиба (трехточечный изгиб) в зависимости от температуры. Возможность проведения измерений в динамическом режиме. (диапазон температур от -150°C до 2300°C; длина образца от 0 до 50 мм; диаметр образца до 7 или 10 мм; изменение длины образца - до 4 мм; разрешение по длине не менее 10 нм; температурное разрешение не более 0,05°C; погрешность в измерении КЛТР не менее $0,01 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$).

Возможность анализа газов в режиме реального времени (Газоаналитическая система NETZSCH QMS 403 D Aeolos на базе квадрупольного масс-спектрометра с программным обеспечением для подключения газоанализатора к системе термического механического анализа).

- Анализатор удельной поверхности и пористости NOVAtouch NT 2LX-1. Quantachrome, США.

Пробоподготовка

- Металлизации и формирования контактов к изделиям с помощью установки магнетронного напыления металлов ORION AJA (США).

- Пробоподготовка образцов для металлографических исследований на оборудовании «Struers» с микропроцессорным управлением для электрополировки и травления.

- Комплекс контроля технических параметров оснастки для изготовления и испытаний экспериментальных образцов изделий из синтетического алмаза и сверхтвердых материалов. Комплекс используется в составе УНУ для выполнения работ по тестированию элементов рентгеновской оптики, для регистрации рентгеновских топограмм, определению остаточных напряжений в тонких пластинах из монокристаллов синтетических алмазов и др.

- Комплекс подготовки и проведения испытаний экспериментальных образцов изделий из синтетического алмаза и сверхтвердых материалов. Лазерный маркировочно-обрабатывающий центр для высокоточной маркировки алмазных изделий и элементов оснастки камер высокого давления размерами до 110x100 мм, глубиной до 300 мм представляет собой интегрированный модуль на базе импульсного наносекундного волоконного иттербиевого лазера и 2-х осевого гальваносканера с фокусирующей F-Theta линзой.

Синтез материалов и термобарическая обработка

- Термобарическая обработка материалов давлением до 13 ГПа при температурах до 2500 °С. Пресс ДО-044 2500 тонн +Устройство нагрева +Измерительная аппаратура (Установка УСУ-01/А, ФГУ ТИСНУМ, Россия).

- Синтез методом химического газофазного осаждения монокристаллических пленок алмаза. Установка для получения монокристаллического CVD слоя на подложках из монокристаллического алмаза PLASSYS (Франция).

Метрологическое обеспечение проводимых НИР обеспечивается метрологической службой ФГБНУ ТИСНУМ.

Перечень методик ЦКП:

1. Измерение микротвердости образцов композиционных материалов с наноструктурой;
2. Измерение твердости и модуля Юнга на наноуровне в СЗМ «НаноСкан»;
3. Определение методом рентгеновской дифракции микродеформаций и геометрических параметров кристаллитов для смесей металл+наноуглерод;
4. Определение методом рентгеновской дифракции фазового состава образцов наноуглерода и полимеризованного фуллерита;

5. Определение методом сканирующей электронной микроскопии геометрических параметров наноуглеродных частиц и смесей металл+наноуглерод;
6. Исследование образцов методом спектроскопии комбинационного рассеяния;
7. Определение плотности образцов;

Новые методики ЦКП. Разработанные в 2017-2018 гг.:

8. Методика измерения шероховатости поверхности с помощью оптического профилометра;
9. Методика выполнения измерений геометрии острия алмазных наконечников методом оптической профилометрии (Характеризация формы алмазных наконечников типа Беркович, Характеризация формы алмазных наконечников типа Виккерс);
10. Методика выполнения измерений геометрии алмазно-твердосплавных пластин методом оптической профилометрии;
11. Методика выполнения измерений геометрии параболических плоско-вогнутых алмазных линз;
12. Методика измерения шероховатости образцов монокристалла алмаза с помощью оптического профилометра;
13. Методика измерения концентрации некомпенсированной примеси бора в монокристалле алмаза;
14. Методика измерения удельного электрического сопротивления монокристаллических CVD-слоев на легированных алмазных подложках;
15. Методика измерения подвижности носителей заряда в легированных бором пластинах алмаза;
16. Методика измерения концентрации примеси азота в монокристаллических CVD-слоях на легированных алмазных подложках;
17. Методика измерения плотности дислокаций в легированных бором пластинах алмаза с высокой проводимостью.

На основе методик ЦКП созданы комплексные методики испытаний:

- Методика испытаний сверхтвердых углеродных материалов;
- Методика испытаний нанозондов на основе синтетических прецизионно-легированных монокристаллических алмазов;
- Методика испытаний нанозондов на основе фуллеренов и углеродных нанотрубок.