

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 21.09.2023 17:35:30

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)

Материаловедение наноструктурированных материалов

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 6

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 6 (3.2) | | Итого | |
|---|----------------|-----|-------|-----|
| | 18 | | | |
| Неделя | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Лабораторные | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Итого ауд. | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Контактная работа | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Сам. работа | 74 | 74 | 74 | 74 |
| Итого | 108 | 108 | 108 | 108 |

Программу составил(и):

дтн, профессор, Козлов Владимир Валентинович

Рабочая программа

Материаловедение наноструктурированных материалов

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 Владимир Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

| | |
|-----|--|
| 1.1 | Цель – научить понятиям, особенностям закономерностей наноструктурированных материалов, состоящих из структурных элементов (частиц, кристаллитов, волокон, слоев) с характерными размерами от нескольких нанометров до несколько десятков нанометров, причем дальний порядок в структурных элементах сильно нарушен, и роль многочисленных корреляций в расположении атомов в этих элементах берет на себя ближний порядок, а какие-либо макроскопические свойства материала определяются размерами и/или взаимным расположением структурных элементов; взаимозависимости физических и химических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии на основе современной теории твердого тела с использованием необходимых сведений квантовой механики (структура; квантово-размерный эффект; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства). |
|-----|--|

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

| Блок ОП: | | Б1.В |
|------------|---|------|
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: | |
| 2.1.1 | Безопасность жизнедеятельности | |
| 2.1.2 | Метрология, стандартизация и технические измерения технологии материалов электроники | |
| 2.1.3 | Общее материаловедение | |
| 2.1.4 | Статистическая физика | |
| 2.1.5 | Физические свойства кристаллов | |
| 2.1.6 | Электроника | |
| 2.1.7 | Математическая статистика и анализ данных | |
| 2.1.8 | Методы математической физики | |
| 2.1.9 | Основы квантовой механики | |
| 2.1.10 | Практическая кристаллография | |
| 2.1.11 | Физика | |
| 2.1.12 | Физическая химия | |
| 2.1.13 | Электротехника | |
| 2.1.14 | Математика | |
| 2.1.15 | Органическая химия | |
| 2.1.16 | Информатика | |
| 2.1.17 | Химия | |
| 2.1.18 | Инженерная и компьютерная графика | |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: | |
| 2.2.1 | Инженерная математика | |
| 2.2.2 | Конструкционные материалы и их технологии | |
| 2.2.3 | Материаловедение магнитной электроники и микросистемной техники | |
| 2.2.4 | Оборудование микро- и нанотехнологий | |
| 2.2.5 | Оборудование производства магнитных материалов | |
| 2.2.6 | Физические основы микро- и наносистемной техники | |
| 2.2.7 | Функциональные материалы и их технологии | |
| 2.2.8 | Ионно-плазменная обработка материалов | |
| 2.2.9 | Магнитные измерения | |
| 2.2.10 | Моделирование и проектирование микро- и наносистем | |
| 2.2.11 | Основы спинтроники | |
| 2.2.12 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.13 | Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики | |
| 2.2.14 | Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом | |
| 2.2.15 | Химия наноматериалов и наносистем | |

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 особенности закономерностей физических и химических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии |
| ОПК-3: Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные |
| Знать: |
| ОПК-3-31 основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства) |
| ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования |
| Знать: |
| ОПК-1-31 теорию твердого тела с использованием квантовой механики для описания вещества в нанокристаллическом состоянии |
| 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 физико-химическую теорию кристаллизации, кинетические закономерности, математический аппарат термодинамики, тепло- и массопереноса, теории подобия и фазовых равновесий для расчетов процессов синтеза наноматериалов |
| ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструктивных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники |
| Знать: |
| ПК-3-31 зависимости физических и химических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии; расчет параметров стадий синтеза наночастиц (квазиравновесная, диффузионная, кинетическая) |
| ОПК-3: Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные |
| Уметь: |
| ОПК-3-У1 определять свойства вещества в нанокристаллическом состоянии (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства) |
| ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструктивных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники |
| Уметь: |
| ПК-3-У1 Применять теорию самоорганизации для синтеза наноматериалов |
| ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования |
| Уметь: |
| ОПК-1-У1 устанавливать зависимости свойств вещества с учетом квантово-размерного эффекта в нанокристаллическом состоянии |
| 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-У1 рассчитывать параметры свойств на основе современной теории твердого тела с использованием необходимых зависимостей квантовой механики; рассчитывать и выбирать параметры процессов получения наноматериалов |
| 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 Выбрать и обосновать метод синтеза наноматериалов |
| Владеть: |
| УК-1-В1 опытом анализа и решения задач оптимизации параметра свойства вещества в нанокристаллическом состоянии |
| ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструктивных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники |
| Владеть: |

| |
|--|
| ПК-3-В1 разрабатывать технологические процессы с учетом квантово-размерного эффекта наноструктур |
| ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования |
| Владеть: |
| ОПК-1-В1 методом анализа литературы для поиска информации о различных свойствах вещества в нанокристаллическом состоянии и синтеза |
| 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 |
| Владеть: |
| УК-2-В1 решения теоретических и практических задач получения контролируемых свойств наноматериалов |
| ОПК-3: Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные |
| Владеть: |
| ОПК-3-В1 методиками выбора, обоснования и расчета параметра свойства вещества в нанокристаллическом состоянии |

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. Перспективные свойства веществ в нанокристаллическом состоянии. Особенности закономерностей и взаимозависимости физических свойств вещества в нанокристаллическом состоянии на основе современной теории твердого тела с использованием необходимых сведений квантовой механики (структура; квантово-размерный эффект; электрические, магнитные, магнитные, оптические, механические свойства) | | | | | | | |
| 1.1 | Материаловедение наноструктурированных материалов основа развития наноэлектроники. Основные методы синтеза наноструктурированных материалов. /Лек/ | 6 | 5 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 | Л1.4 Л1.1 Л1.7Л2.1Л3. 4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 | | КМ1 | Р1 |
| 1.2 | Синтез нанокompозита Ag/полиакрилонитрил при нагреве гетерогенной системы AgNO ₃ и полиакрилонитрила и исследование его свойств /Лаб/ | 6 | 5 | УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л3.4Л2.1Л3. 2 Э2 Э4 | | КМ2 | Р2 |
| 1.3 | Свойства наноматериалов (температура плавления, электрические свойства) /Ср/ | 6 | 20 | УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.2 Л1.1 Л1.5 Л1.6 Л3.4Л2.4Л3. 2 Э1 Э4 Э5 | | КМ2 | Р2 |

| | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|--|--|--|-----|----|
| | Раздел 2. Основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства); основы физико-химической теории зарождения наночастиц; кинетические закономерности для расчетов процессов синтеза наноматериалов | | | | | | | |
| 2.1 | Основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства); основы физико-химической теории зарождения наночастиц; кинетические закономерности для расчетов процессов синтеза наноматериалов /Лек/ | 6 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 | Л1.1 Л1.3 Л3.4Л2.1 Л2.3Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 | | КМ1 | Р1 |
| 2.2 | Синтез углеродного нанокристаллического материала с помощью ИК-нагрева полимеров /Лаб/ | 6 | 4 | УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.6 Л3.4Л2.2 Л2.5Л1.1 Э1 Э4 | | КМ2 | Р2 |
| 2.3 | Методы исследования свойств наноматериалов (УФ-спектроскопия, термогравиметрический анализ) /Ср/ | 6 | 18 | УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л1.1 Л1.7Л2.4 Л2.6Л2.1 Э2 Э5 | | КМ2 | Р2 |
| | Раздел 3. Диффузионные и кинетические процессы реакций синтеза наночастиц. Особенности процессов физических и химических методов синтеза наночастиц. | | | | | | | |
| 3.1 | Гетерогенные процессы синтеза наноструктур. Диффузионные и кинетические процессы реакций синтеза наночастиц. /Лек/ | 6 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 | Л1.2 Л1.1 Л3.4Л2.5 Л2.6Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 | | КМ1 | Р1 |
| 3.2 | Влияние квантово-размерного эффекта на свойства металлоуглеродного нанокompозита /Лаб/ | 6 | 4 | УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.5 Л3.4Л2.3Л1.1 Э1 Э2 | | КМ2 | Р2 |

| | | | | | | | | |
|-----|--|---|----|---|--|--|-----|----|
| 3.3 | Свойства наноструктур, синтезированных методом снизу-вверх /Ср/ | 6 | 18 | УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л1.7Л2.3 Л2.6Л2.1 Э3 Э4 Э5 | | КМ2 | Р2 |
| | Раздел 4. Кинетические закономерности для расчетов процессов синтеза наноматериалов; определение параметров стадий синтеза наночастиц (квазиравновесная, диффузионная, кинетическая). Современные методы контроля процессов синтеза наночастиц. | | | | | | | |
| 4.1 | Кинетические закономерности для расчетов процессов синтеза наноматериалов; определение параметров стадий синтеза наночастиц (квазиравновесная, диффузионная, кинетическая). Современные методы контроля процессов синтеза наночастиц. /Лек/ | 6 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 | Л1.2 Л1.1 Л1.7Л2.3 Л2.7Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 | | КМ1 | |
| 4.2 | Исследование кинетических параметров синтеза нанокмпозитов с помощью термогравиметрического анализа /Лаб/ | 6 | 4 | УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.2 Л1.1 Л1.7Л2.5Л3.2 Э1 Э2 | | КМ2 | Р1 |
| 4.3 | Современные методы исследования наноструктурированных материалов (электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, атомно-силовая микроскопия, ультрафиолетовая и видимая спектроскопия) /Ср/ | 6 | 18 | УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л1.1 Л1.7Л2.1 Л2.4 Л2.6Л3.4 Э3 Э4 Э5 | | | Р2 |

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 | Тест | ОПК-3-31;ОПК-1-31 | <p>Типы наноструктур. Свойства наноструктуры. Особенности реакционности изолированных наночастиц. Типы углеродных наноструктур. Два метода нанотехнологий Механизм самоорганизации на примере взаимодействия атомов. Свойства наночастиц. Зависимость доли поверхностных атомов наночастицы от ее размеров Аддитивные технологии Диапазон длин волн для видимого излучения. Зависимость энергии электромагнитного излучения от длины волны. Свойства хромофорной группы Гипсохромное и батохромное смещения Свойства полимера Электроотрицательность атома</p> |
| КМ2 | Коллоквиум | УК-2-31;УК-1-31;ПК-3-31 | <p>Гетерогенная система. Процесс растворения Золь-гель метод получения наноматериала Механизм синтеза металлоуглеродных нанокомпозитов под действием ИК-нагрева Квантово-размерный эффект Расчет массовой концентрации вещества в растворе Температурная зависимость проводимости для УНМ и нанокомпозита Me/C Спектроскопия ультрафиолетового и видимого излучения Интерпретация спектров поглощения для ультрафиолетового и видимого излучения Дифференциальная сканирующая спектроскопия Термогравиметрический анализ</p> |

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 | Лабораторная работа №1. Синтез нанокомпозита Ag/полиакрилонитрил при нагреве гетерогенной системы AgNO ₃ и полиакрилонитрила и исследование его свойств | ОПК-3-У1;ОПК-3-В1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1 | Методы синтеза нанокомпозитов. Квантово-размерный эффект. Стадии приготовления нанокомпозита Ag/полиакрилонитрил. Практическое использование нанокомпозита в электронике. |
| P2 | Лабораторная работа №2. Влияние квантово-размерного эффекта на свойства металлоуглеродного нанокомпозита | УК-2-У1;УК-2-В1;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1 | Квантово-размерный эффект нанокомпозита. Модифицирование свойств наноматериала с помощью квантово-размерного эффекта. Измерение электропроводности нанокомпозита от температуры синтеза. |

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

Экзамен не предусмотрен

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

Зачет проставляется при выполнении всех лабораторных и домашних работ.

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 | Филимонова Н. И., Кольцов Б. Б. | Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия: учебное пособие | Электронная библиотека | Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013 |
| Л1.2 | Илюшин В. А. | Физикохимия наноструктурированных материалов: учебное пособие | Электронная библиотека | Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013 |
| Л1.3 | Рудской А. И. | Наноструктурированные металлические материалы | Электронная библиотека | Санкт-Петербург: Наука, 2011 |
| Л1.4 | Трахтенберг Л. И., Мельников М. Я. | Металл/полупроводник содержащие нанокomпозиты: учебное пособие | Электронная библиотека | Москва: Техносфера, 2016 |
| Л1.5 | Дубровский В. Г., Цырлин Г. Э. | Полупроводниковые нитевидные нанокристаллы: рост, физические свойства и приложения: учебное пособие | Электронная библиотека | Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019 |
| Л1.6 | Столяров Р. А., Буракова И. В., Бураков А. Е. | Нанокристаллы функциональные материалы и покрытия: учебное электронное издание: учебное пособие | Электронная библиотека | Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018 |
| Л1.7 | Векилова Г. В., Иванов А. Н., Ягодкин Ю. Д. | Дифракционные и микроскопические методы и приборы для анализа наночастиц и наноматериалов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия' | Электронная библиотека | М.: [МИСиС], 2009 |

6.1.2. Дополнительная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--|---|------------------------|---|
| Л2.1 | Щука А. А., Сигов А. А. | Нанокристаллы: учебное пособие | Электронная библиотека | Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 |
| Л2.2 | Дьячков П. Н. | Электронные свойства и применение нанотрубок: монография | Электронная библиотека | Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 |
| Л2.3 | Раков Э. Г. | Неорганические наноматериалы | Электронная библиотека | Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 |
| Л2.4 | Домкин К. И. | Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение: монография | Электронная библиотека | Москва: Лаборатория знаний, 2017 |
| Л2.5 | Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н. | Технология материалов микро- и нанокристаллики | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2007 |
| Л2.6 | Валянский С. И., Наими Е. К., Капуткин Д. Е. | Современные методы исследования наноструктур. Метод оптической поверхностно-плазмонной микроскопии: учеб. пособие | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2011 |
| Л2.7 | | Нано- и микросистемная техника | Библиотека МИСиС | М.: Новые технологии, |

6.1.3. Методические разработки

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

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--|---|------------------------|---|
| ЛЗ.1 | Барыбин А. А., Бахтина В. А., Томилин В. И., Томилина Н. П. | Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур: учебное пособие | Электронная библиотека | Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011 |
| ЛЗ.2 | Фарус О. А., Якушева Г. И. | Физические и физико- химические методы анализа: лабораторный практикум: учебно-методическое пособие | Электронная библиотека | Москва, Берлин: Директ- Медиа, 2015 |
| ЛЗ.3 | Сигов А. С. | Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур: лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие | Электронная библиотека | Москва: Лаборатория знаний, 2017 |
| ЛЗ.4 | 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 |
| ЛЗ.5 | Иванова А. В., Крутогин Д. Г., Потапов Ю. В., Горелик С. С. | Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Разд.: Структур а и свойства полупроводников и металлов: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 0604,0629,0643 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1987 |

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| | | |
|----|----------------------------|---|
| Э1 | nano | https://nano.nature.com |
| Э2 | SpringerMaterials | https://materials.springer.com |
| Э3 | Royal Society of Chemistry | https://pubs.rsc.org/en/journals |
| Э4 | ScienceDirect | www.sciencedirect.com |
| Э5 | Scopus | www.scopus.com |

6.3 Перечень программного обеспечения

| | |
|-----|-----------------------------|
| П.1 | Win Pro 10 32-bit/64-bit |
| П.2 | ANSYS Academic Research CFD |
| П.3 | ИВТАН ТЕРМО |
| П.4 | Физическая химия |

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

| | |
|-----|--|
| И.1 | Nano (https://nano.nature.com) |
| И.2 | SpringerMaterials (https://materials.springer.com) |
| И.3 | Royal Society of Chemistry (https://pubs.rsc.org/en/journals) |
| И.4 | ScienceDirect (www.sciencedirect.com) |
| И.5 | Scopus (www.scopus.com) |

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 |
| Читальный зал электронных ресурсов | | комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus. |
| К-427 | Учебная аудитория | стационарные компьютеры 6 шт., 4 ноутбука, пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийный проектор, экран проекционный, комплект учебной мебели 25 посадочных мест |
| К-428 | Учебная аудитория | 4 лабораторные установки, установка для роста углеродных нанотрубок методом PECVD, печь ИК нагрева MPA-5000, в том числе: доска учебная, монитор, системный блок, комплект учебной мебели на 20 посадочных мест |

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Для изучения дисциплины рекомендуется изучать тему занятия до его проведения, используя литературу, указанную в разделе Содержание.