

УТВЕРЖДАЮ

Директор ЦКП ДМНС

---

академик А.А.Орликовский

«01» октября 2012 г.

## **ПРОГРАММА**

развития Центра коллективного пользования научным оборудованием

«Диагностика микро- и наноструктур»

на 2012 – 2016 г.г.

### **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ**

Целью Программы развития Центра коллективного пользования научным оборудованием «Диагностика микро- и наноструктур» (ЦКП ДМНС) на 2012 – 2016 г.г. (далее Программы) является создание региональной инновационной инфраструктуры в рамках национальной нанотехнологической сети и обеспечение функционально полного инновационного цикла высокотехнологичных предприятий региона.

В соответствии с указанной целью основными задачами программы развития ЦКП ДМНС являются:

1. Развитие производственной инфраструктуры ЦКП ДМНС
2. Развитие организационной инфраструктуры ЦКП ДМНС
3. Расширение сети пользователей ЦКП ДМНС
4. Расширение сферы НИОКР, видов анализа и услуг ЦКП ДМНС
5. Реализация образовательных программ в области нанотехнологий
6. Коммерциализация результатов НИР и ОКР ЦКП

### **МЕРОПРИЯТИЯ ПРОГРАММЫ**

#### **1. Мероприятия по развитию производственной инфраструктуры ЦКП ДМНС**

За ЦКП закреплено научное оборудование широкого профиля общей стоимостью 373,4 млн. руб. Оборудование позволяет проводить полномасштабные исследования в области технологий микро- и нанoeлектроники, функциональных наноматериалов, материаловедения, энергетики, химической промышленности, медицины, биологии и геологии. В рамках мероприятий по текущему содержанию и развитию материально-технической базы планируется:

### 1.1. Модернизация и дооснащение следующего оборудования, закрепленного за ЦКП

#### ДМНС:

- Времяпролетный масс-спектрометр IONTOF SIMS<sup>5</sup> (ION-TOF GmbH, ФРГ) 2007 г. выпуска.
- Просвечивающий электронный микроскоп Tescan G2 F20 U-TWIN (FEI, Нидерланды) 2009 г. выпуска.
- Двухлучевой FIB-SEM микроскоп Quanta 3D 200i (FEI, Нидерланды) 2011 г. выпуска.
- Автоэмиссионный сканирующий электронный микроскоп с комплексом диагностики наноструктур Supra 40 (Carl Zeiss, ФРГ) с приставкой INCAx-act (Oxford Instruments) 2008 г. выпуска.
- 3D-нанозондовая система «GPI- Cryo-SEM» - сканирующий туннельный микроскоп на базе вакуумной системы СЭМ Supra 40 с системой пробоподготовки (Протон-МИЭТ) 2009 г. выпуска.
- Класс мультимикроскопов SM-2000 и профилометров модели 130 (ЗАО «Протон-МИЭТ», Россия) 2008 г. выпуска.
- Измерительный комплекс Oriel I-V (Newport, США) 2009 г. выпуска.
- Установка ВИМС IMS-4F (SEMESA, Франция) 1989 г. выпуска.
- Ионный имплантер с системой RBS анализа на базе ускорителя K2MV (HVEE, Нидерланды) 1989 г. выпуска.

### 1.2. Поставка, монтаж и пуско-наладка нового технологического оборудования:

- Установка плазмохимического травления и осаждения Plasmalab 100 (Oxford Instruments) 2011 г. выпуска.
- Установка совмещения и экспонирования SUSS MJB4 (SUSS MicroTec Group, Германия) 2012 г. выпуска.
- Электронно-лучевой нанолитограф CABL-9000C (Crestec, Япония).

### 1.3. Ремонт, модернизация, дооснащение и закрепление за ЦКП ДМНС следующего технологического оборудования:

- Установка вакуумного магнетронного напыления Оратория 22.
- Установка вакуумного магнетронного напыления Оратория 5.

### 1.4. Ремонт и инженерная подготовка помещений ЦКП ДМНС

Основная часть оборудования ЦКП стационарно размещена на территории Ярославского филиала ФТИАН РАН в помещениях общей площадью 1000 м<sup>2</sup>, переданных в ссуду Ярославскому государственному университету им. П.Г. Демидова. Более 80% площадей соответствуют техническим нормам класса 07 -08 ИСО (Гост ИСО 14644-1-2002),

имеют санитарные паспорта, оборудованы необходимыми коммуникациями. Помещения оснащены соответствующим электропитанием, имеют заземление и приточно-вытяжную вентиляцию, оснащены кондиционерами, вытяжными шкафами, боксами. Имеется водопроводная и сливная разводка.

Программой развития предусматриваются реконструкция и инженерная подготовка 200 м<sup>2</sup> помещений и размещение на них технологической линии по производству микро- и наносистемной техники. Планируется подготовить чистые комнаты класса 07 ИСО под участки:

- подготовки пластин;
- фотолитографии (под установку SUSS MJB4);
- плазменных процессов травления и нанесения слоев металлов (под установку Plasmalab 100);
- термических процессов;
- жидкостных процессов травления;
- диагностики чипов;
- скрайбирования пластин кремния;
- сращивания (бондинга) и корпусирования;
- контроля и приемки приборов.

## **2. Мероприятия по развитию организационной инфраструктуры ЦКП ДМНС**

### **2.1. Совершенствование организационной структуры и схемы управления деятельностью ЦКП ДМНС**

В целях повышения эффективности основной деятельности ЦКП ДМНС планируется дальнейшее совершенствования его организационной структуры, в том числе создание новых отделов Центра:

- отдела главного технолога;
- конструкторского отдела

и служб:

- метрологии;
- маркетинга.

Будут продолжены работы по совершенствованию действующих и разработке новых нормативных документов, в том числе:

- Положения о Центре коллективного пользования научным оборудованием «Диагностика микро- и наноструктур»,

- Положения о лабораториях Центра коллективного пользования научным оборудованием «Диагностика микро- и наноструктур»,
- Положения о базовой кафедре «Диагностики микро- и наноструктур»,
- Регламента выполнения работ на оборудовании ЦКП ДМНС,
- Приказов о закреплении оборудования, находящегося на балансе ЯрГУ и ЯФ ТИАН за Центром коллективного пользования «Диагностики микро- и наноструктур».

## 2.2. Совершенствование схемы управления образовательной деятельностью ЦКП ДМНС

Для реализации дополнительных образовательных программ в области нанотехнологий и обеспечения основной образовательной программы профессиональной подготовки «Электроника и микроэлектроника», реализуемой ЯрГУ на базе Ярославского Филиала ФТИАН, будет создана базовая кафедра «Диагностики микро- и наноструктур».

Программой предусматривается разработка схемы проектного управления научной и образовательной деятельностью структурных подразделений ЯрГУ и ЯФ ФТИАН, задействованных в мероприятиях Программы развития Центра.

### **3. Мероприятия по расширению сети пользователей ЦКП ДМНС**

В настоящее время пользователями услуг ЦКП ДМНС являются более 30 организаций. В целях привлечения новых пользователей планируется:

- изучение потребностей региональных высокотехнологичных предприятий в выполнении НИОКР
- размещение и обновление на сайте перечня НИОКР, выполненных ЦКП ДМНС;
- размещение в СМИ и на сайте ЦКП ДМНС информации о:
  - направлениях научно-исследовательской деятельности Центра и возможности проведения НИОКР;
  - наличии необходимого аналитического и технологического оборудования, методах анализа и методиках измерений;
  - планируемом вводе нового аналитического и технологического оборудования, испытательных стендов.
- участие в международных и всероссийских форумах, выставках, конференциях, круглых столах и иных мероприятиях;
- подготовка информационных и рекламных материалов и их распространение через средства массовой информации;
- участие в региональных и федеральных целевых программах.
- организация службы информационных и консалтинговых услуг.

- проведение комплекса мероприятий по расширению сферы НИОКР, видов анализа и услуг ЦКП ДМНС.

#### **4. Мероприятия по расширению сферы НИОКР, видов анализа и услуг ЦКП ДМНС**

В целях расширения области научных исследований и опытно-конструкторских разработок, видов анализа и услуг Программой предусматривается:

##### 4.1.Разработка и аттестация новых методик диагностики микро- и наноструктур

##### 4.1.1 Пространственные характеристики наноматериалов и наноструктур

- Растровая электронная микроскопия (РЭМ) высокого разрешения
  - Получение изображений методом РЭМ образцов наноразмерных объектов (проводящих и непроводящих): наночастиц (нанопорошков), наностержней, нановолокон, нанотрубок, нанопроволок, нанодисков – с пространственным разрешением до 1 нм. Анализ изображений с получением численных данных о размерах и форме нанообъектов, степени их агломерируемости. Применение методов препарирования образцов, искажающих размеры и форму нанообъектов, не допускается.
  - Получение изображений методом РЭМ структуры объема и поверхности образцов наноструктурных материалов (проводящих и непроводящих), в том числе нанокомпозитов с пространственным разрешением до 1 нм. Анализ изображений с получением численных данных о размерах и форме нанокристаллитов (гранул), пор, межкристаллитных границ и других особенностей структуры. Применение методов препарирования образцов, искажающих наноразмерную структуру, не допускается.
  - Получение изображений методом РЭМ структуры поперечных сечений и поверхностей образцов тонкослойных наноструктурных объектов (проводящих и непроводящих), в том числе тонких пленок, покрытий, наночипов и электролит-электродных структур, с пространственным разрешением до 1 нм. Анализ изображений с получением численных данных о размерах слоев, о размерах и форме нанокристаллитов (гранул), пор, межкристаллитных границ, межслоевых интерфейсов и других особенностей структуры. Применение методов препарирования образцов, искажающих наноразмерную структуру, не допускается.
  - Методики поверки и меры поверки растровых электронных измерительных микроскопов.

- Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) высокого разрешения
  - Получение изображений методом ПЭМ образцов наноразмерных объектов: наночастиц (нанопорошков), наностержней, нановолокон, нанотрубок, нанопроволок, нанодисков – с пространственным разрешением до 0,2 нм. Анализ изображений с получением численных данных о размерах и форме нанообъектов, степени их агломерируемости и распределении по размерам.
  - Получение изображений методом ПЭМ структуры образцов наноструктурных материалов с пространственным разрешением до 0,2 нм. Анализ изображений с получением численных данных о размерах и форме нанокристаллитов (гранул), пор, межкристаллитных границ и других особенностей структуры. Применение методов препарирования образцов объемных наноматериалов для ПЭМ.
  - Получение изображений методом ПЭМ структуры поперечных сечений и поверхностей образцов тонкослойных наноструктурных объектов (проводящих и непроводящих), в том числе тонких пленок, покрытий, наночипов и электролит-электродных структур, с пространственным разрешением до 0,2 нм. Анализ изображений с получением численных данных о размерах слоев, о размерах и форме нанокристаллитов (гранул), пор, межкристаллитных границ, межслоевых интерфейсов и других особенностей структуры. Применение методов препарирования тонкослойных наноструктурных объектов для ПЭМ.
- Методики сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) для исследования наноструктурных объектов и материалов с нанометровым разрешением в различных режимах. Применение методов препарирования наноструктурных материалов и объектов для СЗМ
  - Получение изображений в контактном, полуконтактном и бесконтактном режимах атомно-силовой микроскопией.
  - Получение изображений в режиме фазового контраста.
  - Получение изображений в режиме магнитных или электрических сил.
  - Получение изображений в режиме электрохимического зондового микроскопа.
  - Получение изображений в режиме туннельного микроскопа.
  - Методики определения толщины тонких слоев покрытий и гетероструктур в диапазоне 1 - 100 нм с использованием сканирующего зондового микроскопа.
  - Методики поверки и меры поверки сканирующих зондовых измерительных микроскопов.

#### 4.1.2. Элементный и фазовый состав наноматериалов

- Методики рентгенофазового и рентгеноструктурного анализа для определения качественного и количественного фазового состава наноразмерных объектов и наноструктурных материалов, в том числе для определения составов *in situ*, в условиях высоких температур.
- Методики энергодисперсионного рентгеновского анализа и дифракции обратно рассеянных электронов для исследования изображений наноматериалов в растровом или просвечивающем электронных микроскопах, обеспечивающие разрешение порядка 10 нм при определении пространственного распределения химических элементов.
- Методики послойного элементного анализа поверхностных слоев наноматериалов и наноструктур методом вторичной ионной масс-спектрометрии.
- Методики количественного элементного анализа наноматериалов методом вторичной ионной масс-спектрометрии.

#### 4.1.3. Структура и характеристики поверхности

- Методики оптической спектроскопии для определения химического состава и типа химических связей на поверхности наноразмерных объектов.
- Методики Фурье ИК-спектроскопии, рамановской спектроскопии, ИК фотолюминесцентной спектроскопии, УФ-ИК спектроскопия поглощения для определения типов связей и типов структур на поверхности наноразмерных объектов, в частности, углеродных наноматериалов.
- Методики определения шероховатости поверхности наноматериалов и изделий с нанометровой погрешностью с использованием сканирующей зондовой микроскопии и интерференционной оптической микроскопии.

#### 4.1.4. Оптические и спектральные свойства наноматериалов

- Методика определения и анализа спектров фотолюминесценции (ФЛ) наноразмерных материалов и наноструктур.
- Методика измерения спектрального состава излучения структуры - спектрофотометрия.
- Методики определения и анализа спектров отражения и пропускания наноструктур в видимой, ближней и дальней ИК и УФ областях.
- Методика измерения температурных зависимостей (в диапазоне температур 2 - 300 К) спектров пропускания наноматериалов в видимой, ближней, средней и дальней ИК-областях.
- Методики измерения и анализа спектров комбинационного рассеяния с возбуждением спектра в видимой и ИК-областях спектра.

- Методика выполнения измерения показателя преломления материала в видимой области спектра.
- Методика выполнения измерений показателя ослабления светового потока в материалах.
- Методика измерения фотовольтаического эффекта и спектральной фоточувствительности фотопреобразователей солнечной энергии на основе неорганических наноструктурированных, неорганических нанокомпозитных и органических нанокомпозитных (в том числе полимерных) материалов.

#### 4.1.5. Электрические и магнитные свойства наноматериалов

- Методики измерения магнитных параметров наноматериалов в широком диапазоне температур и магнитных полей: индукции насыщения, коэрцитивной силы, магнитной проницаемости, гистерезисных потерь, температуры Кюри и др.
- Методика изучения магнитной структуры, распределения направлений магнитных моментов кристаллитов в различных состояниях намагниченности.
- Методика исследования спектров ферромагнитного резонанса и дисперсионных характеристик спиновых волн тонких магнитных пленок методом радиоспектроскопии.
- Методика 4-контактного измерения электропроводности образцов в форме стержней по падению напряжения между парой потенциальных контактов при пропускании тока через пару внешних токовых контактов.
- Методика исследования фотопроводимости наноматериалов.
- Электрофизические методики для измерения параметров полупроводниковых наноструктур и изделий твердотельной электроники на их основе:
  - глубины залегания p-n- перехода;
  - распределения концентрации легирующих примесей в слоях полупроводников.

#### 4.2. Разработка методик пробоподготовки:

- Разработка методик пробоподготовки для исследования материалов и структур микро- и наноэлектроники методом просвечивающей электронной микроскопии.
- Разработка методик пробоподготовки биологических нанообъектов для просвечивающей электронной микроскопии.

#### 4.3. Разработка микро- и нанотехнологий в области:

- устройств микро- и наносистемной техники:
  - чувствительных элементов микрогироскопов;
  - чувствительных элементов акселерометров;
  - микроактюаторов;

- микропереключателей;
- нанокантилеверов,
- функциональных наноматериалов,
  - нанокompозитных материалов для электродов литий-ионных аккумуляторов;
  - нанокompозитов с эффектом переключения проводимости;
  - многослойных наноструктур с эффектом гигантского магнетосопротивления;
  - устройств спинтроники.

#### 4.4. Проведение мероприятий по реализации образовательных программ в области нанотехнологий

### **5. Мероприятия по реализации образовательных программ в области нанотехнологий**

#### 5.1. Довузовская подготовка

Планируется организация в школах города классов профильной подготовки в сфере нанотехнологий и диагностики наноструктур.

#### 5.2. Профессиональная подготовка

В целях подготовки специалистов в области нанотехнологий планируется выполнение следующих мероприятий

- Создание элементов производственной и организационной инфраструктуры Центра, необходимых для реализации образовательных программ подготовки бакалавров и магистров по направлению 210100.62 «Электроника и наноэлектроника» по профилю «Интегральная электроника и наноэлектроника» на базе ЦКП ДМНС.
- Создание элементов производственной и организационной инфраструктуры Центра, необходимых для организации:
  - всех видов практики;
  - стажировок и программ студенческого обмена,
  - курсов повышения квалификации,
  - программ дополнительного образования, реализуемых ЯрГУ и ЯФ ФТИАН на базе ЦКП ДМНС.
- Развитие форм дистанционного обучения на оборудовании ЦКП ДМНС.

#### 5.3. Подготовка научных кадров высшей квалификации.

В целях подготовки специалистов высшей квалификации на базе ЦКП «Диагностика микро- и наноструктур» Программа предусматривается:

- внедрение практики поощрения сотрудников ЦКП ДМНС, осуществляющих руководство диссертационными работами по профилю Центра;

- предоставление соискателям из сторонних организаций доступа к научному оборудованию Центра в рамках программы стажировок с целью завершения диссертационных исследований;
- предоставление информационных и консультационных услуг для соискателей ученой степени по профильной специальности.

#### **6. Мероприятия по коммерциализации результатов НИР и ОКР ЦКП ДМНС**

Объектами коммерциализации результатов НИР и НИОКР являются научно-технические результаты и научно-техническая продукция, созданные в результате договорной деятельности или проведения инициативных работ в соответствии с программой развития ЦКП «Диагностика микро- и наноструктур». В рамках настоящей Программы планируется развивать следующие механизмы коммерциализации результатов НИОКР:

- оказание инжиниринговых услуг предприятиям высокотехнологичного сектора экономики через:
  - реализацию комплексных проектов по созданию высокотехнологичного производства (постановление Правительства РФ № 218);
  - договоры на выполнение НИОКР в рамках основной деятельности ЦКП ДМНС,
- участие в инвестиционных проектах по созданию высокотехнологичных производств.