

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 16.11.2023 17:02:15

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)

# Технологические основы получения материалов макро-, микро- и наноэлектроники

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

00.06.00 Аспирантура

Профиль

Квалификация

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет 6

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

23

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | 6 (3.2)      |    | Итого |    |
|-------------------------------------------|--------------|----|-------|----|
|                                           | Неделя<br>20 |    |       |    |
| Вид занятий                               | УП           | РП | УП    | РП |
| Лекции                                    | 17           | 17 | 17    | 17 |
| Лабораторные                              | 34           |    | 34    |    |
| Практические                              | 34           | 17 | 34    | 17 |
| Итого ауд.                                | 85           | 34 | 85    | 34 |
| Контактная работа                         | 85           | 34 | 85    | 34 |
| Сам. работа                               | 23           | 38 | 23    | 38 |
| Итого                                     | 108          | 72 | 108   | 72 |

Программу составил(и):

*д.ф.-м.н., зав.каф., Костишин В.Г.*

Рабочая программа

### **Технологические основы получения материалов макро-, микро- и нанoeлектроники**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ от 17.03.2022 г. № 2-22)

Составлена на основании учебного плана:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Металловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, АСП-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Металловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра технологии материалов электроники**

Протокол от 21.06.2022 г., №11

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич, к.ф.-м.н., профессор

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

|     |                                                                                                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1 | Сформировать представление о технологиях и оборудовании, используемых в производстве полупроводниковых приборов. |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|            |                                                                                                                       |       |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Блок ОП:   |                                                                                                                       | 2.1.2 |
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>                                                          |       |
| 2.1.1      | Академическое письмо                                                                                                  |       |
| 2.1.2      | Иностранный язык                                                                                                      |       |
| 2.1.3      | История и философия науки                                                                                             |       |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |       |
| 2.2.1      | Аналитическая химия                                                                                                   |       |
| 2.2.2      | Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика                                 |       |
| 2.2.3      | Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика                                 |       |
| 2.2.4      | Геотехнология, горные машины                                                                                          |       |
| 2.2.5      | Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр                    |       |
| 2.2.6      | Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр                    |       |
| 2.2.7      | Литейное производство                                                                                                 |       |
| 2.2.8      | Материаловедение                                                                                                      |       |
| 2.2.9      | Материаловедение                                                                                                      |       |
| 2.2.10     | Материаловедение                                                                                                      |       |
| 2.2.11     | Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов                                                             |       |
| 2.2.12     | Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов                                                             |       |
| 2.2.13     | Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов                                                             |       |
| 2.2.14     | Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов                                                             |       |
| 2.2.15     | Металлургия черных, цветных и редких металлов                                                                         |       |
| 2.2.16     | Металлургия черных, цветных и редких металлов                                                                         |       |
| 2.2.17     | Металлургия черных, цветных и редких металлов                                                                         |       |
| 2.2.18     | Нанотехнологии и наноматериалы                                                                                        |       |
| 2.2.19     | Нанотехнологии и наноматериалы                                                                                        |       |
| 2.2.20     | Нанотехнологии и наноматериалы                                                                                        |       |
| 2.2.21     | Обогащение полезных ископаемых                                                                                        |       |
| 2.2.22     | Обработка металлов давлением                                                                                          |       |
| 2.2.23     | Порошковая металлургия и композиционные материалы                                                                     |       |
| 2.2.24     | Порошковая металлургия и композиционные материалы                                                                     |       |
| 2.2.25     | Теоретические основы проектирования горнотехнических систем                                                           |       |
| 2.2.26     | Технологии и машины обработки давлением                                                                               |       |
| 2.2.27     | Технологии и машины обработки давлением                                                                               |       |
| 2.2.28     | Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники                                  |       |
| 2.2.29     | Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники                                  |       |
| 2.2.30     | Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники                                  |       |
| 2.2.31     | Технология электрохимических процессов и защита от коррозии                                                           |       |
| 2.2.32     | Физика конденсированного состояния                                                                                    |       |
| 2.2.33     | Физика конденсированного состояния                                                                                    |       |
| 2.2.34     | Физика конденсированного состояния                                                                                    |       |
| 2.2.35     | Физика конденсированного состояния                                                                                    |       |
| 2.2.36     | Физика конденсированного состояния                                                                                    |       |
| 2.2.37     | Физика полупроводников                                                                                                |       |
| 2.2.38     | Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ                                                          |       |
| 2.2.39     | Электротехнические комплексы и системы                                                                                |       |
| 2.2.40     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук                                            |       |
| 2.2.41     | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук                                            |       |

|        |                                                                            |
|--------|----------------------------------------------------------------------------|
| 2.2.42 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.43 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.44 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.45 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.46 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.47 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.48 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.49 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.50 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.51 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.52 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.53 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.54 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.55 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.56 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.57 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.58 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.59 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.60 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.61 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.62 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.63 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.64 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.65 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.66 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.67 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.68 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.69 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.70 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.71 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.72 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.73 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.74 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.75 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.76 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.77 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.78 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.79 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.80 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |
| 2.2.81 | Обогащение полезных ископаемых                                             |
| 2.2.82 | Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук |

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

#### **А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата**

##### **Знать:**

А-2-31 Основное измерительное и инженерное оборудование

А-2-32 нормативно-техническую документацию по испытаниям опытных образцов изделий электронной техники

#### **А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты**

##### **Знать:**

А-3-31 Основные стадии технологического цикла изготовления полупроводниковых приборов

|                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b> |
| <b>Знать:</b>                                                                                                                                                     |
| А-1-31 основное технологическое оборудование, контрольно-измерительное и вспомогательное оборудование производства изделий микроэлектроники и принципы его работы |
| <b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>                         |
| <b>Уметь:</b>                                                                                                                                                     |
| А-3-У1 Оценивать критические стадии операций технологического цикла                                                                                               |
| <b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>                                                                                     |
| <b>Уметь:</b>                                                                                                                                                     |
| А-2-У1 Проводить научный эксперимент и анализировать результаты                                                                                                   |
| <b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b> |
| <b>Уметь:</b>                                                                                                                                                     |
| А-1-У1 интерпретировать результаты испытаний опытной партии образцов изделий электронной техники в соответствии с поставленной задачей                            |
| <b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>                         |
| <b>Владеть:</b>                                                                                                                                                   |
| А-3-В1 Навыками рационального выбора материалов и технологических процессов при разработке технологии производства приборов электронной техники                   |
| <b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b> |
| <b>Владеть:</b>                                                                                                                                                   |
| А-1-В1 методами сбора, анализа и обобщения научно-технической информации                                                                                          |

#### 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 |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------|
|             | <b>Раздел 1. Основы полупроводниковой технологии</b>                             |                |       |                                    |                                                                          |                                                                                       |    |                    |
| 1.1         | Основные конструктивные элементы. Принципы интегральной технологии /Лек/         | 6              | 2     | А-3-31                             | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.6 Л1.9<br>Л1.10 Л1.11<br>Л1.12Л2.3Л3.2 Л3.5 |                                                                                       |    |                    |
| 1.2         | Технологический цикл изготовления полупроводниковых приборов /Лек/               | 6              | 3     | А-1-В1 А-2-У1<br>А-3-31            | Л1.1 Л1.2<br>Л1.9 Л1.10<br>Л1.11Л2.3<br>Л2.4Л3.2<br>Л3.4 Л3.5            |                                                                                       |    |                    |
| 1.3         | Конструктивно-технологические особенности создания токопроводящих контактов /Пр/ | 6              | 5     | А-3-У1 А-3-В1                      | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4 Л1.6<br>Л1.9 Л1.10<br>Л1.11Л2.3<br>Л2.4Л3.5            |                                                                                       |    |                    |
| 1.4         | Реферат /Ср/                                                                     | 6              | 6     | А-2-31 А-3-В1                      | Л1.1 Л1.3<br>Л1.9Л2.3<br>Э1                                              | Выбор темы.<br>Составление плана.<br>Анализ литературы.<br>Написание текста реферата. |    | Р1                 |

|     |                                                                                                                                        |   |   |                                    |                                            |                                                                                                   |     |    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|
| 1.5 | Экзамен /Ср/                                                                                                                           | 6 | 3 | A-3-31 A-3-У1<br>A-3-В1            | Л1.1 Л1.3<br>Л1.9Л2.3<br>Э2                | Подготовка к<br>экзамену.                                                                         | КМ1 |    |
|     | <b>Раздел 2. Монокристаллы<br/>и формирование<br/>эпитаксиальных слоев</b>                                                             |   |   |                                    |                                            |                                                                                                   |     |    |
| 2.1 | Монокристаллы, эпитаксия,<br>критерии и условия<br>эпитаксии, методы<br>эпитаксии /Лек/                                                | 6 | 3 | A-1-31 A-3-31                      | Л1.1 Л1.9<br>Л1.12Л2.3Л3<br>.4 Л3.6        |                                                                                                   |     |    |
| 2.2 | Очистка поверхности<br>подложек для<br>эпитаксиального роста<br>полупроводниковой<br>гетероструктуры /Пр/                              | 6 | 4 | A-1-У1 A-3-В1                      | Л1.1 Л1.9<br>Л1.12Л2.3Л3<br>.4 Л3.6        |                                                                                                   |     |    |
| 2.3 | Рентгеновская<br>дифрактометрия,<br>определение состава и<br>дефектности слоев /Пр/                                                    | 6 | 4 | A-1-У1 A-2-32<br>A-2-У1 A-3-<br>У1 | Л1.1<br>Л1.9Л2.3Л3.<br>1 Л3.3 Л3.7         |                                                                                                   |     |    |
| 2.4 | Реферат /Ср/                                                                                                                           | 6 | 6 | A-2-31 A-3-В1                      | Л1.1<br>Л1.9Л2.3<br>Э1                     | Выбор темы.<br>Составление<br>плана.<br>Анализ<br>литературы.<br>Написание<br>текста<br>реферата. |     | P1 |
| 2.5 | Экзамен /Ср/                                                                                                                           | 6 | 3 | A-1-31 A-2-32<br>A-3-31 A-3-У1     | Л1.1<br>Л1.9Л2.3<br>Э2                     | Подготовка к<br>экзамену.                                                                         | КМ1 |    |
|     | <b>Раздел 3. Технологическое<br/>и инженерное<br/>оборудование для<br/>осаждения<br/>вспомогательных слоев и<br/>ключевые элементы</b> |   |   |                                    |                                            |                                                                                                   |     |    |
| 3.1 | Вакуумные насосы и<br>откачные агрегаты,<br>используемые в ростовых<br>вакуумных<br>установках /Лек/                                   | 6 | 4 | A-1-31 A-2-31                      | Л1.1 Л1.2<br>Л1.5<br>Л1.9Л2.1<br>Л2.3      |                                                                                                   |     |    |
| 3.2 | Приборы для измерения<br>вакуума – вакуумметры.<br>Механические фильтры для<br>защиты вакуумных<br>агрегатов /Пр/                      | 6 | 4 | A-1-У1 A-2-<br>У1                  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.5 Л1.6<br>Л1.9Л2.1<br>Л2.3 |                                                                                                   |     |    |
| 3.3 | Реферат /Ср/                                                                                                                           | 6 | 6 | A-2-31 A-3-В1                      | Л1.1 Л1.3<br>Л1.9Л2.3<br>Э1                | Выбор темы.<br>Составление<br>плана.<br>Анализ<br>литературы.<br>Написание<br>текста<br>реферата. |     | P1 |
| 3.4 | Экзамен /Ср/                                                                                                                           | 6 | 4 | A-1-31 A-1-У1<br>A-2-31 A-3-В1     | Л1.1 Л1.3<br>Л1.9Л2.3<br>Э2                | Подготовка к<br>экзамену.                                                                         | КМ1 |    |
|     | <b>Раздел 4. Оборудование<br/>для проведения<br/>вспомогательных<br/>химических процессов</b>                                          |   |   |                                    |                                            |                                                                                                   |     |    |

|     |                                                                                  |   |   |                         |                                                             |                                                                                       |     |    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------|---|---|-------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|
| 4.1 | Оборудование для химической обработки пластин /Лек/                              | 6 | 3 | А-1-31                  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.6<br>Л1.7 Л1.8<br>Л1.9Л2.2<br>Л2.3Л3.4 |                                                                                       |     |    |
| 4.2 | Оборудование для создания необходимого рисунка поверхности полупроводников /Лек/ | 6 | 2 | А-1-31                  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.6 Л1.7<br>Л1.9Л2.2<br>Л2.3Л3.2              |                                                                                       |     |    |
| 4.3 | Реферат /Ср/                                                                     | 6 | 6 | А-2-31 А-3-В1           | Л1.1 Л1.3<br>Л1.9Л2.3<br>Э1                                 | Выбор темы.<br>Составление плана.<br>Анализ литературы.<br>Написание текста реферата. |     | Р1 |
| 4.4 | Экзамен /Ср/                                                                     | 6 | 4 | А-1-31 А-2-31<br>А-3-В1 | Л1.1 Л1.3<br>Л1.9Л2.3<br>Э2                                 | Подготовка к экзамену.                                                                | КМ1 |    |

### 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 | Экзамен | А-3-31;А-2-31;А-1-31;А-2-32 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установка для газофазовой эпитаксии, принцип действия.</li> <li>2. Насосное оборудование необходимое для установок газофазовой эпитаксии.</li> <li>3. Оборудование для нанесения оксидных слоев на поверхности полупроводников.</li> <li>4. Газовое оборудование необходимое для работы установки эпитаксиального роста полупроводниковых слоев.</li> <li>5. Устройство камеры вакуумной установки нанесения слоев.</li> <li>6. Принципы работы масляных насосов, примеры таких насосов их достоинства и недостатки.</li> <li>7. Принципы работы безмасляных насосов, примеры таких насосов их достоинства и недостатки</li> <li>8. Принципы работы вакуумных установок.</li> <li>9. Системы очистки отработанных газов.</li> <li>10. Фотолитографическое оборудование, принцип работы и примеры.</li> <li>11. Оборудование для химической обработки.</li> <li>12. Оборудование для резки пластин.</li> <li>13. Назначение оксидных слоев в фотоэлектрических преобразователях и методы их получения.</li> <li>14. Оборудование для нанесения оксидных слоев и их стабилизация.</li> <li>15. Технология и оборудование для выращивания монокристаллов.</li> <li>16. Технология и оборудование для получения эпитаксиальных слоев.</li> <li>17. Технология и оборудование для создания р-п переходов. Методы получения р-п переходов, гетеропереходов и переходов металл-полупроводник. Диффузионные методы легирования. Ионное легирование (имплантация). Оборудование для процессов ионной имплантации.</li> <li>18. Основы технологии контактной, дуговой, холодной сварки и пайки.</li> <li>19. Методы пассивации и защиты полупроводниковых приборов и ИМС.</li> <li>20. Методы и оборудование травления микроструктур: ионное, реактивное ионное и плазмохимическое с использованием постоянного тока, ВЧ и СВЧ разрядов.</li> <li>21. Контрольно-измерительное и испытательное оборудование.</li> <li>22. Литографические процессы в производстве полупроводниковых приборов.</li> <li>23. Оборудование оптической литографии.</li> <li>24. Электронная литография.</li> <li>25. Ионно-лучевая литография (ИЛЛ).</li> </ol> |
|-----|---------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------|-----------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Р1         | Реферат         | А-3-В1;А-1-В1;А-1-У1;А-2-31;А-2-32;А-3-У1;А-3-31;А-2-У1;А-1-31 | <p>Перечень тема для подготовки реферата.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Установка для газофазовой эпитаксии, принцип действия.</li> <li>2. Оборудование для нанесения оксидных слоев на поверхности полупроводников.</li> <li>3.Газовое оборудование необходимое для работы установки эпитаксиального роста полупроводниковых слоев.</li> <li>4.Устройство камеры вакуумной установки нанесения слоев.</li> <li>5. Принципы работы масляных насосов, примеры таких насосов их достоинства и недостатки.</li> <li>6.Принципы работы вакуумных установок.</li> <li>7.Фотолитографическое оборудование, принцип работы и примеры.</li> <li>8.Разновидности фоторезистов и специфика оборудования.</li> <li>9.Различия между резистивным и электронно-лучевым испарением материалов, достоинства и недостатки.</li> <li>10. Способы создание омичных контактов.</li> </ol> |

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

Экзамен проводится устно.

Экзаменационный билет состоит за 3 вопросов.

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

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» - студент ответил на все вопросы и решил все задания без ошибок, дал исчерпывающие ответы в объеме пройденной программы, грамотно и логически излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала.

Оценка «хорошо» - студент дал неполные ответы на все вопросы или в ответах имелись непринципиальные ошибки, при ответе показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, грамотно и логически излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но способен исправиться после дополнительных и наводящих вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» - студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности 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 | Солнцев Ю. П.,<br>Ермаков Ю. П.,<br>Пирайнен В. Ю.         | Технология<br>конструкционных<br>материалов: учебник                                                                                                                                                       | Электронная библиотека | Санкт-Петербург: Химиздат,<br>2020                                                                     |
| Л1.2 | Смирнов С. В.                                              | Методы и оборудование<br>контроля параметров<br>технологических процессов<br>производства<br>наногетероструктур и<br>наногетероструктурных<br>монокристаллических<br>интегральных<br>схем: учебное пособие | Электронная библиотека | Томск: Томский<br>государственный<br>университет систем<br>управления и<br>радиоэлектроники, 2010      |
| Л1.3 | Орликов Л. Н.                                              | Технология материалов и<br>изделий электронной<br>техники: учебное пособие                                                                                                                                 | Электронная библиотека | Томск: Томский<br>государственный<br>университет систем<br>управления и<br>радиоэлектроники, 2012      |
| Л1.4 | Гарифуллин Ф. А.,<br>Аюпов Р. Ш.,<br>Жилияков В. В.        | Материаловедение и<br>технология конструкционных<br>материалов: учебно-<br>методическое пособие                                                                                                            | Электронная библиотека | Казань: Казанский<br>национальный<br>исследовательский<br>технологический<br>университет (КНИТУ), 2013 |
| Л1.5 | Хаблянян М. Х.,<br>Саксаганский Г. Л.,<br>Бурмистров А. В. | Вакуумная техника:<br>оборудование,<br>проектирование, технологии,<br>эксплуатация: учебное<br>пособие                                                                                                     | Электронная библиотека | Казань: Казанский<br>национальный<br>исследовательский<br>технологический<br>университет (КНИТУ), 2013 |
| Л1.6 | Сергеев А. И.                                              | Компьютерное управление<br>производственным<br>оборудованием: учебное<br>пособие                                                                                                                           | Электронная библиотека | Оренбург: Оренбургский<br>государственный<br>университет, 2013                                         |
| Л1.7 | Леонтьева А. И.                                            | Оборудование химических<br>производств: учебное<br>пособие                                                                                                                                                 | Электронная библиотека | Тамбов: Тамбовский<br>государственный<br>технический университет<br>(ТГТУ), 2012                       |
| Л1.8 | Хаблянян М. Х.,<br>Саксаганский Г. Л.,<br>Бурмистров А. В. | Вакуумная техника:<br>оборудование,<br>проектирование, технологии,<br>эксплуатация: учебное<br>пособие                                                                                                     | Электронная библиотека | Казань: Казанский<br>национальный<br>исследовательский<br>технологический<br>университет (КНИТУ), 2016 |
| Л1.9 | Крапунин В. В.,<br>Соколов И. А.,<br>Кузнецов Г. Д.        | Технология материалов<br>электронной техники: Теория<br>процессов<br>полупроводниковой<br>технологии: Учебник для<br>вузов                                                                                 | Электронная библиотека | М.: Изд-во МИСиС, 1995                                                                                 |

|                                         | Авторы, составители                                                                              | Заглавие                                                                                                                                                             | Библиотека             | Издательство, год                                                       |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Л1.10                                   | Нашельский А. Я.                                                                                 | Технология спецматериалов электронной техники: Учеб. пособие для техникумов по спец. 2001 'Технология материалов электрон. техники'                                  | Библиотека МИСиС       | М.: Металлургия, 1993                                                   |
| Л1.11                                   | Иванова А. В., Крутогин Дмитрий Григорьевич, Потапов Юрий Владимирович, Горелик Семен Самуилович | Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Разд.: Структура и свойства полупроводников и металлов: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 0604,0629,0643 | Электронная библиотека | М.: Учеба, 1987                                                         |
| Л1.12                                   | Кожитов Лев Васильевич, Крапухин Всеволод Валерьевич, Улыбин Владимир Анатольевич                | Технология эпитаксиальных слоев и гетерокомпозиций: Учебно-метод. пособие для студ. спец. 200100                                                                     | Электронная библиотека | М.: Учеба, 2001                                                         |
| <b>6.1.2. Дополнительная литература</b> |                                                                                                  |                                                                                                                                                                      |                        |                                                                         |
|                                         | Авторы, составители                                                                              | Заглавие                                                                                                                                                             | Библиотека             | Издательство, год                                                       |
| Л2.1                                    | Эспе В.                                                                                          | Технология электровакуумных материалов: монография                                                                                                                   | Электронная библиотека | Москва, Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1962    |
| Л2.2                                    | Леонтьева А. И.                                                                                  | Оборудование химических производств                                                                                                                                  | Электронная библиотека | Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2012 |
| Л2.3                                    | Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.                                  | Технология материалов микро- и наноэлектроники                                                                                                                       | Библиотека МИСиС       | М.: Изд-во МИСиС, 2007                                                  |
| Л2.4                                    | Лебедев А. А., Вагапова Н. Т., Наумова А. А., Смирнов А. А.                                      | Технология и оборудование для производства наногетероструктурных солнечных элементов (N 3504): лаб. практикум                                                        | Электронная библиотека | М.: [МИСиС], 2019                                                       |
| <b>6.1.3. Методические разработки</b>   |                                                                                                  |                                                                                                                                                                      |                        |                                                                         |
|                                         | Авторы, составители                                                                              | Заглавие                                                                                                                                                             | Библиотека             | Издательство, год                                                       |
| Л3.1                                    | Бублик Владимир Тимофеевич, Мильвидский Андрей Михайлович                                        | Методы исследования материалов и структур электроники. Рентгеновская дифракционная микроскопия: курс лекций                                                          | Электронная библиотека | М.: Учеба, 2006                                                         |
| Л3.2                                    | Андреев Лев Алексеевич, Новиков А. В., Новикова Елена Александровна, Бокштейн Борис Самуилович   | Физика и химия твердого тела. Металлы и полупроводники: практикум                                                                                                    | Библиотека МИСиС       | М.: Учеба, 2005                                                         |

|      | Авторы, составители                                                                    | Заглавие                                                                                                                                            | Библиотека             | Издательство, год        |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| ЛЗ.3 | Бублик Владимир Тимофеевич,<br>Щербачев Кирилл Дмитриевич,<br>Воронова Марина Игоревна | Дифракционные методы изучения материалов и приборных структур. Рентгеновская рефлектометрия (N 2880): учеб. пособие                                 | Электронная библиотека | М.: [МИСиС], 2016        |
| ЛЗ.4 | Акчурин Р. Х.,<br>Мармалюк А. А.                                                       | МОС-гидридная эпитаксия в технологии материалов фотоники и электроники: практическое пособие                                                        | Электронная библиотека | Москва: Техносфера, 2018 |
| ЛЗ.5 | Лисовская Татьяна Дмитриевна                                                           | Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Разд.: Механические свойства полупроводников: курс лекций для студ. спец. 20.02 и 20.03            | Электронная библиотека | М.: Учеба, 1989          |
| ЛЗ.6 | Крапухин В. В.,<br>Соколов И. А.,<br>Крапухин В. В.                                    | Технология полупроводниковых материалов: Разд.: Получение высокочистых элементов и эпитаксиальных слоев с помощью хим. трансп. реакций: Курс лекций | Библиотека МИСиС       | М.: Изд-во МИСиС, 1979   |
| ЛЗ.7 | Бублик Владимир Тимофеевич,<br>Щербачев Кирилл Дмитриевич,<br>Воронова Марина Игоревна | Дифракционные методы изучения материалов и приборных структур. Рентгеновская рефлектометрия (N 2880): учеб. пособие                                 | Библиотека МИСиС       | М.: [МИСиС], 2016        |

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

|    |                                                                                                       |                                                         |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Э1 | ГОСТ 2.37-2017 Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления (с Поправками) | <a href="https://docs.cntd.ru">https://docs.cntd.ru</a> |
| Э2 | Издательство Лань - выпуск учебной литературы для вузов                                               | <a href="https://lanbook.com">https://lanbook.com</a>   |

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

|     |                      |
|-----|----------------------|
| П.1 | MS Teams             |
| П.2 | Microsoft Excel      |
| П.3 | Microsoft PowerPoint |

#### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

|      |                                                                                              |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| И.1  | Научные журналы и статьи                                                                     |
| И.2  | <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>                                        |
| И.3  | <a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>                          |
| И.4  | Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a> |
| И.5  | Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>                         |
| И.6  | Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>         |
| И.7  |                                                                                              |
| И.8  | Электронная библиотека МИСиС                                                                 |
| И.9  | <a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>                            |
| И.10 | Электронная библиотека издательство "Лань"                                                   |
| И.11 | <a href="https://e.lanbook.co">https://e.lanbook.co</a>                                      |
| И.12 |                                                                                              |
| И.13 | Единое окно доступа к образовательным ресурсам                                               |
| И.14 | <a href="https://window.edu.ru">https://window.edu.ru</a>                                    |

| 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ауд.                                   | Назначение                                                                                           | Оснащение                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Любой корпус<br>Мультимедийная         | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |
| Любой корпус<br>Учебная аудитория      | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест                                                                                                                                                                                                                                              |
| Любой корпус<br>Компьютерный класс     | Учебная аудитория для проведения практических занятий:                                               | экран, проектор, доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест, персональные компьютеры, доступ к ЭИОС университета LMS Canvas, лицензионные программы MS Teams, MS Office                                                                                                                 |
| Читальный зал<br>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

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

Практические занятия проводятся с использованием наглядных пособий, образцов, установок с соответствующим программным обеспечением, расчетно-графические работы выполняются с помощью пакета прикладных программ.

Электронный контент содержит все календарные события курса, навигационные ссылки, тесты, задания, методические рекомендации и электронные материалы.