

УТВЕРЖДЕНО

протокол заседания  
Ученого совета от 24.04.2017 г., №10

## Рабочая программа дисциплины Основы микроскопии низкоразмерных систем

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль подготовки: Технологии в наноэлектронике

Квалификация: бакалавр

Факультет физики, математики, информатики

Форма обучения: очная

Общая трудоемкость 2 ЗЕТ

Виды контроля в семестрах:

зачет(ы) 4

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	4 (2.2)		Итого	
Недель	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18
Лабораторные	18	18	18	18
В том числе инт.	12	12	12	12
Итого ауд.	36	36	36	36
Контактная работа	36	36	36	36
Сам. работа	36	36	36	36
Итого	72	72	72	72

Рабочая программа дисциплины Основы микроскопии низкоразмерных систем / сост. ; Курск. гос. ун-т. - Курск, 2017. - с.

Рабочая программа составлена в соответствии со стандартом, утвержденным приказом Минобрнауки России от 12 марта 2015 г. № 218 "Об утверждении ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника (уровень бакалавриата)" (Зарегистрировано в Минюсте России 07 апреля 2015 г. № 36765)

Рабочая программа дисциплины "Основы микроскопии низкоразмерных систем" предназначена для методического обеспечения дисциплины основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиль Технологии в наноэлектронике

Составитель(и):

© Курский государственный университет, 2017

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Целью изучения дисциплины является формирование у студентов компетенций, необходимых для проведения исследований наносистем в электронике методами электронной и сканирующей зондовой микроскопии.
1.2	Задачи изучения дисциплины:
1.3	-формирование у студентов представления о возможностях применения методов электронной и сканирующей зондовой микроскопии в научно-исследовательской деятельности;
1.4	-формирования у студентов умения эффективно использовать существующие методы микроскопии при исследовании наноразмерных систем.
1.5	Дисциплина "Основы микроскопии низкоразмерных систем" как междисциплинарный инструмент дает возможность обеспечить решение сложных технических задач, связанных с анализом и диагностикой наноструктур и приборов наноэлектроники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.ДВ.1
--------------------	-----------

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ОПК-2: способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат**

**Знать:**

основы физических явлений и эффектов, лежащих в основе принципов действия различных типов электронных и сканирующих зондовых микроскопов

конструкцию и принцип действия систем электроники электронных и сканирующих зондовых микроскопов

методики электронной и сканирующей зондовой микроскопии и области их применения

**Уметь:**

применять методы микроскопии низкоразмерных систем для изучения наноструктур и диагностики устройств микро- и наноэлектроники

грамотно выбирать методики электронной и сканирующей зондовой микроскопии в зависимости от характеристик объекта исследования

методами анализа параметров и характеристик наносистем по изображениям и данным, полученным в результате исследования разными методами микроскопии

**Владеть:**

работы с программными средствами управления электронными и сканирующими зондовыми микроскопами

методиками пробоподготовки объектов для исследования различными типами электронной и сканирующей зондовой микроскопии

методиками обработки экспериментальных данных, полученных в результате исследований методами электронной и атомно-силовой микроскопии современными программными средствами

**ПК-4: способностью проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов**

**Знать:**


**Уметь:**


**Владеть:**


## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем	Вид занятий	Семестр / Курс	Часов	Интеракт.
	<b>Раздел 1. 1. Электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ.</b>	Раздел			

1.1	Просвечивающая электронная микроскопия	Лек	4	2	0
1.2	Просвечивающая электронная микроскопия	Ср	4	4	0
1.3	Моделирование работы просвечивающего электронного микроскопа	Лаб	4	2	2
1.4	Физические основы сканирующей электронной микроскопии	Лек	4	2	2
1.5	Вторичные и обратно отраженные электроны	Ср	4	4	0
1.6	Технические возможности сканирующей электронной микроскопии	Лек	4	2	2
1.7	Пробоподготовка объектов к исследованиям методами сканирующей электронной микроскопии	Ср	4	4	0
1.8	Основы сканирующей электронной микроскопии	Лаб	4	2	0
1.9	Проведение измерений на сканирующем электронном микроскопе	Лаб	4	2	0
1.10	Микрорентгеноспектральный анализ	Лек	4	2	0
1.11	Области применения микрорентгеноспектрального анализа	Ср	4	4	0
1.12	Энергодисперсионные детекторы и детекторы с волновой дисперсией	Ср	4	2	0
1.13	Определение химического состава поверхности методом энергодисперсионного микрорентгеноспектрального анализа	Лаб	4	2	0
	<b>Раздел 2. Сканирующая зондовая микроскопия</b>	Раздел			
2.1	Устройство и принцип действия сканирующего зондового микроскопа	Лек	4	4	2
2.2	Формирование и обработка изображений, полученных методами сканирующей зондовой микроскопии	Ср	4	6	0
2.3	Сканирующая туннельная микроскопия	Лек	4	2	0
2.4	Измерение локальной работы выхода электронов и ВАХ туннельного перехода "зонд-образец"	Ср	4	4	0
2.5	Исследование топологии поверхности методом сканирующей туннельной микроскопии	Лаб	4	2	0
2.6	Измерение ВАХ туннельного перехода "металл-полупроводник"	Лаб	4	2	0
2.7	Атомно-силовая микроскопия	Лек	4	4	0
2.8	Зондовые датчики для атомно-силовой микроскопии	Ср	4	2	0
2.9	Контактная атомно-силовая микроскопия	Лаб	4	2	2
2.10	Полуконтактная атомно-силовая микроскопия	Лаб	4	2	2
2.11	Электросиловая микроскопия	Ср	4	2	0
2.12	Метод зонда Кельвина	Лаб	4	2	0
2.13	Магнитосиловая микроскопия	Ср	4	2	0
2.14	Ближнепольная оптическая микроскопия	Ср	4	2	0

2.15	Применение методов сканирующей зондовой микроскопии для диагностики приборов и устройств наноэлектронники	Ср	4	0	0
------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	---	---	---

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 5.1. Контрольные вопросы и задания для текущей аттестации

Оценочные материалы для проведения текущего контроля по дисциплине "Основы микроскопии низкоразмерных систем" рассмотрены и одобрены на заседании кафедры физики и нанотехнологий от 16.03.2017, протокол № 7 и являются приложением к рабочей программе дисциплины.

### 5.2. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине "Основы микроскопии низкоразмерных систем" рассмотрены и одобрены на заседании кафедры физики и нанотехнологий от 16.03.2017, протокол № 7 и являются приложением к рабочей программе дисциплины.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Заглавие	Эл. адрес	Кол-
Л1.1	Панова Т.В. - Современные методы исследования вещества. Электронная и оптическая микроскопия: учебное пособие - Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2016.	<a href="http://www.iprbookshop.ru/60748.html">http://www.iprbookshop.ru/60748.html</a>	1

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Заглавие	Эл. адрес	Кол-
Л2.1	Наумов А. В. - Спектромикроскопия одиночных молекул и нанодиагностика неупорядоченных твердых сред: монография - Москва: МПГУ, 2015.	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=471107">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=471107</a>	1
Л2.2	Филимонова Н. И., Кольцов Б. Б. - Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия - Новосибирск: НГТУ, 2013.	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=228943">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=228943</a>	1

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Fiji
Э2	Gwyddion
Э3	QSTEM online
Э4	VEDA: Virtual Environment for Dynamic AFM

#### 6.3.1 Перечень программного обеспечения

7.3.1.1	MsOffice Professional 2007 (Open License: 43219389)
7.3.1.2	Citrix XenDesktop Platinum Edition - Per User/Device (Serial Number LA-0001452295-66704, Order Number 0001452295/4)
7.3.1.3	Microsoft Windows Professional Russian Upgrade/Software Assurance Pack Academic OPEN 1 License No Level (Code/Serial Number FQC-02308)
7.3.1.4	Microsoft Windows 7 Open License: 47818817
7.3.1.5	Adobe Acrobat Reader DC (Бесплатное программное обеспечение)
7.3.1.6	7-Zip (Свободная лицензия GNU LGPL)
7.3.1.7	Google Chrome (Свободная лицензия BSD)
7.3.1.8	

#### 6.3.2 Перечень информационных справочных систем

7.3.2.1	<a href="http://www.oqmd.org/">http://www.oqmd.org/</a> - OQMD: The Open Quantum Materials Database;
7.3.2.2	<a href="https://nanohub.org/resources/13606">https://nanohub.org/resources/13606</a> NEMO5 Materials Database;
7.3.2.3	Fiji ( <a href="http://fiji.sc/">http://fiji.sc/</a> );
7.3.2.4	Gwyddion ( <a href="http://gwyddion.net/">http://gwyddion.net/</a> );
7.3.2.5	QSTEM online ( <a href="https://nanohub.org/resources/qstem">https://nanohub.org/resources/qstem</a> );
7.3.2.6	VEDA: Virtual Environment for Dynamic AFM ( <a href="https://nanohub.org/resources/veda">https://nanohub.org/resources/veda</a> ).

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	1. Научно-исследовательские лаборатории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33, МНЦ(4,5,6,7)
7.2	Модуль визуализации микро- и нанообъектов на основе сканирующего электронного – 1 шт.
7.3	Система напыления проводящих покрытий с функцией травления и кварцевым контроллером – 1 шт.
7.4	Сканирующий зондовый микроскоп Солвер Некст – 1 шт.
7.5	Сканирующий туннельный микроскоп УМКА – 1 шт.
7.6	Стол для микроскопа – 1 шт.
7.7	Стол рабочий (1500x750x700) – 12 шт.
7.8	Стул Изо – 30 шт.
7.9	Тумба подкатная – 12 шт.
7.10	Стол компьютерный с вырезом с надставкой (1000x900x700) – 9 шт.
7.11	МФУ Canon iSENSYS MF4410 лазер. принтер + сканер + копир – 1 шт.
7.12	Ноутбук ASUS Eee PC1011PX – 1 шт.
7.13	Рабочая станция (монитор, клавиатура, мышь, нулевой клиент) – 4 шт.
7.14	Учебно-наглядные пособия представлены комплектом мультимедийных презентаций «Основы микроскопии низкоразмерных систем».
7.15	Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - Междисциплинарный нанотехнологический центр Курского государственного университета.
7.16	2. Учебная аудитория для самостоятельной работы студентов с возможностью подключения к сети «Интернет» и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета, 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33, 146.
7.17	Столов – 61 шт.
7.18	Посадочных мест – 162 шт.
7.19	Компьютеров:
7.20	27 моноблоков MSI - модель MS-A912, 2гб оперативной памяти, Athlon CPU D525 1.80GHz;
7.21	13 моноблоков Asus - модель ET2220I, 4гб оперативной памяти, intelCore i3-3220 CPU 3.30 GHz.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Методические указания обучающимся по освоению дисциплины «Основы микроскопии низкоразмерных систем» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры физики и нанотехнологий, протокол № 7 от 16.03.2017 г. и являются приложением к рабочей программе дисциплины.

### Общие положения

Студентам необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы, с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, рекомендуемой литературой и интернет-ресурсами, методическими разработками, имеющимися на кафедре.

### 1 Указания по подготовке к занятиям лекционного типа

Лекции по дисциплине проводятся как в классической форме, так и с использованием мультимедийных презентаций. Электронный конспект курса лекций предназначен для более глубокого усвоения материала путем иллюстрирования лекции схемами, таблицами, рисунками, фотографиями и т.п.

Студентам предоставляется возможность копирования электронного конспекта лекций для самоподготовки и подготовки к экзамену.

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, поэтому студентам рекомендуется перед очередной лекцией повторить материал предыдущей. При затруднениях в восприятии лекционного материала следует обращаться к литературным источникам, интернет-ресурсам, а также к лектору (в соответствии с графиком его консультаций).

### 2 Указания по подготовке к лабораторным занятиям

Для проведения лабораторного практикума по дисциплине созданы условия для максимально самостоятельного выполнения студентами лабораторных работ. К выполнению лабораторного практикума допускаются только студенты, сдавшие допуск по технике безопасности, о чем делается запись в соответствующем журнале.

Любая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных. При этом часть работ может выполняться в рамках самостоятельной работы по курсу. В ряде работ включены разделы с дополнительными элементами научных исследований, которые потребуют углубленной самостоятельной проработки теоретического материала.

В начале каждого лабораторного занятия преподаватель проводит экспресс-опрос (устно или в тестовой форме) по теоретическому материалу, необходимому для выполнения работы, и плану выполнения лабораторных работ. После выполнения лабораторной работы студент обязан сдать отчет о проделанной работе и ответить на контрольные вопросы. По всем работам практикума имеются описания, в состав которых входят теоретический материал, практические задания и описание хода выполнения работы и отчета по ней. Описание работ лабораторного практикума приведено в литературе, указанной в рабочей программе дисциплины.

### 3 Указания по выполнению самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает в себя расширенное самостоятельное изучение вопросов дисциплины с использованием указанных в рабочей программе дисциплины основной и дополнительной литературы, а также интернет-ресурсов.

### 4 Указания по работе с литературой

Основная литература по данной дисциплине – это учебники, учебно-методические пособия, сборники задач, лабораторные практикумы.

Дополнительная литература – это монографии, сборники научных трудов, журнальные и газетные статьи, справочники, энциклопедии, интернет-ресурсы.

В учебнике/учебном пособии/монографии/ следует ознакомиться с оглавлением и научно-справочным аппаратом, прочитать аннотацию и предисловие. Целесообразно его пролистать, рассмотреть иллюстрации, таблицы, диаграммы, приложения. Такое поверхностное ознакомление позволит узнать, какие главы следует читать внимательно, а какие прочитать быстро.

Студенту следует использовать следующие виды записей при работе с литературой:

Конспект – краткая схематическая запись основного содержания работы. Целью является не переписывание произведения, а выявление его логики, системы доказательств, основных выводов.

Цитата – точное воспроизведение текста. Заключается в кавычки. Точно указывается страница источника.

Тезисы – концентрированное изложение основных положений прочитанного материала.

Аннотация – очень краткое изложение содержания прочитанной работы.

Резюме – наиболее общие выводы и положения работы, ее концептуальные итоги и другие виды.

### 5 Указания к методическим материалам, определяющим процедуроценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Текущая аттестация осуществляется в форме собеседования и выполнения тестовых заданий по изученным на момент аттестации разделам дисциплины.

Оценочные материалы для текущей аттестации студентов приведены в приложении к рабочей программе дисциплины и представляют собой вопросы для собеседования и тестовые задания по всем разделам дисциплины.

Промежуточная аттестация осуществляется в форме зачета (4 семестр).

Зачет проходит в устно-письменной форме. Студенту предлагается ответить на выбранный им билет, содержащий два теоретических вопроса из разных разделов дисциплины для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этап формирования всех компетенций дисциплины. В процессе ответа студенту могут быть заданы уточняющие вопросы, а также вопросы, касающиеся других разделов дисциплины, не затронутых в билете, для понимания общего уровня сформированности компетенций.

На подготовку к зачету студенту дается 30 мин.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации студентов приведены в приложении к рабочей программе дисциплины «Основы микроскопии низкоразмерных систем».