

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.09.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники

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

5 ЗЕТ

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:
экзамен 1

в том числе:

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

92

часов на контроль

54

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 1 (1.1) | | Итого | |
|---|---------|-----|-------|-----|
| | 18 | | | |
| Неделя | УП | РП | УП | РП |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП |
| Практические | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Итого ауд. | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Контактная работа | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Сам. работа | 92 | 92 | 92 | 92 |
| Часы на контроль | 54 | 54 | 54 | 54 |
| Итого | 180 | 180 | 180 | 180 |

Программу составил(и):

ассистент, Евстигнеева Светлана Алексеевна

Рабочая программа

Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники

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-22-3.plx Технологии микро- и нанoeлектроники, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, Технологии микро- и нанoeлектроники, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

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 освоения дисциплины - подготовка выпускников к научно-исследовательской деятельности при выполнении междисциплинарных проектов в профессиональной области, в том числе в интернациональном коллективе, в части касающейся наиболее актуальных проблем современной электроники и наноэлектроники. Данная дисциплина относится к дисциплинам базовой части общенаучного цикла. Она ориентирует выпускника на область профессиональной деятельности, связанной с изучением физических и технологических основ наноэлектроники, особенности переноса носителей заряда в низкоразмерных структурах, элементов и приборов наноэлектроники. Готовит к решению следующих задач профессиональной деятельности: получение материалов с набором новых свойств за счет проявления квантовомеханических эффектов, поиска новых направлений развития современной электроники и наноэлектроники. |
| 1.2 | |

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

| Блок ОП: | | Б1.О |
|------------|---|------|
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: | |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: | |
| 2.2.1 | Компьютерные технологии в научных исследованиях | |
| 2.2.2 | Метрология, стандартизация и сертификация наноструктур | |
| 2.2.3 | Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии | |
| 2.2.4 | Научно-исследовательская практика | |
| 2.2.5 | Неразрушающие методы контроля процессов формирования гетерокомпозиций | |
| 2.2.6 | Радиационно-технологические процессы в электронике | |
| 2.2.7 | Термодинамика и микротехнология многокомпонентных гетероструктур | |
| 2.2.8 | Электроника органических полупроводников (материалы, технологии, приборы) | |
| 2.2.9 | Высоковакуумное оборудование в наноэлектронике | |
| 2.2.10 | Приборы и устройства магнитоэлектроники | |
| 2.2.11 | Приборы и устройства на основе наносистем | |
| 2.2.12 | Проектирование и технология электронной компонентной базы | |
| 2.2.13 | Технология материалов экстремальной электроники | |
| 2.2.14 | Эпионная технология в микро- и наноиндустрии | |
| 2.2.15 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.16 | Преддипломная практика | |
| 2.2.17 | Основы предпринимательства | |

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

| |
|---|
| 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 Классификацию результатов научной деятельности |
| ОПК-1-31 Физические свойства электронных систем различной размерности, влияние понижения размерности на физические явления |
| ОПК-1-33 Способы получения новых знаний в профессиональной области |
| ОПК-1-35 Основы Законодательства РФ в области охраны интеллектуальной собственности |
| ОПК-1-34 Тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники |
| 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, выработать стратегию действий |
| Знать: |
| УК-1-31 Методы оценки эффективности внедрения результатов научной деятельности |

| |
|---|
| УК-1-32 Передовой отечественный и зарубежный научный опыт в профессиональной сфере деятельности |
| 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 |
| Уметь: |
| ОПК-1-У2 Осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследований |
| ОПК-1-У1 Предлагать перспективные области научных исследований в области физики, химии и нанотехнологий |
| 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 |
| Уметь: |
| УК-1-У1 Оценивать последствия и эффективность своей профессиональной деятельности |
| 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 |
| Владеть: |
| ОПК-1-В2 Навыком самостоятельного приобретения новых знаний, организации научно-производственной деятельности, постановки целей, планирования, самоконтроля и оценки результатов своей деятельности |
| ОПК-1-В1 Навыком самостоятельной работы с литературой для поиска информации об отдельных определениях, понятиях и терминах, объяснения их применения в практических ситуациях |
| 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-В2 Умением формулировать новые направления научных исследований и разработок в области магнитоэлектроники и спинтроники |
| УК-1-В1 Навыками анализа и обобщения тенденций развития мировой электронной промышленности |
| УК-1-В3 Решения теоретических и практических типовых и системных задач, связанных с профессиональной деятельностью |

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. Физические основы микро- и нанoeлектроники | | | | | | | |
| 1.1 | Введение. Классификация материалов электронной техники и их основные свойства /Пр/ | 1 | 4 | УК-1-32 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 | Л1.1 Л1.4 | Платформа LMS Canvas | КМ1 | |
| 1.2 | Введение. Классификация материалов электронной техники и их основные свойства /Ср/ | 1 | 2 | УК-1-В1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 | Л1.1 Л1.4 | Платформа LMS Canvas | | |
| 1.3 | Элементы зонной теории и транспортные явления в наноразмерных структурах. Основные положения квантовой механики, используемые в нанoeлектронике. /Пр/ | 1 | 2 | УК-1-32 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-34 | Л1.1 Л1.4Л2.1 | Платформа LMS Canvas | КМ1 | |

| | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|-----------------------------|-------------------------|--------------|--|
| 1.4 | Элементы зонной теории и транспортные явления в наноразмерных структурах. Основные положения квантовой механики, используемые в нанoeлектронике. /Ср/ | 1 | 1 | УК-1-В1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 | Л1.1 Л1.4Л2.1 | Платформа LMS Canvas | | |
| 1.5 | Роль поверхности в создании устройств микро- и нанoeлектроники /Пр/ | 1 | 2 | УК-1-32 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-34 | Л1.1 | Платформа LMS Canvas | КМ2 | |
| 1.6 | Роль поверхности в создании устройств микро- и нанoeлектроники /Ср/ | 1 | 1 | УК-1-В1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 | Л1.1 | Платформа LMS Canvas | | |
| 1.7 | Физические основы спинтроники /Пр/ | 1 | 2 | УК-1-32 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-34 | Л1.1 Э2 | Платформа LMS Canvas | КМ2 | |
| 1.8 | Физические основы спинтроники /Ср/ | 1 | 1 | УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 | Л1.1 Э2 | Платформа LMS Canvas | | |
| 1.9 | Подготовка к Контрольной работе №1 /Ср/ | 1 | 8 | УК-1-32 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-34 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 | Л1.1 Л1.1 Л1.4Л1.1 Э2 | Платформа LMS Canvas | | |
| | Раздел 2. Методы формирования микро- и нанoeлектронных структур | | | | | | | |
| 2.1 | Традиционные методы осаждения пленок и формирования многослойных структур /Пр/ | 1 | 4 | УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-32 ОПК-1-34 | Л1.1 Л1.2 | Платформа LMS Canvas | КМ4,К М12 | |
| 2.2 | Традиционные методы осаждения пленок и формирования многослойных структур /Ср/ | 1 | 4 | УК-1-В1 УК-1-В3 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 | Л1.1 Л1.2 Э1 | Платформа LMS Canvas | | |
| 2.3 | Формирование наноструктурированных материалов /Пр/ | 1 | 2 | УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-32 ОПК-1-34 | Л1.1 Л1.1 Л1.2 | Платформа LMS Canvas | КМ5 | |
| 2.4 | Формирование наноструктурированных материалов /Ср/ | 1 | 1 | УК-1-В1 УК-1-В3 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 | Л1.1 Л1.1 Л1.2 | Платформа LMS Canvas | | |
| 2.5 | Методы, основанные на использовании сканирующих зондов /Пр/ | 1 | 2 | УК-1-31 УК-1-32 ОПК-1-32 ОПК-1-34 | Л1.1Л1.1 | Платформа LMS Canvas | КМ6 | |
| 2.6 | Методы, основанные на использовании сканирующих зондов /Ср/ | 1 | 1 | УК-1-В1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 | Л1.1Л1.1 | Платформа LMS Canvas | | |
| 2.7 | Подготовка к Контрольной работе №2 /Ср/ | 1 | 8 | УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 | Л1.1 Л1.1 Л1.2Л1.1 | Платформа LMS Canvas | | |

| | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|---|--|----------------------|----------|--|
| 2.8 | Выполнение Индивидуального домашнего задания №1 /Ср/ | 1 | 18 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-32 ОПК-1-34 ОПК-1-35 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 | Л1.1 Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л1.1Л3.1 Э1 | Платформа LMS Canvas | | |
| | Раздел 3. Материалы, элементы и приборы нанoeлектроники | | | | | | | |
| 3.1 | Основные инструменты и методы наноструктурной метрологии /Пр/ | 1 | 4 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-34 ОПК-1-35 ОПК-1-У1 | Л1.1 | Платформа LMS Canvas | КМ8 | |
| 3.2 | Основные инструменты и методы наноструктурной метрологии. /Ср/ | 1 | 2 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-34 ОПК-1-35 ОПК-1-У1 | Л1.1 | Платформа LMS Canvas | | |
| 3.3 | Материалы экстремальной электроники /Пр/ | 1 | 4 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-34 ОПК-1-35 ОПК-1-У1 | Л1.3 | Платформа LMS Canvas | КМ9,КМ13 | |
| 3.4 | Материалы экстремальной электроники /Ср/ | 1 | 3 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-34 ОПК-1-35 ОПК-1-У1 | Л1.3 | Платформа LMS Canvas | | |
| 3.5 | Квантовая инженерия /Пр/ | 1 | 4 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-34 ОПК-1-35 ОПК-1-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 | Платформа LMS Canvas | КМ10 | |
| 3.6 | Квантовая инженерия /Ср/ | 1 | 2 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-34 ОПК-1-35 ОПК-1-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 | Платформа LMS Canvas | | |
| 3.7 | Нанотранзисторные структуры на традиционных и новых материалах /Пр/ | 1 | 2 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-34 ОПК-1-35 ОПК-1-У1 | Л1.2 | Платформа LMS Canvas | КМ10 | |
| 3.8 | Нанотранзисторные структуры на традиционных и новых материалах /Ср/ | 1 | 1 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-34 ОПК-1-35 ОПК-1-У1 | Л1.2 | Платформа LMS Canvas | | |
| 3.9 | Материалы макро- и наномолекулярной электроники /Пр/ | 1 | 2 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-34 ОПК-1-35 ОПК-1-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 | Платформа LMS Canvas | | |

| | | | | | | | | |
|------|--|---|----|---|-----------------------------------|-------------------------|--|--|
| 3.10 | Материалы макро- и наномолекулярной электроники /Ср/ | 1 | 1 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-34 ОПК-1-35 ОПК-1-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 | Платформа LMS Canvas | | |
| 3.11 | Выполнение Индивидуального домашнего задания №2 /Ср/ | 1 | 18 | УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 | Л1.1 Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 | Платформа LMS Canvas | | |
| 3.12 | Подготовка к экзамену /Ср/ | 1 | 20 | УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-35 ОПК-1-У1 | Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 | Платформа LMS Canvas | | |

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№1 | ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-34;УК-1-32 | 1) В чем отличие конструкционных материалов от функциональных? 2) Какие материалы называют технологичными? 3) Что такое наноматериалы? 4) Классификация наноматериалов 5) Какие модели строения атома существуют? 6) Какие существуют материалы согласно классификации? 7) Размерный эффект 8) Как меняются свойства при уменьшении размеров материала? |
| КМ2 | Тест№2 | ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-34;УК-1-32 | 1) Принцип работы спинтроники 2) Методы детектирования степени поляризации спинового тока 3) Поверхностные явления 4) Поверхностные состояния 5) Типы поверхности полупроводников |
| КМ3 | Контрольная работа №1 | ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-34;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;УК-1-32;УК-1-В1 | 1) Фундаментальные и характеристические свойства материалов 2) Планетарная модель Резерфорда 3) Постулаты Бора 4) Изменение свойств материала при уменьшении его геометрических размеров 5) Зонная структура 6) Туннельный эффект |
| КМ4 | Составление карты методов формирования структур | ОПК-1-32;ОПК-1-34;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1;УК-1-В3 | Традиционные методы осаждения пленок и формирования многослойных структур |
| КМ5 | Составление классификации методов формирования наноразмерных структур | ОПК-1-32;ОПК-1-34;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1;УК-1-В3 | Методы формирования наноразмерных структур |
| КМ6 | Тест№3 | ОПК-1-32;ОПК-1-34;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1 | 1) Вакуумная электроника 2) Твердотельная электроника 3) Квантовая электроника 4) Методы формирования многослойных структур 5) Методы формирования наноразмерных структур 6) Зондовые методы исследования |

| | | | |
|------|--------------------------------|---|--|
| КМ7 | Контрольная работа №2 | ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;УК-1-31;УК-1-У1 | Технологическая задача по литографии |
| КМ8 | Тест№4 | ОПК-1-31;ОПК-1-34;ОПК-1-35;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1 | Основные инструменты и методы наноструктурной метрологии |
| КМ9 | Тест№5 | ОПК-1-31;ОПК-1-34;ОПК-1-35;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1 | Материалы экстремальной электроники |
| КМ10 | Тест№6 | ОПК-1-31;ОПК-1-34;ОПК-1-35;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1 | 1)Квантовая инженерия 2)нанотранзисторные структуры на традиционных и новых материалах |
| КМ11 | Тест№7 | ОПК-1-34;ОПК-1-33;ОПК-1-35;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1 | Основные требования к составлению реферата и презентации |
| КМ12 | Решение типовых задач. Часть 1 | ОПК-1-32;ОПК-1-34;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1;УК-1-В3 | Традиционные методы осаждения пленок и формирования многослойных структур: электроосаждение, эпитаксия, ионное облучение |
| КМ13 | Решение типовых задач. Часть 2 | ОПК-1-31;ОПК-1-34;ОПК-1-35;ОПК-1-У1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1 | Материалы экстремальной электроники |

| | | | |
|------|---------|---|--|
| KM14 | Экзамен | ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-33;ОПК-1-34;ОПК-1-У1;ОПК-1-35;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1;УК-1-В1;УК-1-В2 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные методы получения эпитаксиальных структур 2. Газофазная эпитаксия – преимущества (достижения) и проблемы 3. Проблемы применения магнетронного распыления при формировании эпитаксиальных структур 4. Основные методы формирования структур в микроэлектронике: эпитаксия, гальванизация, литография, самоформирующиеся структуры. Преимущества и недостатки 5. Основные проблемы субмикронной литографии, инструменты и пути развития литографии 6. Основные инструменты и методы наноструктурной метрологии. Сравнение преимуществ и ограничений АСМ, СТМ, МСМ, ЭСМ, БСОМ. 7. Проводниковые материалы в технологиях микроэлектроники. 8. Основные методы (и ограничения) получения совершенных объемных монокристаллов полупроводников 9. Дефекты кристаллической структуры в полупроводниках, их влияние на свойства п/п прибора 10. Достоинства и ограничения планарной технологии изготовления микросхем 11. Основные требования к материалу подложки в микроэлектронике. Виды материалов подложки, основные преимущества и недостатки. 12. Спинтроника- принципы, возможности и достижения 13. Материалы экстремальной электроники 14. Влияние радиации и экстремально низких/высоких температур на работу микроэлектроники. 15. Методы получения искусственных алмазов(крупных и нанокристаллических). Применение в электронике 16. Проблемы технологии монокристаллического кварца и других пьезоэлектриков 17. Технологии напряженного кремния и его влияние на качество приборов 18. Получение, свойства и возможные применения пористого кремния 19. Наноразмерные квантовые объекты- нити, точки и их особенности, применение в электронике 20. Опыт построения элементов нано- и микроэлектроники на основе наноразмерных структур 21. Материалы макро- и наномолекулярной электроники |
|------|---------|---|--|

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 | Индивидуальное домашнее задание №1 | ОПК-1-32;ОПК-1-34;ОПК-1-35;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1;УК-1-В1;УК-1-В2 | <p>"Эссе-рецензия" на выданную индивидуальную статью, которое пишется по заданной схеме:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Составление глоссария по индивидуальной статье 2) Составление аннотирования списка статей по теме выданного задания 3) Тезисный анализ статей по теме задания с оценкой актуальности предоставленного материала 4) Эссе-рецензия |

| | | | |
|----|------------------------------------|---|---|
| P2 | Индивидуальное домашнее задание №2 | ОПК-1-33;ОПК-1-34;ОПК-1-35;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-В1 | <p>Реферат на индивидуальную тему</p> <p>1)Написание реферата</p> <p>Перечень тем для реферата:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Методы, используемые для диагностики наноструктур 2.Формирование низкоразмерных структур с использованием молекулярно-лучевой эпитаксии 3.Формирование низкоразмерных структур с использованием химического осаждения из газовой фазы (МО CVD) 4.Факторы, определяющие тенденции микроминиатюризации ИМС.Технологические ограничения уменьшения размеров элементов ИМС 5.Ограничения уменьшения питающих напряжений в ИМС 6.Ограничения плотности тока в токоведущих дорожках, электромиграция 7.Теплофизические ограничения на рост степени интеграции 8.Формирование нанообъектов методом силовой АСМ-литографии. Требования к процессам литографии и травления при формировании наноструктур 9.Молекулярное и атомарное манипулирование в АСМ и СТМ 10.Формирование нанорельефа с использованием СТМ 11.Самоорганизованный рост массивов квантовых точек и их применение 12.Широкозонные полупроводниковые соединения и их применение в электронике 13.Пористый кремний: получение и применение 14.Фуллерены и их производные: возможности применения в изделиях электроники 15.Углеродные нанотрубки: получение, структура, свойства. Перспективы применения углеродных нанотрубок в электронных приборах 16.Графен: получение и перспективы применения в электронных приборах 17.Кремниевые нанотрубки: их свойства и применение 18.Высокотемпературные сверхпроводники и перспективы их использования в электронике 19.Материалы макро- и наномолекулярной электроники 20.Материалы и структуры экстремальной электроники <p>2)защита реферата (презентация)</p> |
|----|------------------------------------|---|---|

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

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов. Билеты хранятся на кафедре.

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

По дисциплине планируются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся:

- 1) тесты на платформе LMS Canvas;
- 2) подготовка и написание эссе-рецензии по индивидуальной статье;
- 3) подготовка и написание реферата на заданную тему;
- 4) подготовка доклада по теме реферата и выступление с ним на практическом занятии (защита реферата);
- 5) контроль посещаемости.

Конкретные формы текущего контроля и их периодичность определяются рабочим календарным учебным графиком изучения дисциплины, соотношенным с расписанием аудиторных занятий, и доводятся до сведения обучающихся. Каждое оценочное средство текущего контроля вносит вклад в накопленную оценку и используется в результирующей оценке по дисциплине.

Критерии оценки:

«отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу, реферат сдал в установленные сроки и выполнил все задания на платформе LMS Canvas.

«хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал, реферат сдал в установленные сроки или с небольшой задержкой и выполнил все задания на платформе LMS Canvas.

«удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, реферат сдал позже установленных сроков и выполнил задания на платформе LMS Canvas.

«неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы, не присутствовал более чем на 50% от общего количества занятий, реферат не сдал и не выполнил задания на платформе LMS Canvas.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|---------------------------|---|------------------------|---|
| Л1.1 | Шишкин Г. Г., Агеев И. М. | Нанoeлектроника: элементы, приборы, устройства: учебное пособие | Электронная библиотека | Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 |
| Л1.2 | Щука А. А., Сигов А. А. | Нанoeлектроника: учебное пособие | Электронная библиотека | Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 |
| Л1.3 | Зебрев Г. И. | Физические основы кремниевой нанoeлектроники: учебное пособие для вузов | Электронная библиотека | Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 |
| Л1.4 | Крутогин Д. Г. | Функциональные материалы электроники и их технологии: учеб. пособие | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2015 |

6.1.2. Дополнительная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--------------------------------|---|------------------------|--|
| Л2.1 | Драгунов В. П., Остертак Д. И. | Микро- и нанoeлектроника: учебное пособие | Электронная библиотека | Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012 |
| Л2.2 | Неволин В. К. | Зондовые нанотехнологии в электронике: монография | Электронная библиотека | Москва: Техносфера, 2014 |
| Л2.3 | Борисенко В. Е. | Нанoeлектроника: теория и практика: учебник | Электронная библиотека | Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 |

6.1.3. Методические разработки

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

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--|--|------------------|-------------------|
| ЛЗ.1 | Быкова М. Б., Гореева Ж. А., Козлова Н. С., Подгорный Д. А. | Выполнение и оформление выпускных квалификационных работ, научно-исследовательских работ, курсовых работ магистров и отчетов по практикам: метод. указания | Библиотека МИСиС | М.: [МИСиС], 2017 |

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| | | |
|----|--|---|
| Э1 | Васильев, В.Ю. Технология тонких пленок для микро- и нанoeлектроники : учебное пособие : [16+] / В.Ю. Васильев ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 107 с. : ил., табл. – Режим доступа: Открытый доступ по подписке для студентов НИТУ "МИСиС". – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575293 | http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575293 |
| Э2 | Аплеснин, С. С. Основы спинтроники : учебное пособие / С. С. Аплеснин. — 2-е изд. испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1060-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: Открытый доступ по подписке для студентов НИТУ "МИСиС". URL: https://e.lanbook.com/book/551 | https://e.lanbook.com/book/551 |

6.3 Перечень программного обеспечения

| | |
|-----|--------------------------|
| П.1 | ESET NOD32 Antivirus |
| П.2 | Win Pro 10 32-bit/64-bit |
| П.3 | Microsoft Office |
| П.4 | LMS Canvas |
| П.5 | MS Teams |

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

| | |
|-----|---|
| И.1 | ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (http://biblioclub.ru/) |
| И.2 | Электронно-библиотечная система Издательства Лань (https://e.lanbook.com/) |
| И.3 | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://elibrary.ru/) |
| И.4 | 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. |

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа обучающихся по освоению курса складывается из:

- проработки вопросов, вынесенных на практических занятиях;
- подготовка к прохождению промежуточного контроля;
- подготовки и написания реферата по одной из рекомендованных тем, указанных в разделе ФОС (Перечень работ, выполняемых по дисциплине), или по специальной проблематике;
- подготовки устного выступления (доклада) по теме реферата.

Дисциплина относится к наукам, требующим значительного объема систематической самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации.

Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация в рамках дисциплины проводятся с целью определения

степени освоения обучающимися образовательной программы. Текущий контроль знаний осуществляется путем письменных опросов на практических занятиях, проверки качества написанного реферата.

Подготовка к практическим занятиям:

Каждому обучающемуся необходимо начать подготовку с ознакомления с конспектом, который составляется им в течение практического занятия, на котором рассматриваются основные проблемы и вопросы дисциплины. Конспект отражает и демонстрирует способность обучающегося систематизировать материал, кратко изложенный, выделять главные моменты. Дополнительно ознакомившись с рекомендованной литературой, необходимо выполнять задания на платформе LMS Canvas.

Каждый магистрант делает в течение семестра доклад, подготовленный по выданной теме реферата. Доклад представляет собой устное сообщение, которое сопровождается презентацией, выполненной при помощи мультимедийных технологий. Основная цель доклада: дать материал к обсуждению в группе; выработать и закрепить собственные навыки устной повествовательной профессиональной речи. Распределение тем рефератов на весь семестр осуществляется на первых занятиях семестра. Докладчик несет ответственность за качество и сроки сдачи реферата и получает за него оценку.

Докладчик при подготовке своего выступления должен иметь в виду следующее:

- регламент устного доклада равен 10-15 минутам;
- текст доклада не читается, а рассказывается (за исключением цитирования, дачи определений, приведения цифровых данных);
- докладчик на протяжении своего выступления старается удержать внимание аудитории.

После завершения речи докладчика студенты и преподаватель задают ему вопросы. Работу докладчиков на практических занятиях оценивают в конце занятия (в обсуждении принимает участие вся учебная группа).

Реферат предоставляется в электронном виде. Целью написания реферата является более глубокое детальное изучение обучающимися отдельных тем каждого раздела дисциплины. В процессе написания реферата студент должен освоить навыки самостоятельного поиска и анализа информации, работы с научной литературой и электронными базами данных, научиться формулировать выводы. При подготовке реферата обучающийся должен использовать не менее 10 источников информации, в числе которых не менее 50% составляют научные статьи, или монографии, или учебные пособия. При выборе источников информации необходимо учитывать актуальность изучаемого материала, поэтому рекомендуется использовать литературные источники с датой публикации не старше 10 лет на момент составления реферата.

Структура реферата:

- Титульный лист;
- Содержание;
- Введение (актуальность выбранной темы, цели и задачи);
- Основная часть (раскрытие темы реферата);
- Вывод;
- Список использованных источников.

Текст реферата должен быть оформлен по ГОСТ 7.32-2001.