

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждения высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

УТВЕРЖДАЮ:  
проректор по учебной работе

СОГЛАСОВАНО:  
проректор по науке и инновациям

\_\_\_\_\_ В.Л.Петров

\_\_\_\_\_ М.Р.Филонов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**ОСНОВНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ  
ПРОГРАММА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ  
КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ**

**по направлению подготовки кадров высшей квалификации**

---

**11.06.01 *Электроника, радиотехника и системы связи***

---

**направленность (профиль) программы:  
*Физико-технологические основы получения материалов и  
элементов макро-, микро и наноэлектроники***

форма обучения:  
**очная**

---

Москва 2014

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- **1.1 Основная профессиональная образовательная программа высшего образования – программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре** (далее – **программа аспирантуры**), реализуемая самостоятельно Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки кадров высшей квалификации **11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи**

представляет собой систему документов, разработанную и утвержденную на основе:

- Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации"
- Положения о присуждении ученых степеней из Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 "О порядке присуждения ученых степеней"
- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи**
- кадров высшей квалификации, утвержденного Приказом Минобрнауки России №876 от 30.07.2014 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 25.08.2014 регистрационный № 33835);
- Приказа Минобрнауки России от 19 ноября 2013 г. N 1259 "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)"
- паспорта специальности **05.27.06 технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники** номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной Приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59 (с посл. изменениями: от 11.08.2009 г. приказ № 294 и от 16.11.2009 г. приказ № 603)

### 1.2 Общая характеристика программы аспирантуры

**Целью программы аспирантуры** является создание аспирантам условий для приобретения необходимого для осуществления профессиональной деятельности уровня знаний, умений, навыков, опыта деятельности и подготовки к защите научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук.

- **Срок получения образования по программе аспирантуры** по направлению подготовки **11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи**

с направленностью **«Физико-технологические основы получения материалов и элементов макро-, микро и наноэлектроники»** при очной форме обучения составляет 4 года.

**Структура образовательной программы аспирантуры** включает обязательную часть (базовую) и часть, формируемую участниками образовательных отношений (вариативную).

Программа аспирантуры состоит из следующих блоков:

Блок 1 "Дисциплины (модули)", который включает дисциплины (модули), относящиеся к базовой части программы, и дисциплины (модули), относящиеся к ее вариативной части.

Блок 2 "Практики", который в полном объеме относится к вариативной части программы.

Блок 3 "Научно-исследовательская работа", который в полном объеме относится к вариативной части программы.

Блок 4 "Государственная итоговая аттестация", который в полном объеме относится к базовой части программы.

**Объём программы аспирантуры** составляет 240 зачетных единиц.

- **Присваиваемая квалификация.** При условии освоения программы аспирантуры и успешной защиты выпускной квалификационной работы присваивается квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по направлению подготовки **11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи**

и направленности **Физико-технологические основы получения материалов и элементов макро-, микро и наноэлектроники**

- Требования к лицам, желающим освоить программу аспирантуры. В аспирантуру по направлению подготовки **11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи** и направленности **Физико-технологические основы получения материалов и элементов макро-, микро и наноэлектроники** принимаются граждане, имеющие высшее профессиональное образование, подтвержденное дипломом специалиста или дипломом магистра.

### 1.3 Области профессиональной деятельности выпускников

Область профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу аспирантуры, включает:

- теоретическое и экспериментальное исследование, математическое и компьютерное моделирование, проектирование, конструирование, использование и эксплуатацию материалов, компонентов, электронных приборов, устройств, установок вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой, оптической, микро- и наноэлектроники различного функционального назначения;

- исследования и разработки, направленные на создание и обеспечение функционирования устройств, систем и комплексов, основанных на использовании электромагнитных колебаний и волн и предназначенных для передачи, приема и обработки информации, получения информации об окружающей среде, природных и технических объектах, а также воздействия на природные или технические объекты с целью изменения их свойств.

Профессиональная деятельность выпускника аспирантуры с направленностью **Физико-технологические основы получения материалов и элементов макро-, микро и наноэлектроники** в области науки и техники, включающая теоретические и практические аспекты получения, обработки и применения материалов (объемных, компактных, порошковых, пленочных), состоящих из нанометрических (до 100 нм) элементов (кластеров, зёрен), структуры которых оказывают определяющее влияние на их механические, физические и химические свойства; разработку технологии и оборудования для получения наноструктурных металлических, керамических, композиционных (на основе металлической, керамической, минеральной и полимерной матриц) матрицами, в том числе, с наноструктурами поверхностными функциональными слоями и покрытиями, обладающих широким спектром функциональных свойств; изучение связи между химическим составом, структурным состоянием и свойствами наноматериалов; установление закономерностей влияния технологии получения и обработки наноматериалов на их структуру, механические, химические и физические свойства, а так же технологические свойства изделий, предназначенных для использования в различных областях промышленности и медицины.

---

Профессиональная деятельность реализуется в следующих областях исследований:

1. Технологические и экспериментальные исследования процессов получения наноматериалов и их обработки, в том числе посредством формирования наноструктур на подложках, объёмного модифицирования расплавов, интенсивной пластической деформации, консолидации нанопорошков, модифицирования поверхности материалов, облучения ускоренными частицами, термической и термомеханической обработки; разработка технологий и оборудования.

2. Исследование влияния наноразмерных элементов структуры на свойства наноматериалов.

3. Исследование фазовых равновесий, фазовых переходов, поверхностных явлений в наноматериалах.

4. Исследование процессов временной устойчивости структур изделий из наноматериалов при их эксплуатации, процессов деградации наноструктур и разработка способов обеспечения долгоживучести наноструктур.

5. Исследование взаимосвязи химического и фазового составов, структурного состояния с физическими, механическими, химическими, технологическими, эксплуатационными и другими свойствами наноматериалов.

6. Исследование процессов нанесения функциональных наноструктурных покрытий на различные материалы и конструкции, разработка технологий и оборудования.

7. Исследование процессов обработки различных изделий с целью получения наноструктурных поверхностных функциональных слоев, разработка технологий и оборудования.

8. Разработка новых и совершенствования существующих методов анализа структуры и свойств наноматериалов.

9. Система управления качеством, сертификация и аккредитация наноматериалов и изделий из них, нанотехнологий, оборудования для их производства, обработки и переработки.

#### **1.4 Объекты профессиональной деятельности выпускников:**

- материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования, технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач, современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и наноэлектроники;

- радиотехнические системы, комплексы и устройства, методы и средства их проектирования, моделирования, экспериментальной отработки, подготовки к производству и применению, применения по назначению и технического обслуживания;

- технологии, средства, способы и методы человеческой деятельности, направленные на создание условий для обмена информацией на расстоянии, ее обработки и хранения, в том числе технологические системы и технические средства, обеспечивающие надежную и качественную передачу, прием, обработку и хранение различных знаков, сигналов, письменного текста, изображений, звуков по проводным, радио и оптическим системам.

#### **1.5 Виды профессиональной деятельности**

Виды профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники, освоившие программу аспирантуры:

- научно-исследовательская деятельность в области электроники, радиотехники и систем связи, включающая разработку программ проведения научных исследований опытных, конструкторских и технических разработок, разработку физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере;

- разработку методик и организацию проведения экспериментов и испытаний, анализ их результатов;

- подготовку заданий для проведения исследовательских и научных работ; сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, выбор и обоснование методик и средств решения поставленных задач;

- управление результатами научно-исследовательской деятельности, подготовку научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований;

- участие в конференциях, симпозиумах, школах-семинарах и т.д.;

- защиту объектов интеллектуальной собственности;

- преподавательская деятельность по образовательным программам высшего образования.

#### **1.6 Планируемые результаты освоения программы аспирантуры**

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими универсальными компетенциями:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6) .

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, *должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями:*

- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владением культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в (ОПК-3);
- готовностью организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);
- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, *должен обладать следующими профессиональными компетенциями*, определяемыми направленностью (профилем) программы аспирантуры в рамках направления подготовки:

- способностью собирать, обрабатывать и систематизировать научно-техническую информацию по физико-технологическим основам получения материалов и элементов макро-, микро- и нанoeлектроники (ПК-1);
- способность анализировать новейшие достижения науки и техники в области получения материалов и элементов макро-, микро- и нанoeлектроники и делать выводы об их применении (ПК-2);
- уметь самостоятельно формировать научную тематику, вести научно-исследовательскую деятельность по избранной научной тематике, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии (ПК-3);
- способностью использовать современное лабораторное оборудование и приборы, развивать новые и уточнять имеющиеся экспериментальные и теоретические методики по технологии получения материалов и элементов макро-, микро- и нанoeлектроники с высокими эксплуатационными параметрами, установленными при их испытаниях с применением методик математической статистики (ПК-4);
- готовность использовать экспериментальные результаты исследования в области получения материалов и элементов макро-, микро- и нанoeлектроники в различных областях нанoeлектронной промышленности и микросистемной техники (ПК-5);
- готовность получать тонкопленочных гетерокомпозиции с заданными свойствами и применять методы оценки их качества состава и свойств (ПК-6).
- способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик материалов макро-, микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения и приборов на их основе (ПК-7).

## **2. ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПО ПРОГРАММЕ АСПИРАНТУРЫ**

## **2.1 Общая характеристика образовательной деятельности**

Образовательная деятельность по программе аспирантуры предусматривает:

- проведение учебных занятий по дисциплинам (модулям) в форме лекций, семинаров, консультаций, научно-практических занятий, лабораторных работ, коллоквиумов, и иных форм;
- проведение практик;
- проведение научно-исследовательской работы, в рамках которой обучающиеся выполняют самостоятельные научные исследования в соответствии с направленностью программы аспирантуры;
- проведение контроля качества освоения программы аспирантуры посредством текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации обучающихся.

## **Блок № 1 "Дисциплины (модули)"**

## 2.4 Блок № 1. Рабочие программы дисциплин (модулей)

### 2.4.1 Рабочие программы дисциплин базовой части блока №1

К дисциплинам базовой части относятся:

- История и философия науки;
- Иностранный язык;
- Материаловедение в электронике (специальная дисциплина направления подготовки).

Изучение дисциплины **Материаловедение в электронике** завершается экзаменом. Часть экзаменационных вопросов этой дисциплины включена в Государственный экзамен, сдаваемый в конце обучения

### 2.4.2 Рабочие программы дисциплин вариативной части блока №1

Изучение вариативных дисциплин, в том числе и по выбору, а также факультативных дисциплин распределяется в течение каждого года обучения и проводится по утвержденному расписанию занятий тех дисциплин, которые осваиваются аспирантом в соответствии со своим индивидуальным планом (на графиках теоретическое обучение в течение года отмечено символом «Т»).

Обязательные дисциплины вариативной части изучаются на первом, а вариативные – на втором курсе обучения.

По специальной дисциплине **Б 1.2.1 Управление фазовым и химическим равновесием в технологических задачах электроники**, отражающей специфику направленности программы аспирантуры и характер подготовки аспирантов предусматривается кандидатский экзамен, сдаваемый во время итоговой аттестации в виде Государственного экзамена. Обучение по этой дисциплине ведется на последнем курсе аспирантской подготовки, а её рабочая программа удовлетворяет требованиям типовой программы – минимум, утвержденной Министерством образования и науки Российской Федерации для научной специальности **\_05.27.06 технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники**.

Элективные дисциплины, определяемые тематикой научной работы аспиранта, выбираются на втором курсе аспирантской подготовки и формируют индивидуальный план каждого аспиранта.

### 2.4.3 Рабочие программы факультативных дисциплин

**Учебный процесс по факультативным дисциплинам**, выбранным по желанию аспиранта, проводится по расписанию занятий в соответствии с индивидуальными планами аспирантов.

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий аспирантурой

\_\_\_\_\_ (Брянцев П.Ю.)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Управление фазовым и химическим равновесием в технологических задачах  
электроники**

---

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ:

**11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи**

---

НАПРАВЛЕННОСТЬ ПОДГОТОВКИ:

**Физико-технологические основы получения материалов и  
элементов макро-, микро и наноэлектроники**

---

КВАЛИФИКАЦИЯ: **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ: **очная**

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ: **экзамен**

Москва – 2014

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, учебного(-ых) плана(-ов) НИТУ «МИСиС» по направлению(-ям)

**11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи**

---

---

Автор(ы): Кожитов Л.В. Профессор, д.т.н.

---

Рабочая программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры

---

Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ ТМЭ \_\_\_\_\_ В.Г.Костишин

---

## 1. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю),

Целью дисциплины является развитие умений и навыков специалиста (магистра), владеющего современными технологическими процессами получения материалов по составлению математических моделей процессов и управлению на базе решений моделей фазовым и химическим равновесием в технологических задачах электроники.

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими универсальными компетенциями:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями:

- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владением культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- готовностью организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);
- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

- способностью собирать, обрабатывать и систематизировать научно-техническую информацию по физико-технологическим основам получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники (ПК-1);
- способность анализировать новейшие достижения науки и техники в области получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники и делать выводы об их применении (ПК-2);
- способностью применять методы физико-математического и физико-химического моделирования процессов электроники; управлять фазовым и химическим равновесием в технологических задачах электроники по созданию новых материалов с заданными технологическими параметрами; разрабатывать технологии получения новых материалов полупроводников и магнитоэлектроники (ПК-3);
- уметь самостоятельно формировать научную тематику, вести научно-исследовательскую деятельность по избранной научной тематике, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии (ПК-4);
- способностью использовать современное лабораторное оборудование и приборы, развивать новые и уточнять имеющиеся экспериментальные и теоретические методики по технологии получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники с высокими

эксплуатационными характеристиками, установленными при испытаниях с применением методов математической статистики (ПК-5);

- готовность использовать экспериментальные результаты исследования в области получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники в различных областях нанотехнологии и микросистемной техники (ПК-6);

В результате освоения дисциплины (модуля) аспиранты будут:

**знать:** аппарат разработки математических и физических моделей технологических процессов электроники и знать на базе решения моделей управление фазовым и химическим равновесием в технологических процессах электроники;

**уметь:** управлять фазовым и химическим равновесием в технологических задачах электроники по созданию новых материалов с заданными технологическими параметрами; разрабатывать технологии получения новых материалов полупроводниковой и магнитозлектроники;

**владеть:** принципами построения физических и математических моделей высокого уровня, решения созданных моделей и проектирования материалов и компонентов электроники на базе выполненных решений; применением методик разработки математических и физических моделей исследуемых технологических процессов электроники для создания новых материалов и технологий их изготовления.

**приобретут опыт деятельности:**

получения материалов и элементов макро-, микро и наноэлектроники.

**приобретут навыки:**

опыта проведения НИР, разработок с использованием физических процессов в области управления фазовым и химическим равновесием, объяснять физические процессы в макро-, микро- и наноструктурах.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры

Дисциплина относится к вариативным дисциплинам программы аспирантуры.

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единиц (з.е.) или 108 академических часов (час), в том числе 24 часа аудиторных занятий и 84 часа самостоятельной работы. Дисциплина носит практико-ориентированный характер.

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах: «Материаловедение в электронике».

Для успешной работы аспирант должен знать термодинамику, тепло и массообмен, теорию подобия, законы гидродинамики, теорию равновесия, диаграммы состояния.

## 3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины (модуля)

### 3.1 Виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоёмкость, акад. час
<b>Аудиторные занятия,</b>	<b>36</b>
<b>в том числе:</b>	
Лекционные занятия (ЛЗ)	8
Научно-практические занятия (НПЗ)	8
Семинары (С)	
Исследовательские лабораторные работы (ИЛР)	8
Индивидуальные консультации (К)	12
<b>Самостоятельная работа (СР),</b>	<b>72</b>
<b>в том числе:</b>	

Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ (РИР)	48
Выполнение отдельных исследовательских заданий (ИЗ)	12
Подготовка рефератов (Р)	0
Подготовка к экзамену	24
<b>Всего:</b>	<b>108</b>

### 3.2. Содержание дисциплины (модуля) по разделам и видам учебной работы

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля)	Трудоемкость по видам учебной работы (час.)							Формы самостоятельной работы
		всего	очная форма обучения						
			ЛЗ	НПЗ	ИЛР	С	К	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Анализ фазовых равновесий в двух и трехкомпонентных системах. Расчет химического равновесия многокомпонентной системы. Математическое описание конвективных диффузии и термокинетики. Макрокинетика гетерогенных химических процессов.	27	2	2	2	-	3	18	РИР-8;ИЗ-4;Р-4
2	Управление процессом выращивания монокристаллов полупроводников из расплава. Цифровые модели управления и цифровые алгоритмы управления с базовым управляющим воздействием. Проектирование системы управления с использованием идентификационного моделирования. Решение задач управления.	27	2	2	2	-	3	18	РИР-8; ИЗ-4;Р-4
3	Управление процессом выращивания эпитаксиальных слоев полупроводников. Построение модели процесса выращивания эпитаксиального слоя полупроводника методом газовой эпитаксии. Математическое моделирование процесса молекулярно-лучевой эпитаксии и выбор параметров процесса. Жидкофазная эпитаксия. Получение гетероэпитаксиальных композиций с использованием эпитаксии.	27	2	2	2	-	3	18	РИР-8; ИЗ-4; Р-4
4	Управление диффузионными процессами в технологических зада-	27	2	2	2	-	3	18	РИР-8; ИЗ-4; Р-4

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля)	Трудоемкость по видам учебной работы (час.)						Формы самостоятельной работы
		всего	очная форма обучения					
			ЛЗ	НПЗ	ИЛР	С	К	
	чах электроники. Феноменологические модели и механизмы диффузии. Полевое ускорение диффузии. Неравновесная диффузии. Модели термического окисления.							
	<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>72</b>

### 3.3 Тематика аудиторных занятий

Тематика лекционных занятий

Таблица 3

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во часов	Литература
1	1	Анализ фазовых равновесий в двух и трехкомпонентных системах. Расчет химического равновесия многокомпонентной системы. Математическое описание конвективных диффузии и термокинетики. Макрокинетика гетерогенных химических процессов.	2	2,3
2	2	Управление процессом выращивания монокристаллов полупроводников из расплава. Цифровые модели управления и цифровые алгоритмы управления с базовым управляющим воздействием. Проектирование системы управления с использованием идентификационного моделирования. Решение задач управления.	2	1,2,3,4
3	3	Управление процессом выращивания эпитаксиальных слоев полупроводников. Построение модели процесса выращивания эпитаксиального слоя полупроводника методом газовой эпитаксии. Математическое моделирование процесса молекулярно-лучевой эпитаксии и выбор параметров процесса. Жидкофазная эпитаксия. Получение гетероэпитаксиальных композиций с использованием эпитаксии.	2	1,2,3,4
4	4	Управление диффузионными процессами в технологических задачах электроники. Феноменологические модели и механизмы диффузии. Полевое ускорение диффузии. Неравновесная диффузии. Модели термического окисления	2	1,2,3,4
		<b>Итого:</b>	<b>8</b>	

### Тематика научно–практических (или семинарских) занятий

Таблица 4

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
2	1	Расчет распределения примеси в монокристалле и в расплаве в методе Чохральского. Расчет градиента температуры в расплаве, необходимого для устранения концентрационного переохлаждения. Расчет эффективного коэффициента распределения примеси.	2	2,3,5
4	2	Расчет скорости роста и толщины автоэпитаксиального слоя кремния из парогазовой фазы в диффузионном режиме в изотермических условиях и при наличии градиента температуры у подложки.	2	1,2,4
3	3	Расчет скорости роста и толщины эпитаксиального слоя при выращивании из растворов-расплавов в квазиравновесном и диффузионном режимах.	2	1,2,4
1	4	Определить математическую зависимость концентрации точечных дефектов и электронов от давления кислорода в легированных атомами металлов оксидах	2	1,2,4
<b>Итого:</b>			<b>8</b>	

#### Тематика исследовательских лабораторных занятий

Таблица 5

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
1	1	Исследование и расчет тепло и массообмена по результатам эксперимента на ректификационной колонне тарельчатого типа периодического действия	2	2
2	2	Исследование и расчет параметров кристаллизации по результатам эксперимента на установке зонной плавки	2	1,2,3
4	3	Исследование и расчет параметров вакуум-термического напыления пленок	2	1,2
3	4	Исследование и расчет параметров процесса осаждения пленок из газовой фазы.	2	1,2,4
<b>Итого:</b>			<b>8</b>	

#### 3.4 Перечень занятий, проводимых в активной и интерактивной формах

В активной и интерактивной форме проводятся аудиторные учебные занятия по отдельным разделам и темам дисциплины, указанным в табл. 6

Таблица 6

№ раздела	Вид аудиторного занятия в активной и/или интерактивной форме и его тематика	Кол-во часов
1	ЛЗ – 1. Исследование и расчет тепло и массообмена по результатам эксперимента на ректификационной колонне тарельчатого типа периодического действия.	1
	НПЗ-1. Расчет распределения примеси в монокристалле и в расплаве в методе Чохральского. Расчет градиента температуры в расплаве, необходимого для устранения концентрационного переохла-	2

	ждения. Расчет эффективного коэффициента распределения примеси. ИЛР-1. Исследование и расчет тепло и массообмена по результатам эксперимента на ректификационной колонне тарельчатого типа периодического действия	4
2	ЛЗ-2. Исследование и расчет параметров кристаллизации по результатам эксперимента на установке зонной плавки . НПЗ-2. Расчет скорости роста и толщины автоэпитаксиального слоя кремния из парогазовой фазы в диффузионном режиме в изотермических условиях и при наличии градиента температуры у подложки. ИЛР-4 Исследование и расчет параметров кристаллизации по результатам эксперимента на установке зонной плавки	1 2 4
3	ЛЗ-3. Исследование и расчет параметров вакуум-термического напыления пленок. НПЗ-3. Расчет скорости роста и толщины эпитаксиального слоя при выращивании из растворов-расплавов в квазиравновесном и диффузионном режимах. ИЛР-4. Исследование и расчет параметров процесса осаждения пленок из газовой фазы.	1 2 4
4	ЛЗ-4. Исследование и расчет параметров вакуум-термического напыления пленок. НПЗ-4. Расчет скорости роста и толщины автоэпитаксиального слоя кремния из парогазовой фазы в диффузионном режиме в изотермических условиях и при наличии градиента температуры у подложки. ИЛР-4. Исследование и расчет параметров вакуум-термического напыления пленок	1 2 4
	<b>Итого:</b>	<b>28</b>

#### 4. Перечень заданий для самостоятельной работы\*

Таблица 7

Задания	Срок выдачи (№ недели)	Срок сдачи (№ недели)	Номера разделов дисциплины (модуля)
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ	2	4	1
	4	8	2
	7	10	3
	11	14	4
Выполнение отдельных исследовательских заданий	2	7	2
	4	11	3
Подготовка рефератов			

#### 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по дисциплине

Оценка качества освоения дисциплины включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию в форме \_\_\_Экзамен\_\_\_\_\_

##### 5.1 Текущий контроль успеваемости по дисциплине

Контрольные мероприятия текущего контроля

Таблица 8

Вид контрольного мероприятия	Наименование	Срок проведения (№ недели)	Контролируемый объем (№№ разделов)
Собеседование		5	2,3

Защита отчета по исследовательскому заданию		8,12	2,3
---	--	------	-----

## 5.2 Оценочные средства промежуточной аттестации

Для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине образован фонд оценочных средств в виде экзаменационных вопросов.

### Примерные экзаменационные вопросы:

1. Как установить, диффузионная или кинетическая стадия лимитирует гетерогенный химико-технологический процесс?
2. Какими методами создается пересыщение кристаллизуемого вещества при выращивании кристаллов из раствора? Укажите их достоинства и недостатки.
3. Каковы особенности расчета конвекции расплава при выращивании кристаллов по методу Чохральского?
4. Каково влияние конвективного тепло-массопереноса на формирование неоднородностей монокристаллов?
5. Каковы условия роста и формирование неоднородностей монокристаллов?
6. Какова возможность повышения однородности кристаллов по механизму рост - плавление – рост?
7. Какова методика выбора тепловых условий выращивания монокристаллов?
8. Какова методика экспериментального исследования тепловых полей при выращивании монокристаллов? Выбор конструкции теплового узла.
9. Каково управление градиентами температуры в расплаве при выращивании монокристаллов по методу Чохральского?
10. Каково управление ростом кристаллов с использованием низко и высокочастотных колебательных воздействий?
11. Каковы дефекты структуры и низкочастотные колебательные воздействия?
12. Объясните выращивание монокристаллов в ультразвуковом поле.
13. Каковы основные материалы и процессы получения эпитаксиальных структур?
14. Какова физико-химическая модель эпитаксиального роста?
15. Какова физическая модель расчета скорости роста эпитаксиальных слоев GaAs по методу МOC-гидридной эпитаксии в реакторе с горизонтальной подачей парогазовой смеси?
16. Какое используется оборудование для газофазной эпитаксии?
17. Что собой представляет молекулярно-лучевая (пучковая) эпитаксия?
18. Математическое моделирование процесса молекулярно-лучевой эпитаксии.
19. Выбор технологических и конструктивных параметров процесса молекулярно-лучевой эпитаксии с использованием математической модели.
20. Математическая модель процесса жидкофазной эпитаксии на примере получения эпитаксиальных слоев соединений  $A^{III}B^V$  и их твердых растворов.

## 5. Образовательные технологии по дисциплине

Обучение по дисциплине ведется с применением мультимедийной техники с применением лекций, дискуссий и семинаров дискуссий, методических

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии:

## 6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Основная литература:

Таблица 9

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
1	Л.В. Кожитов, С.Г. Емельянов, В.Г. Косушкин, Ю.Н. Пархоменко, В.В. Козлов	Технология материалов микро и нанoeлектроники.	Юго-Западный государственный университет, 2 <sup>oe</sup> изд., перераб. и испр. Курск. 862 стр. ISBN 978-5-7681-0760-4	2012
2	В.В. Крапухин, И.А. Соколов. Г.Д. Кузнецов	Технология материалов электронной техники. Теория процессов полупроводниковой технологии: Учебник для вузов. – 2 <sup>e</sup> изд. перераб. и доп. 493с.	М.: «МИСиС»,	1995
3.	Ю.П. Головатый, В.Г. Косушкин, С.Г. Емельянов, Л.М. Червяков, В.Г. Костишин, Л.В. Кожитов, В.Г. Бебенин	Модели и алгоритмы технологических процессов получения новых материалов, 283 с.	Юго-Зап. гос. ун-т. Курск ISBN 978-5-7681-0952-3	2014
4.	С.С. Стрельченко	Модели, технологии и оборудование роста кристаллов и эпитаксиальных слоев: монография.	Нальчик, Кабардино-Балкарский университет, 334 с. ISBN 978-5-7558-0507-0	2011
5.	А. А. Барыбин, В. И. Томилин, В. И. Шаповалов	Физико-технологические основы макро-, микро- и нанoeлектроники	М.: ФИЗМАТЛИТ, 784с. ISBN975-5-9221-1321-2	2011

### 6.2 Дополнительная литература:

Таблица 10

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
6.	Берлин Е.В., Сейдман Л.А.	Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. 528 с.	Техносфера, Москва. ISBN: 978-5-94836-222-9	2010
7.	Б.С. Карамуров, Л.В. Кожитов, Н.А. Чиченев, В.Г. Костишин, В.Г. Косушкин, С.Л. Кожитов	Технологическое вакуумное оборудование, 384 с.	Нальчик, Кабардино-Балкарский университет, 382 с. ISBN 978-5-7558-0530-8	2013

### 6.3 Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы:

1. Сайты кафедры ТМЭ НИТУ МИСиС.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 Специализированные лаборатории (в том числе научные) и классы, основное учебное оборудование (комплексы, установки и стенды)**

Лаборатория К-428 Лабораторные установки для Ректификации, Зонной плавки и печь ИК отжига.

Лаборатория К-427 Лабораторная установка для напыления пленок в вакууме.

### **7.2 Средства обеспечения освоения дисциплины**

Программные продукты для математического моделирования MathCad, MatLab.

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждения высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий аспирантурой

\_\_\_\_\_ (Брянцев П.Ю.)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Физические методы исследования

---

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ:

03.06.01 Физика и астрономия

---

НАПРАВЛЕННОСТЬ ПОДГОТОВКИ:

Физика конденсированного состояния

---

КВАЛИФИКАЦИЯ: Исследователь. Преподаватель-исследователь

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ: очная

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ: экзамен

---

Москва – 2014

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, учебного(-ых) плана(-ов) НИТУ «МИСиС» по направлению(-ям)

03.06.01 Физика и астрономия

---

---

Автор(ы):

Родин А.О.          Доцент, к.ф.-м.н.

---

---

Рабочая программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры

---

Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ физической химии \_\_\_\_\_ М.В. Астахов

---

## 1 Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю),

Целью дисциплины «Физические методы исследования» является развитие умений и навыков специалиста, владеющего современными методами исследования физических и физико-химических свойств материалов, знаний о связи между измеряемыми величинами и физическими законами, лежащими в основе изучаемых методов

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих универсальных и общих для направления компетенций:

- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- способностью владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12).

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих профессиональных компетенций:

- способность развивать новые и уточнять имеющиеся экспериментальные и теоретические методики исследований в области физики конденсированного состояния (ПК-1);
- способностью использовать современное лабораторное оборудование и приборы, основные технологии получения современных материалов, уметь самостоятельно формировать научную тематику, вести научно-исследовательскую деятельность по избранной научной тематике (ПК-3);
- способностью собирать, обрабатывать анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии (ПК-6, ПК-18);
- способностью аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров, характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения (ПК-20).

В результате освоения дисциплины (модуля) студенты будут:

- знать:

самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики конденсированного состояния и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

- уметь:

использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности

- владеть:

способностью демонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук

приобретут опыт деятельности:

способностью организовывать и планировать физические исследования

- приобретут навыки:

опыта проведения НИР, разработок с использованием физических процессов в области физики конденсированного состояния, объяснять физические процессы в макро-, микро- и наноструктурах.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры

Дисциплина относится к вариативным дисциплинам программы аспирантуры.

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы (з.е.) или 108 академических часов (час), в том числе 24 часа аудиторных занятий и 84 часа самостоятельной работы. Дисциплина носит практико-ориентированный характер.

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах:

Физика, Физика (лабораторный практикум), методы исследования структуры твердых тел.

### 3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоёмкость, акад. час
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>24</b>
Лекционные занятия (ЛЗ)	2
Научно-практические занятия (НПЗ)	10
Семинары (С)	
Исследовательские лабораторные работы (ИЛР)	12
Индивидуальные консультации (К)	
<b>Самостоятельная работа (СР), в том числе<sup>*)</sup>:</b>	<b>84</b>
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ (РИР)	48
Выполнение отдельных исследовательских заданий (ИЗ)	12
Подготовка рефератов (Р)	0
Подготовка к экзамену	24
<b>Всего:</b>	<b>108</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины (модуля) по разделам и видам учебной работы

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля)	Трудоёмкость по видам учебной работы (час.)							Формы самостоятельной работы <sup>*)</sup>
		всего	очная форма обучения						
			ЛЗ	НПЗ	ИЛР	С	К	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Введение.	2	2	-	-	-	-	-	
2	Сочетание методов исследований	16	-	8	8	-	-	-	РИР-24; ИЗ-8; Р-8
3	Новые физические инструменты	6	-	2	4	-	-	-	РИР-12; ИЗ-4; Р-4

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля)	Трудоемкость по видам учебной работы (час.)							Формы самостоятельной работы <sup>*)</sup>
		всего	очная форма обучения						
			ЛЗ	НПЗ	ИЛР	С	К	СР	
	Итого:	24	2	10	12	-	-	-	

*Примечание:* ЛЗ – лекционное занятие, НПЗ – научно-практические занятия, ИЛР – исследовательские лабораторные занятия работа, С – семинары, К – индивидуальные консультации; СР – самостоятельная работа обучающихся;

### 3.3 Тематика аудиторных занятий

Тематика лекционных занятий

Таблица 3

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во часов	Литература
1	1	Вводное занятие	2	
		Итого:	2	

Тематика исследовательско–практических (или семинарских) занятий

Таблица 4

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
2	1	Методы исследования структуры твердых тел. Сочетание дифракционных и спектроскопических методов.	4	1,2
2	2	Методы определения химического состава конденсированных фаз. Сочетание и дополнение методов.	4	1,3
3	1	Определение физических свойств твердых тел	2	4
		Итого:	10	

Тематика исследовательских лабораторных занятий<sup>\*)</sup>

Таблица 5

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
1	1	Сочетание методов РСА, ПЭМ и ЯГРС	4	1,2, 5
2	1	Определения интегрального и локального элементного состава образца	4	1,3
3	1	Исследование температурной зависимости электросопротивления	4	6.3.1
		Итого:	12	

### 3.4 Перечень занятий, проводимых в активной и интерактивной формах

В активной и интерактивной форме проводятся аудиторные учебные занятия по отдельным разделам и темам дисциплины, указанным в табл. 6

Таблица 6

№ раздела	Вид аудиторного занятия в активной и/или интерактивной форме и его тематика	Кол-во часов
1	ЛЗ	1
2	НПЗ- Методы исследования структуры твердых тел. Сочетание ди-	2

	фракционных и спектроскопических методов.	
2	ЛПР Сочетание методов РСА, ПЭМ и ЯГРС	4
2	НПЗ- Методы определения химического состава конденсированных фаз. Сочетание и дополнение методов.	2
2	ЛПР Определения интегрального и локального элементного состава образца	4
3	НПЗ Определение физических свойств твердых тел	2
3	ЛПР Исследование температурной зависимости электросопротивления	4
	Итого:	19

#### 4. Перечень заданий для самостоятельной работы\*

Таблица 7

Задания	Срок выдачи (№ недели)	Срок сдачи (№ недели)	Номера разделов дисциплины (модуля)
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ	2	4	2
	4	8	2
	8	10	2
	12	14	3
Выполнение отдельных исследовательских заданий	4	4	2
	4	4	3

#### 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по дисциплине

Оценка качества освоения дисциплины включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию в форме **экзамен**.

##### 5.1 Текущий контроль успеваемости по дисциплине

Контрольные мероприятия текущего контроля

Таблица 8

Вид контрольного мероприятия <sup>*)</sup>	Наименование	Срок проведения (№ недели)	Контролируемый объем (№№ разделов)
Собеседование		4	2
Устный опрос			
Письменная работа			
Коллоквиум			
Защита отчета по исследовательскому заданию		8, 14	2,3

##### 5.2 Оценочные средства промежуточной аттестации

Для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине образован фонд оценочных средств в виде экзаменационных вопросов.

Примерные экзаменационных вопросов.

1. К каким материалам применим данный метод?
2. В каком случае он не может дать правильный результат при стандартной процедуре исследования?
3. Какие дополнительные исследования могут позволить получить правильный результат?
4. Влияет ли неправильно определенный (неконтролируемый) химический состав (или температура) на вывод из исследований?
5. Имеется порошок, содержащий железо и кислород. Какие методы и оборудование может быть использовано для определения фазового состава порошка?

6. Какие требования предъявляются к образцам для проведения гамма-резонансных исследований их фазового состава?
7. С помощью, каких методик готовятся образцы для электронной сканирующей и просвечивающей микроскопии?
8. Какие возможности дает PPMS как инструмент исследований?

## 5. Образовательные технологии по дисциплине

Обучение по дисциплине ведется с применением лекций дискуссий и семинаров-дискуссий

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии: не используются за отсутствием необходимости

## 6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Основная литература:

Таблица 9

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания*
1	Под ред. С.Д. Ка-лошкина	Методы и средства измерений, испытаний и контроля	МИСиС	2010
2	В.Ш.Шехтман Э.В.Суворов	Лабораторный практикум, Рентгеновские и электронно-микроскопические методы анализа атомнокристаллической структуры материалов	ИФТТ РАН Черноголовка,	2005
3	Под ред. С.Д. Ка-лошкина	Методы и средства измерений, испытаний и контроля (Лабораторный практикум)	МИСиС	2010
4	Лучинин В.В., Таиров Ю.М., (под редакцией)	Нанотехнология: Физика, процессы, диагностика, приборы	ФИЗМАТЛИТ	2006
5	В.С. Литвинов, А.В. Литвинов	Мессбауэровская спектроскопия в металлофизике	Екатеринбург, УГТУ-УПИ	2007

### 6.2 Дополнительная литература:

Таблица 10

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
1	Ю.М. Басалаев, В.Г. Додонов, А.С. Поплавной	Методы исследования структуры твердых тел	Изд-во ТГПУ, - 136 с.	2008
2	Н.В. Борисова, Э.П. Суровой и др.	Методы исследования неорганических материалов: Учеб. пособие.	Кемерово, 181 с.	2008
3	Ильин А.П., Смирнов Н.Н., Широков Ю.Г.	Химия твердого тела. Сборник лабораторных работ	Иваново 198 с.	2002

4		Приборы и техника эксперимента, РАН	М.: Наука	Выходит два раза в месяца. - ISSN 0032-8162
5		Физика твердого тела, РАН.	СПб.: Наука	Выходит ежемесячно. ISSN 0367-3294
6	Басалаев, Ю.М.	Методы исследования структуры твердых тел учебное пособие	Изд-во ТГПУ, 136 с	2008

### **6.3 Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы:**

1. <http://www.qdusa.com/sitedocs/appNotes/ppms/1096-306.pdf>
2. <http://www.qdusa.com/techsupport/index.html>

## **7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 Специализированные лаборатории (в том числе научные) и классы, основное учебное оборудование (комплексы, установки и стенды)**

### **7.2 Средства обеспечения освоения дисциплины**

1. Презентация лекций.
2. Лабораторные работы.
3. Методические рекомендации по курсу.
4. Основная и дополнительная литература

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждения высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий аспирантурой

\_\_\_\_\_ (Брянцев П.Ю.)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) Б 1.2.4**

«Микро- и нано технологии в электронике»

---

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ:

11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

---

НАПРАВЛЕННОСТЬ ПОДГОТОВКИ:

Физико-технологические основы получения материалов и элементов  
макро-, микро и наноэлектроники

---

КВАЛИФИКАЦИЯ: **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ: **очная**

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ: **зачет**

Москва – 2014

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, учебного(-ых) плана(-ов) НИТУ «МИСиС» по направлению(-ям)

Автор(ы):

Маренкин С.Ф. Профессор кафедры ТМЭ НИТУ «МИСиС», профессор, д.х.н.

---

Рабочая программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры ТМЭ НИТУ МИСиС

---

Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой ТМЭ В.Г. Костишин

---

## 1. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю),

Научить методам синтеза и анализа параметров основных полупроводниковых материалов в виде монокристаллов, эпитаксиальных слоев, тонких пленок и наноразмерных гетероструктур с заданными структурными и физическими свойствами.

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими универсальными компетенциями:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями:

- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владением культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- готовностью организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);
- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

При разработке программы аспирантуры все универсальные и общепрофессиональные компетенции включаются в набор требуемых результатов освоения программы аспирантуры.

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих профессиональных компетенций:

- способность собирать, обрабатывать и систематизировать научно-техническую информацию по физико-технологическим основам получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники (ПК-1);
- способность анализировать новейшие достижения науки и техники в области получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники и делать выводы об их применении (ПК-2);
- уметь самостоятельно формировать научную тематику, вести научно-исследовательскую деятельность по избранной научной тематике, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии (ПК-3);
- способность использовать современное лабораторное оборудование и приборы, развивать новые и уточнять имеющиеся экспериментальные и теоретические методики по технологии получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники с высокими эксплуатационными характеристиками (ПК-4);
- готовность использовать экспериментальные результаты исследования в области получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники в различных областях нанопромышленности и микросистемной техники (ПК-5);

- ГОТОВНОСТЬ:

- использовать закономерности процессов кристаллизации для получения структурно-совершенных наноразмерных эпитаксиальных слоев; (Л. № 1; ПЗ № 1-3);

- использовать закономерности атомно-молекулярных процессов при формировании тонких пленок и наноэпитаксиальных слоев, в частности, сверхрешеток. (Л. № 2; ПЗ № 4);

- применять аналитические выражения для расчета скорости когерентного нарастания формируемых слоев; (Л. № 1; ПЗ № 2-3);

- описывать последовательность элементарных стадий, при формировании наноразмерных слоев, для прогнозирования их структурного совершенства, с оценкой лимитирующих стадий.

(Л. № 2; ПЗ № 3);

- использовать закономерности изменения свойств, при легировании полупроводников различными технологическими методами; (Л. № 3а, 3б; ПЗ № 6);

---

В результате освоения дисциплины (модуля) аспиранты будут

**знать:**

- навыки самостоятельной работы с литературой в рейтинговых журналах для поиска современной информации о фундаментальных закономерностях синтеза и анализа материалов и элементов микро- и нанoeлектроники;

**владеть:**

- навыками логического, творческого и системного мышления для выбора наиболее целесообразных методов синтеза основных полупроводниковых материалов в виде монокристаллов, эпитаксиальных слоев и тонких пленок, а также при выборе современных аналитических методов оценки состава, структуры и свойств.

**- приобретут опыт деятельности:**

освоения методами измерений структурных, геометрических и электрофизических параметров микро- и нано размерных пленочных и эпитаксиальных структур, в частности дифракционными, электроннооптическими методами, атомносиловой микроскопией и с помощью гальваномагнитных измерений. ;

(Л. № 1-3, ПЗ № 4-6);

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры**

Дисциплина относится к базовым дисциплинам программы аспирантуры.

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единиц (з.е.) или 144 академических часов (час), в том числе 24 час аудиторных занятий и 120 час самостоятельной работы

Освоение методов измерений структурных, геометрических и электрофизических параметров микро- и нано размерных пленочных и эпитаксиальных структур, в частности дифракционными, электроннооптическими методами, атомносиловой микроскопией и гальваномагнитных измерений, что позволит аспиранту проводить научные исследования, опираясь на комплекс современных методов анализа.

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах:

Программа курса «Микро-и нанотехнологии для электроники» бакалавров

### 3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоемкость, акад. час
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>24</b>
Лекционные занятия (ЛЗ)	8
Научно-практические занятия (НПЗ)	6
Семинары (С)	2
Исследовательские лабораторные работы (ИЛР)	6
Индивидуальные консультации (К)	2
<b>Самостоятельная работа (СР), в том числе<sup>*)</sup>:</b>	<b>120</b>
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ (РИР)	50
Выполнение отдельных исследовательских заданий (ИЗ)	50
Подготовка рефератов (Р)	20
<b>Всего:</b>	<b>144</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины (модуля) по разделам и видам учебной работы

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля) Микро- и нанотехнологии в электронике Б1.2.4	Трудоемкость по видам учебной работы (час.)							Формы самостоятельной работы <sup>*)</sup>	
		всего	очная форма обучения							
			ЛЗ	НПЗ	ИЛР	С	К	СР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	Современные методы выращивания эпитаксиальных слоев	42	2	4	6				30	РИР ИЗ Р
2	Молекулярно лучевая эпитаксия	34	2	2					30	РИР ИЗ Р
3	Современные методы измерений структурных, геометрических и электрофизических параметров микро- и нано размерных пленочных и эпитаксиальных структур	34	2					2	30	РИР ИЗ Р
4	Выращивание монокристаллов методом Чохральского	34	2				2		30	РИР ИЗ Р
	<b>Итого:</b>	<b>144</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>120</b>	

*Примечание:* ЛЗ – лекционное занятие, НПЗ – научно-практические занятия, ИЛЗ – исследовательские лабораторные занятия работа, С – семинары, К – индивидуальные консультации; СР – самостоятельная работа обучающихся;

### 3.3 Тематика аудиторных занятий

Тематика лекционных занятий

Таблица 3

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во часов	Литература
1	1	Современные методы выращивания эпитаксиальных слоев	2	[1]
2	2	Молекулярно лучевая эпитаксия	2	[1.2]
3	3	Современные методы измерений структурных, геометрических и электрофизических параметров микро- и нано размерных пленочных и эпитаксиальных структур	2	[3]
4	4	Выращивание монокристаллов методом Чохральского	2	[4,5]
Итого:			8	

Тематика исследовательско–практических (или семинарских) занятий

Таблица 4

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
1	1	Освоение методик рентгенофазового и рентгеноструктурного анализов применительно к пленочным и эпитаксиальным структурам	4	[3.5]
	2	Освоение методик электронно оптической и атомносиловой микроскопией	2	[3.6]
Итого:			6	

Тематика исследовательских лабораторных занятий

Таблица 5

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
1		Проведение гальвано магнитных измерений	6	[3..4]
Итого:			6	

### 3.4 Перечень занятий, проводимых в активной и интерактивной формах

В активной и интерактивной форме проводятся аудиторные учебные занятия по отдельным разделам и темам дисциплины, указанным в табл. 6

Таблица 6

№ раздела	Вид аудиторного занятия в активной и/или интерактивной форме и его тематика	Кол-во часов
1	Современные методы выращивания эпитаксиальных слоев	2
2	Молекулярно лучевая эпитаксия	2
3	Современные методы измерений структурных, геометрических и электрофизических параметров микро- и нано размерных пленочных и эпитаксиальных структур	2
4	Выращивание монокристаллов методом Чохральского	2
Итого:		8

#### 4. Перечень заданий для самостоятельной работы\*

Таблица 7

Задания	Срок выдачи (№ недели)	Срок сдачи (№ недели)	Номера разделов дисциплины (модуля)
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ			
Выполнение отдельных исследовательских заданий			
Подготовка рефератов			

#### 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по дисциплине

Оценка качества освоения дисциплины включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию в форме зачет

##### 5.1 Текущий контроль успеваемости по дисциплине

Контрольные мероприятия текущего контроля

Таблица 8

Вид контрольного мероприятия	Наименование **)	Срок проведения (№ недели)	Контролируемый объем (№№ разделов)
Собеседование	собеседование	30	24-30
Устный опрос		32	24-32
Письменная работа	реферат	36	24-36
Коллоквиум	коллоквиум	39	24-39
Защита отчета по исследовательскому заданию	зачет	40	24-40

##### 5.2 Оценочные средства промежуточной аттестации

Для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине образован фонд оценочных средств в виде рефератов

Примерные выступление на коллоквиуме кафедры

#### 5. Образовательные технологии по дисциплине

Обучение по дисциплине ведется с применением метода пресс-конференции

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии:

Материалы разработанные на кафедре ТМЭ НИТУ МИСиС . (Сайт кафедры и Сайт Маренкина С.Ф. Spintronic.ru)

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Основная литература:

Таблица 9

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания*
1	Д. Брандон	Мир материалов и технологий	<i>Техносила Москва</i>	2004
2	Л.В. Кожитов	Технологическое вакуумное оборудование	Руда и металлы	2002
3	С.С.Горелик	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	МИСиС	2003

\*

### 6.2 Дополнительная литература:

Таблица 10

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
4	С.Ф.Маренкин	Фосфиды и арсениды цинка и кадмия	<i>Минск, Варскин</i>	2010
5	В.В.Крапухин	Технология материалов электронной техники	МИМиС	1995
6	А.Я.Нашельский	Технология спецматериалов Электронной техники	Металлургия	1993

### 6.3 Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы:

1. Сайты кафедры ТМЭ НИТУ МИСиС.
2. Сайт С.Ф.Маренкина [Spintronic.ru](http://Spintronic.ru)

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Специализированные лаборатории (в том числе научные) и классы, основное учебное оборудование (комплексы, установки и стенды)

Каф.ТМЭ НИТУ МИСиС к 428,427 ИОНХРАН к 506,708,304

Ростовые установки по Бриджмену, высокотемпературные синтетические печи

Оптический и электронный микроскопы, дифрактометр.

7.2 Средства обеспечения освоения дисциплины Сайты кафедры ТМЭ НИТУ МИСиС, сайт С.Ф.Маренкина [Spintronic.ru](http://Spintronic.ru)

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждения высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий аспирантурой

\_\_\_\_\_ (Брянцев П.Ю.)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Плазменные процессы в микро- и нанотехнологиях

---

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ:

11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

---

НАПРАВЛЕННОСТЬ ПОДГОТОВКИ:

**Физико-технологические основы получения материалов и элементов  
макро-, микро- и нанoeлектроники**

---

КВАЛИФИКАЦИЯ: **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ: **очная**

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ: **экзамен**

Москва – 2014

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, учебного(-ых) плана(-ов) НИТУ «МИСиС» по направлению(-ям)

**11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи**

---

---

Автор(ы):

Кушхов А.Р.      Доцент каф. ТМЭ, доцент, к.т.н.

---

Сергиенко А.А.      Доцент каф. ТМЭ, к.т.н.

---

---

Рабочая программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры

---

Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой      ТМЭ      В.Г. Костишин

---

## 1. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю),

Цель - научить использовать эффекты взаимодействия потоков частиц и излучений с веществом для обоснования получения тонкопленочных гетерокомпозиций с заданными свойствами.

Задачи – научить применять возникающие эффекты при взаимодействии ускоренных частиц и излучений с веществом для прогнозирования изменения свойств микро- и нано-размерных пленочных материалов электронной техники.

Выпускник, освоивший программу должен обладать следующими универсальными компетенциями:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями:

- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владением культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- готовностью организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);
- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих профессиональных компетенций:

- способность собирать, обрабатывать и систематизировать научно-техническую информацию по физико-технологическим основам получения материалов и элементов макро-, микро- и нанoeлектроники (ПК-1);
- способность анализировать новейшие достижения науки и техники в области получения материалов и элементов макро-, микро- и нанoeлектроники и делать выводы об их применении (ПК-2);
- способность использовать современное лабораторное оборудование и приборы, развивать новые и уточнять имеющиеся экспериментальные и теоретические методики по технологии получения материалов и элементов макро-, микро- и нанoeлектроники с высокими эксплуатационными параметрами, установленными при их испытаниях с применением методик математической статистики (ПК-4);
- готовность использовать экспериментальные результаты исследования в области получения материалов и элементов макро-, микро- и нанoeлектроники в различных областях нанoeлектроники и микросистемной техники (ПК-5);
- готовность получать тонкопленочных гетерокомпозиции с заданными свойствами и применять методы оценки их качества состава и свойств (ПК-6).

В результате освоения дисциплины (модуля) студенты будут знать:

- возможности изменения свойств тонкопленочных материалов при использовании внешних воздействий энергетических частиц и излучений.

уметь:

- обосновывать применение вакуум-плазменных процессов для получения пленочных гетерокомпозиций

владеть:

- навыками применения потоков частиц и плазмы для получения тонкопленочных материалов с заданными свойствами

приобретут опыт деятельности:

приобретут опыт деятельности работы с исследовательским и современным промышленным оборудованием.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры

Дисциплина относится к вариативным дисциплинам программы аспирантуры.

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 7 зачетных единиц (з.е.) или 252 академических часа (час), в том числе 24 час аудиторных занятий и 228 час самостоятельной работы

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах: Физика взаимодействия частиц и излучения с твердым телом, Высоко вакуумное оборудование в нанoeлектронике, Технология тонких пленок и эпитаксиальных слоев, Современные методы диагностики исследования наногетероструктур.

## 3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины (модуля)

### 3.1 Виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоёмкость, акад. час
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>24</b>
Лекционные занятия (ЛЗ)	12
Научно-практические занятия (НПЗ)	4
Семинары (С)	0
Исследовательские лабораторные работы (ИЛР)	6
Индивидуальные консультации (К)	2
<b>Самостоятельная работа (СР), в том числе:</b>	<b>228</b>
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ (РИР)	20
Выполнение отдельных исследовательских заданий (ИЗ)	32
Подготовка рефератов (Р)	24
Методические консультации (МК)	152
Всего:	252

### 3.2. Содержание дисциплины (модуля) по разделам и видам учебной работы

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля)	Трудоемкость по видам учебной работы (час.)							Формы самостоятельной работы
		всего	очная форма обучения						
			ЛЗ	НПЗ	ИЛР	С	К	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Ионно-плазменные процессы в технологии микро- и нанoeлектроники	76	4	2	1	0	1	68	РИР, ИЗ, Р, МК
2	Ионный синтез соединений и ионная кристаллизация	88	4	2	1	0	1	80	РИР, ИЗ, Р, МК
3	Принципиальные возможности ионно-плазменных процессов для создания элементов микро- и нанoeлектроники	88	4	0	4	0	0	80	РИР, ИЗ, Р, МК
	Итого	252	12	4	6		2	228	

Примечание: ЛЗ – лекционное занятие, НПЗ – научно-практические занятия, ИЛР – исследовательские лабораторные занятия работа, С – семинары, К – индивидуальные консультации; СР – самостоятельная работа обучающихся;

### 3.3 Тематика аудиторных занятий

Тематика лекционных занятий

Таблица 3

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во часов	Литература
1	1	Особенности плазмохимического и ионно-химического травления материалов	1	2а, 3а
	2	Высокочастотное травление материалов	1	4а
	3	Повреждения поверхности при ПХТ и ИХТ	1	4а
	4	Характеристика и этапы процесса ионно-плазменного нанесения слоев	1	2а, 4б
	5	Реактивное ионно-лучевое нанесение слоев	1	4а
	6	Энергетические особенности ионно-стимулируемого нанесения пленок	1	4а
	7	Всевозможные загрязнения пленок материалов, полученных ионно-плазменным и ионно-лучевым нанесением пленок	1	4а, 1б
	8	Структурообразование в пленках при ионно-плазменном нанесении пленок	1	4а, 2а
2	9	Ионно-активируемый синтез тонких пленок	1	1а
	10	Особенности имплантации ионов, обеспечивающие синтез соединений	1	2а
3	11	Получение слоисто-однородных слоев	1	3а, 4а
	12	Получение гетероструктур с внутренней топологией	1	3а
		Итого:	12	

Тематика исследовательско–практических (или семинарских) занятий<sup>\*)</sup>

Таблица 4

№ раз-дела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
1	1, 2	Расчет параметров ионно-лучевого травления материалов	1	2а, 1б
1	3, 4	Расчет параметров ионно-лучевого нанесения пленок	1	2а
1	5	Расчет параметров радиационно-стимулируемой диффузии	1	1а
2	6	Расчет параметров ионного синтеза в полупроводниках	1	2а
Итого			4	

#### Тематика исследовательских лабораторных занятий

Таблица 5

№ раз-дела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
1	1	Плазмохимическое травление фоторезиста и диэлектрических пленок	2	3а
	2	Ионно-лучевое распыление материалов. Распределение толщины пленок по пластине.	2	3а
	3	Ионное получение наноразмерных пленок. Определение электрофизических параметров гетероструктур.	2	3а, 4б
Итого:			6	

#### 3.4 Перечень занятий, проводимых в активной и интерактивной формах

В активной и интерактивной форме проводятся аудиторные учебные занятия по отдельным разделам и темам дисциплины, указанным в табл. 6

Таблица 6

№ раз-дела	Вид аудиторного занятия в активной и/или интерактивной форме и его тематика	Кол-во часов
1	ИПЗ. Расчет параметров ионно-лучевого травления материалов	1
1	ИПЗ. Расчет параметров ионно-лучевого нанесения пленок	1
1	ИПЗ. Расчет параметров радиационно-стимулируемой диффузии	1
2	ИПЗ. Расчет параметров ионного синтеза в полупроводниках	1
1	ИЛР. Плазмохимическое травление фоторезиста и диэлектрических пленок	2
1	ИЛР. Ионно-лучевое распыление материалов. Распределение толщины пленок по пластине.	2
1	ИЛР. Ионное получение наноразмерных пленок. Определение электрофизических параметров гетероструктур.	2
Итого:		10

#### 4. Перечень заданий для самостоятельной работы\*

Таблица 7

Задания	Срок выдачи (№ недели)	Срок сдачи (№ недели)	Номера разделов дисциплины (модуля)
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ	5	10	2
	8	11	3
Выполнение отдельных исследовательских заданий	9	14	3

Подготовка рефератов	7	15	1
----------------------	---	----	---

## 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по дисциплине

Оценка качества освоения дисциплины включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию в форме экзамен

### 5.1 Текущий контроль успеваемости по дисциплине

Контрольные мероприятия текущего контроля

Таблица 8

Вид контрольного мероприятия*)	Наименование	Срок проведения (№ недели)	Контролируемый объем (№№ разделов)
Собеседование			
Устный опрос			
Письменная работа			
Коллоквиум	Преимущества и недостатки ионно-плазменного травления полупроводниковых материалов	4	1
	Особенности ионно-лучевого получения пленок	7	1
	Ионный синтез слоев и гетероструктуры с внутренней топологией	14	2,3
Защита отчета по исследовательскому заданию			

### 5.2 Оценочные средства промежуточной аттестации

Для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине образован фонд оценочных средств в виде контрольные вопросы.

Примерные:

1. Какие основные параметры плазменного процесса оказывают наибольшее влияние на селективность травления;
2. Какие основные параметры плазмы необходимо обеспечить для получения аморфного гидрогенизированного кремния;
3. Какие условия ионно-плазменного процесса необходимо обеспечить для получения слоисто-однородных гетероструктур.

Примерные экзаменационные вопросы:

1. Параметры плазменных процессов.
2. Условия получения слоисто-однородных структур.
3. Особенности ионно-лучевого получения пленок.

### 5. Образовательные технологии по дисциплине

Обучение по дисциплине ведется с применением:

- Лекции и практические занятия проводятся с использованием презентационной программы...
- Текущий контроль работы студентов и экзамены проводятся с использованием специальных компьютерных программ тестирования знаний, умений и навыков.
- Домашние задания и курсовые работы выполняются с использованием программы MS Word.
- Консультации проводятся с использованием средств e-mail.
- Текущий контроль проводится в электронной форме.

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии:

## 6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Основная литература:

Таблица 9

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания*
1	Ю.М. Таиров.	Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы. Под редакцией В.В. Лучинина	М.: Физматлит	2006
2	Плазменные технологии в нанoeлектронике	Голишников А.А., Путря М.Г.	М.: МИЭТ	2011
3	Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологии	Галперин В.А., Данилкин Е.В., Молчанов А.И.	М.: Бином. Лаборатория знаний.	2010
4	Кузнецов Г.Д., Симакин С.Б., Демченкова Д.Н.	Микро- и нанотехнологии плёночных гетерокомпозиций – курс лекций	М.: Изд-ий Дом МИСиС,	2008

### 6.2 Дополнительная литература:

Таблица 10

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
1	Данилина Т.И., Смирнов К.И., Илюшин В.А. и др.	Процессы микро- и нанотехнологии.	Томск	2004
2	Берлин Е.В., Сейдман Л.А.	Ионно-плазменные процессы в тонкоплёночной технологии	М.: Техносфера	2010

### 6.3 Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы:

- 1.
- 2.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Специализированные лаборатории (в том числе научные) и классы, основное учебное оборудование (комплексы, установки и стенды)

Вид учебной работы	Номер аудитории/лаборатории	Основные установки и стенды
Лекции (ЛК)	К - 421	Компьютер, проектор, интерактивная доска
Практические занятия (ПЗ)	К – 432	Компьютер, проектор, интерактивная доска
Лабораторные работы (ЛР)	К – 433	Установки: ВУП-5М; УВН (магнетрон); Персональные компьютеры

### 7.2 Средства обеспечения освоения дисциплины

№ п/п	Перечень средств обучения
1	Основные программы Microsoft Office (Word, Power Point)
2	Расчетные программы MatLab и MathCad

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждения высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий аспирантурой

\_\_\_\_\_ (Брянцев П.Ю.)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б.1.2.5.в Промышленные методы оценки качества и метрологическое  
сопровождение материалов микро- и наноэлектроники

---

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ:

11.06.01 ***Электроника, радиотехника и системы связи***

---

НАПРАВЛЕННОСТЬ ПОДГОТОВКИ:

***Физико-технологические основы получения материалов и  
элементов макро-, микро и наноэлектроники***

---

КВАЛИФИКАЦИЯ: **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ: **очная**

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ: **Экзамен**

Москва – 2014

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, учебного(-ых) плана(-ов) НИТУ «МИСиС» по направлению(-ям)

**11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи**

---

Автор(ы):

Рабинович О.И. доц., к.ф.-м.н.

---

Рабочая программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры

---

Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой

ТМЭ

В.Г. Костишин

---

## 1 Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю),

Целью освоения дисциплины является подготовка специалистов к технологической и научно-исследовательской деятельности при выполнении междисциплинарных проектов в профессиональной области, в том числе в интернациональном коллективе, в части промышленного изучения качества материалов микро и наноэлектроники, а также ознакомить с основными нормативными документами и метрологическими организациями в сфере наноиндустрии и с современным состоянием метрологии в области нанометровых масштабов.

Выпускник, освоивший программу должен обладать следующими универсальными компетенциями:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих обще профессиональные компетенции:

- владение научно обоснованной методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способностью к разработке и использованию современных методов научного исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности (ОПК-3);
- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих профессиональных компетенций:

- способностью собирать, обрабатывать и систематизировать научно-техническую информацию по физико-технологическим основам получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники (ПК-1);
- способность анализировать новейшие достижения науки и техники в области получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники и делать выводы об их применении (ПК-2);
- способностью использовать современное лабораторное оборудование и приборы, развивать новые и уточнять имеющиеся экспериментальные и теоретические методики по технологии получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники с высокими эксплуатационными характеристиками, установленными при испытаниях с применением методов математической статистики (ПК-5);

В результате освоения дисциплины (модуля) студенты будут:

**знать:**

- методики оценки и измерений качества материалов, в том числе понимать физическую сущность процесса измерения, принципы функционирования измерительных приборов, метрологическую составляющую обеспечения достоверности измерения;
- современные методы анализа зависимости свойств полупроводниковых гетерокомпозиций от их стехиометрического состава, поведения примесей и структурных дефектов;
- методики измерений, в том числе понимание физической сущности процесса измерения, принципов функционирования измерительных приборов, метрологическую составляющую обеспечения достоверности измерения;
- классификацию результатов научной деятельности;
- существующую нормативно-техническую базу метрологического обеспечения, вопросы составления и аттестации методик проведения измерений, протоколы испытаний, стандарти-

зации и признания соответствия продукции наноиндустрии;  
- методы оценки эффективности внедрения результатов научной деятельности.

**уметь:**

- профессионально использовать современное научно-исследовательское оборудование;
  - проводить стандартные испытания и технический контроль изделий электронной техники.
- обрабатывать экспериментальные данные, представлять данные в текстовом, табличном и графическом представлениях
- измерять параметры физических величин объектов нанометрового диапазона.

**владеть:**

- методами проектирования технологических процессов электроники и наноэлектроники;
- оформлением научно-технического отчета;
- организацией метрологического обеспечения технологических процессов с использованием типовых, стандартных методов контроля качества выпускаемой продукции наноиндустрии и нанотехнологий;
- проведением измерений электрических параметров изделий электроники и микроэлектроники, а также проведения их функционального тестирования;
- проведением экспериментальных исследований по синтезу и анализу наноструктурных материалов и компонентов;
- изложением результатов исследований и разработок в виде докладов, научных статей, заявок на изобретения.

**приобретут опыт деятельности:**

- в области оценки качества и свойств материалов в рамках масштабов промышленного производства.

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры**

Дисциплина относится к вариативным дисциплинам программы аспирантуры.

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 7 зачетных единиц (з.е.) или 252 академических часов (час), в том числе 24 час аудиторных занятий и 228 час самостоятельной работы.

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах.:

Дисциплина формирует компетенции, связанные с научно-исследовательской деятельностью выпускника по этому направлению. Готовит к решению следующих задач профессиональной деятельности:

- понимать физические основы процессов получения материалов и контроля их

Пререквизитами данной дисциплины являются дисциплины, изученные на предыдущем уровне образования:

- Приборы и устройства на основе наносистем.
- Радиационно-технологические процессы в электронике.
- Высоковакуумное оборудование в наноэлектронике.
- Эпионная технология в микро- и наноиндустрии.
- Молекулярно-лучеваяи МОС-гидридная технологии.
- Термодинамика и микротехнология многокомпонентных гетероструктур.
- Физическая химия/
- Основы технологии электронной компонентной базы.
- Биполярные и полевые приборы.

Требования к «входным»:

знаниям:

математики, статистической физики, основам эмиссионной электроники, основные разделы математики, включая аналитическую геометрию и алгебру, фундаментальные разделы физики, физической химии, основ технологии электронной компонентной базы, их законы и методы, а также уметь использовать полученные знания и владеть навыками применения

в профессиональной деятельности, в частности, для построения технологической схемы изготовления приборов.

умениям:

применять основные законы и диагностические методы анализа объектов профессиональной деятельности, использовать аналитические методы для систематизации параметров и свойств исследуемых объектов.

готовностям:

использовать методы системного анализа при решении задач профессиональной сферы, методы поиска, сбора и хранения информации.

### 3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоемкость, акад. час
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>24</b>
Лекционные занятия (ЛЗ)	12
Научно-практические занятия (НПЗ)	4
Семинары (С)	4
Исследовательские лабораторные работы (ИЛР)	
Индивидуальные консультации (К)	4
<b>Самостоятельная работа (СР), в том числе:</b>	<b>228</b>
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ (РИР)	20
Выполнение отдельных исследовательских заданий (ИЗ)	60
Подготовка рефератов (Р)	64
Методические консультации	84
<b>Всего:</b>	<b>252</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины (модуля) по разделам и видам учебной работы

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля)	Трудоемкость по видам учебной работы (час.)							Формы самостоятельной работы <sup>*)</sup>
		всего	очная форма обучения						
			ЛЗ	НПЗ	ИЛР	С	К	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Современные методы и способы контроля процессов формирования гетерокомпозиций	62	4	1		1	1	55	Реферат/ДЗ/МК
2	Вторичная ионно-электронная эмиссия в процессе ионно-лучевого травления наноразмер-	60	2	1	-	1	1	55	Реферат/ДЗ/МК

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля)	Трудоемкость по видам учебной работы (час.)						Формы самостоятельной работы <sup>*)</sup>	
		всего	очная форма обучения						
			ЛЗ	НПЗ	ИЛР	С	К		СР
	ных гетерокомпозиций								
3	Классификация и наноматериалов. Методы и средства измерений линейных размеров в нанометровом диапазоне	74	4	1	-	1	1	67	Реферат/ДЗ/МК
4	Микроскопы сканирующие зондовые атомно-силовые измерительные Основы методов зондовой микроскопии наноструктур	56	2	1	-	1	1	51	Реферат/ДЗ/МК
	Итого:	252	12	4	-	4	4	228	

*Примечание:* ЛЗ – лекционное занятие, НПЗ – научно-практические занятия, ИЛР – исследовательские лабораторные занятия работа, С – семинары, К – индивидуальные консультации; СР – самостоятельная работа обучающихся;

### 3.3 Тематика аудиторных занятий

Тематика лекционных занятий

Таблица 3

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во часов	Литература
1	1	Применение оптических эффектов и электрических сигналов для контроля процессов ионно-плазменной обработки. Вторичные эффекты ионно-плазменной обработки.	2	1-6
2	2	Методика определения ионно-индуцированного тока.	2	1-6
2	3	Основные закономерности изменения ионно-индуцированного тока в условиях ионно-плазменной обработки гетерокомпозиций.	2	1-6
3	4	Основы классификации наноструктурированных материалов Категории наноматериалов. Основные типы структур наноматериалов	2	1-6
3	5	Особенности свойств наноматериалов и основные направления их использования	2	1-6
4	6	Система метрологического обеспечения. Вопросы разработки методов и средств измерений линейных размеров элементов в нанометровой области. Единицы длины в нанометровом диапазоне Объекты эталонов нанометровых размеров	2	1-6
		Итого:	12	

Тематика исследовательско–практических (или семинарских) занятий

Таблица 4

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
2	1	Феноменологическая модель возникновения ионно-индуцированного тока Расчет величины ионно-индуцированного тока для различных материалов	1	1-6
2	2	Определение коэффициента вторичной ионно-электронной эмиссии и тока вторичных электронов в условиях ионно-лучевого травления	1	1-6
3	3	Особенности свойств наноматериалов и основные направления их использования	1	1-6
4	4	Методы сканирующей зондовой микроскопии Микроскопы сканирующие зондовые атомно-силовые измерительные Основы методов зондовой микроскопии наноструктур	1	1-6
Итого:			4	

«Программой дисциплины лабораторные занятия не предусмотрены».

### 3.4 Перечень занятий, проводимых в активной и интерактивной формах

В активной и интерактивной форме проводятся аудиторные учебные занятия по отдельным разделам и темам дисциплины, указанным в табл. 6

Таблица 6

№ раздела	Вид аудиторного занятия в активной и/или интерактивной форме и его тематика	Кол-во часов
2	ЛЗ. Применение оптических эффектов и электрических сигналов для контроля процессов ионно-плазменной обработки. Вторичные эффекты ионно-плазменной обработки.	1
3	ЛЗ. Особенности свойств наноматериалов и основные направления их использования	1
4	ЛЗ. Методы сканирующей зондовой микроскопии Микроскопы сканирующие зондовые атомно-силовые измерительные Основы методов зондовой микроскопии наноструктур	1
Итого:		3

### 4. Перечень заданий для самостоятельной работы

Таблица 7

Задания	Срок выдачи (№ недели)	Срок сдачи (№ недели)	Номера разделов дисциплины (модуля)
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ	2	4	2
Выполнение отдельных исследовательских заданий			
Подготовка рефератов	3	6	4

### 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по дисциплине

Оценка качества освоения дисциплины включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию в форме \_Экзамен\_\_\_\_\_

### 5.1 Текущий контроль успеваемости по дисциплине

Контрольные мероприятия текущего контроля

Таблица 8

Вид контрольного мероприятия	Наименование	Срок проведения (№ недели)	Контролируемый объем (№№ разделов)
Собеседование			
Устный опрос		3	1
		5	3
Коллоквиум		4	2
		6	4

### 5.2 Оценочные средства промежуточной аттестации

Для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине образован фонд оценочных средств в виде \_\_\_ контрольных вопросов.

Примерные \_ контрольные вопросы \_

1. Традиционные методы и способы контроля процессов ионно-плазменной обработки материалов электронной техники.
2. Физические основы и характеристика методов ионно-плазменной обработки.
3. Вторичные эффекты ионно-плазменной обработки.
4. Применение эффектов ионной бомбардировки для контроля технологических процессов ионно-плазменной обработки.
5. Оптические эффекты для управления процессами ионно-плазменной обработки.
6. Фотометрический метод определения толщины пленок.
7. Методы измерения параметров физических тел нанометрового диапазона?
8. Методы изучения свойств поверхности?
9. Методы определения размеров нанобъектов различной природы?
10. Метрологические проблемы в исследованиях микро- и наноструктур?
11. Методология классификации и категоризации наноматериалов.

### Темы рефератов

Эллипсометрический метод контроля процессами ионно-плазменной обработки.  
Метод лазерной интерференции для управления процессами ионно-плазменной обработки.

Эмиссионно-спектральные методы управления процессами ионно-лучевого травления.

Метод регистрации изменения импеданса высокочастотного разряда в процессах плазмохимического травления.

Масс-спектрометрия ионно-плазменных процессов.

Использование электрических сигналов для контроля процессов ионно-плазменной обработки.

Четырехзондовый метод измерения электрического сопротивления металлических пленок.

Ионно-индуцированный ток в многослойных наноразмерных пленочных гетероструктурах в процессах ионно-лучевого нанесения и травления.  
Методика определения энергии ионов в пучке.  
Особенности изменения ионно-индуцированного тока при ионной очистке поверхности.  
Особенности изменения ионно-индуцированного тока при ионно-лучевом травлении гетероструктур.  
Особенности изменения ионно-индуцированного тока при нанесении пленок ионным распылением.  
Феноменологическая модель возникновения ионно-индуцированного тока.  
Ионно-электронная эмиссия в процессе ионно-лучевого травления наноразмерных гетерокомпозиций.  
Методика определения ионно-электронной эмиссии.  
Особенности изменения тока вторичных электронов при ионном травлении металлических пленок.  
Особенности изменения тока вторичных электронов при ионном травлении полупроводников.  
Особенности изменения тока вторичных электронов при ионном травлении диэлектриков.  
Феноменологическая модель возникновения ионно-электронной эмиссии.

Проблемы интерпретации электронно-микроскопических и микронзондовых изображений наноструктур?  
Физические ограничения экспериментальных методов определения параметров физических систем нанометрового диапазона?  
Физические принципы, положенные в основу измерений, определяющих параметры нанообъектов?  
Фундаментальные исследования свойств материалов на наномасштабном уровне?  
Фундаментальные термодинамические и квантовомеханические ограничения на точность и величины измерений? способы защиты наноматериалов от внешних воздействий?

Примерные экзаменационные вопросы:

1. Физические основы и характеристика методов ионно-плазменной обработки.
2. Вторичные эффекты ионно-плазменной обработки.
3. Оптические эффекты для управления процессами ионно-плазменной обработки.
4. Фотометрический метод определения толщины пленок.
5. Методы измерения параметров физических тел нанометрового диапазона?
6. Методы изучения свойств поверхности?
7. Ионно-электронная эмиссия в процессе ионно-лучевого травления наноразмерных гетерокомпозиций.
8. Методика определения ионно-электронной эмиссии.
9. Особенности изменения тока вторичных электронов при ионном травлении металлических пленок.
10. Особенности изменения тока вторичных электронов при ионном травлении полупроводников

## **6. Образовательные технологии по дисциплине**

Обучение по дисциплине ведется с применением традиционные – потоково-групповые с широким использованием информационно-телекоммуникационных технологий, лекция-консультация, лекция-дискуссия

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии:

Использование возможностей Научно-образовательный «Центр наноматериалов и нанотехнологий» и Центра коллективного пользования «Материаловедение и металлургия», информационные ресурсы Научно-технического центра МИСИС

## 6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Основная литература:

Таблица 9

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
1а	Г.Д. Кузнецов, А.А. Сергиенко, С.Б. Симакин и др.	Эпионная технология в микро- и наноиндустрии: неразрушающие методы контроля процессов осаждения и травления наноразмерных пленочных гетерокомпозиций: учебное пособие	М.: Изд. Дом «МИСиС»	2012
2а	Под редакцией Ю. Чаплыгина	Нанотехнология в электронике	М.: Техносфера	2011
3а	Киреев В.Ю.	Введение в технологии микроэлектроники и нанотехнологии	ФГУП «УНИИХМ»	2012
4	М.В. Ковальчук, П.А. Тодуа	Нанотехнологии, метрология, стандартизация и сертификация в терминах и определениях	Техносфера	2013
5	В.В. Лучинин, Ю.М. Таиров	Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы.	Физматлит	2006
6	В.Л. Миронов	Основы сканирующей зондовой микроскопии.	Техносфера	2013

### 6.2 Дополнительная литература:

Таблица 10

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
1	Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А.М. Кротов	Наноматериалы : классификации, особенности свойств, применение и технологии получения : учеб. пособие.	АгроПрессДизайн	2009

### 6.3 Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы:

1. Конспект лекций.
2. Мультимедийные презентации.
3. Доступ к международным информационным базам журналов.

## 7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **7.1 Специализированные лаборатории (в том числе научные) и классы, основное учебное оборудование (комплексы, установки и стенды)**

Научно-образовательный «Центр наноматериалов и нанотехнологий» и Центра коллективного пользования «Материаловедение и металлургия», информационные ресурсы Научно-технического центра МИСИС

---

Рентгеновские дифрактометры ДРОН-3.0 и ДРОН-4.0

Сканирующие электронные микроскопы Hitachi TM-1000 и Hitachi S800

Просвечивающий электронный микроскоп JEM-2000 EX

Система для термогравиметрического анализа TA Instruments Q600

Электронный оже-спектрометр PHI-680 фирмы "Physical Electronics"

Многоцелевые автоматизированные рентгеновские дифрактометры фирмы Bede D1 System и фирмы Bruker

Сканирующий ионный микроскоп Strata 201 SIMSmapIIIxP фирмы FEI Company

Полевой эмиссионный растровый электронный микроскоп JSM-6700F фирмы Jeol

Растровый электронный микроскоп модели JSM-6480LV фирмы Jeol

Просвечивающий электронный микроскоп модели JEM-2100 фирмы Jeol

Быстросканирующий инфракрасный Фурье-спектрометр IFS-66V/S фирмы Bruker

Сканирующая зондовая лаборатория NTEGRA фирмы NT-MDT (Россия)

Последовательный рентгенофлуоресцентный спектрометр XRF-1800 фирмы Шимадзу

Оптический микроскоп Axio Imager D1 фирмы «Carl Zeiss»

Технологическая установка получения алмазоподобных пленок и углеродных нанотрубок ULVAC CN-CVD-100

Оборудование для механических испытаний

Рентгеновский фотоэлектронный спектрометр PHI-5500 фирмы "Physical Electronics"

Вторичный ионный масс-спектрометр PHI-6600 фирмы "Physical Electronics"

## **Блок №2 «Практики»**

## 2.5 Программы практик

### Общая характеристика Блока №2 «Практики».

Практики относятся к вариативной части программы аспирантуры.

- Целью практик является получение профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (в том числе педагогической). Программа аспирантуры по направлению **11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи**

направленностью **Физико-технологические основы получения материалов и элементов макро-, микро и нанoeлектроники** предусматривает проведение педагогической и производственной (исследовательской или экспериментальной) практик.

При составлении индивидуального плана обучения аспиранта рекомендуется педагогическую практику распределять в течение первых двух или трех курсов обучения. Трудоёмкость педагогической практики определяет руководитель аспиранта в пределах, установленных учебным планом. Практика предполагает участие аспиранта в учебном процессе выпускающей кафедры и проводится в соответствии с индивидуальным планом аспиранта под руководством **его** руководителя. По практике предусмотрены ежегодные промежуточные аттестации в виде дифференцированного зачета.

Производственная исследовательская или производственная экспериментальная практика определяется индивидуальным планом аспиранта и должна проводиться на четвертом году обучения. Практика может быть стационарной (в структурных подразделениях организации) или выездной. Для лиц с ограниченными возможностями здоровья выбор мест прохождения практик должен учитывать состояние здоровья и требования по доступности.

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждения высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

УТВЕРЖДАЮ:  
заведующий аспирантурой

\_\_\_\_\_ П.Ю. Брянцев

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

# **ПРОГРАММА ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ**

**подготовки аспирантов  
по направлению: 11.06.01 Электроника, радиотехника и  
системы связи**

**направленности: Физико-технологические основы получения материалов  
и элементов макро-, микро и нанoeлектроники**

Форма обучения:  
**очная**

Москва 2014

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Педагогическая практика аспирантов относится к вариативной части программы аспирантуры и входит в блок №2.

Трудоемкость практики составляет от 8 до 90 зачетных единиц в зависимости от индивидуального плана аспиранта.

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ПРАКТИКЕ

**Цель практики** - приобретение аспирантами профессиональных умений и навыков в подготовке, организации и проведении различного вида учебных занятий, формирования психолого-педагогического склада мышления, творческого отношения к делу, педагогической культуры и мастерства.

Педагогическая практика направлена на формирование следующих универсальных компетенций:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями:

- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владением культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- готовностью организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);
- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

В результате педагогической практики аспиранты должны

### **Знать:**

- правовые и нормативные основы функционирования системы образования;
- порядок реализации основных положений и требований документов, регламентирующих деятельность вуза, кафедры и преподавательского состава по совершенствованию учебно-воспитательной, методической и научной работы на основе государственных образовательных стандартов;
- порядок организации, планирования, ведения и обеспечения учебно-образовательного процесса с использованием новейших технологий обучения;
- приемы лекторского мастерства, техники речи, правила поведения на лекциях в аудитории;

### **уметь:**

- формировать общую стратегию изучения дисциплины;

- конкретизировать цель изучения любых фрагментов учебного материала дисциплины;
- применять различные общедидактические методы обучения и логические средства, раскрывающие сущность учебной дисциплины;
- разрабатывать учебно-методические материалы для проведения учебных занятий как традиционным способом, так и с использованием информационных технологий;
- активизировать познавательную и практическую деятельность студентов на основе методов и средств интенсификации обучения;
- реализовать систему контроля степени усвоения учебного материала;
- выполнять анализ результатов педагогических экспериментов, проводимых с целью повышения эффективности обучения;

**овладеть:**

- приемами лекторского мастерства;
- правилами и техникой использования современных информационных технологий при проведении занятий по учебной дисциплине;
- техникой речи и правилами поведения при проведении учебных занятий;
- педагогической техникой преподавателя высшей школы;

**иметь представление:**

- об опыте формирования учебных планов и проведении реального образовательного процесса по специальностям подготовки специалистов;
- о педагогическом опыте лучших методистов кафедры, института и других вузов;
- об опыте использования информационных и педагогических технологий обучения в Университете и других вузах.

### **3 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИКИ**

Практика проводится на кафедре, где обучается аспирант, как правило, на младших курсах обучения.

На первом году обучения проводится «лаборантско-инженерская» практика: аспирант знакомится с методикой и организацией учебного процесса и участвует в подготовке оборудования и средств для проведения учебных занятий. Аспирант знакомится с организацией и проведением занятий, посещая учебные занятия ведущих преподавателей кафедры, участвует в технической и отчасти методической подготовке занятий в установленном его индивидуальным планом объеме (в часах и по расписанию, или по графику с обязательной письменной отчетностью).

На втором курсе проводится «ассистентская» практика под руководством руководителя аспиранта. Аспирант готовится к практическим, лабораторным и лекционным занятиям, проводит практические и лабораторные занятия, а также читает пробные лекции в установленном его индивидуальным планом объеме в часах и по расписанию, или по графику с обязательной письменной отчетностью.

В случае необходимости, педагогическая практика может быть продолжена на третьем курсе «преподавательская», во время которой аспирант совместно с руководителем выполняет различные виды учебной работы преподавателей: чтение лекций, подготовка и проведение практических занятий, руководство курсовым проектированием и выпускными работами студентов. Объем этого периода практики в часах определяется его индивидуальным планом.

При наличии вакантных должностей аспиранты могут зачисляться в установленном порядке на период педагогической практики на преподавательскую работу. При этом оплата осуществляется в соответствии с трудовым договором.

Руководство практикой осуществляет руководитель аспиранта, который участвует в подготовке аспирантом лекций и практических занятий, а также контролирует учебную работу аспиранта.

### **4 СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ**

**Освоение педагогического опыта ведущих преподавателей кафедры и НИТУ «МИСиС»**

Посещение отдельных лекций и других занятий, проводимых ведущими преподавателями кафедры, НИТУ «МИСиС» и (возможно) других вузов.

Обсуждение итогов учебных занятий с опытными методистами кафедры.

Участие в методической работе кафедры. Выступления на методическом семинаре.

### **Освоение лекторского мастерства и техники речи педагога**

Приемы лекторского мастерства. Техника речи – элемент педагогической культуры преподавания. Речевая техника. Педагогическая культура преподавателя высшей школы. Методы, средства и приемы совершенствования лекторского мастерства и техники речи педагога.

### **Подготовка и проведение занятий со студентами**

Подготовка текста лекции и средств наглядности. Разработка плана проведения лекции. Репетиция. Проведение лекции. Анализ и самооценка занятия.

Разработка плана проведения практического занятия. Подбор примеров (задач). Разработка плана занятия. Консультация студентов. Проведение занятия. Анализ и самооценка занятия.

### **Участие в приеме экзаменов и зачетов, защите курсовых работ и проектов**

Ознакомление с документами, регламентирующими порядок организации и проведения экзаменов и зачетов. Участие в приеме экзамена (зачета). Подведение итогов экзамена.

Изучение кафедральной методики по защите курсовых проектов и работ. Участие в защите курсовых работ студентами.

По итогам практики аспирант представляет письменный отчет с заключением заведующего кафедрой, на которой проходит практика; а также планы и тексты лекций, планы, задания и другие методические материалы для семинара, практического занятия или других проведенных на практике занятий. Педагогическая практика ежегодно завершается дифференцированным зачетом.

## **5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ**

Педагогическая практика строится на основе сочетания теоретических знаний, полученных при изучении учебных дисциплин, и практических занятий, проводимых в ходе практики: тренингов, репетиций, практикумов, по итогам которых опытные преподаватели предлагают индивидуальные рекомендации.

Обучение должно носить системный характер, который предполагает изучение общих основ теории и практических приложений в непрерывной связи и взаимной обусловленности. Практическая отработка приемов лекторского мастерства и техники речи проводится на репетициях под руководством научного руководителя (руководителя педагогической практики) с таким расчетом, чтобы добиться раскованного, непринужденного и интересного изложения учебного материала.

Основой подготовки аспиранта является его самостоятельная работа в соответствии с личным планом прохождения педагогической практики, который утверждается заведующим кафедрой. В содержание педагогической практики следует включать:

- самостоятельную работу аспиранта по подготовке учебного занятия (лекции, семинара, практического занятия и т.п.) в аспекте предусмотренной учебной программой дисциплины;
- проведение учебного занятия в присутствии научного руководителя, ведущих преподавателей кафедры и опытных методистов;
- разбор и оценку занятия с указанием замечаний, предложений и рекомендаций аспиранту с целью повышения качества учебно-методической работы.

За время педагогической практики аспирант должен посетить все основные занятия, проводимые опытными методистами кафедры и вуза, принять участие в методических мероприятиях, проводимых на кафедре и в вузе; методических совещаниях, научно-методических конференциях, семинарах, на заседаниях кафедр и предметно-методических комиссий по вопросам методики обучения и воспитания студентов, на инструкторско-методических, показных и открытых занятиях. Посещение учебных занятий ведущих методистов должно научить аспирантов проводить анализ уровня усвоения учебного материала, осуществлять контроль степени достижения поставленных целей, анализировать опыт ис-

пользования разнообразных методов и форм обучения, активизации познавательной деятельности обучающихся.

## **6 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная:**

1. М.Я.Виленский, П.И.Образцов, А.И.Уман. Технологии профессионально-ориентированного обучения в высшей школе: Учебное пособие. Изд. второе / Под ред. В.А.Сластенина. – М.: Педагогическое общество России, 2005 – 192 с.
2. Педагогика и психология высшей школы: Учеб. Пособие: 3-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 512 с.
3. Исаев И.Ф. Профессионально-педагогическая культура преподавателя: Учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 208.
4. Фокин Ю.Г. Преподавание и воспитание в высшей школе – М.: Издательский центр «Академия», 2001. – 224 с.

### **Дополнительная:**

5. Агеев В.Н., Древш Ю.Г. Электронные издания учебного назначения: концепции, создание, использование: Учебн. пособие в помощь авт. и ред./Под ред. Ю.Г.Древса. – М.: Моск. гос. ун-т печати. М.: МГУП, 2003. – 236 с.
6. Марченко А.Л. Актуальные вопросы разработки и использования электронных изданий и ресурсов в обучении электротехнике и электронике в вузе. –М.: МАТИ, 2010. –272 с.
7. Резник С.Д. Управление кафедрой: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Инфра – М., 2006, с. 322 – 392.

## **2.6 Блок №3 Научно-исследовательская работа**

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждения высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

УТВЕРЖДАЮ:  
заведующий аспирантурой

\_\_\_\_\_ П.Ю. Брянцев

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

# **ПРОГРАММА НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ**

**подготовки аспирантов**

- по направлению **11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи**

направленности **Физико-технологические основы получения материалов и элементов макро-, микро и наноэлектроники**

Форма обучения:  
**очная**

Москва 2014

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Научно-исследовательская работа (НИР) относится к вариативной части и входит в блок №3 программы аспирантуры. Трудоёмкость НИР составляет не менее 150 зач. ед. (Для каждого аспиранта трудоёмкость НИР определяется руководителем)

Научно-исследовательская работа и подготовка выпускной квалификационной работы проводится в течение всего периода обучения, ведется в соответствии с индивидуальным планом аспиранта и выполняется в отдельные периоды обучения одновременно с учебным процессом и с педагогической практикой. По НИР в конце каждого учебного года предусматривается промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета.

Выполненная научно-исследовательская работа завершается написанием выпускной квалификационной работы, которая должна соответствовать критериям, установленным для научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук.

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НИР

Целью научной (научно-исследовательской) работы является получение и применение новых знаний в области **физико-технологических основ получения материалов и элементов макро-, микро и наноэлектроники.**

При выполнении НИР должны быть сформированы следующие компетенции:

*универсальные:*

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6) .

*общепрофессиональными:*

- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владением культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- готовностью организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);
- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

*профессиональными:*

- способность собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии (ПК-1);

- способностью использовать современное лабораторное оборудование и приборы, развивать новые и уточнять имеющиеся экспериментальные и теоретические методики по технологии получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники с высокими эксплуатационными параметрами, установленными при их испытаниях с применением методик математической статистики (ПК-4);
- готовность использовать экспериментальные результаты исследования в области получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники в различных областях нанотехнологии и микросистемной техники (ПК-5);
- способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик материалов макро-, микро- и наноэлектроники различного функционального назначения и приборов на их основе (ПК-7).

### 3. РЕАЛИЗАЦИЯ НИР

Научно-исследовательская работа аспирантов реализуется через авторские программы научных руководителей на основании индивидуальных планов работы аспирантов.

Научно-исследовательская работа (НИР) проводится в соответствии с индивидуальным планом аспиранта и согласно ГОСТ 15.000-94 и ГОСТ 7.32-2001 должна включать:

- обзор научно-технических достижений в исследуемой области;
- патентные исследования (при необходимости);
- теоретические исследования;
- моделирование, макетирование;
- экспериментальные исследования (при необходимости).

Научно-исследовательская работа аспиранта, как правило, должна предполагать экспериментальные разработки, то есть выполнение работы, которая основана на знаниях, приобретенных в результате проведения научных исследований или на основе практического опыта, и направлена на сохранение жизни и здоровья человека, создание новых материалов, продуктов, процессов, устройств, услуг, систем или методов и их дальнейшее совершенствование.

При составлении индивидуальных планов аспирантов в разделе «Научно-исследовательская работа» аспиранта и выполнение выпускной квалификационной работы следует определить характеристику научной работы согласно ГОСТ 7.32-2001: фундаментальная, поисковая или прикладная. При этом можно руководствоваться указанным стандартом, где эти виды работ определены следующим образом:

- результатом фундаментальных научных работ является расширение теоретических знаний, а также получение новых научных данных о процессах, явлениях, закономерностях, существующих в исследуемой области; создаются научные основы, методы и принципы исследований;
- поисковые научные работы увеличивают объем знаний для более глубокого понимания изучаемого предмета; результатом таких работ является разработка прогнозов развития науки и техники; открытие путей применения новых явлений и закономерностей;
- прикладные научные работы направлены на разрешение конкретных научных проблем для создания новых изделий; в результате разрабатываются рекомендации, инструкции, расчетно-технические материалы, методики и т.д.

Характеристика научной работы должна определить круг решаемых в диссертации задач и конкретизировать программу НИР аспиранта.

Для поисковых НИР, решаемые в диссертации задачи, могут быть:

- обоснование перспективных направлений развития техники, технологий, экономики, производства и т.д. (в том числе по результатам фундаментальных НИР);
- определение технических, экономических, экологических и других требований к объектам (изделиям), являющимся предметом исследований;
- выбор и обоснование направлений опытно-конструкторских или опытно-технологических работ, обеспечивающих создание новых объектов, входящих в

них комплектующих изделий, разработку соответствующих технологических процессов, оборудования и т.п.;

- выбор и обоснование направлений прикладных НИР;
- исследование возможности и целесообразности использования частных технических решений для создания объектов (изделий) и их элементов с заданными характеристиками или параметрами.

Для прикладных НИР, решаемые в диссертации задачи, могут быть:

- создание научно-методических и нормативных документов (методик, стандартов, алгоритмов, программ и т.п.) для исследуемых объектов;
- изготовление моделей, макетов, стендов, экспериментальных образцов новых объектов (изделий), оборудования и т.д.;
- разработка технических заданий на изготовление новых объектов (изделий), в том числе комплектующих изделий;
- разработка технических заданий на изготовление нового технологического и испытательного оборудования для объектов, в том числе комплектующих изделий.

Программы (планы) научно-исследовательской работы аспиранта на каждый год и на весь период обучения, согласно ГОСТ 15.101-98, должны предусматривать следующие этапы работы:

1) Выбор направления исследований

с целью определения оптимального варианта направления исследований на основе анализа состояния исследуемой проблемы, в том числе результатов патентных исследований, и сравнительной оценки вариантов возможных решений с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся по аналогичным проблемам;

2) Теоретические исследования

с целью получения достаточных теоретических результатов исследований для решения поставленных перед НИР задач.

При проведении теоретических исследований должен быть обоснован выбор (подход к разработке) моделей, методов, программ и (или) алгоритмов, позволяющие увеличить объем знаний для более глубокого понимания и путей применения новых явлений, механизмов или закономерностей.

3) Экспериментальные исследования

с целью получения достоверных экспериментальных результатов исследований для решения поставленных перед НИР задач. Иными словами, целью экспериментальных исследований является выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости теоретических исследований и на этой основе широкое и глубокое изучение темы научного исследования.

Проводится систематизация и предварительная оценка полученных результатов и др.

4) Обобщение и оценка результатов исследований

с целью подведения итогов и обобщения результатов научно-технических исследований, выпуска обобщенной отчетной научно-технической документации по НИР, оценки эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем (в том числе оценки создания конкурентоспособной продукции).

## **7. Оценочные средства промежуточных аттестаций по дисциплинам и практикам**

### **2.7.1 Кандидатские экзамены**

Кандидатские экзамены являются формой промежуточной аттестации аспирантов по отдельным дисциплинам учебного плана.

**Цель экзаменов** – установить глубину профессиональных знаний соискателя ученой степени, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

**Сдача кандидатских экзаменов** планируется на первый год обучения по дисциплинам «История и философия науки» и «Иностранный язык» и последний год - кандидатский экзамен по специальности в виде Государственного экзамена итоговой аттестации.

Кандидатские экзамены являются составной частью аттестации научных и научно-педагогических кадров. Сдача кандидатских экзаменов обязательна для присуждения в случае успешной защиты диссертации ученой степени кандидата наук.

Сдаются следующие кандидатские экзамены<sup>1</sup>:

- история и философия науки;
- иностранный язык;
- специальная дисциплина

Сдается кандидатский экзамен<sup>2</sup> по материалам дисциплин:

Материаловедение в электронике.

Управление фазовым и химическим равновесием в технологических задачах электроники.

Дисциплина по выбору.

Трудоемкость кандидатского экзамена соответствует 1 зачетной единице, или 36 академическим часам. Продолжительность приема экзамена у каждого аспиранта не должна превышать двух академических часов.

### **2.7.2 Оценочные средства дисциплин (модулей) Блока №1**

Оценочные средства промежуточной аттестации вариативных дисциплин приведены в рабочих программах соответствующих дисциплин.

### **2.7.3 Оценочные средства по практикам**

Для успешного прохождения ассистентской педагогической практики аспирант должен выполнить следующий минимальный объем учебной нагрузки:

- разработать индивидуальную учебную программу прохождения педагогической практики (не менее 4 часов);
- изучить опыт преподавания ведущих преподавателей университета в ходе посещения учебных семинарских занятий по научной дисциплине, смежным наукам (не менее 10 часов);
- разработать содержание учебных семинарских занятий по предмету (не менее 18 часов);
- провести не менее 3-х семинарских, лабораторных, практических занятий (не менее 6 часов);
- провести одну промежуточную аттестацию в одной группе с применением бальной оценки на основе самостоятельно разработанных тестов, включающих не менее 20-ти тестовых заданий (7 часов).

Для успешного прохождения доцентской педагогической практики аспирант должен выполнить следующий минимальный объем учебной нагрузки:

- разработать индивидуальную учебную программу прохождения педагогической практики (не менее 4 часов);
- изучить опыт преподавания ведущих преподавателей университета в ходе посещения учебных лекционных занятий по научной дисциплине, смежным наукам (не менее 10 часов);

---

<sup>1</sup> Кандидатские экзамены по истории и философии науки и иностранному языку сдаются по примерным образовательным программам, разрабатываемым и утверждаемым Министерством образования и науки Российской Федерации.

<sup>2</sup> Кандидатский экзамен по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации сдается по программе, состоящей из двух частей: типовой программы - минимум по специальности, разрабатываемой ведущими в соответствующей отрасли высшими учебными заведениями и научными учреждениями, организациями и утверждаемой Министерством образования и науки Российской Федерации, и дополнительной программы, обусловленные спецификой научной специальности или характера подготовки аспиранта и разрабатываемой соответствующей кафедрой (отделом, сектором, лабораторией).

- разработать содержание лекционных занятий по предмету (не менее 18 часов);
- прочитать не менее 3-х лекций в потоке студентов (не менее 6 часов);
- принять участие в работе комиссии по защите курсовых (не менее 5 часов);
- принять участие в работе комиссии по приему экзаменов по дисциплине (не менее 3 часов);
- на основе анализа собственного опыта преподавательской деятельности сформировать предложения по активизации творческой активности студентов и преподавателей, по совершенствованию системы самостоятельной учебной работы студентов, повышению качества образования (8 часов).

По обоим видам практики возможна индивидуальная работа со студентами, руководство научными студенческими исследованиями, руководство производственной практикой студентов.

## **Программы кандидатских экзаменов**

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждения высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

# **КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Материаловедение в электронике»  
подготовки аспирантов**

по направлению **11.06.01 Электроника, радиотехника и системы  
СВЯЗИ**

направленности **Физико-технологические основы получения материалов и  
элементов макро-, микро и наноэлектроники**

Форма обучения:  
**очная**

Москва 2014

### 3. Итоговая (государственная) аттестация выпускников

В Блок 4 "Государственная итоговая аттестация" входит подготовка и сдача государственного экзамена и защита выпускной квалификационной работы, выполненной на основе результатов научно-исследовательской работы.

#### 3.1 Государственный экзамен

Государственный экзамен представляет собой кандидатский экзамен по специальности научных исследований и сдается по программам дисциплин:

Материаловедение в электронике.

Управление фазовым и химическим равновесием в технологических задачах электроники.

Дисциплине по выбору.

#### 3.2 Подготовка выпускной квалификационной работы к защите

Осуществляется в течение 6 недель в конце последнего курса.

Выпускная квалификационная работа (далее ВКР) должна быть научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, либо изложены научно обоснованные технические, экономические или технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики или обеспечения обороноспособности страны.

Аспирант представляет ВКР в виде специально подготовленной рукописи.

ВКР должна быть написана единолично, содержать совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых автором для публичной защиты, иметь внутреннее единство и свидетельствовать о личном вкладе автора в науку. Предложенные автором новые решения должны быть строго аргументированы и критически оценены по сравнению с другими известными решениями.

В ВКР, имеющей прикладное значение, должны приводиться сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов, а в ВКР, имеющей теоретическое значение, - рекомендации по использованию научных выводов.

Основные научные результаты ВКР должны быть опубликованы в научных изданиях. Результаты ВКР должны быть опубликованы хотя бы в двух ведущих рецензируемых журналах или изданиях. Перечень указанных журналов и изданий определяется Высшей аттестационной комиссией РФ.

#### Требования к структуре ВКР

Для ВКР устанавливается следующее структурное построение:

1. Введение.
2. Разделы основной части ВКР в виде нескольких глав.
3. Заключение в виде выводов и рекомендаций.
4. Библиографический список литературы по теме диссертации.
5. Приложения.

Введение, заключение, список литературных источников пишутся по определенным, установившимся правилам, следуя некоторому шаблону. При написании основной части диссертации и приложений необходим в основном нешаблонный, творческий подход, научный поиск.

Введение к диссертации состоит из следующих подразделов, располагаемых обычно в указанном порядке: «Актуальность исследования», «Цели и задачи исследования», «Объект исследования», «Предмет исследования», «Методологическая и теоретическая основа исследования», «Информационная база исследования», «Научная новиз-

на исследования», «Практическая значимость работы», «Апробация результатов исследования».

Актуальность исследования (одна-две страницы) содержит положения и доводы, свидетельствующие в пользу научной и прикладной значимости решения проблемы, исследуемой в диссертации.

Цели и задачи исследования (до одной страницы) содержат формулировку главной цели, которая видится в решении основной проблемы диссертации, обеспечивающем внесение значимого вклада в теорию и практику.

Объект исследования представляет область научных изысканий, в пределах которой выявлена и существует исследуемая проблема.

Предмет исследования должен быть более узок и конкретен. Благодаря его формулированию в диссертации из общей системы, представляющей объем исследования, выделяется часть системы или процесс, протекающий в системе, являющийся непосредственным предметом исследования.

Формулирование методологической и теоретической основы исследования (до одной страницы) обычно носит стандартный характер и сводится к утверждению, что такую основу составили научные труды отечественных и зарубежных авторов в области тех отраслей и направлений науки, к которым относится тема диссертации. Здесь же целесообразно выделить отдельной строкой использованные в диссертации методы исследования, такие, как методы системного анализа и исследования операций, математические, статистические методы, метод сравнений и аналогий, метод обобщений, метод натурального моделирования, метод экспертных оценок и др.

При составлении данного подраздела введения следует указать исследователей и ученых, причастных к используемой в диссертации методологической и теоретической базе исследований (список из 15-20 имен).

К методологическим основам и методам исследования тесно примыкает подраздел «Информационная база исследования», который иногда включается в состав предшествующего ему подраздела. В нескольких строчках данного подраздела указывается, что в числе информационных источников диссертации использованы: а) научные источники в виде данных и сведений из книг, журнальных статей, научных докладов и отчетов, материалов научных конференций, семинаров; б) статистические источники в виде отечественных и зарубежных статистических материалов, отчетов органов государственной, региональной, ведомственной статистики, материалов разных организаций, фондов, институтов; и) официальные документы в виде кодексов законов, законодательных и других нормативных актов, в том числе положений, инструкций, докладов, проектов; г) результаты собственных расчетов и проведенных экспериментов.

«Научная новизна исследования» (одна или две страницы) – подраздел введения играет особо важную роль. Научная новизна работы должна быть не только продекларирована, но и подтверждена. При этом к числу признаков, позволяющих утверждать о научной новизне диссертации, относятся:

- постановка новой научной проблемы;
- введение новых научных категорий и понятий, развивающих представление о данной отрасли знаний;
- раскрытие новых закономерностей протекания естественных и общественных процессов;
- применение новых методов, инструментов, аппарата исследования;
- разработка и научное обоснование предложений об обновлении объектов, процессов и технологий, используемых в экономике и управлении;
- развитие научных представлений об окружающем мире, природе, обществе.

В подразделе «Практическая значимость исследования» (полстраницы) перечисляются области прикладной деятельности, органы и организации, формы использования результатов выполненного исследования и рекомендаций, высказанных в диссертации.

Подраздел «Апробация результатов исследования» (полстраницы) содержит сведения о практической проверке основных положений и результатов диссертационной работы, а также областях научной, прикладной, учебной деятельности, в которых ре-

зультаты исследования нашли применение. В этом же подразделе указывается, где и когда докладывались результаты исследований и были опубликованы.

Библиографический список. Составляется в алфавитном порядке в соответствии с фамилиями авторов литературных источников. Если автор источника не указан в списке (при наличии многих авторов, в случае сборников статей разных авторов или материалов, не обладающих индивидуальным авторством), в алфавит выстраиваются названия источников. Допускается построение списка по тематическому принципу, по хронологическому принципу и по видам издания (монографии, сборники, журнальные статьи и т. п.).

В библиографические списки не следует включать такие источники, как энциклопедии, справочники, научно-популярные издания, газетные статьи.

При использовании ссылок на иностранные источники, источники следует включать в библиографический перечень после списка источников на русском языке.

Ссылка на источник в тексте диссертации осуществляется посредством указания его алфавитного номера в квадратных скобках после изложения содержания источника или указания фамилии его автора.

Заключение. Содержит выводы из выполненного исследования и вытекающие из него рекомендации (от двух-трех до пяти-шести страниц машинописного текста).

На выводы и рекомендации, следующие из диссертационного исследования, должны:

- отражать результативность и значимость работы;
- входить в автореферат в том же виде, что и в диссертацию;
- стать основой в процессе подготовки решений о принятии диссертации к защите и о присуждении ученой степени.

Выводы должны обладать краткостью и четкостью, быть конкретными. Рекомендации должны быть сформулированы предметно и адресно.

Основная часть диссертации может строиться по системно-проблемному принципу, когда вся структура диссертации непосредственно и целиком «нанализируется» на научную проблему, решаемую в работе, т. е. проблема служит не только отправной позицией, но пронизывает насквозь всю работу. Диссертация строится по схеме: «сущность проблемы и ее постановка – предлагаемые способы решения проблемы – подтверждение и практическое значение результатов решения проблемы». Системность такой композиции состоит в разделении проблемы на составные части в виде подпроблем, решении отдельных подпроблем и дальнейшем сведении результатов решения подпроблем в общее решение всей проблемы.

Примерный макет содержания основной части кандидатской диссертации, структурированной по системно-проблемному принципу может иметь следующий вид:

Глава 1. Критический анализ состояния проблемы.

- 1.1 Развернутая постановка проблемы с учетом ее исходного состояния.
- 1.2 Точки зрения других авторов на проблему и пути ее решения. Анализ предшествующих работ.
- 1.3 Обоснование программы проведенных в диссертации исследований и принятого метода исследования.
- 1.4 Генеральный замысел решения проблемы – теоретическое и методическое обоснование.

Глава 2. Предлагаемые способы решения проблемы.

- 2.1 Расчленение проблемы на составляющие ее подпроблемы.
- 2.2 Способы и пути решения подпроблем.
- 2.3 Соединение результатов решения подпроблем и предлагаемое на этой основе решение всей проблемы.

Глава 3. Проверка и подтверждение результатов исследования.

- 3.1 Проверка предложенного способа решения проблемы на основе собственных расчетов, опытов, экспериментов, данных.

3.2 Сопоставление полученного результата с другими имеющимися данными, подтверждающее достоверность, прогрессивность, перспективность полученных в диссертации результатов.

3.3 Практическое приложение результатов решения проблемы.

3.4 Перспектива, которую открывают науке и практике итоги диссертационного исследования.

В зависимости от характера проблемы и отрасли знания содержание глав и параграфов изменяется, варьируется, но общие принципы построения диссертации в целом может быть сохранены.