

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 21.09.2023 14:50:48

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

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Технологии микро- и нанoeлектроники

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

самостоятельная работа

74

часов на контроль

36

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 | 74 | 74 | 74 | 74 |
| Часы на контроль | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 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 11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.04.04-МЭН-23-3.plx Технологии микро- и нанoeлектроники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, Технологии микро- и нанoeлектроники, 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 | Компьютерные технологии в научных исследованиях | |
| 2.1.2 | Методы исследования материалов | |
| 2.1.3 | Метрология, стандартизация и сертификация наноструктур | |
| 2.1.4 | Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии | |
| 2.1.5 | Научно-исследовательская практика | |
| 2.1.6 | Неразрушающие методы контроля процессов формирования гетерокомпозиций | |
| 2.1.7 | Радиационно-технологические процессы в электронике | |
| 2.1.8 | Термодинамика и микротехнология многокомпонентных гетероструктур | |
| 2.1.9 | Технологии получения материалов | |
| 2.1.10 | Электроника органических полупроводников (материалы, технологии, приборы) | |
| 2.1.11 | Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники | |
| 2.1.12 | История и методология науки и техники в области электроники | |
| 2.1.13 | Конструирование светоизлучающих устройств | |
| 2.1.14 | Конструирование фотопреобразователей | |
| 2.1.15 | Методы математического моделирования | |
| 2.1.16 | Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур | |
| 2.1.17 | Физика квантоворазмерных полупроводниковых гетерокомпозиций | |
| 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 наноэлектроники. | |
| 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 микроиндустрии. | |
| ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций | |
| Знать: | |
| ПК-2-32 Базовые технологические процессы наноэлектроники | |
| ПК-2-31 Технический английский язык | |
| ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях | |
| Знать: | |
| ОПК-1-31 Возможности эллионной технологии | |
| ПК-4: Способность выявлять и реализовывать перспективные направления исследований в области физики, химии, микро- и нанотехнологий гетерокомпозиций полупроводниковых и диэлектрических материалов с целью получения недеградирующих микро- и наноструктур с контролируруемыми свойствами и требуемыми эксплуатационными параметрами | |
| 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 представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие 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-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-4-31 | 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 | 74 | ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-2-31 ПК-2-32 | 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-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-4-31 | Л1.1Л2.1 Л2.5 Л2.6 | | | |
| 2.2 | Расчет скорости ионно-плазменного осаждения слоев /Пр/ | 3 | 3 | УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-У4 ПК-1-У5 ПК-1-У6 ПК-2-В1 | 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-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-4-31 | Л1.1Л2.1 Л2.5 Л2.6 | | | |
| 3.2 | Расчет профиля распределения имплантированной примеси в многослойные гетерокомпозиции /Пр/ | 3 | 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 | 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-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У4 ПК-1-У5 ПК-2-У1 ПК-2-У2 | 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-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-4-31 | Л1.1Л2.1 Л2.5 Л2.6 | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|--|---|---|--|-----------------------------------|--|-----|----|
| 4.2 | Расчет предельного разрешения рисунка при ионной и электронной литографии /Пр/ | 3 | 3 | 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 | 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-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 | 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 экзамену | ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-2-32;ПК-2-31;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-У4;ПК-2-У5;ПК-2-В3;ПК-2-У3 | 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-У4;ПК-1-У5;ПК-1-У3;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