Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 27.06.2025 15:43:36
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ А. Г. Балашов
«04» декабря 2024 г.
М. П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Сканирующая зондовая микроскопия»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»
Направленность (профиль) – «Элементная база наноэлектроники»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 00FCD5F6E07DC83F809D56CE1D350ACCD1
Владелец ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ"
Действителен с 09.04.2025 по 03.07.2026

2024 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК- 2 «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов» сформулирована на основе следующих профессиональных стандартов:

40.104 Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

Обобщенная трудовая функция: Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

Трудовые функции: D/01.7 Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2. СЗМ «Способен к проведению экспериментальных исследований на измерительном комплексе СЗМ для автоматического снятия измерений и обработки изображений»	– анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; – участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств;	***Знания***: - физических принципов работы отдельных составляющих СЗМ: туннельного и атомно-силового зондов, пьезосканера, пьезоинерциального двигателя, системы амортизации, лазерной системы слежения за зондом - принципиальных схем сканирующего туннельного и атомно-силового микроскопов и назначение отдельных функциональных узлов; ***Умения***: - сборки и калибровки сканирующего зондового микроскопа в соответствии с инструкцией; ***Опыт деятельности*** - опыт получения и обработки изображения поверхности на СЗМ;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Для её освоения требуются знания, умения и опыт деятельности, приобретаемые студентами при изучении следующих дисциплин: Математический анализ; Физика. Электричество и магнетизм; Физика. Атомная физика и строение вещества; Теория вероятностей и математическая статистика, Физика конденсированного состояния.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	2	72	-	16	16	40	За

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Конструирование сканирующего зондового микроскопа	-	8	8	20	Контроль выполнения индивидуальных практических заданий к лабораторным работам 1-2
2. Экспериментальные методики сканирующей зондовой микроскопии	–	8	8	20	Контроль выполнения индивидуальных практических заданий к лабораторным работам 3-4

4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	История открытия и развития конструкций сканирующих зондовых микроскопов.
	2	2	Сканирующий туннельный микроскоп: конструкция.
	3	2	Получение атомарного разрешения в сканирующем туннельном микроскопе.
	4	2	Сканирующий атомно-силовой микроскоп, получение атомарного разрешения в атомно-силовом микроскопе.
2	5-7	6	Методы обработки и анализа кадров сканирующей зондовой микроскопии.
	8	2	Методики получения физических характеристик образца в сканирующих зондовых микроскопах.

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1,2	1	4	Сборка и запуск сканирующего туннельного микроскопа.
	2	4	Сборка и запуск контактного атомно-силового микроскопа.
	3	4	Методы обработки и анализа кадров сканирующей зондовой микроскопии.
	4	4	Методики получения физических характеристик образца в сканирующих зондовых микроскопах:

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	2	Работа с конспектом практических занятий.
	4	Чтение и разбор рекомендованной литературы, поиск в профессиональных базах данных научных статей и информационно-справочных системах информации по темам, рассмотренных на практических занятиях модуля 1.
	14	Индивидуальное практическое задание к лабораторным работам: изучение по источникам в профессиональных базах данных физики процессов, исследуемых в лабораторных работах, вывод формул из описания лабораторных работ, написание краткого конспекта основных теоретических сведений. Изучение схемы экспериментальной установки, изучение методики выполнения работы. Обработка экспериментальных результатов.
2	2	Работа с конспектом практических занятий.
	4	Чтение и разбор рекомендованной литературы, поиск в профессиональных базах данных научных статей и информационно-справочных системах информации по темам, рассмотренных на практических занятиях модуля 2.
	14	Индивидуальное практическое задание к лабораторным работам: изучение по источникам в профессиональных базах данных физики процессов, исследуемых в лабораторных работах, вывод формул из описания лабораторных работ, написание краткого конспекта основных теоретических сведений. Изучение схемы экспериментальной установки, изучение методики выполнения работы. Обработка экспериментальных результатов.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, http://orioks.miet.ru/):

Модуль 1

1. Методические рекомендации для проведения практических занятий.
2. Методические указания студентам.
3. Описания лабораторных работ.
4. Список контрольных вопросов к лабораторным работам
5. Список учебной литературы.

Модуль 2

6. Методические рекомендации для проведения практических занятий.
7. Методические указания студентам.
8. Описания лабораторных работ.
9. Список контрольных вопросов к лабораторным работам
10. Список учебной литературы.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература:

1. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии : Учеб. пособие / В.Л. Миронов. - М. : Техносфера, 2004. - 144 с. - (Мир физики и техники).

Периодические издания:

1. ФИЗИКА И ТЕХНИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ = SEMICONDUCTORS / РАН, Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе; Гл. ред. Р.А. Сурис. - СПб. : Наука, 1967 - . – URL: http://journals.ioffe.ru/ftp/ (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный.
2. УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК : Научный журнал / Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, Редакция журнала УФН. - М. : РАН, 1918 - . - URL:http://ufn.ru/ (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный
3. ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ : Научный журнал / РАН, Ин-т физических проблем им. П.Л. Капицы. - М. : РАН, Наука, 1873 - . – URL:http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный
4. ПИСЬМА В ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ = JETP Letters / Российская академия наук, Институт физических проблем им. П. Л. Капицы РАН. - М. : ИКЦ Академкнига, 1965 - . – URL: http://www.jetpletters.ac.ru/ (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный
5. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS / American Institute of Physics. - USA : AIP, [б.г.]. – URL: http://scitation.aip.org/content/aip/journal/jap (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: по подписке МИЭТ.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. NSM Archive. Characteristics and Properties = Новые полупроводниковые материалы: Характеристики и свойства: Электронный архив / webmaster Алексей Толмачев // ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН : [сайт]. – Москва, 1998-2001. -
URL: http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html (дата обращения: 27.11.2020).

2. ФИПС : Информационно-поисковая система: сайт. - Москва, 2009 - . - URL: https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/index.php (дата обращения: 27.11.2020)

3. MATLAB : [раздел сайта] // MathWorks : [сайт]. - 1994-2020. -
URL: https://www.mathworks.com/help/matlab/index.html (дата обращения: 27.11.2020)

3. WebCSD // The Cambridge Crystallographic Data Centre (CCDC) : [сайт]. - URL: https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/ (дата обращения: 27.11.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

4. APS Physics: [сайт] / American Physical Society Sites. - URL: https://www.aps.org/ (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС http://orioks.miet.ru.

Применяется образовательная технология «перевернутый класс». Учебный процесс начинается с постановки проблемного задания, для выполнения которого студент должен самостоятельно ознакомиться с материалом, размещенным в электронной среде. В аудитории проверяются и дополняются полученные знания с помощью дискуссий и решения практических задач. Работа поводится по следующей схеме: СРС (онлайновая предаудиторная работа с использованием внутреннего ресурса в ОРИОКС) - аудиторная работа (семинар с представлением и обсуждением выполненной работы, решение проблемных задач с опорой на результаты самостоятельной работы) - обратная связь с обсуждением и подведением итогов.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя, zoom-консультации.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы в системе ОРИОКС.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	**Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы**	**Перечень программного обеспечения**
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office,

		браузер (Firefox, Google Crome); Acrobat reader DC
Лаборатория физики конденсированного состояния (ауд. 4130)	Сканирующие мульти-микроскопы СММ-2000К.	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Crome); Acrobat reader DC
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Crome); Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-2.СЗМ «Способен к проведению экспериментальных исследований на измерительном комплексе СЗМ для автоматического снятия измерений и обработки изображений».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru/.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Посещение семинаров и лабораторных работ обязательно.

Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Консультации проводятся преподавателем по расписанию, заранее согласованному со студентами.

Цель семинаров – обучение базовым знаниям и умениям с частичным охватом материала повышенного уровня. Освоение дисциплины на повышенном уровне в значительной степени осуществляется студентом самостоятельно. Преподаватель, ведущий семинары, предоставляет студентам все необходимые для этого методические материалы, а также проводит для желающих еженедельные консультации. Общая характеристика семинара-дискуссии. Основное содержание обучения на семинаре-дискуссии: совместное решение учащимися эвристических учебных задач. Задача педагога - обеспечить активное включение студентов в поисковую учебно-познавательную деятельность, организованную на основе внутренней мотивации. Учебная деятельность организуется как деятельность коллективно-распределенная, развернутая в атмосфере коллективного размышления, в ситуации дискуссии и совместных поисков, когда студенты обсуждают различные варианты решения задачи.

Лабораторные работы проводятся в лаборатории, оборудованной сканирующими мульти микроскопами СММ-2000К. Студенты знакомятся с методикой выполнения работы. До выполнения лабораторной работы, а также в процессе выполнения лабораторной работы студенты работают над индивидуальным лабораторным заданием. Перед выполнением работы необходимо написать конспект работы, содержащий краткие теоретические сведения, методику выполнения работы. При выполнении работы студенты распределяю свои роли в группе, каждый студент решает поставленную перед ним практическую задачу при работе с микроскопом. На защите лабораторных работ студенты отвечают на теоретические вопросы. С учётом качества выполнения работ во время лабораторной работы выставляется итоговая оценка за лабораторную работу.

Студентам рекомендуется осуществлять поиск в научной периодике дополнительной информации по теме семинара с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система. Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (суммарно 80 баллов), активность в семестре (20 баллов). Структура и график контрольных мероприятий доступны в ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru/ .

РАЗРАБОТЧИКИ:

Ассистент института ИнЭл_____/К. Г. Никитин/

Ст. преподаватель института ИнЭл_____ / А. Е. Широков /

Рабочая программа дисциплины «Сканирующая зондовая микроскопия» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Элементная база наноэлектроники» разработана в институте ИнЭл и утверждена на заседании ученого совета института ИнЭл 03 декабря 2024 года, протокол № 6

Директор института ИнЭл _____/В. В. Лосев/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК / И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки _____/ Т.П. Филиппова /