

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 13.09.2023 12:49:37

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)

Элионная технология в микро- и наноиндустрии

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

34

курсовая работа 3

самостоятельная работа

56

часов на контроль

54

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	56	56	56	56
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

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

Рабочая программа

Элионная технология в микро- и наноиндустрии

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.04.01-МНТМ-23-1.plx Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, 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 изучение студентами закономерностей изменения параметров тонкопленочных гетерокомпозиций материалов электронной техники при воздействии электронных, ионных потоков и низкотемпературной плазмы для микро- и наноразмерных устройств с улучшенными характеристиками
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.01
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Высоковакуумное оборудование в технологии нано- и микросистем	
2.1.2	Компьютерные технологии в научных исследованиях	
2.1.3	Магнитные материалы для микро- и наносистем	
2.1.4	Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники	
2.1.5	Методы исследования материалов	
2.1.6	Метрология, стандартизация и сертификация наноструктур	
2.1.7	Микропроцессорные и микроконтроллерные системы. Часть 2	
2.1.8	Научно-исследовательская практика	
2.1.9	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 2	
2.1.10	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.11	История и методология науки и техники в области электроники	
2.1.12	Методы математического моделирования	
2.1.13	Микро- и наносистемы в технике и технологии	
2.1.14	Микропроцессорные и микроконтроллерные системы. Часть 1	
2.1.15	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
2.1.16	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 1	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Преддипломная практика	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство	
Знать:	
ПК-1-33 Базовые технологические процессы и маршруты нанoeлектроники.	
ПК-1-32 Способы применения ионных, электронных и плазмохимических процессов в технологии многокомпонентных тонкопленочных гетерокомпозиций, а также различные методы литографий для получения изделий в области микро- и нанoeлектроники.	
ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций	
Знать:	
ПК-2-32 Базовые технологические процессы нанoeлектроники	
ПК-2-31 Технический английский язык	
ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях	
Знать:	
ОПК-1-31 Возможности эллионной технологии	
ПК-4: Способность формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники	
Знать:	

ПК-4-31 Тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники
ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Знать:
ПК-1-31 Технический английский язык
ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях
Знать:
ОПК-1-32 Результаты современных научных исследований в области физики ионно-плазменных явлений, материаловедения и технологии синтеза полупроводниковых гетерокомпозиций в электронике и нанoeлектронике
ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций
Уметь:
ПК-2-У1 Измерять электрофизические параметры технологических процессов
ПК-2-У5 Разрабатывать элементную базу изделия (операционные, маршрутные и контрольные карты)
ПК-2-У4 Разрабатывать операционные карты
ПК-2-У3 Разрабатывать технологические рецепты для технологического оборудования
ПК-2-У2 Работать на технологическом оборудовании (выполнять все действия, которые делает оператор)
ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Уметь:
ПК-1-У3 Проводить анализ и определять причины отклонения параметров
ПК-1-У2 Измерять электрофизические параметры формируемых слоев и изделий
ПК-1-У1 Использовать установленные закономерности изменения свойств тонкопленочных материалов при ионном, электронном и плазменном воздействии для обоснования режимов получения микро- и наноразмерных устройств
ПК-1-У6 Планировать и проводить технологические эксперименты
ПК-1-У5 Оптимизировать параметры технологических процессов
ПК-1-У4 Производить расчеты режимов технологических операций
ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций
Владеть:
ПК-2-В3 Корректировка технологических режимов по результатам тестирования (при необходимости)
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий
Владеть:
УК-1-В1 Методами синтеза полупроводниковых гетерокомпозиций
ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций
Владеть:
ПК-2-В1 Расчет режимов выполнения технологической операции
ПК-2-В2 Тестирование экспериментального образца изделия

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. Ионно-плазменное травление материалов							

1.1	Характеристики и особенности плазмохимических методов травления материалов /Лек/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-4-31 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1Л2.1 Л2.5 Л2.6			
1.2	Сравнительная оценка параметров элементов тонкопленочной гетерокомпозиции при разных способах ионно-плазменного травления /Пр/	3	3	ПК-1-У1 ПК-1-У6	Л1.1Л2.2 Л2.4 Л2.7 Л2.8		КМ2	Р1
1.3	Подготовка к практическим занятиям и защите практических работ /Ср/	3	56	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9			
Раздел 2. Ионно-плазменное осаждение слоев								
2.1	Особенности плазмохимического осаждения пленок и электроискровое нанесение слоев /Лек/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-4-31 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1Л2.1 Л2.5 Л2.6			
2.2	Расчет скорости ионно-плазменного осаждения слоев /Пр/	3	3	УК-1-В1 ПК-2-В1 ПК-1-У1 ПК-1-У4 ПК-1-У5 ПК-1-У6	Л1.1Л2.2 Л2.4 Л2.7 Л2.8		КМ3	Р2
Раздел 3. Применение ионной имплантации								
3.1	Применение и особенности имплантации примеси в многослойные гетерокомпозиции /Лек/	3	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-4-31 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1Л2.1 Л2.5 Л2.6			
3.2	Расчет профиля распределения имплантированной примеси в многослойные гетерокомпозиции /Пр/	3	3	ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-У4 ПК-2-У5 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-2-В3 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-У4 ПК-1-У5	Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.7 Л2.8		КМ4	Р3
3.3	Расчет профиля распределения имплантированной примеси с учетом распыления мишени /Пр/	3	3	УК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У4 ПК-1-У5	Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.7 Л2.8		КМ5	Р4
Раздел 4. Литографические методы в микро- и наноэлектронике								
4.1	Методы и особенности литографии в микро- и наноэлектронике /Лек/	3	5	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-4-31 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1Л2.1 Л2.5 Л2.6			

4.2	Расчет предельного разрешения рисунка при ионной и электронной литографии /Пр/	3	3	ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-У4 ПК-2-У5 ПК-2-В1 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-У3 ПК-1-У5 ПК-1-У6	Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.7 Л2.8 Л2.9		КМ6	Р5
4.3	Сравнительный анализ возможностей и ограничений литографических методов /Пр/	3	2	ОПК-1-31 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-У4 ПК-2-У5 ПК-2-В3 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-У3 ПК-1-У5 ПК-1-У6	Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.7 Л2.8 Л2.9		КМ7	Р6

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 зачету с оценкой	ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-4-31;ОПК-1-31;ОПК-1-32	<p>Какие Вы знаете способы ионно-плазменного травления материалов?</p> <p>Приведите классификацию процессов вакуум-плазменного травления материалов.</p> <p>Какие особенности ионно-плазменного травления полупроводниковых соединений?</p> <p>Опишите профили гетероструктур при изотропном и анизотропном травлении.</p> <p>Какие способы переноса контура изображения для создания интегральных схем Вы знаете?</p> <p>Опишите и охарактеризуйте процесс ионно-лучевого травления пленочных гетерокомпозиций.</p> <p>Что такое селективность и анизотропия травления?</p> <p>Опишите и охарактеризуйте процесс реактивного ионно-плазменного травления.</p> <p>Какие принципы выбора реактивного газа для ионно-плазменного травления?</p> <p>Опишите и охарактеризуйте процесс плазменного травления материалов.</p> <p>Опишите и охарактеризуйте процесс радикального травления материалов.</p> <p>Какая кинетика процесса плазменного травления?</p> <p>Опишите и охарактеризуйте процесс радиационно-стимулированного травления материалов.</p> <p>Что такое электронно-стимулированное травление?</p> <p>Какие Вы знаете процессы ионно-плазменного осаждения тонких пленок?</p> <p>Опишите и охарактеризуйте процесс стимулированного плазмой осаждения тонких слоев диоксида кремния.</p> <p>Опишите и охарактеризуйте процесс плазмохимического осаждения пленок нитрида кремния.</p> <p>Опишите и охарактеризуйте процесс ионно-стимулированного напыления тонких пленок.</p> <p>Расскажите о зарядовых явлениях в диэлектрических пленках при ионно-плазменной обработке.</p> <p>Каков механизм электроискрового нанесения слоев?</p> <p>Какие особенности структуры и свойств слоев, полученных электроискровым способом?</p> <p>Каков механизм электрической активации внедренных ионов?</p> <p>Какие принципы работы ионных источников с горячим и холодным катодом?</p> <p>Расскажите о применении ионного легирования в планарной технологии.</p> <p>Расскажите о применении ионного легирования при изготовлении самосовмещенных полупроводниковых приборов.</p> <p>Какие особенности ионной имплантации в многослойные гетерокомпозиции?</p> <p>Какие принципы работы установок для ионной имплантации?</p> <p>Какие виды источников ионов для ионного легирования Вы знаете?</p> <p>Возможности и ограничения оптической литографии.</p> <p>Опишите и охарактеризуйте процесс голографической литографии.</p> <p>Опишите и охарактеризуйте процесс рентгеновской литографии.</p> <p>Опишите и охарактеризуйте процесс ионно-лучевой литографии.</p> <p>Опишите и охарактеризуйте процесс электронно-лучевой литографии.</p> <p>Основные ограничения использования литографических методов при создании микро- и наноразмерных устройств.</p>
КМ2	Контрольные вопросы для защиты практической работы №1	ПК-1-У1;ПК-1-У6	<p>Какие способы ионно-плазменного травления Вы знаете?</p> <p>Приведите основные параметры процесса ионно-плазменного травления.</p>
КМ3	Контрольные вопросы для защиты практической работы №2	УК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-У4;ПК-1-У6;ПК-1-У5;ПК-2-В1	<p>От каких параметров зависит скорость ионно-плазменного осаждения слоев?</p> <p>Существующие ограничения метода ионно-плазменного осаждения.</p>

КМ4	Контрольные вопросы для защиты практической работы №3	ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-У4;ПК-1-У5;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-У4;ПК-2-У5;ПК-2-В1;ПК-2-В2;ПК-2-В3	При каких энергиях ионов проводится ионная имплантация? Дайте определения термину проецированный пробег ионов?
КМ5	Контрольные вопросы для защиты практической работы №4	УК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У4;ПК-1-У5;ПК-2-У1;ПК-2-У2	Приведите формулы для расчета пробега ионов, проецированного пробега, максимальной концентрации атомов. От каких величин зависит коэффициент распыления?
КМ6	Контрольные вопросы для защиты практической работы №5	ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-У3;ПК-1-У5;ПК-1-У6;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-У4;ПК-2-У5;ПК-2-В1	Приведите формулы для расчета предельного разрешения при ионной и электронной литографии. Опишите и охарактеризуйте процесс ионно-лучевой литографии. Опишите и охарактеризуйте процесс электронно-лучевой литографии.
КМ7	Контрольные вопросы для защиты практической работы №6	ОПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-У3;ПК-1-У5;ПК-1-У6;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-У4;ПК-2-У5;ПК-2-В3	Основные ограничения использования литографических методов при создании микро- и наноразмерных устройств. Какие методы литографии Вы знаете?

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	ПК-1-У1;ПК-1-У6	Сравнительная оценка параметров элементов тонкопленочной гетерокомпозиции при разных способах ионно-плазменного травления
P2	Практическая работа №2	УК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-У4;ПК-1-У5;ПК-1-У6;ПК-2-В1	Расчет скорости ионно-плазменного осаждения слоев
P3	Практическая работа №3	ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-У4;ПК-1-У5;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-У4;ПК-2-У5;ПК-2-В1;ПК-2-В3	Расчет профиля распределения имплантированной примеси в многослойные гетерокомпозиции
P4	Практическая работа №4	УК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У4;ПК-1-У5;ПК-2-У1;ПК-2-У2	Расчет профиля распределения имплантированной примеси с учетом распыления мишени
P5	Практическая работа №5	ПК-1-32;ПК-2-31;ПК-1-У1;ПК-1-У3;ПК-1-У5;ПК-1-У6;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-У4;ПК-2-У5;ПК-2-В1	Расчет предельного разрешения рисунка при ионной и электронной литографии
P6	Практическая работа №6	ОПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-У3;ПК-1-У5;ПК-1-У6;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-У5;ПК-2-В3	Сравнительный анализ возможностей и ограничений литографических методов

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
Л1.1	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	Крапухин В. В., Соколов И. А., Кузнецов Г. Д.	Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов: Учебник для студ. вузов по спец. 'Технология спец. материалов электронной техники'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982
Л2.2	Крапухин В. В., Ершова С. А., Тимошин А. С., др., Кузнецов Г. Д.	Технология многослойных структур для микроэлектроники. Разд.: Элионная технология в микроэлектронике: лаб. практикум для студ. спец. 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
Л2.3	Кузнецов Г. Д.	Расчеты параметров взаимодействия ускоренных ионов с твердым телом: учеб.-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005
Л2.4	Кузнецов Г. Д., Курочка С. П., Кушхов А. Р., др.	Процессы микро- и нанотехнологии. Ионно-плазменные процессы: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2007
Л2.5	Кузнецов Г. Д., Кушхов А. Р.	Ионно-плазменная обработка материалов: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л2.6	Кузнецов Г. Д., Кушхов А. Р., Билалов Б. А.	Элионная технология в микро- и nanoиндустрии: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л2.7	Кузнецов Г. Д., Сергиенко А. А., Симакин С. Б., др.	Элионная технология в микро- и nanoиндустрии. 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
Л2.8	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
Л2.9	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
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, ПК с 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, ПК с 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, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации. Расчетно-графические работы выполняются с помощью компьютерных программ