

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЕРХТВЕРДЫХ И НОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ



ТИСУМ





Федеральное Государственное Бюджетное Научное Учреждение «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов»

Институт был основан в 1995 году как Научно-технический центр «Сверхтвердые материалы» (НТЦ СТМ), а в 1998 году реорганизован в «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов» (ТИСНУМ).

Организационно-правовая форма ТИСНУМ – бюджетное учреждение. Ведомственная принадлежность – Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

В структуру института входят следующие подразделения:

1. Отдел структурных исследований
 - Лаборатория спектральных исследований
 - Лаборатория электронной микроскопии
 - Лаборатория рентгеноструктурного анализа
 - Теоретическая группа
2. Отдел роста монокристаллов
 - Лаборатория газофазного осаждения алмаза
 - Лаборатория физических свойств наноструктур
 - Группа разработки и исследований акустоэлектронных устройств на основе алмаза
3. Отдел конструкционных и функциональных наноматериалов
 - Лаборатория функциональных наноматериалов
 - Лаборатория синтеза новых сверхтвердых материалов
 - Лаборатория физико-механических измерений
4. Отдел исследования физико-механических свойств
5. Отдел новых химических технологий и наноматериалов
6. Отдел образовательных программ
7. Кафедра МФТИ (ГУ) - «Физика и химия наноструктур»
8. Вспомогательные подразделения



*Научный руководитель ФГБНУ ТИСНУМ,
профессор, доктор физико-математических наук*
Бланк Владимир Давыдович.



*Директор ФГБНУ ТИСНУМ,
кандидат технических наук*
Терентьев Сергей Александрович.



Объединяют ресурсы подразделений института:

- Центр коллективного пользования (ЦКП) научным оборудованием ФГБНУ ТИСНУМ «Исследования наноструктурных, углеродных и сверхтвердых материалов».
- Научно-образовательный центр «Физика и химия наноструктур».
- Совместная лаборатория ТИСНУМ-СИМЕНС «Функциональные и конструкционные наноматериалы».

Основная задача ФГБНУ «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов» (ТИСНУМ) – создание новых материалов. Для этого в институте проводится весь комплекс необходимых работ, что включает такие стадии, как:

- поисковые исследования;
- опытно-технологические и опытно-конструкторские работы;
- аттестация и сертификация материалов и изделий, закрепление и передача авторских прав на объекты интеллектуальной собственности;
- работы, связанные с продвижением продуктов на рынок.

Институт обладает технологией получения монокристаллов алмаза весом до 7 карат, не имеющих природных аналогов (особочистых, легированных и полупроводниковых). В настоящее время технология внедряется в производство.

ТИСНУМ ведет работы по созданию конструкционных наноматериалов следующих систем: металл, металл-углерод, углерод-углерод, а также наноструктурированных керамик. Уже получены материалы с уникальными механическими свойствами: сплавы на основе алюминия, титана, циркония; твердые сплавы на основе TiC-ZrC; ультратвердые фуллериты; керамики β -Si₃N₄, UO₂. Получены также новые наноструктурированные термоэлектрические материалы на базе Bi₂Te₃.

Постановлением Правительства № 498 в 2007 году институт определен головной организацией по направлению «Конструкционные наноматериалы» в рамках Федеральной целевой программы «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008-2010 годы».

ТИСНУМ придает большое значение кооперации с российскими и зарубежными институтами, такими как Курчатовский научный центр, Институт кристаллографии РАН, ГИРЕДМЕТ, Университет г. Умеа (Швеция), Университет г. Манчестер (Великобритания), Лаборатория кристаллографии Академии Наук Франции и ряд других научно-технологических центров России, Австрии, Германии, США, Японии.

Кадры – основной ресурс любого учреждения. В 2008 году на факультете молекулярной и биологической физики Московского физико-технического института создана кафедра «Физика и химия наноструктур». ТИСНУМ определен базовой организацией, осуществляющей подготовку магистров по направлению 010600 «Прикладные математика и физика» по магистерской программе 010630 «Химическая физика».

Разработки института награждены призами ряда престижных выставок:

- Серебряная медаль 27-го Международного салона инноваций, Женева, 1999.
- Золотая медаль 5-й Международной специальной выставки ЛабораторияЭкспо 2007, Москва, ВВЦ, 2007.
- Золотая медаль 7-го Международного салона инноваций и инвестиций, Москва, ВВЦ, 2007.
- Диплом и медаль II Международной выставки и конгресса «Перспективные технологии XXI века», Москва, ВВЦ, 2008.
- Диплом Международной Выставки Измерительного Оборудования и Технологий, Москва, ЦВК «Экспоцентр», 2008.
- Диплом V Международной выставки наноиндустрии NTMEX 08, Здание Правительства Москвы, 2008.
- Диплом XII Петербургского международного экономического форума, С-Петербург, «Ленэкспо», 2008.
- Диплом Международной выставки iEНа 2008 “IDEEN-ERFINDUNGEN-NEUHEITEN”, Nurnberg, 2008.
- Почетный знак Лауреата 11-го Международного форума «Высокие технологии XXI века», Москва, 2010.
- Золотая медаль и диплом 3-й Международной выставки изобретений на Ближнем Востоке IIFME-2010, Эль-Кувейт.
- Диплом и медаль 9-й Специализированной выставки «Лаборатория Экспо», Москва, 2011.
- Диплом IV Специализированной выставки приборов и средств контроля, измерений, испытаний «Экспо Контроль 2012».



ОТДЕЛ СТРУКТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Заведующий отделом профессор, д.ф.-м.н. **Бланк В.Д.**

Лаборатория спектральных исследований

Заведующий лабораторией к.ф.-м.н. **Денисов В.Н.**

Лаборатория электронной микроскопии

Заведующий лабораторией д.ф.-м.н. **Кульницкий Б.А.**

Лаборатория рентгеноструктурного анализа

Заведующий лабораторией к.ф.-м.н. **Поляков С.Н.**

Лаборатория теоретического моделирования новых материалов

Заведующий лабораторией д.ф.-м.н. **Сорокин П.Б.**

Фундаментальные исследования

- Фундаментальные исследования вещества в экстремальных условиях при сверхвысоких давлениях со сдвиговой деформацией: фазовые превращения материалов, переход к наноразмерным структурам под воздействием высокого давления и сдвига.
- Исследования оптических свойств алмазов, в том числе легированных бором и азотом.

Прикладные исследования

- Исследования оптических и структурных свойств алмазов и углеродных наноструктур.
- Сертификация синтетических и природных алмазов.
- Нанолитография на алмазах: создание поверхностных структур с вертикальными размерами в несколько десятков нанометров.

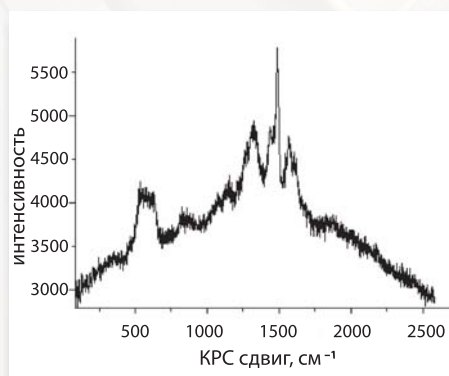
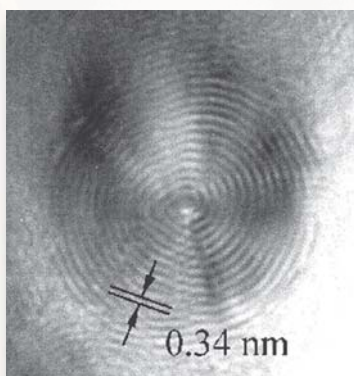
Используемые методики

- Спектроскопия колебательных переходов:
 - спектроскопия резонансного комбинационного рассеяния;
 - фурье-спектроскопия ИК-поглощения и отражения.
- Спектроскопия электронных переходов:
 - фотолюминесценция;
 - Поглощение в УФ – видимом – ближнем ИК диапазоне;
 - Электронный КРС.
- Оптические исследования в условиях низких и высоких температур (5 – 700 K).
- Рентгеновские микродифрактометрия и топография.
- Электронно-микроскопические исследования на приборе JEM-2010 просвечивающего типа с EDS приставкой (элементный анализ).



Разработанная и изготовленная в ТИСНУМ сдвиговая алмазная камера высокого давления с электроприводом.

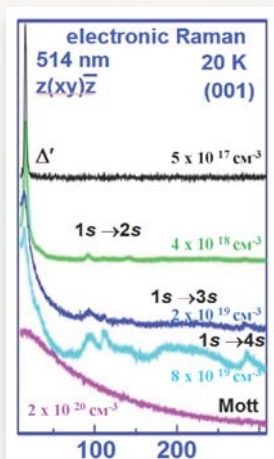
Важнейшие научные и прикладные достижения



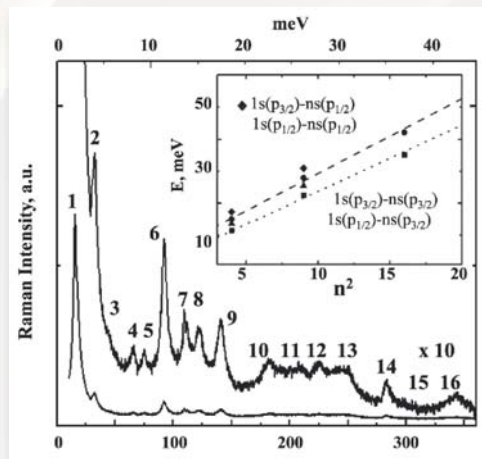
Впервые получены углеродные луковичные структуры при воздействии высоких давлений и сдвиговой деформации на графит в алмазных камерах высокого давления. Методом комбинационного рассеяния света показано, что полученные углеродные луковички имеют структуру фуллеренового типа.

Эволюция электронных спектров КРС борных кластеров в легированных бором кристаллах алмаза в зависимости от концентрации бора.

Впервые обнаружены электронные переходы между акцепторными уровнями борных кластеров в легированных бором алмазах.



Сдвиг частот КРС, cm^{-1}



Сдвиг частот КРС, cm^{-1}

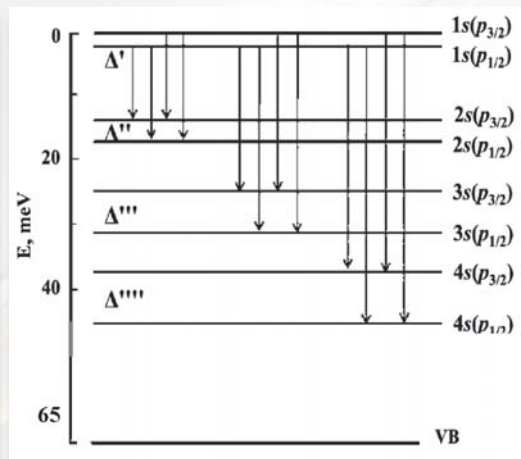
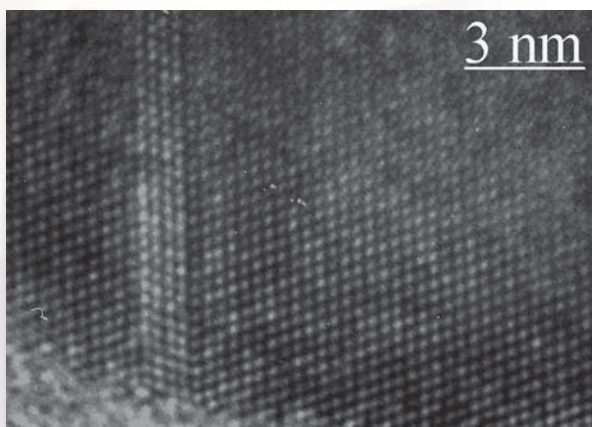
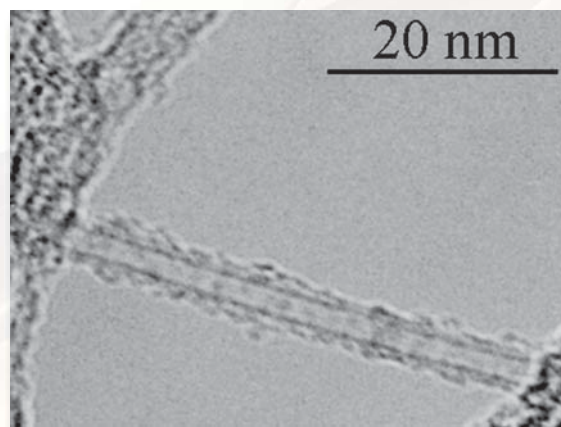


Схема акцепторных уровней борных кластеров в легированном бором алмазе



Двойник в наночастице кремния.



Фторированная одностенная нанотрубка.

Лаборатория электронной микроскопии

Заведующий лабораторией д.ф.-м.н. Кульницкий Б. А.

Оборудование лаборатории:

- **Сканирующий электронный микроскоп JEM 7600F** с приставками для энерго-дисперсионного и волнового анализа (EDS и WDS) характеристических спектров химических элементов;
- **Просвечивающий электронный микроскоп JEM 2010** с приставкой для энерго-дисперсионного анализа (EDS) характеристических спектров и приставкой для спектроскопии потерь энергии электронов (EELS) и для получения энергетически фильтрованных изображений (EFTEM) – GIF Quantum;
- Имеется также оборудование для приготовления образцов для просвечивающего электронного микроскопа.



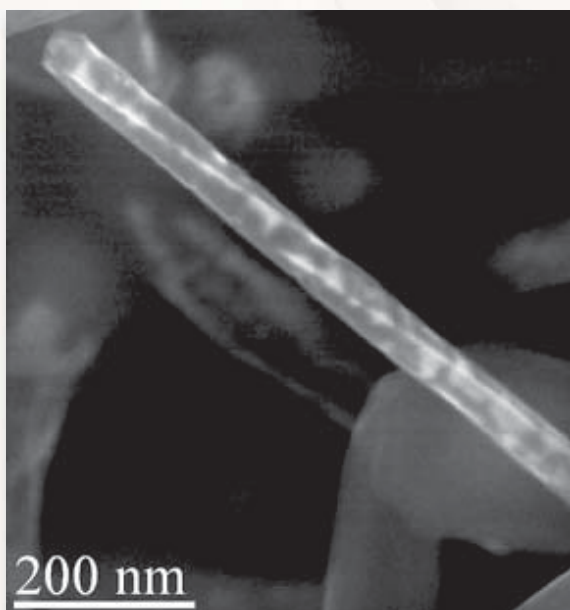
Направления научных исследований

Исследования углеродных наноструктур

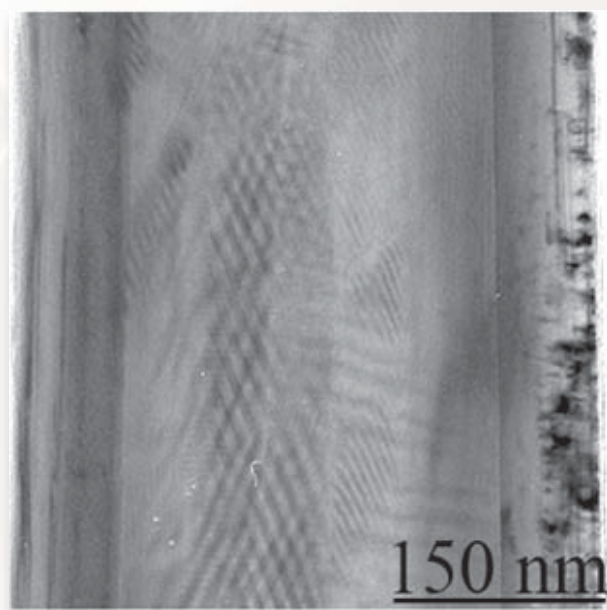
ТИСНУМ имеет большой опыт в области синтеза различных углеродных наноструктур (нанотрубок, нановолокон, углеродных луковичных структур (онионов) и других). Просвечивающая электронная микроскопия позволяет исследовать морфологию таких структур, особенности их строения, особенности каталитического роста нанотрубок и нановолокон, различного рода дефекты. Результаты таких исследований особенно важны для оптимизации условий синтеза углеродных нанообъектов, а кроме того, они позволяют установить связь между структурой и свойствами отдельного углеродного объекта и макроскопическими свойствами материала из этих объектов. Спектроскопия потерь энергии электронов при этом позволяет в ряде случаев делать выводы о характере химических связей между атомами углерода.

Исследования наночастиц металлов, сплавов, керамики, а также других нанокристаллических объектов и неуглеродных нанотрубок

Нанокристаллы таких материалов используются в самых различных задачах, например, создание композитных материалов с перспективными механическими и электронными свойствами, каталитический рост углеродных и других наноструктур. Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения и дифракция электронов позволяют найти, представить и описать различные дефекты кристаллической решетки (дефекты упаковки, двойникование, структура межзеренных границ, дислокации и другие), а в некоторых случаях указать их влияние на свойства материала, влияние на процесс при их использовании в каталитическом росте.



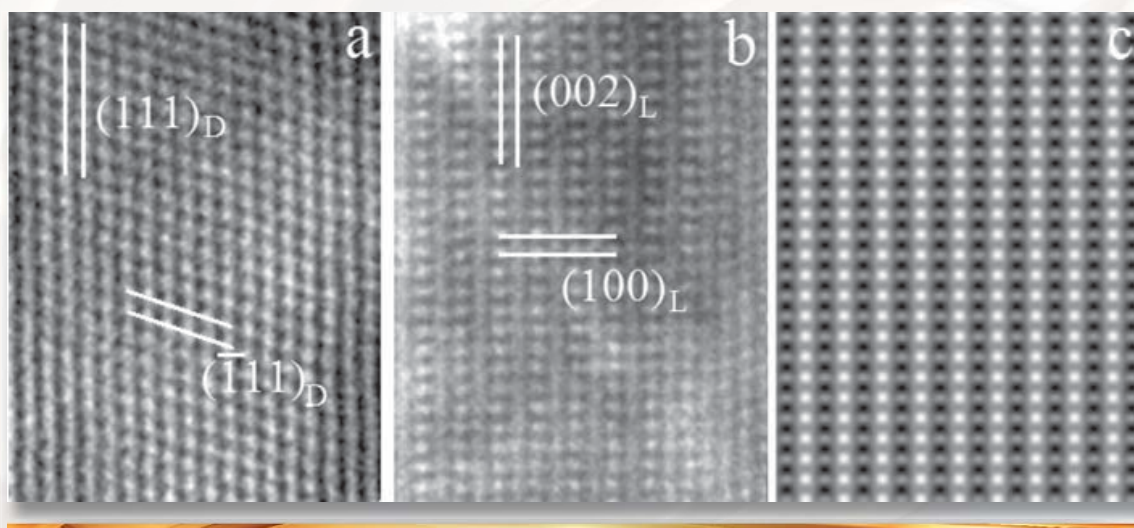
Ограниченная и закрученная нанотрубка состава бор-азот-углерод



Ограниченная нанотрубка состава бор –азот-углерод. Муаровые узоры.

Исследование алмаза, наноалмаза и некоторых других материалов

Алмаз является уникальным материалом, обладающим выдающимися механическими, химическими и электронными свойствами. Допирование алмаза различными элементами в ряде случаев позволяет управлять некоторыми из этих свойств. Исследование частиц алмаза наноалмаза методом просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения, а также применения метода спектроскопии потерь энергии электронов позволяет анализировать влияние дефектов в алмазе и посторонних примесей на различные его свойства. Помимо этого, в лаборатории проводились также исследования нитрида бора и других твердых материалов.



Изображение, полученное с высоким разрешением:

- a) алмаз, межплоскостные расстояния равны 0.206 нм;*
- b) лонсдейлит, межплоскостные расстояния равны 0.206 нм и 0.218 нм;*
- c) моделирование высокого разрешения того же сечения лонсдейлита*

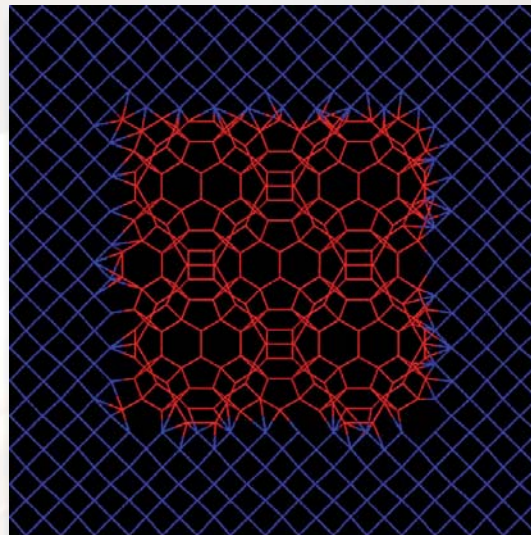
Лаборатория теоретического моделирования новых материалов

Заведующий лабораторией д.ф.-м.н. **Сорокин П. Б.**

Теоретическая группа ТИСНУМ-а является творческим коллективом молодых ученых, аспирантов и студентов, руководимым кандидатом физико-математических наук Сорокиным Павлом Борисовичем. Научная группа была образована для проведения фундаментальных исследований в области новых материалов. Основной задачей группы является теоретическое исследование свойств различных мезо- и наноразмерных материалов. Основным инструментом теоретического исследования является компьютерное моделирование с использованием широкого спектра существующих теоретических методов (ab initio, полуэмпирические методы, классические потенциалы).

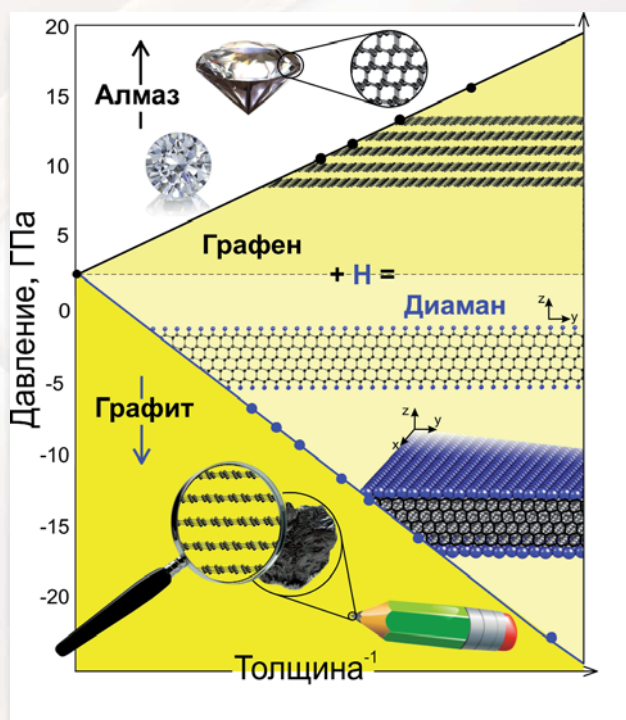
Основные направления научных исследований:

- Исследование новых сверхтвёрдых материалов;
- Исследование свойств наноструктур на основе алмаза;
- Изучение свойств новых наноматериалов с перспективными свойствами;
- Поддержка экспериментальных исследований.



Модель ультратвёрдого фуллерита

В распоряжении группы находится высокопроизводительный вычислительный кластер «Т-Платформы» на базе T-Blade 1.1 (2.94 TFLOPS) для проведения моделирования свойств материалов с помощью специализированного программного обеспечения.



Зависимость давления фазового перехода от обратной толщины сверхтонких алмазных плёнок



Вычислительный кластер «Т-Платформы»



ОТДЕЛ РОСТА МОНОКРИСТАЛЛОВ

Заведующий отделом к.т.н. **Терентьев С.А.**

Лаборатория газофазного осаждения алмаза

Заведующий лабораторией к.ф.-м.н. **Корнилов Н.В.**

Лаборатория физических свойств наноструктур

Заведующий лабораторией д.ф.-м.н. **Буга С.Г.**

Группа разработки и исследований акустоэлектронных устройств на основе алмаза

Руководитель группы профессор, д.ф.-м.н. **Сорокин Б.П.**

Направления работ

- Разработка и создание аппаратуры высокого давления и систем управления технологическими процессами синтеза, термобарической обработки и спекания сверхтвердых материалов.
- Совершенствование технологии получения крупных монокристаллов алмаза со специальными свойствами.
- Совершенствование технологий получения поликристаллических и гомоэпитаксиальных алмазных пленок методом газофазного осаждения.
- Совершенствование технологии термобарической обработки сверхтвердых материалов.
- Изготовление изделий заданной формы из природных и выращенных алмазов.
- Исследование свойств многослойных алмазных структур.

Главной задачей отдела является синтез крупных монокристаллов алмаза, не имеющих природных аналогов: высокочистых и прецизионно легированных полупроводниковых. Работы проводятся на ростовых установках собственной разработки.

Одним из перспективных направлений деятельности является совершенствование метода получения монокристаллических алмазных пленок синтезом из газовой фазы.



Универсальные ростовые специализированные установки УРС-01/В.

Параметры ростовых процессов:

Давление 5 – 7 ГПа

Температура 1250 – 1600 °C

Время до 300 часов

Монокристаллы алмаза



ВЫСОКОЧИСТЫЙ



легированный

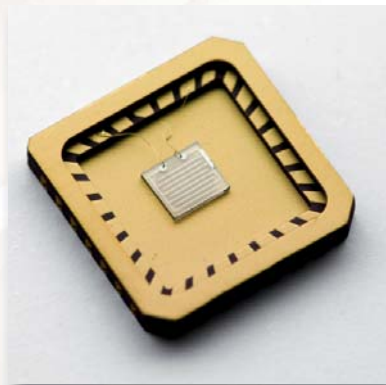
Изделия из высокочистых монокристаллов алмаза

Свойства высокочистых монокристаллов алмаза:

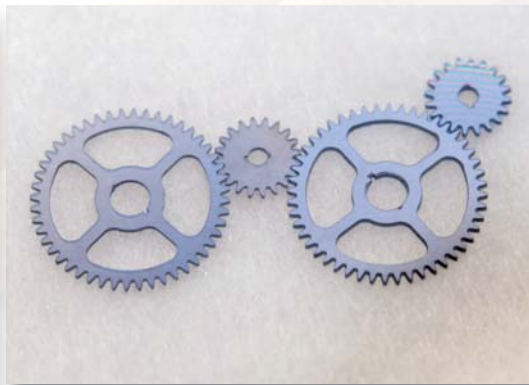
- размер до 8 мм;
- концентрация азота 0,5 – 2,0 ppm;
- теплопроводность до 2200 Вт/(м·К);
- диапазон оптической прозрачности от 225 нм до 25 мкм;
- высокое совершенство кристаллической структуры;
- низкий уровень люминесценции (отношение интенсивности спектра КРС второго порядка к люминесцентному фону ~15 – 30);
- удельное электрическое сопротивление выше 10^{12} Ом·см;
- Твердость не менее 105 ГПа.

Применение:

- оптические окна для лазеров;
- датчики ультрафиолетового и ионизирующих излучений, высокоэнергетических частиц;
- элементы оптоэлектронных приборов;
- алмазные наковальни для исследования свойств веществ и фазовых переходов при сверхвысоких (до 2,5 Мбар) давлениях;
- теплоотводы для элементов электроники;
- иглы сканирующих зондовых микроскопов;
- подложки для гомоэпитаксиального выращивания монокристаллических алмазных пленок;
- ювелирные изделия;
- сопла для гидроабразивной резки.



Чувствительный элемент датчика ультрафиолетового излучения



Шестерни из монокристалла алмаза



Оптическое окно для лазеров



Сопла в сборке с рабочим элементом из монокристалла алмаза



Наковальни из высокочистых монокристаллов алмаза

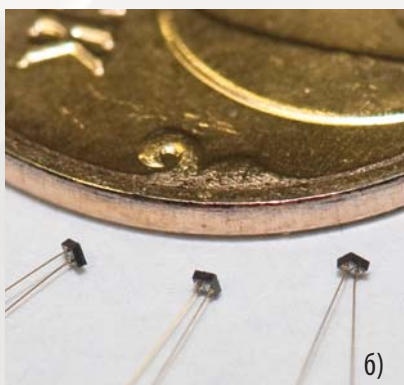
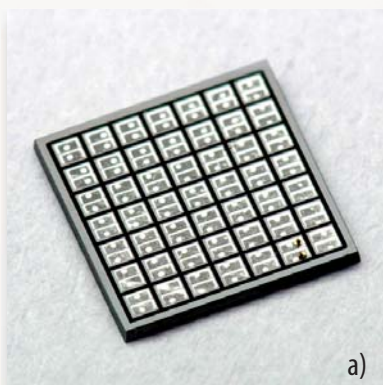
Изделия из полупроводниковых монокристаллов алмаза

Свойства полупроводниковых монокристаллов алмаза:

- размер до 8 мм;
- энергия ионизации акцептора 0,19-0,37 эВ;
- удельное электрическое сопротивление $0,1-10^9 \text{ Ом}\cdot\text{см}$;
- цвет от светло-голубого до черного;
- содержание бора до 300 ppm.

Применение:

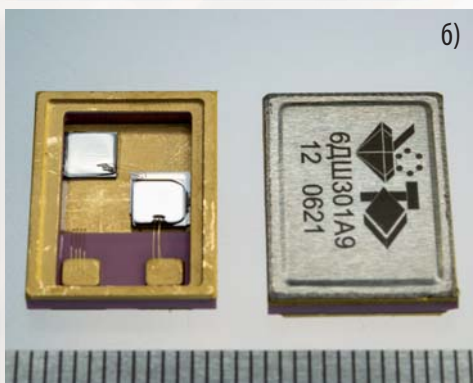
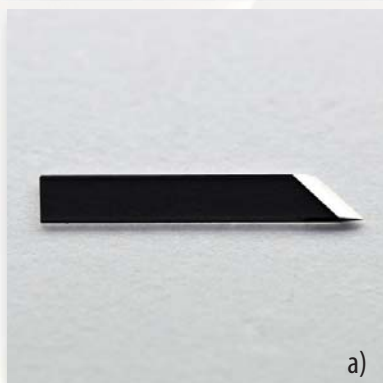
- высокочувствительные датчики температуры;
- диоды Шоттки;
- датчики расхода жидкостей и газов;
- малоинерционные нагревательные элементы;
- иглы сканирующих зондовых микроскопов;
- подложки для гомоэпитаксиального выращивания монокристаллических алмазных пленок;
- ювелирные изделия;
- микрохирургические лезвия.



Чувствительные элементы датчиков температуры:

а) Матрица чувствительных элементов датчиков температуры, изготовленная групповым методом из пластины синтетического монокристалла алмаза, легированного бором.

б) Алмазный малоинерционный чувствительный элемент датчика температуры размерами 0,5х0,5х0,2 мм.



а) Микрохирургическое лезвие из черного алмаза.

б) Корпусированный алмазный диод Шоттки.

Термобарическая обработка природных кристаллов алмаза

Разработанная в отделе технология термобарической обработки позволяет изменять исходную коричневую окраску некоторых типов природных кристаллов весом до 20 карат на бесцветную, фантазийно-желтую, зеленую, розовую, оранжевую и голубую, улучшая их потребительские свойства.



Влияние термобарической обработки на окраску природных кристаллов алмаза:

а) Цвет до обработки.

б) Цвет после обработки.

Лаборатория газофазного осаждения алмаза

Заведующий лабораторией к.ф.-м.н. **Корнилов Н.В.**

Одним из перспективных направлений деятельности института является совершенствование метода получения поли- и монокристаллических алмазных пленок синтезом из газовой фазы (Chemical Vapor Deposition, CVD).

Направления работ

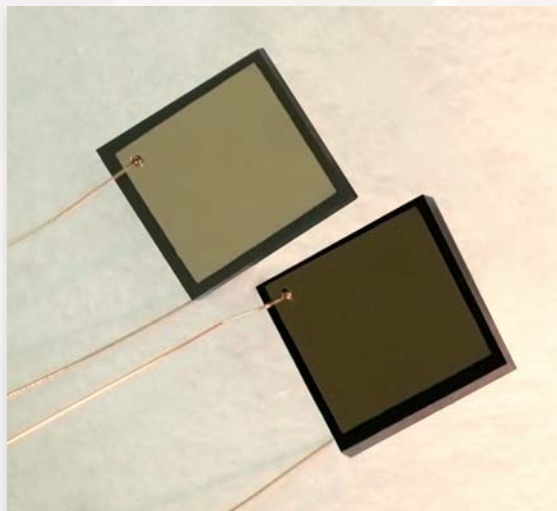
- Совершенствование технологий допирования (азотом, бором, фосфором) гомоэпитаксиальных монокристаллических алмазных CVD слоев в целях развития основ применения алмаза в качестве материала для электроники.
- Получение бездефектных гомоэпитаксиальных монокристаллических алмазных CVD слоев.
- Совершенствование технологии быстрого роста монокристаллических и поликристаллических алмазных CVD пластин.
- Разработка технологий получения CVD алмаза для использования в качестве конструкционного материала, в частности для устройств рентгеновской оптики.
- Совершенствование технологий газофазного осаждения как поликристаллических, так и гомоэпитаксиальных монокристаллических алмазных пленок на подложках из легированного бором алмаза.

Свойства CVD алмазных пластин и пленок:

- Толщина может варьироваться от единиц до сотен микрон.
- Размер поликристаллических CVD алмазных пластин до 50 мм (диаметр).
- Размер монокристаллических CVD алмазных пластин определяется размером подложки (в нашем случае до 8 мм).
- Содержание азота менее 1 ppb.



*Установка синтеза алмаза
из газовой фазы*



*Чувствительные элементы датчиков
ионизирующего излучения из монокристаллов
CVD на легированных алмазных подложках*

Лаборатория физических свойств наноструктур

Заведующий лабораторией д.ф.-м.н. Буга С.Г.

Основные направления работ

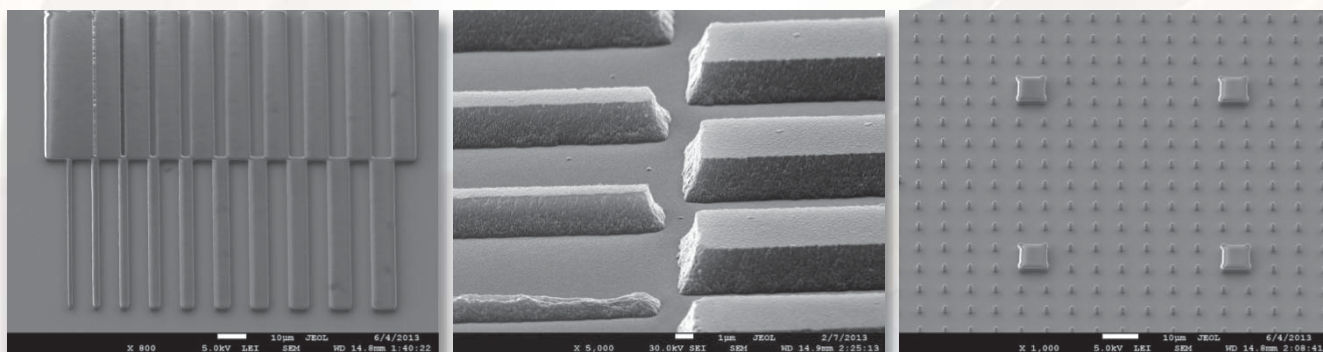
1. Разработка технологических основ изготовления многослойных структур на основе синтетического монокристалла алмаза
2. Разработка конструкции элементов электронной компонентной базы алмазной силовой и высокочастотной электроники нового поколения.
3. Исследование электрофизических, транспортных свойств полупроводниковых синтетических монокристаллов алмаза, в том числе при оптическом и ионизирующем возбуждении.
4. Разработка численных моделей для расчета характеристик электронных приборов на основе синтетического алмаза.
5. Исследования электрофизических свойств композиционных наноструктурированных функциональных материалов, таких как термоэлектрические сплавы, легированные фуллереном C_{60} и другие.
6. Исследование наноразмерных эффектов в новых электронных материалах, таких как топологические изоляторы и др.

Методики исследований

1. Измерение электросопротивления и ЭДС Холла в диапазоне от 0,1 мОм до 200 ГОм при вариации температуры от 1,8 К до 800 К и магнитном поле до 9 Тл, в том числе при оптическом возбуждении.
2. Измерение теплоемкости и теплопроводности твердых тел в диапазоне температур от 1,8 К до 400 К.
3. Измерение статических электрических характеристик диодных и триодных структур. Диапазон измеряемых напряжений от 1 нВ до 400 В, токов от 1 фА до 10 А.
4. Исследование центров захвата в полупроводниках структурах методами токовой и емкостной спектроскопии глубоких уровней при вариации температуры от 77 до 800 К.
5. Исследование механизмов релаксации и транспорта неравновесных носителей заряда методом измерения эффекта Холла при оптическом возбуждении.

Технологические возможности

1. Формирование контактных и диэлектрических структур методом прямой и обратной фотолитографии с минимальным размером элемента до 1 мкм.
2. Магнетронное напыление металлических покрытий с контролем толщины в диапазоне от 1 до 1000 нм.
3. Осаждение оксидных и нитридных покрытий (в том числе high-k) толщиной до 2 мкм методом реактивного высокочастотного напыления.
4. Формирование контактных площадок с помощью отжига до 800 °С металлических и интерметаллических покрытий в условиях высокого вакуума (менее 10^{-6} Тор).
5. Реактивное ионное травление полупроводниковых материалов, том числе синтетического алмаза, с использованием широкого спектра газов (Ar , O_2 , H_2 , CF_4 , SF_6).



Примеры структур изготовленных с помощью литографии и реактивного ионного травления (РЭМ)

Полученные результаты

1. Разработана конструкция и освоена технология изготовления высоковольтных быстродействующих радиационно-стойких диодов Шоттки на основе синтетических монокристаллов алмаза.

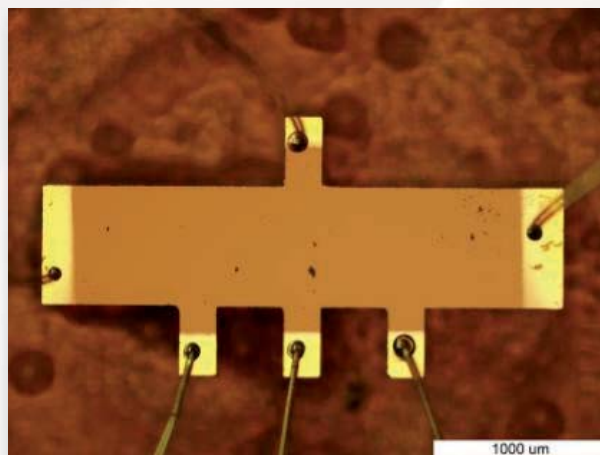
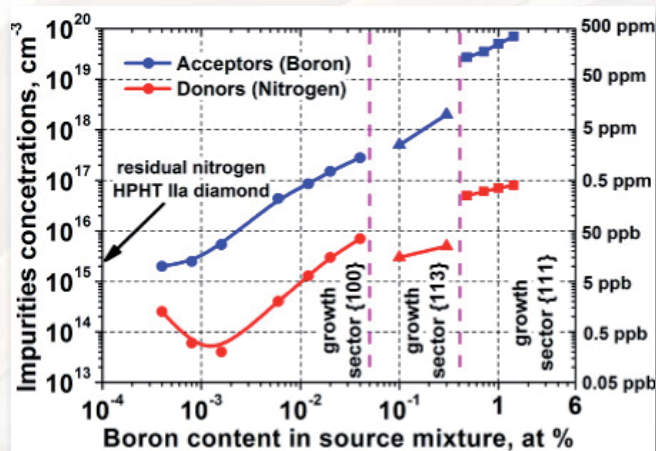


Основные характеристики диодов:

- обратное напряжение, $U_{обр}$, > 1000 В
- средний прямой ток, $I_{пр}$, > 2 А
- ток утечки при $U_{обр} = 1000$ В, < 100 мкА
- прямое падение напряжения при $I_{пр} = 2$ А, < 4 В
- диапазон рабочих температур от -60 до 250 °С
- время восстановления, менее 10 нс

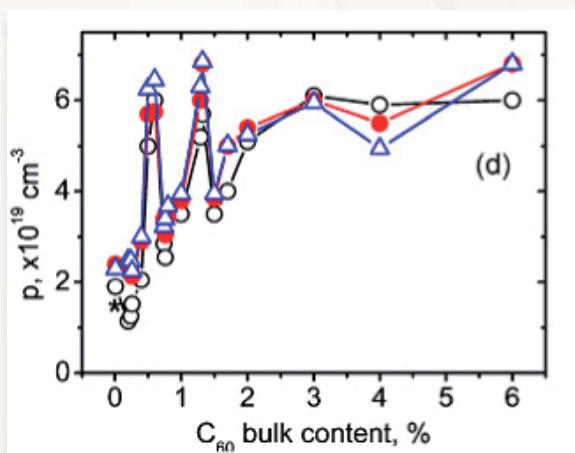
Диоды Шоттки на основе синтетического алмаза

2. Исследованы электрофизические свойства синтетических HPHT монокристаллов алмаза легированных бором. Установлена взаимосвязь между эл. свойствами и условиями синтеза. Определены оптимальные параметры синтеза алмазов для электронных применений.

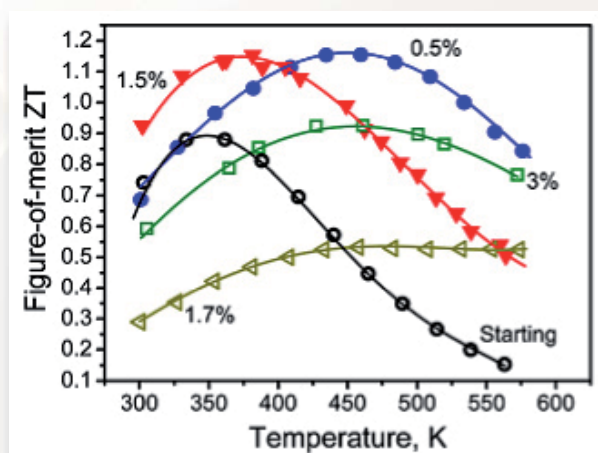


Изменение примесного состава полупроводникового алмаза при увеличении содержания бора в ростовой смеси.

3. Отработан метод механической полировки, отмытки и последующего контроля алмазных пластин для получения гладкой и чистой поверхности, подходящей для электронных применений
4. Разработан макет полевого транзистора с затвором Шоттки на основе синтетического монокристалла алмаза.
5. Совместно с лабораторией функциональных наноматериалов разработаны и исследованы композиционные наноструктурированные термоэлектрические материалы нового типа на основе сплавов Bi-Sb-Te с фуллереном C_{60} . Получено повышение коэффициента качества термоэлектрика ZT на 30-70% в широком диапазоне температур. Обнаружен эффект «резонансных» концентраций фуллерена C_{60} с захватом до 6 электронов на молекулу фуллерена.



Зависимость концентрации свободных носителей заряда (дырок) от концентрации фуллерена C_{60} в сплаве $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3-C_{60}$



Зависимость коэффициента качества термоэлектрика ZT сплавов $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3-C_{60}$ от температуры при различных концентрациях C_{60}

6. Отработаны методы измерения теплопроводности и теплоемкости синтетического монокристалла алмаза в диапазоне температур 2 - 400 K.



Структуры в держателях для исследования теплоемкости и теплопроводности алмаза

Перспективные разработки на основе синтетического алмаза

1. Солнечно-слепые детекторы ультрафиолетового диапазона (спектральный диапазон менее 250 нм), в том числе матричные.
2. Дозовые детекторы рентгеновского излучения и гамма-квантов, в том числе матричные.
3. Спектрометрические детекторы ионизирующих излучений с высоким энергетическим разрешением.
4. Детекторы счетного типа для измерения плотности потока ионизирующего излучения.
5. Сенсоры температуры широкого диапазона от 77 до 800 K.
6. Акустоэлектрические фильтры, линии задержки и резонаторы СВЧ-диапазона.
7. Силовые быстродействующие диоды Шоттки.
8. Силовые и высокочастотные полевые транзисторы.
9. Одно- и широкополосные генераторы СВЧ диапазона.
10. Элементы оперативной памяти.
11. Автономные источники питания с длительным сроком службы.

Лаборатория физических свойств наноструктур

Группа разработки и исследований акустоэлектронных устройств на основе алмаза

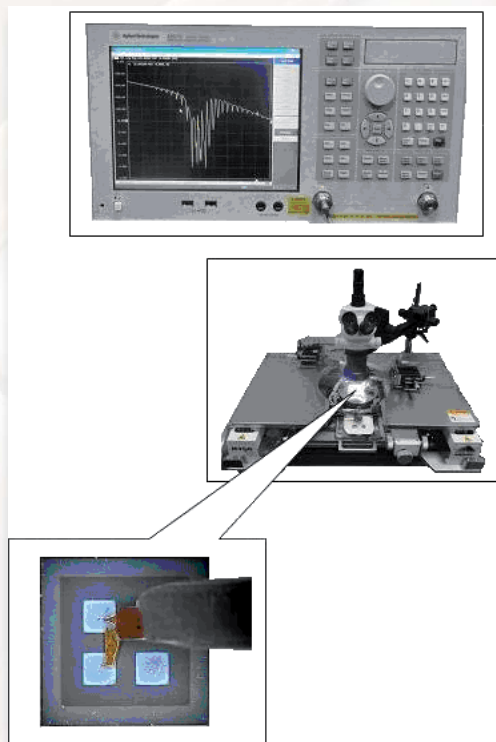
Руководитель группы профессор, д.ф.-м.н. **Сорокин Б.П.**

Акустоэлектронные устройства на объемных (ОАВ) и поверхностных (ПАВ) акустических волнах активно используются для создания акустических резонаторов, генераторов, эффективных сенсоров и пр. Задачами группы являются разработка экспериментальных установок, акустоэлектронных структур, проведение экспериментов по исследованию физических свойств кристаллов и слоистых структур, моделирование распространения акустических волн в кристаллах, в том числе в условиях конечных внешних воздействий.

Основные направления работ

- Создание экспериментальных образцов ОАВ-резонаторов, работоспособных на частотах 1 - 20 ГГц;
- Создание ПАВ устройств на основе слоистой структуры "ВШП/AlN/алмаз";
- Разработка высокочувствительных сенсоров на основе акустоэлектронных пьезоэлектрических структур для анализа газового состава, напыления сверхтонких пленок и т.п.;
- Разработка технологии напыления тонких пьезоэлектрических пленок состава $Sc_xAl_{1-x}N$ с целью применения в СВЧ пьезоэлектрических преобразователях;
- Исследования акустических свойств материалов и пьезоэлектрических слоистых структур и их зависимости от давления, температуры и т.п.;
- Теоретические и экспериментальные исследования СВЧ затухания в слоистых структурах типа "Me1/AlN/Me2/алмаз".

Оборудование



Анализатор цепей E5071C, рабочая станция M-150 и тестируемое устройство: ОАВ-резонатор

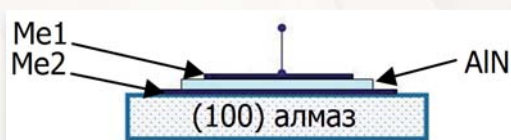
Методики

Метод длинного импульса (установка RAM-5000) применяется для измерений скоростей акустических волн в диапазоне 20 – 200 МГц с точностью не хуже 0,1%. Применяются тонкие образцы в виде пластин толщиной не менее 1 мм. Акустических волны возбуждаются пьезоэлектрические преобразователи из кварца X- и Y-срезов, а также 36° и 163° Y-срезы ниобата лития.

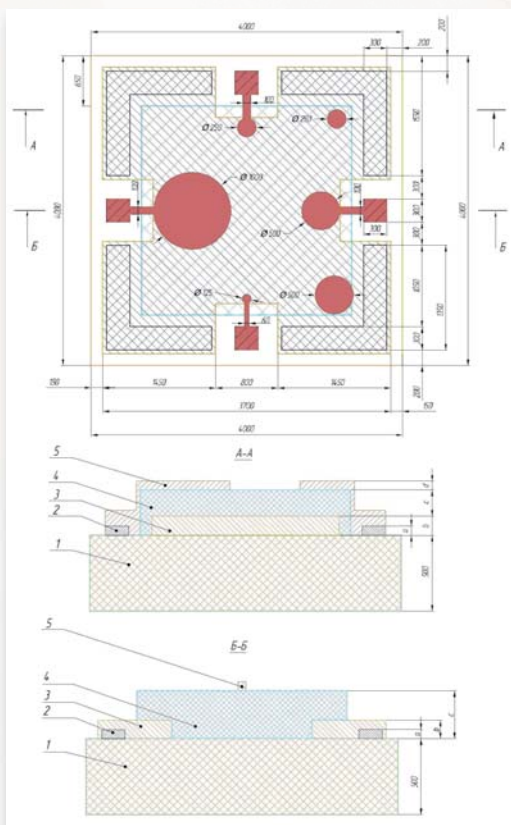
Импульсный эхо-метод (генератор видеоимпульсов AVRK-2-B, осциллографа DP071254B) используется для точных измерений скоростей ОАВ, а также их изменений в результате внешних воздействий (давление, температура, электрическое поле) в образцах монокристаллов.

Измерения АЧХ, ФЧХ и других характеристик акустоэлектронных устройств производятся векторным анализатором цепей E5071C и рабочей станции M150, рабочие частоты 300 МГц – 20 ГГц, температуры от 20 до 300 °С.

Температурные исследования акустических свойств экспериментальных образцов производятся с помощью установки Quantum Design в диапазоне температур 4 – 400 °К.



Принципиальная схема ОАВ-резонатора



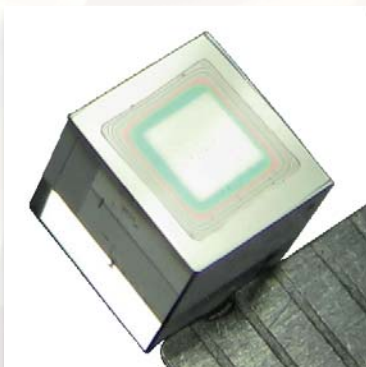
Разработка конструкторской документации ОАВ-резонатора в среде AutoCad

Результаты

- Получены упругие постоянные 2-го порядка синтетического монокристалла алмаза типа IIa. Из измерений зависимостей скоростей ОАВ от одноосного давления впервые определены упругие постоянные 3-го порядка алмаза
- Созданы экспериментальные образцы композитных ОАВ-резонаторов со структурой "Me1/AlN/Me2/алмаз" с рекордно высокими резонансными частотами до 20 ГГц и параметром качества $Q \times f \leq 10^5$ ГГц. На основе данных образцов созданы эффективные сенсоры давления и температуры.

Характеристики полученных структур:

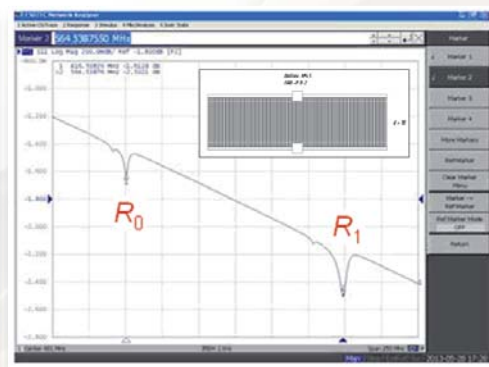
- Шероховатость алмазной подложки $R_a < 15$ нм;
- Точность ориентации кристаллографических граней не более $10'$;
- Толщина пьезоэлектрической пленки AlN в диапазоне от 0,5 до 5,5 мкм;
- Толщина металлических пленок в диапазоне от 100 до 300 нм;
- Работоспособность от -100 до +600 °С;
- Работоспособность в диапазоне одноосного давления от 0 до 10 ГПа;
- Область рабочих частот: 300 МГц - 20 ГГц;
- Разработаны образцы ОАВ сенсоров давления, работоспособные в интервале давлений до 10 ГПа
- Разработаны экспериментальные образцы ПАВ-резонаторов и линий задержки на 400 - 1600 МГц
- Разработаны экспериментальные образцы ПАВ-сенсоров давления на основе подложек из алмаза, работоспособные в интервале давлений до 150 МПа
- ПАВ- и ОАВ-сенсоры давления на слоистых пьезоэлектрических структурах на основе алмаза имеют конкурентоспособные характеристики и могут быть использованы для измерений высоких и сверхвысоких давлений



ОАВ-резонатор на подложке из синтетического монокристалла алмаза



ОАВ-резонаторы на алмазной подложкой со сложной конфигурацией электродов



ПАВ резонатор на алмазной подложке.
Резонанс на 418 МГц –
ПАВ мода Рэлея (R_0),
566 МГц – ПАВ мода Сезавы (R_1)



ОТДЕЛ КОНСТРУКЦИОННЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Заведующий отделом к.т.н. **Перфилов С.А.**

Лаборатория функциональных наноматериалов

Заведующий лабораторией д.ф.-м.н. **Попов М.Ю.**

Лаборатория синтеза новых сверхтвердых материалов

Заведующий лабораторией к.т.н. **Поздняков А.А.**

Направления работ

- Нанофрагментация и модификация объемных материалов углеродными нанокластерами для улучшения физических, механических и функциональных свойств. Структурные исследования взаимодействия углеродных нанокластеров и фазовых переходов при прессовании и спекании. Промышленные применения углеродных нанокластеров;
- НРНТ исследования наноразмерных материалов. Спекание объемных образцов керамик, фазовые переходы и химические реакции при высоких давлениях;
- Работы по синтезу и применениям сверхтвердых материалов (алмаз и кубический нитрид бора);
- Исследование транспортных, калориметрических и механических свойств компактных наноструктурных металлоуглеродных материалов;
- Разработка методик работы с наноструктурированными, высокоактивными, метастабильными материалами;
- Создание установок для получения металлоуглеродных кластеров в условиях высоких давлений, сдвиговых деформаций и температур.

В отделе разрабатываются и совершенствуются методы получения агрегатов и кластеров в системах металл-наноуглерод (фуллерены, онионы, графены, нанотрубки, наноалмазы). Решаются задачи получения однородных гомогенных смесей наночастиц разного состава, наночастиц, покрытых графеновыми оболочками (онионами) и создания кластеров из молекул фуллерена и металлов, консолидации полученных композиций.



Двухслойные пластины КНБ-твердый сплав.

Одним из основных современных способов применения КНБ являются двухслойные пластины КНБ-твердый сплав. Слой КНБ характеризуется наличием жесткого каркаса из зерен, обладающих высокой твердостью, износостойкостью, теплопроводностью. Подложка из твердого сплава, обладающая высокой прочностью на изгиб, осуществляет эффективную поддержку рабочего слоя инструмента в процессе обработки.

Технологические процессы получения двухслойных пластин, разработанные в ФГБНУ ТИСНУМ, позволяют получать на оборудовании российского производства изделия диаметром до 14 мм и высотой до 16 мм.

Лаборатория функциональных наноматериалов

Заведующий лабораторией д.ф.-м.н. Попов М.Ю.

Область интересов

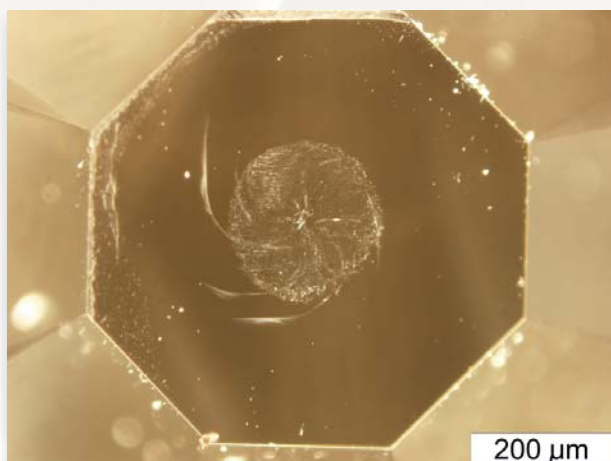
- Новые углеродные материалы, включая нанофрагментированные и модифицированные углеродными нанокластерами материалы.
- Материаловедение, физика твердого тела, физика высоких давлений, механика твердого деформированного тела, сверхтвердые материалы и керамика.
- Комбинационное рассеяние света в углеродных нанокластерных материалах и композитах на их основе.
- Транспортные свойства твердых тел.

Общие результаты

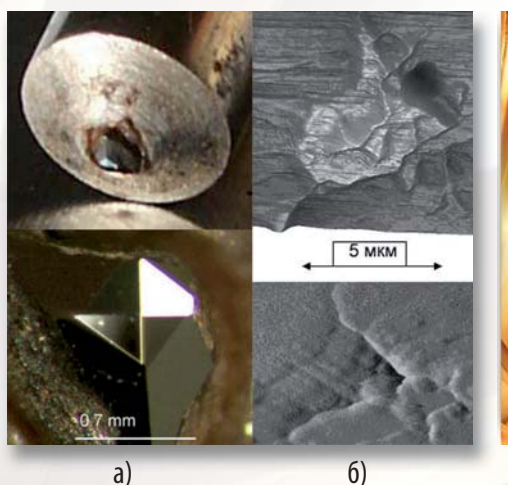
- Обнаружен эффект формирования ультратвердого фуллерита при каталитической реакции 3D полимеризации C_{60} .
- Разработана концепция модифицированных и нанофрагментированных фуллереном C_{60} материалов, свойства которых определяются концентрацией C_{60} , размерами нанокристаллов и связями между ними и C_{60} .
- Получены новые материалы с существенно улучшенными транспортными и механическими свойствами.
- Материалы и методики их синтеза могут использоваться в промышленности.

Каталитический синтез ультратвердого фуллерита

Давление синтеза ультратвердого фуллерита при использовании катализатора понижается более чем в два раза. Так, в условиях сдвиговых деформаций при комнатной температуре давление понижается с 18 до 7 ГПа; с ростом температуры наблюдается дальнейшее понижение давления синтеза.

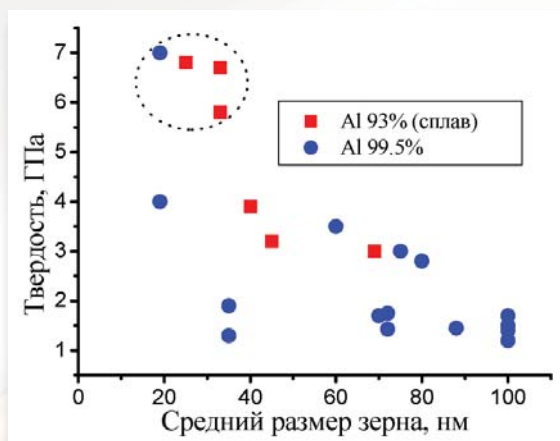


Алмазные наковальни, деформированные при синтезе ультратвердого фуллерита: (а) общий вид наковальни, (б) $\times 3000$



а) Фотография индентора Виккерса, изготовленного из ультратвердого фуллерита
б) Изображения отпечатков, сделанных этим индентором на грани (111) безазотного алмаза (с содержанием азота 0,3 ppm) при нагрузке 3 Н (верхний рисунок) и 2 Н (нижний рисунок).

Модифицированные и нанофрагментированные фуллереном C_{60} материалы



Для наноструктурированного алюминия, модифицированного C_{60} , достигнут теоретический предел сдвиговой прочности

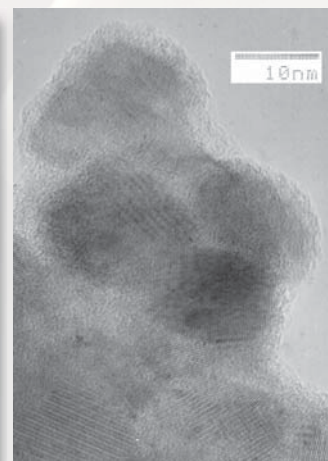
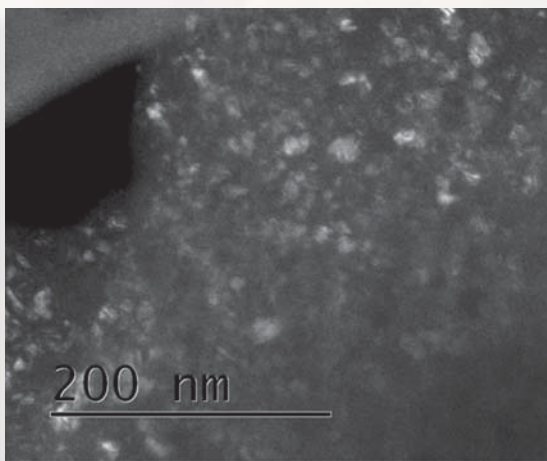
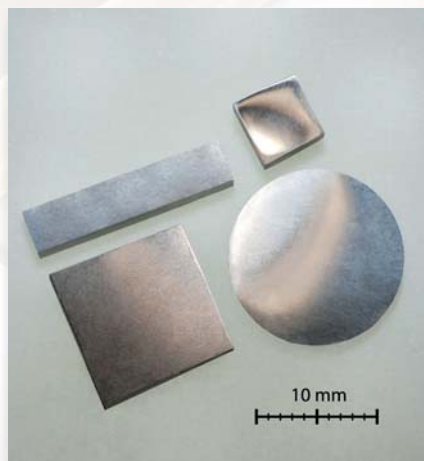
Пример:

Зависимость твердости наноструктурированного алюминия, модифицированного C_{60} , от размера зерна. Наибольшая величина твердости H для $Al-C_{60}$ достигает 7 ГПа, что соответствует пределу текучести $\tau^* \approx 0.33 H \approx 2$ ГПа.

При этом теоретическая сдвиговая прочность алюминия также составляет $\tau^*_{theor} \approx G/(10-15) \approx 2$ ГПа (сдвиговой модуль алюминия $G = 27$ ГПа).

Модифицированные и нанофрагментированные углеродными нанокластерами термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3 и $Si-Ge$.

- Получены композиты, состоящие из нанокристаллов термоэлектрического материала, покрытых слоями молекул C_{60} или иными углеродными нанокластерами.
- Углеродные слоистые структуры препятствуют рекристаллизации нанокристаллов при спекании.
- Обнаружено изменение электронных транспортных свойств (коэффициент Зеебека S , электропроводность σ , подвижность μ) за счет эффекта квантовой локализации.
- В полученных нанокомпозитах наблюдается независимая вариация параметров S , σ , k и, как результат, достигается увеличение термоэлектрической эффективности $ZT = S^2\sigma T/k$ на 20%.
- Материалы и методики их синтеза могут использоваться в промышленности.



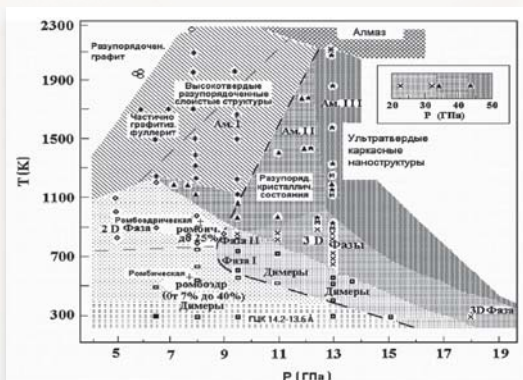
- (а) - Спеченные объемные образцы термоэлектрического наноструктурированного сплава $Si-Ge$;
 (б) - электронная микроскопия наноструктурированного термоэлектрического сплава $Si-Ge$ со средним размером зерен 10-20 нм;
 (в) - нанокристаллы $Bi-Sb-Te$, покрытые C_{60} .

Лаборатория синтеза новых сверхтвердых материалов

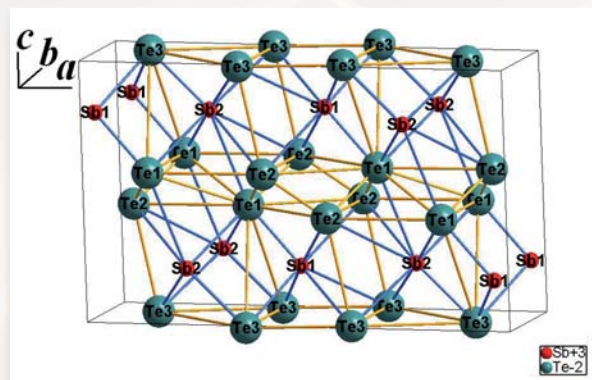
Заведующий лабораторией к.т.н. Поздняков А. А.

Направления работ

- Развитие и усовершенствование аппаратуры высокого давления.
- Совершенствование методов НРНТ синтеза сверхтвердых и ультратвердых материалов с заданными характеристиками и исследование их свойств.
- Разработка методов и технологий получения новых наноструктурированных функциональных и конструкционных материалов с улучшенными свойствами.



P, T – области условий синтеза фаз фуллерита C_{60}



Структура метастабильной фазы Sb_2Te_3 . В середине элементарной ячейки видны сближенные слои Te1-Te2.

Полученные результаты

Сотрудники лаборатории совместно с другими подразделениями ФГБНУ ТИСНУМ выполнили пионерскую работу по получению и исследованию структуры и свойств сверхтвердых и ультратвердых фаз из фуллеритов C_{60} и C_{70} .

Синтезированы при быстром охлаждении после воздействия высоких давлений (4 ГПа) и температур (600-700 °C) новые метастабильные фазы теллуридов сурьмы и висмута, являющиеся наиболее важными термоэлектриками вблизи комнатной температуры. Методами рентгеновской порошковой дифракции определена кристаллическая структура полученных фаз, в которой сохраняется слоистая структура, но изменяется чередование слоев. Под влиянием высокого давления атомные слои сближаются и между слоями Te-Te образуется металлическая связь. Новые фазы обладают сверхпроводящими свойствами.

Получен сверхтвердый композиционный материал (патент РФ №2491987, приоритет 17.11.2011, опубликовано 10.09.2013) на основе углерода и бора, который может применяться в качестве аппаратов высокого давления, режущих инструментов с высокой износостойкостью и элементов инструментов для бурения.

Получен углерод-азотный материал (патент РФ №2485947, приоритет от 03.11.2011, опубликовано 20.06.2013), который может быть использован для изготовления демпфирующих элементов, амортизаторов, пар трения и износостойких деталей микромеханизмов.

Поданы заявки:

№ 2012152827/05 от 07.12.2012 на способ получения сверхтвердого композиционного материала на основе фуллерена, который может быть использован для изготовления инструментов для горнодобывающей, камнеобрабатывающей и металлообрабатывающей промышленности.

№ 2013143992 от 01.10.2013 на способ получения сверхтвердого материала на основе углерода и бора, который может быть использован для изготовления режущих инструментов, инструментов для бурения, а также других применений, где необходима высокая износостойкость.

Сотрудники лаборатории проводят эксперименты по получению опытных образцов порошков сверхтвердых материалов с требуемыми морфологическими характеристиками, магнитными и немагнитными свойствами, повышенной термостойкостью.

Производится определение свойств: статической и динамической прочности, морфологии, термостойкости порошковых материалов. Аттестация сверхтвердых материалов: шлиф- и микропорошков алмазов (природных и синтетических) и кубического нитрида бора в соответствии с существующими стандартами.

1. Установка DiaTest-S компании Vollstadt Diamant для измерения прочности порошков сверхтвердых материалов от 150 мкм при статическом нагружении.

Номинальный ряд нагрузок: 0...2000 N;

Максимальная нагрузка: 2300 N.

2. Установка DiaHeat для термической обработки материалов в инертной атмосфере.

Максимальная температура 1150 °C.

3. Электромагнитный валковый сепаратор ЭВС-10/5 для сухого разделения слабомагнитных материалов на магнитные и немагнитные компоненты.

4. Установка ДДА-33 для измерения статической прочности порошков сверхтвердых материалов зернистостью от 40 мкм до 150 мкм.

5. Установка Re.TEK.s.a.s., Diamond Comparative Friability Tester для определения показателя динамической прочности алмазных шлифпорошков.

6. Сепараторы просеивающие Retch, СПЭ. Набор сит для отсева и ситового анализа порошков сверхтвердых материалов в соответствии с ГОСТ 9206-80, ISO 565, FEPA.

7. Сепаратор вибрационный модернизированный лабораторный СВЛМ (вибростол) для разделения частиц сверхтвердых материалов на фракции в зависимости от их формы.

8. Установка УАС2М для определения абразивной способности микропорошков сверхтвердых материалов согласно ГОСТ 9206-80.

9. Определение плотности методом гидростатического взвешивания.

Используются лабораторные аналитические электронные весы фирмы «Керн» (Германия) и приставка фирмы «Сарториус» (Германия), модель 770-60, дискретность отсчета 0,01 мг, пределы допускаемой погрешности 0,1 мг, класс точности по ГОСТ 24104-88 – первый.



*Установка DiaTest-S
компании Vollstadt Diamant*



*Электронные весы фирмы «Керн»
и приставка фирмы «Сарториус»*



ОТДЕЛ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Заведующий отделом к.ф.-м.н. **Усеинов А.С.**



Направления работ отдела

- Разработка и развитие новых подходов к измерению физико-механических свойств материалов на наномасштабах.
- Разработка и создание новых приборов, а также сопутствующего им программного обеспечения и методик, обеспечивающих возможность исследования свойств материалов на различных масштабах: от нанометровых до макроскопических.
- Развитие метрологической базы для обеспечения единства измерений физико-механических величин на разных масштабных уровнях.
- Создание метрологических комплексов и нормативно-методической базы для обеспечения единства измерений при аттестации состава, структуры и свойств конструкционных и функциональных наноматериалов, механических и трибологических свойств наноматериалов и продукции наноиндустрии.
- Комплексные исследования физико-механических свойств широкого ряда материалов: от сверхтвердых до полимерных, исследование механических свойств тонких пленок и покрытий. Проведение измерений локальных электрических свойств поверхности образцов.

Применяемые методики

- Моделирование физических процессов методом конечных элементов
- Профилометрия
- Атомно-силовая микроскопия
- Измерение механических свойств
- Нанотрибология

Исследуемые свойства

- Рельеф поверхности, параметры шероховатости
- Твердость по методу восстановленного отпечатка
- Твердость по методу склерометрии
- Твердость и модуль упругости (Юнга) по методу инструментального индентирования в соответствии с ISO 14577 и ГОСТ Р 8.747-2011
- Карты распределения механических свойств на поверхности образцов
- Объемные карты распределения механических свойств в приповерхностном слое
- Адгезионные свойства тонких покрытий
- Жесткость микроконструкций и МЭМС/НЭМС устройств
- Механическая нанолитография
- Трещиностойкость
- Износостойкость
- Коэффициент трения



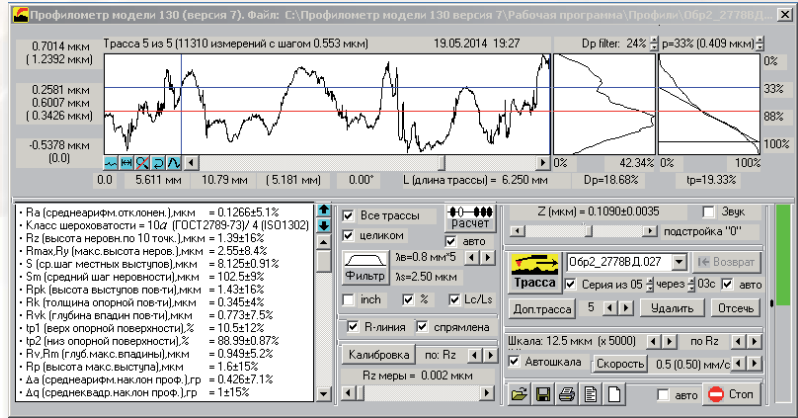
Оборудование

• Контактный профилометр «Профи 130», Россия

Для снятия профиллограмм и их последующей обработкой с вычислениями параметров шероховатости согласно ГОСТ 2789-73 и ISO 3274 используется профилометр модели 130 (Завод ПРОТОН-МИЭТ).



Профилометр модели 130



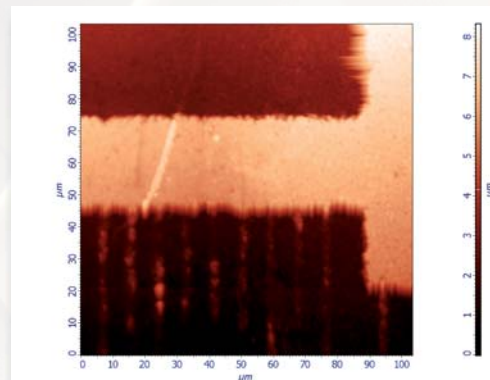
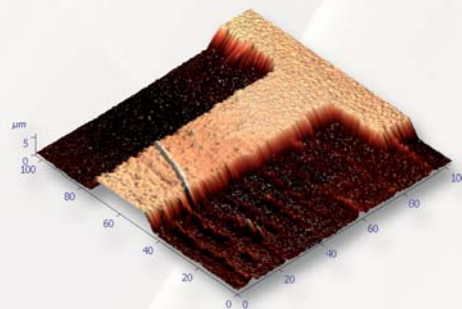
Панель управления, профиль рельефа, параметры шероховатости

• Зондовая нанолaborатория «Интегра Прима», Россия

Данный прибор представляет собой нанолaborаторию, позволяющую использовать до 40 измерительных методик, в число которых входит также получение потенциала поверхности методом зонда Кельвина. Основной и наиболее часто используемой методикой является сканирование рельефа поверхности, которые может быть осуществлено в контактном или полуконтактном режиме. Размер окна сканирования от 5x5нм до 100x100мкм.



Зондовая нанолaborатория «Интегра Прима»



Структура AlN на алмазе

• Сканирующие нанотвердомеры семейства «НаноСкан», Россия

Приборы серии «НаноСкан» реализуют целый ряд методик, позволяющих производить количественную и качественную характеризацию образцов. С помощью прибора «НаноСкан-3Д» в лаборатории проводятся измерения твердости и модуля упругости образцов, которые могут быть выполнены с использованием методик нано и микроиндентирования, склерометрии (измерение твердости) и силовой спектроскопии (измерение модуля упругости). Также проводятся измерения толщины покрытий, качественная характеризация их адгезионной прочности, износостойкости. Возможно проведение измерения коэффициента трения. Приборы являются разработкой ФГБНУ ТИСНУМ, что делает возможным их персонализацию в соответствии с требованиями клиента или особенностями измерения образцов.



Сканирующий нанотвердомер НаноСкан-3Д

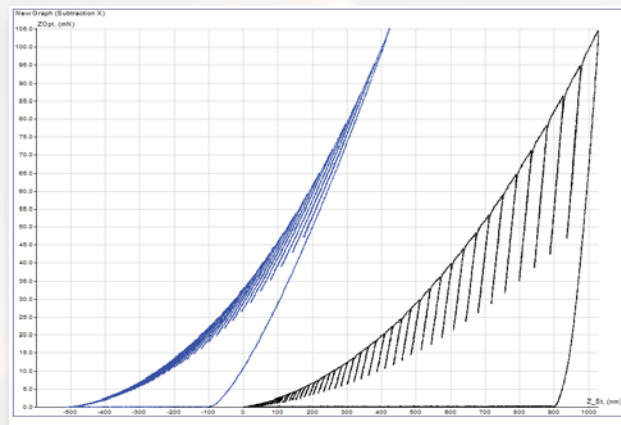
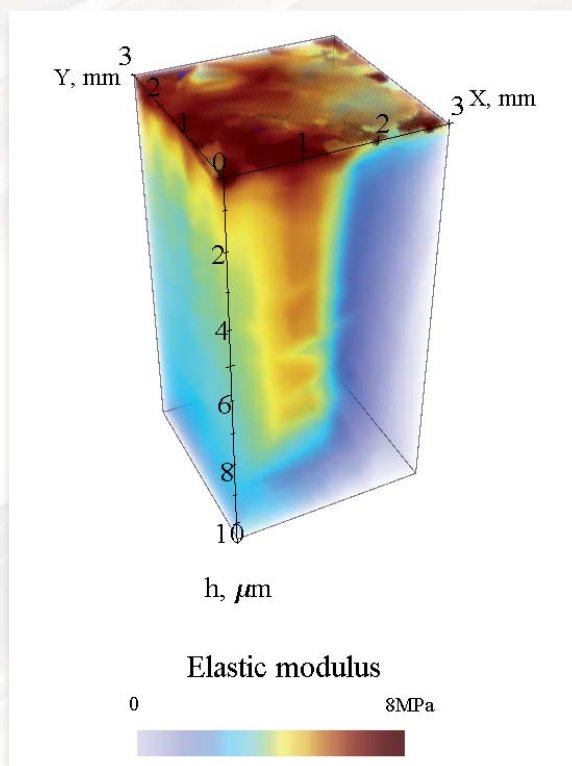


График сила нагружение - глубина для многоциклового укалывания, синяя кривая - плавленый кварц, черная - сталь.

Объекты и области исследований

- Нанофазные и композитные материалы;
- Ультрадисперсные твердые сплавы;
- Новые сверхтвердые материалы;
- Наноконструкционные материалы;
- Полупроводниковые технологии;
- Материалы автомобильной промышленности;
- Инженерные приложения;
- Медицинские приложения;
- Алмазы и алмазные порошки;
- Устройства хранения информации;
- Микро- и наноэлектромеханические системы (МЭМС и НЭМС);
- Тонкие пленки;
- Покрытия для снижения износа.



Томограмма модуля упругости



ОТДЕЛ НОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ

Заведующий отделом д.х.н. **Мордкович В.З.**

Направления работ

Отдел создан в 2009 году для проведения научно-исследовательских работ и прикладных разработок в области химических методов создания наноструктур и технологии применения наноматериалов. В частности, в область исследований входят углеродные нанотрубки и нанонити, полимер-углеродные, керамо-углеродные и металл-углеродные композиты конструкционного и функционального назначения.

Методы

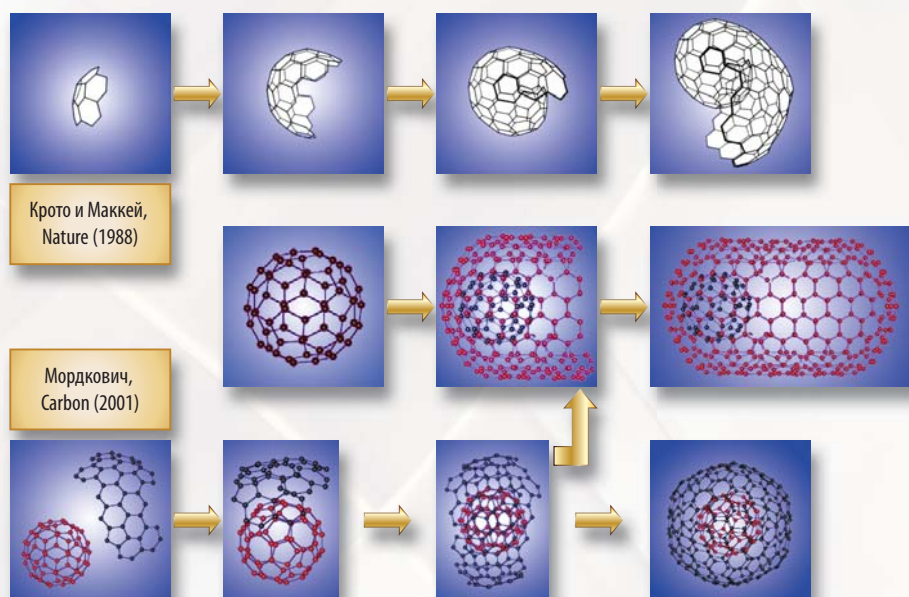
В отделе проводятся как экспериментальные работы, так и математическое моделирование процессов. Ведется создание комплекса экспериментальных установок, предназначенных для:

- синтеза наноструктур химическими методами, в том числе методом CVD;
- исследования каталитических свойств наноструктур в процессах, важных для химической технологии;
- исследования термических, поверхностных и адсорбционных свойств синтезированных наноструктур;
- получения композитных материалов на основе синтезированных наноструктур.

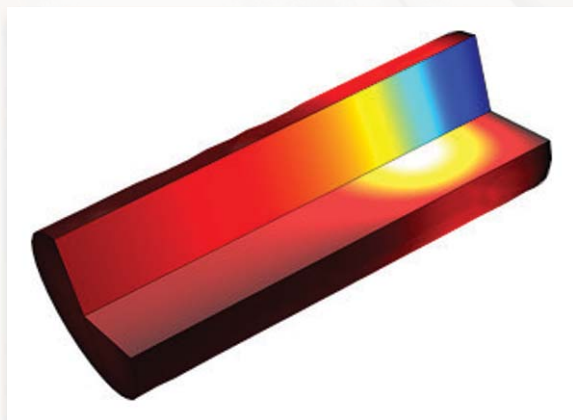


Пилотная установка INFRA GTL, разработанная в отделе новых химических технологий и наноматериалов ТИШУМ по заказу Газпром

Механизмы роста многослойных структур



Современные возможности моделирования гетерогенных каталитических процессов и основные направления современного развития



Квазигомогенный подход к моделированию пористой среды

- Простота описания.
- Сравнительно небольшие вычислительные затраты.
- Ограниченное применение в случаях малого отношения характерного размера аппарата к размеру гранулы катализатора.
- Невозможность описания локального изменения интересующих параметров.
- Некоторые эффекты невозможно описать в рамках этого подхода.



Прямое моделирование пористой среды

- Сложное описание, основанное на использовании CFD вычислительных пакетов.
- Значительные вычислительные затраты.
- Хорошо описываются случаи малого отношения характерного размера аппарата к размеру гранулы катализатора, а также пористая среда со структурированной упаковкой гранул.
- Точное описание локального изменения интересующих параметров.

Развитие технологии синтеза Фишера-Тропша

1-ое поколение	2-ое поколение	3-е поколение	4-ое поколение
1930-50-е Rurchemie, "ARGE", Sasol	1950-80-е Kellogg, Sasol	1980-90-е Shell, Exxon, BP, Sasol	2000-е CompactGTL Oxford Catalysts, INFRA GTL (TISNCM)

Увеличение удельной мощности реактора — путь к повышению экономичности процесса.



ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НАУЧНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ФГБНУ ТИСНУМ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА

Руководитель ЦКП ФГБНУ ТИСНУМ к.ф.-м.н. **Прохоров В.М.**

Центр коллективного пользования (ЦКП) научным оборудованием «Исследования наноструктурных, углеродных и сверхтвердых материалов» создан в январе 2004 года. Он входит в состав всероссийской сети ЦКП.

Приоритетно ЦКП ФГБНУ ТИСНУМ обеспечивает доступ к исследовательскому и технологическому оборудованию в рамках ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008-2010 годы» и мероприятий профильных федеральных целевых программ.

ЦКП объединяет ресурсы отдела структурных исследований, отдела физических свойств наноструктур, отдела исследований физико-механических свойств, отдела синтеза новых сверхтвердых материалов. ЦКП оснащен современным дорогостоящим оборудованием, а также оригинальными приборами и методиками, созданными в ТИСНУМ для решения специальных задач.

Направления проблемно-ориентированных и прикладных исследований ЦКП сконцентрированы в области сверхтвердых и углеродных материалов, в том числе наноструктурных. ЦКП изготавливает (синтезирует) разработанные заказчиком или в подразделениях института конструкционные, функциональные, сверхтвердые и наноструктурные материалы на универсальной установке синтеза УСУ-01/А (давление до 13 ГПа, температура до 2500 °С). Для синтеза, термобарической обработки и исследований наноматериалов используются также сдвиговые алмазные камеры DAC-24 (давление до 100 ГПа, температура до 1500 °С).

Технологическое оборудование ЦКП



Установка УСУ-01/А для термобарической обработки и синтеза крупных монокристаллов алмаза, сверхтвердых и наноструктурированных материалов и обработки нанокомпозитов.



Комплекс лазерной обработки на основе пикосекундного лазера Lutera для размерной резки, заточки и изготовления изделий из сверхтвердых материалов.

Аналитическое оборудование ЦКП

Оптические исследования методами КРС-спектроскопии, фотолюминисценции и оптического поглощения



Установка для получения спектров комбинационного рассеяния света (КРС) с системой подавления возбуждающего излучения notch-фильтрами. Установка создана на базе спектрометра TRIAX series компании HORIBA Jobin Yvon Inc. Источником возбуждающего света служит лазер STABILITE 2017 компании Spectra-Physics.



Интегральная оптическая система для оптических спектральных исследований в диапазоне температур от 5 до 800 К.



Спектрофотометр Cary используется для решения широкого круга спектрофотометрических задач. Он обеспечивает снятие спектра со скоростью 24000 нм/мин в диапазоне 190-1100 нм с разрешением 1,5 нм. Прибор отличается высокой чувствительностью, стабильностью двухлучевой схемы, широким диапазоном измерений (200-800 нм).

Структурные исследования методами рентгеновской дифракции и ПЭМВР



Рентгеновский дифрактометр и топографическая система на основе 18кВт источника с вращающимся анодом.

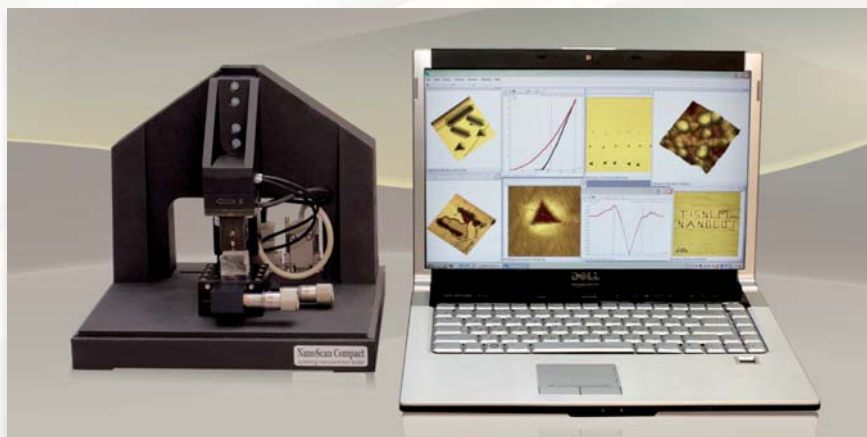


Просвечивающий электронный микроскоп высокого разрешения (до 1,4 Å) JEM-2010, производства фирмы Jeol, Япония.



Рентгеновский дифрактометр TETA ARL X'TRA (Thermo-Electro, США-Швейцария).

Физико-механические и электрические исследования



Для исследований рельефа, структуры, механических свойств поверхностей твердых и сверхтвердых материалов с нанометровым разрешением используется сканирующий зондовый микроскоп-нанотвердомер «НаноСкан» (разработка ТИСНУМ).



Микроскоп OLIMPUS BX-51 (Япония)



Высокочастотный импульсный акустический микроскоп (диапазон 25÷100 МГц)

Также используются сканирующий зондовый микроскоп Ntegra Prisma Basic (НТ-МДТ, Россия), машина для механических испытаний 1958 У10-1 (модернизирована в 2008г), установка для определения плотности KERN model 770-60, металлографическое оборудование Struers с микроскопом METAM PB-21.

Исследования электрических характеристик материалов ведутся на установке измерения ЭДС Холла в магнитном поле до 2Т, в диапазоне температур 10-800 К, и установке исследований вольтамперных характеристик (в том числе, при низких температурах и в магнитном поле).

Для теплофизических исследований используется термогравитометр TAG-24 (Setram, Франция)

С момента организации ЦКП ТИСНУМ предоставил свои услуги более чем 20 научным организациям в России и за рубежом.



КАФЕДРА МФТИ (ГУ) «ФИЗИКА И ХИМИЯ НАНОСТРУКТУР»

Заведующий кафедрой профессор д.ф.-м.н. **Бланк В.Д.**

Кафедра создана на факультете молекулярной и биологической физики МФТИ приказом ректора №37-1 от 24.01.2008г. Базовой организацией определен ТИСНУМ. Кафедра осуществляет подготовку студентов по направлению

БАКАЛАВРИАТ		
Направление		Профиль
03.03.01	Прикладные математика и физика	Химическая физика и свойства наноструктур
МАГИСТРАТУРА		
Направление		Специальность
03.04.01	Прикладные математика и физика	Химическая физика



Учебная программа

Бакалавриат

Учебные дисциплины:

- Введение в рентгеноструктурный анализ;
- Введение в физику конденсированных сред;
- Основы сканирующей зондовой микроскопии;
- Физико-химические свойства наноматериалов;
- Квантово-химическое моделирование структуры и свойств твердых тел;
- Электронная микроскопия.



Магистратура

Учебные дисциплины:

- Структурные формы углерода;
- Физика твердого тела;
- Нанoeлектронные устройства;
- Экспериментальные методы исследования наноструктур;
- Физика и химия углеродных наноструктур;
- Физические основы прочности сверхтвердых материалов.

План подготовки специалистов

Научно-исследовательская работа:

- IV курс (бакалавриат) – 540 часов;
- V, VI курсы (магистратура) – 1512 часов.

Аудиторные занятия:

- Бакалавриат – 306 часа;
- Магистратура – 330 часов;
- Защита бакалаврской выпускной квалификационной работы в 8 семестре;
- Защита магистерской диссертации в 12-ом семестре.



НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «ФИЗИКА И ХИМИЯ НАНОСТРУКТУР»



Научно-образовательный центр «Физика и химия наноструктур» (НОЦ) создан Приказом по ТИСНУМ от 27 октября 2008 г. № 36-о. Положение о НОЦ утверждено директором ТИСНУМ и ректором МФТИ 01.09.2008 г.

НОЦ осуществляет фундаментальные и прикладные научные исследования, а также инновационную деятельность по широкому спектру направлений в области нанотехнологий и другим приоритетным направлениям и критическим технологиям развития научно-технологического комплекса России.

Научно-техническая и инновационная деятельность в НОЦ являются неотъемлемой составной частью процесса подготовки высококвалифицированных специалистов и научно-педагогических кадров высшей квалификации, осуществляемой на кафедре МФТИ «Физика и химия наноструктур». ТИСНУМ является базовым институтом МФТИ.

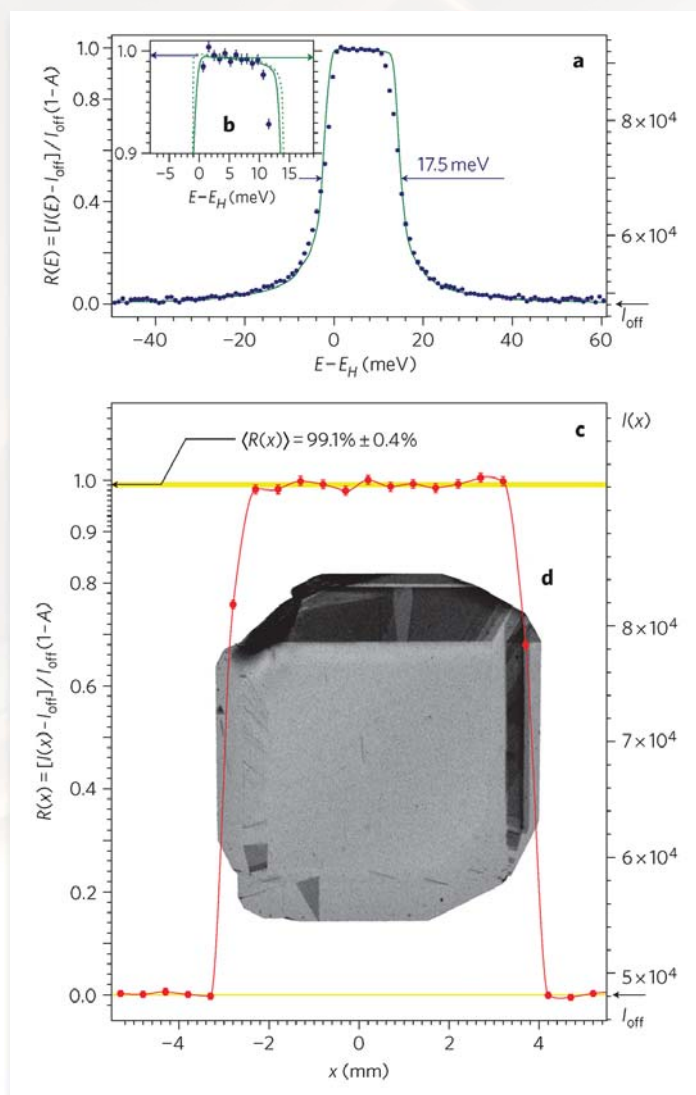
Основные направления научно-исследовательских работ

- Физико-математические модели образования и поведения наносистем.
- Фундаментальные закономерности и механизмы формирования наноструктурных состояний в твердых телах при интенсивных внешних воздействиях.
- Свойства и функции наноструктур, супрамолекул, нанокристаллов, сверхрешеток, квантовых точек.
- Физико-химические свойства наноматериалов.
- Методы моделирования промышленных нанотехнологических процессов.
- Разработка и создание электронных наноустройств на основе искусственных алмазов: одноэлектронные, оптоэлектронные, сверхпроводящие; спиновая электроника, сенсоры, биодатчики, квантовые генераторы.
- Высокоточные методы и приборы для измерений механических, электрических и магнитных характеристик наносистем.
- Высокоточная измерительная и обрабатывающая техника для нанотехнологических процессов.
- Закономерности и механизмы диффузионно-контролируемых процессов в объемных наноструктурных системах.
- Дизайн новых типов сверхтвердых нанокompозитных пленок.
- Создание наноструктурных сплавов и нанокompозитов с уникальными механическими свойствами.
- Разработка принципов создания новых керамических гомогенных и композиционных материалов с нанофазной и нанокристаллической структурой.

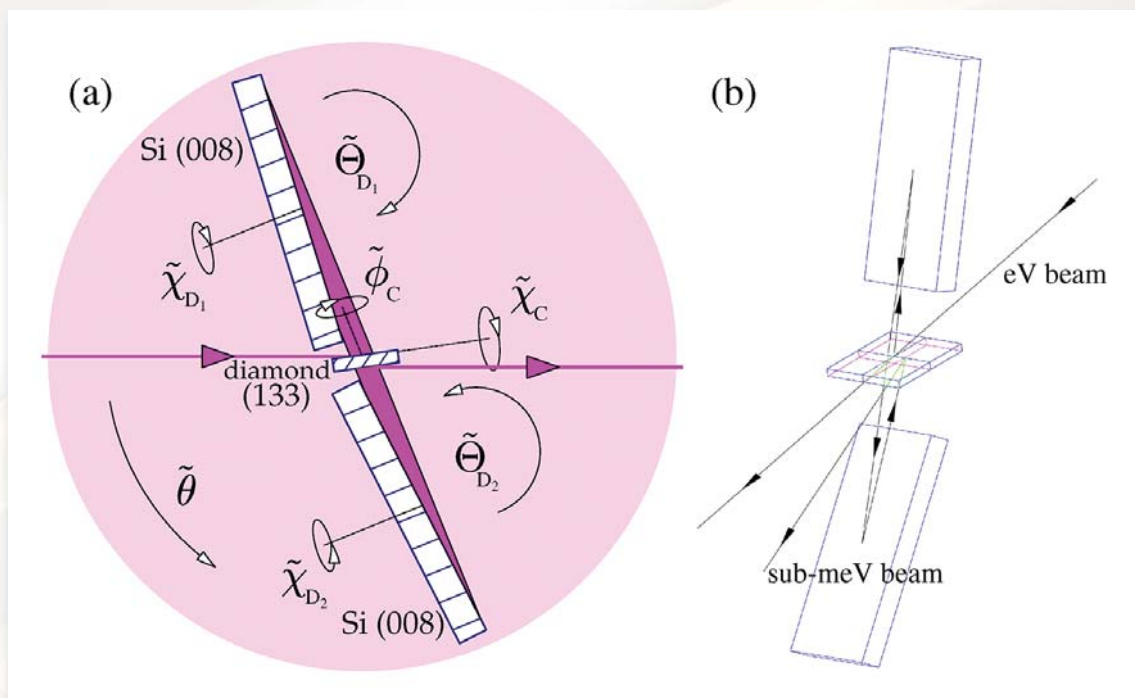
Алмазные монокристаллы для рентгеновской оптики

Совместно с Аргонской Национальной лабораторией и Стэнфордским Центром Линейных ускорителей Министерства энергетики США ТИСНУМ проводит работы по разработке элементов рентгеновской оптики нового поколения для работы в мощных пучках синхротронных источников. В настоящее время ТИСНУМ является лидером в производстве алмазов предельного совершенства, на базе которых были получены следующие уникальные результаты:

- изготовлены пластины алмаза полностью свободные от дефектов с коэффициентом отражения $\approx 99.2\%$, близким к теоретическому пределу, что открывает перспективу их использования в качестве зеркал резонатора для создания лазера на свободных электронах осцилляторного типа;
- тонкие алмазные пластины были использованы в качестве монохроматора, установленного между двумя ондуляторами, в экспериментах по получению впервые в мире генерации когерентного рентгеновского излучения однопроходного лазера на свободных электронах;
- разработан и изготовлен гибридный монохроматор «алмаз-кремний» с предельно малой спектральной шириной 0.25 мэВ и высокой спектральной эффективностью $\approx 65\%$ для спектроскопии неупругого рассеяния с энергетическим разрешением < 0.1 мэВ;
- изготовлен модуль, состоящий полностью из алмазных компонентов, для использования на каналах синхротронных источников одновременно в качестве делителя пучка и двухкристального спектрометра.



Коэффициент отражения рентгеновского излучения с энергией 13кэВ синтетического алмаза производства ТИСНУМ с минимальным уровнем дефектов



Оптическая схема гибридного монохроматора с рекордно малой спектральной чувствительностью

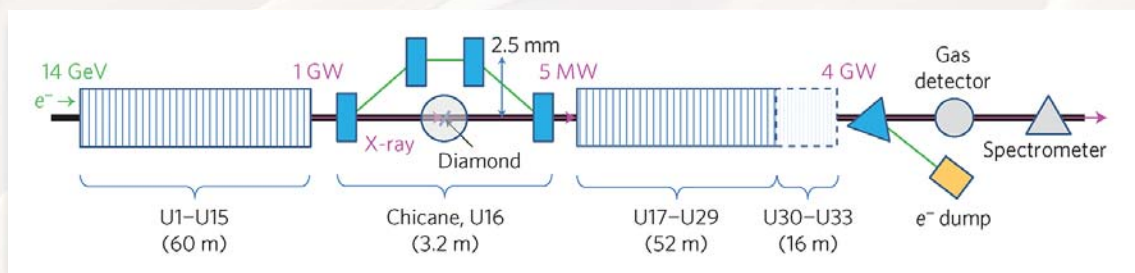
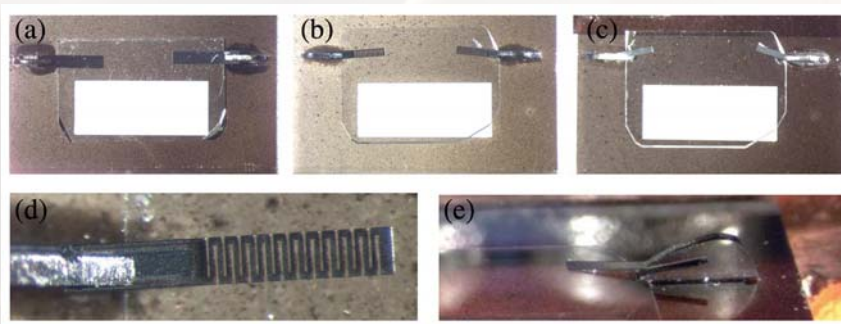
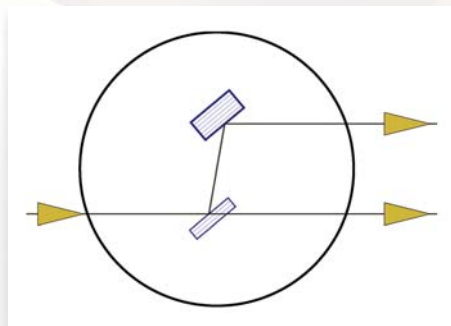


Схема лазера на свободных электронах с использованием монокристалла из синтетического алмаза для формирования импульса монохроматизированного рентгеновского пучка



Алмазные компоненты для изготовления модуля двухкристального спектрометра и делителя пучка.



СОВМЕСТНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ТИСНУМ-СИМЕНС «Функциональные и конструкционные наноматериалы»

Руководитель к.ф.-м.н. **Прохоров В.М.**

SIEMENS

Совместные научно-исследовательские работы по конструкционным наноматериалам ведутся с 2007 года.

30 мая 2008 года между ТИСНУМ и Siemens Aktiengesellschaft (Siemens AG) было подписано рамочное соглашение об организации в ТИСНУМ лаборатории «Совместная лаборатория ТИСНУМ-СИМЕНС «Функциональные и конструкционные наноматериалы»».

Цель совместной лаборатории ТИСНУМ-СИМЕНС обеспечивать удобство проведения совместных научных исследований и развивать отношения между сторонами во всех сферах деятельности, представляющих взаимный интерес, в частности:

- сотрудничество в области наноуглеродных и модифицированных наноуглеродом материалов, а также в других областях согласно взаимной договоренности;
- подготовка и поддержка инженеров и ученых в области наноструктурированных материалов.



Подписание соглашения.

ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ УГЛЕРОДА И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ «УГЛЕРОДНОЕ ОБЩЕСТВО»

Общероссийская общественная организация специалистов в области углерода и углеродных материалов «Углеродное общество» юридически была оформлена 8 января 2004 года. К этому времени уже было проведено 2 международных конференции по углеродной тематике. Президентом Углеродного общества в 2014 г. был избран профессор Авдеев В.В., а генеральным секретарем организации профессор Бланк В.Д. В 2004 - 2006 г.г. на базе МГУ были проведены 3-я, 4-я и 5-я международные конференции «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология».

В 2009 году Президентом Углеродного Общества был избран профессор Бланк В.Д., а Генеральным секретарем Общества – профессор Авдеев В.В. В этом же году была проведена 6-я международная конференция по традиционной тематике на базе ТИСНУМ в г. Троицк Московской области.

В 2010 году совместно с Владимирским государственным университетом в г. Суздаль была проведена 7-я международная конференция «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология», а в 2012 в г. Троицк на базе ФГБНУ ТИСНУМ 8-я международная конференция.

В 2011 и 2013 годах Углеродным Обществом были организованы семинары молодых учёных Уральского и Центрального регионов в городах Пермь и Зеленоград (Андреевка) по теме: «Участие молодых учёных в фундаментальных, поисковых и прикладных исследованиях по созданию новых углеродных и наногуглеродных материалов» под руководством академика РАН Анциферова В.Н. и чл.-корр. РАН Костикова В.И.

На каждой конференции делаются пленарные, секционные и стендовые доклады, проводятся круглые столы и дискуссии по актуальным проблемам научных исследований, организовываются культурные программы. Участниками конференций являются крупные ученые России и зарубежных стран, большое внимание уделяется участию в конференциях молодых ученых России.

РАБОТА В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА (СМК)

С целью повышения качества разработок и обеспечения возможности сотрудничества с Министерством обороны России в 2006 году было принято решение о создании в ТИСНУМ системы менеджмента качества (СМК) (Приказ от 20 января 2006 г. № 2/1-о). В декабре 2006 г. комиссия 22 ЦНИИ Минобороны России по результатам проверки СМК ФГУ ТИСНУМ сделала заключение, что действующая в ФГУ «ТИСНУМ» СМК соответствует требованиям ГОСТ РВ при разработке электровакуумных ламп, приборов измерения давления и температуры и изделий квантовой электроники и рекомендовала ОС СМК при ФГУП 22 ЦНИИИ выдать ТИСНУМ Заключение о наличии на предприятии условий, необходимых для обеспечения выполнения Государственного оборонного заказа.

В дальнейшем в институте проводилась постоянная работа по совершенствованию СМК. В результате проведенной работы в 2012 г. ТИСНУМ выдан сертификат № СВС.01.411.0051.12 от 13 июля 2012 г. в Системе добровольной сертификации «Военэлектронсерт» на соответствие СМК предприятия требованиям ГОСТ РВ 15.002-2003 и РД В 319.015-2006.

В 2013 г. в связи с расширением области применения разработок института проведена работа по доработке документации СМК и получен сертификат Системы добровольной сертификации «Военный регистр» № ВР 31.1.6483-2013, удостоверяющий, что СМК ФГБНУ ТИСНУМ распространяющаяся на разработку и производство продукции по классам ЕКПС: 1010, 1015, 1020, 1025, 1030, 1035, 1310, 1315, 1320, соответствует требованиям ГОСТ ISO 9001-2011, ГОСТ РВ 0015-002-2012 и других стандартов СРПП ВТ, сроком действия с 20 сентября 2013 по 19 сентября 2016 г.

В настоящее время эффективность СМК ФГБНУ ТИСНУМ подтверждена тремя сертификатами СДС «Электросерт» и «Военный регистр».

Адрес:

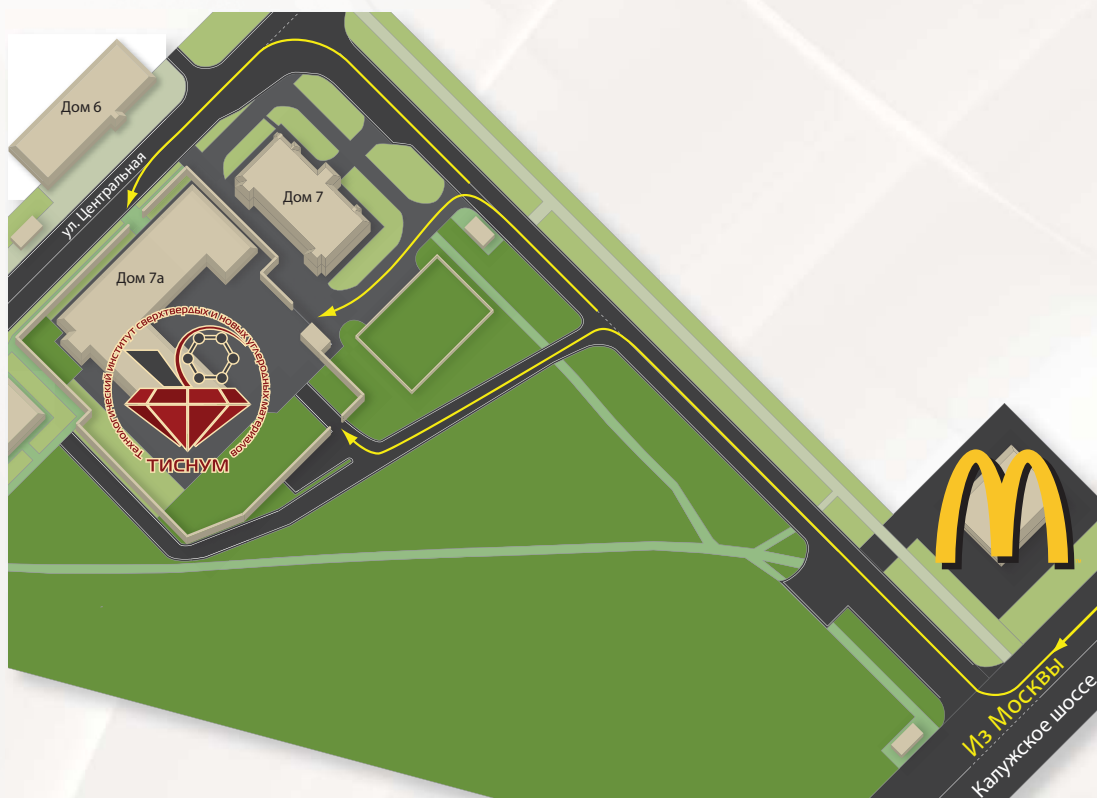
108840, г. Москва, г. Троицк, ул. Центральная 7а

Тел.: +7 (499) 272-23-13

http: www.tisnum.ru

Факс: +7 (499) 400-62-60

E-mail: info@tisnum.ru







108840, г. Москва,
г. Троицк, ул. Центральная, 7а
Тел.: +7 (499) 272-23-13
Факс: +7 (499) 400-62-60



www.tisnum.ru

info@tisnum.ru