

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 21.09.2023 17:35:38

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 8

аудиторные занятия

39

курсовая работа 8

самостоятельная работа

78

часов на контроль

27

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя 12			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	13	13	13	13
Лабораторные	13	13	13	13
Практические	13	13	13	13
Итого ауд.	39	39	39	39
Контактная работа	39	39	39	39
Сам. работа	78	78	78	78
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

ктн, Доцент, Сергиенко Андрей Алексеевич; ктн, Доцент, Курочка Александр Сергеевич

Рабочая программа

Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.03.01-БНМТ-23.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра технологии материалов электроники

Протокол от 18.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения Костишин В. Г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель освоения дисциплины – формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также получение студентами теоретических фундаментальных знаний по физике взаимодействия ускоренных частиц и излучений с твёрдым телом и атомно-молекулярным процессам кристаллизации. Наука поможет решить ряд инженерных задач, стоящих перед выпускниками в их трудовой деятельности
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Инженерная математика	
2.1.2	Конструкционные материалы и их технологии	
2.1.3	Материаловедение магнитной электроники и микросистемной техники	
2.1.4	Оборудование микро- и нанотехнологий	
2.1.5	Оборудование производства магнитных материалов	
2.1.6	Оформление результатов научной деятельности	
2.1.7	Технология материалов нанoeлектроники и микросистемной техники	
2.1.8	Физические основы микро- и наносистемной техники	
2.1.9	Функциональные материалы и их технологии	
2.1.10	Материаловедение наноструктурированных материалов	
2.1.11	Материалы и элементы микро- и наносенсорики	
2.1.12	Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем	
2.1.13	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.14	Физика диэлектриков	
2.1.15	Физика конденсированного состояния	
2.1.16	Физика магнитных явлений	
2.1.17	Физика полупроводников и основы твердотельной электроники	
2.1.18	Безопасность жизнедеятельности	
2.1.19	Метрология, стандартизация и технические измерения технологии материалов электроники	
2.1.20	Общее материаловедение	
2.1.21	Статистическая физика	
2.1.22	Физические свойства кристаллов	
2.1.23	Электроника	
2.1.24	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.25	Методы математической физики	
2.1.26	Основы квантовой механики	
2.1.27	Практическая кристаллография	
2.1.28	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.29	Физика	
2.1.30	Физическая химия	
2.1.31	Электротехника	
2.1.32	Математика	
2.1.33	Органическая химия	
2.1.34	Информатика	
2.1.35	Химия	
2.1.36	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения

Знать:

УК-2-31 Направления совершенствования технологии тонкоплёночных материалов электронной техники
УК-2-32 Физические основы взаимодействия ускоренных ионов и электронов с твёрдым телом
ПК-6: Способен выявлять перспективные направления исследований в области физики, химии и технологии магнитных материалов, полупроводников, диэлектриков, металлов и сплавов, метаматериалов и радиокерамики для совершенствования устройств и систем микро- и наносистемной техники
Знать:
ПК-6-31 Основные физико-технологические условия применения ионных и электронных пучков для изменения свойств материалов
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач
Знать:
УК-1-31 Методики и приемы научного исследования
УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения
Уметь:
УК-2-У2 Обосновывать целесообразность применения закономерностей взаимодействия атомных, молекулярных, ионных и электронных потоков частиц с веществом для получения и обработки материалов электронной техники с заданными свойствами
УК-2-У1 Анализировать эффекты взаимодействия потоков частиц и излучений с твёрдым телом
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач
Уметь:
УК-1-У1 Использовать контрольно-измерительное оборудование для контроля режимов технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники
Владеть:
УК-1-В1 Методами измерений геометрических и электрофизических параметров микро- и наноразмерных плёночных структур, полученных при использовании нетермически активируемых процессов

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Основные направления развития микро- и нанoeлектроники							
1.1	Направления совершенствования микротехнологии тонкоплёночных материалов электронной техники. Критерии прогрессивности микро- и нанотехнологии. Субмикронная технология, субмикронные элементы и нанoeлектроника /Лек/	8	3	УК-1-31 УК-2-31 УК-2-32 ПК-6-31	Л1.2Л2.7 Л2.9			
1.2	Подготовка к проведению и защите практических и лабораторных работ /Ср/	8	78	УК-1-31 УК-1-У1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10		КМ2,КМ3,КМ5,КМ4,КМ6,КМ7,КМ8	
	Раздел 2. Физические основы взаимодействия ускоренных ионов с твёрдым телом							

2.1	Энергетика взаимодействия ионов с веществом. Ионное распыление однокомпонентных материалов. Ионное распыление многокомпонентных материалов. Внедрение ионов в материалы. Возникновение первичных и вторичных структурных дефектов при ионной бомбардировке поверхности твёрдого тела. Ионное активирование процессов адсорбции и десорбции атомов молекул /Лек/	8	3	УК-1-31 УК-2-31 ПК-6-31	Л1.2Л2.7 Л2.9			
2.2	Расчёт потерь энергии ускоренными ионами при столкновении с атомами твёрдого тела /Пр/	8	4	УК-1-У1 УК-2-У1 УК-2-У2	Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6		КМ2	Р1
2.3	Расчёт параметров ионного распыления материалов /Пр/	8	5	УК-1-У1 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2	Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6		КМ3	Р2
2.4	Расчёт параметров дефектообразования при ионной бомбардировке твёрдого тела /Пр/	8	4	УК-1-31 УК-2-У1 УК-2-У2	Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6		КМ4	Р3
2.5	Расчёт параметров дефектообразования при ионной бомбардировке твёрдого тела /Лаб/	8	3	УК-1-31 УК-1-В1 УК-2-32 УК-2-У1	Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6		КМ5	Р4
	Раздел 3. Физические основы взаимодействия электронов и излучений с веществом							
3.1	Энергетика взаимодействия ускоренных электронов с твёрдым телом. Электронное активирование поверхностных процессов фазообразования. Основы влияния электромагнитного излучения на протекание химических процессов /Лек/	8	3	УК-1-31 УК-2-32 ПК-6-31	Л1.2Л2.7 Л2.10			
3.2	Измерение характеристик и параметров вторичной электронной эмиссии /Лаб/	8	3	УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-32	Л1.2Л2.8 Л2.10		КМ6	Р5
	Раздел 4. Физико-химические основы атомно-молекулярных процессов формирования микро- и наноразмерных слоёв							

4.1	Атомная структура кристаллической поверхности. Начальные стадии формирования кристаллических микро- и наноразмерных слоёв. Кинетика роста микро- и наноразмерных слоёв. Основные дефекты роста кристаллических слоёв /Лек/	8	4	УК-1-31 УК-2-31 УК-2-32 ПК-6-31	Л1.2Л2.1 Л2.4 Л2.7			
4.2	Расчёт параметров поверхностной диффузии при формировании нанослоёв /Лаб/	8	3	УК-1-В1 УК-2-У1 УК-2-У2	Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4		КМ7	Р6
4.3	Расчёт скорости роста эпитаксиальных слоёв из молекулярных пучков /Лаб/	8	4	УК-1-В1 УК-2-У1 УК-2-У2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4		КМ8	Р7

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Вопросы к экзамену	УК-2-31;УК-2-32;УК-1-31;ПК-6-31	<p>Опишите процессы взаимодействия частиц и излучения с твердым телом.</p> <p>Назовите основные виды энергетических потерь при внедрении ионов и электронов в твердое тело.</p> <p>Опишите процессы распыления одно- и многокомпонентных систем.</p> <p>Опишите процессы активации адсорбции и десорбции под действием ионного пучка.</p> <p>Опишите процессы ионного легирования и эффект каналирования.</p> <p>Опишите процессы зародышеобразования и зарастания сплошного слоя.</p> <p>Какие методы расчета энергетических потерь, анализа состава и структурного совершенства Вы знаете?.</p> <p>Назовите критерии выбора оптимальных условий распыления мишеней для нанесения тонких пленок.</p> <p>Как распределяется концентрация легирующей примеси при ионной имплантации?</p>
КМ2	Контрольные вопросы для защиты практической работы №1	УК-2-У1;УК-2-У2;УК-1-У1	<p>Какие виды потерь энергии ионами при взаимодействии с поверхностью твердого тела?</p> <p>При каких энергиях ионов возникают упругие потери энергии?</p>
КМ3	Контрольные вопросы для защиты практической работы №2	УК-2-У1;УК-2-32;УК-2-У2;УК-1-У1	<p>При каких энергиях ионов начинается распыление атомов поверхности твердого тела?</p> <p>От чего зависит коэффициент распыления?</p>
КМ4	Контрольные вопросы для защиты практической работы №3	УК-2-У1;УК-2-У2;УК-1-31	<p>Какие дефекты в твердом теле Вы знаете?</p> <p>Какие дефекты возникают в приповерхностной области твердого тела при ионной бомбардировке?</p>
КМ5	Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы №1	УК-1-В1;УК-2-32;УК-2-У1;УК-1-31	<p>Приведите формулу для расчета количества дефектов в твердом теле при ионной бомбардировке.</p> <p>От каких параметров ионов зависит дефектообразование в твердом теле?</p>

КМ6	Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы №2	УК-1-В1;УК-1-У1;УК-2-32	Дайте определение вторичной электронной эмиссии? Какие виды вторичной электронной эмиссии Вы знаете? От чего зависит коэффициент вторичной электронной эмиссии?
КМ7	Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы №3	УК-2-У1;УК-2-У2;УК-1-В1	От каких параметров зависит скорость поверхностной диффузии атомов? Как влияет температура подложки на поверхностную диффузию?
КМ8	Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы №4	УК-1-В1;УК-2-У1;УК-2-У2	От каких параметров зависит скорость роста пленки? От чего зависит скорость потока молекул на поверхность?

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическая работа №1	УК-2-У1;УК-2-У2;УК-1-У1	Расчёт потерь энергии ускоренными ионами при столкновении с атомами твёрдого тела
P2	Практическая работа №2	УК-2-У1;УК-2-32;УК-2-У2;УК-1-У1	Расчёт параметров ионного распыления материалов
P3	Практическая работа №3	УК-2-У1;УК-2-У2;УК-1-31	Расчёт параметров дефектообразования при ионной бомбардировке твёрдого тела
P4	Лабораторная работа №1	УК-1-В1;УК-2-32;УК-2-У1;УК-1-31	Расчёт параметров дефектообразования при ионной бомбардировке твёрдого тела
P5	Лабораторная работа №2	УК-1-В1;УК-1-У1;УК-2-32	Измерение характеристик и параметров вторичной электронной эмиссии
P6	Лабораторная работа №3	УК-2-У1;УК-2-У2;УК-1-В1	Расчёт параметров поверхностной диффузии при формировании нанослоёв
P7	Лабораторная работа №4	УК-1-В1;УК-2-У1;УК-2-У2	Расчёт скорости роста эпитаксиальных слоёв из молекулярных пучков
P8	Темы курсовых работ	УК-2-31;УК-2-32;УК-1-31;УК-1-У1;УК-2-У2;УК-2-У1;ПК-6-31	Расчет потерь энергии ускоренными ионами в результате столкновений с атомами твердого тела Расчет ионного распыления материала мишени Расчет параметров ионного внедрения в материал мишени Расчет дефектообразования при ионной бомбардировке твердого тела в условиях упругих потерь энергии

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов и одной задачи. Задачи в билетах являются типовыми и подобные задачи обучающийся решает по ходу выполнения текущих работ дисциплины.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

«отлично» – студент отвечает на два вопроса и решает задачу, показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала;
«хорошо» – студент отвечает на один вопрос и решает задачу, показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, четко излагает материал;
«удовлетворительно» – студент отвечает на один вопрос или решает только задачу, показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов;
«неудовлетворительно» – студент не отвечает на оба вопроса и не решает задачу, допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Горелик С. С., Дашевский М. Я.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учебник для студ. вузов по напр. 'Материаловедение и технология новых материалов', 'Материаловедение, технологии материалов и покрытий'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2003
Л1.2	Крапухин В. В., Соколов И. А., Кузнецов Г. Д.	Технология материалов электронной техники: Теория процессов полупроводниковой технологии: Учебник для вузов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 1995
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и нанoeлектроники	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007
Л2.2	Крапухин В. В., Кожитов Л. В.	Технология эпитаксиальных гетерокомпозиций: Лаб. практикум для студ. спец. 200102	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1998
Л2.3	Крапухин В. В., Кожитов Л. В., Полистанский Ю. Г., др., Крапухин В. В.	Технология многослойных структур для микроэлектроники: лаб. практикум для студ. спец. 0643 -'Технология спец. материалов электронной техники' специализация 'Материалы для микроэлектроники'	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1987
Л2.4	Кожитов Л. В., Крапухин В. В., Улыбин В. А.	Технология эпитаксиальных слоев и гетерокомпозиций: Учебно-метод. пособие для студ. спец. 200100	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001
Л2.5	Кузнецов Г. Д.	Расчеты параметров взаимодействия ускоренных ионов с твердым телом: учеб. -метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005
Л2.6	Кузнецов Г. Д.	Технология материалов электронной техники. Атомно-молекулярные процессы кристаллизации: учебно-метод. пособие для студ. вузов напр. Физ. материаловедение и спец. Наноматериалы	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2006
Л2.7	Кузнецов Г. Д., Кушхов А. Р.	Ионно-плазменная обработка материалов: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л2.8	Кузнецов Г. Д., Сергиенко А. А., Симакин С. Б., др.	Эпионная технология в микро- и наноиндустрии. Неразрушающие методы контроля процессов осаждения и травления наноразмерных пленочных гетерокомпозиций: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.9	Кузнецов Г. Д., Кушхов А. Р., Сергиенко А. А., Харламов Н. А.	Элионная технология в микро- и наноиндустрии. Ускоренные ионы: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
Л2.10	Кузнецов Г. Д., Кушхов А. Р.	Физика взаимодействия ускоренных ионов, электронов и атомов с веществом. Ускоренные электроны: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
-----	--------------------------

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-433	Лаборатория	установки для напыления пленок УВН (4 шт.), вакуумный пост ВУП-5, установка для травления Плазма 600, микроинтерферометр МИИ-4, набор демонстрационного оборудования, в том числе: мультимедийный проектор, экран проекционный, комплект учебной мебели на 20 посадочных мест
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе. Расчетно-графические работы выполняются с помощью компьютерных программ.