

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Учебно-научный институт радиоэлектроники и информационных технологий  
(ИРИТ)

*(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)*

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

Мякиньков А.В.

подпись

ФИО

“ 17 ” июня 2021 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Б1.В.Од.4 Физико-химические основы конструирования электронных средств**

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств

Направленность: Конструирование и технология электронных устройств

Форма обучения: очная

Год начала подготовки 2021

Выпускающая кафедра: КТПП

Кафедра-разработчик: КТПП

Объем дисциплины 252/7

Промежуточная аттестация: зачет 4 семестр, экзамен 5 семестр

Разработчик: Садков В.Д., доцент

Нижний Новгород 2021

Рецензент: Рындык А.Г., д.т.н., профессор

( ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«26» мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.03 - Конструирование и технология электронных средств, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19.09.2017 г. № 928 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ

протокол от 10.06.2021 № 6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры КТПП протокол от 03.06.21 № 5

Зав. кафедрой д.т.н, доцент, Моругин С.Л. \_\_\_\_\_  
подпись

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института УМС ИРИТ,

Протокол от 10.06.21 № 1

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ № 11.03.03-к-27

Начальник МО \_\_\_\_\_

## Заведующая отделом комплектования НТБ

Кабанина Н.И.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

|   |     |
|---|-----|
| 1. Цели и задачи освоения дисциплины .....  | 4   |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....  | 4   |
| 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины ....                                      | 4   |
| 4. Структура и содержание дисциплины .....  | 7   |
| 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины .....                     | 166 |
| 6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины .....   | 22  |
| 7. Информационное обеспечение дисциплины.....   | 22  |
| 8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ .....  | 24  |
| 9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине ..... | 24  |
| 10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины .....  | 25  |
| 11. Оценочные средства для контроля Освоения дисциплины .....   | 27  |

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**1.1. Целью (целями) освоения дисциплины является** развитие компетенций в сфере физических принципов функционирования элементов и устройств современной электроники, а также в сфере физико-химических основ технологии их производства, что важно для последующего освоения технологических дисциплин и решения технических, технологических и исследовательских задач, возникающих при конструировании, производстве и эксплуатации электронных средств.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины:**

- формирование знаний о физических принципах работы приборов микро и наноэлектроники на основе физики твердого тела и физики полупроводников;
- изучение физических процессов и явлений, перспективных для построения устройств записи, хранения и обработки информации;
- овладение научными основами, способами описания и прогнозирования протекания технологических процессов на основе анализа характера физико-химического взаимодействия компонентов;
- приобретение практических навыков определения оптимальных режимов технологических процессов на уровне технологической операции.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина "Физико-химические основы конструирования электронных средств" включена в обязательный перечень дисциплин вариативной части образовательной программы. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по направлению подготовки 11.03.03.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина "Физико-химические основы конструирования электронных средств" являются "Физика", "Химия", "Материалы и компоненты электронной техники", "Основы теории цепей", "Метрология, стандартизация и сертификация".

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин "Схемотехника аналоговых электронных устройств", "Радиотехнические цепи и сигналы" Цифровые устройства и микропроцессоры», "Основы технологий производства электронных средств" и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины "Физико-химические основы конструирования электронных средств" для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО и ОП ВО по данному направлению подготовки: способен строить простейшие физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПКС-1).

В таблице 1 представлены дисциплины, участвующие в формировании данной компетенции.

Таблица 1- Формирование компетенций дисциплинам

| Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно   | Семестры |   |   |   |   |   |   |   |
|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|
|   | 2        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| ПКС-1. Способен строить простейшие физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования |          |   |   |   |   |   |   |   |
| Электронные модели изделий электронных средств  | +        |   |   |   |   |   |   |   |
| Ознакомительная практик   | +        |   |   |   |   |   |   |   |
| Проектная практика  |          |   | + |   |   | + |   |   |
| Электроника   |          |   |   |   | + |   |   |   |
| Основы компьютерного проектирования РЭС   |          |   |   |   |   | + |   |   |
| <b>Физико-химические основы конструирования электронных средств</b>   |          |   |   | + | + |   |   |   |
| Основы радиоэлектроники и связи   |          |   |   |   |   | + |   |   |
| Техническая электродинамика   |          |   |   |   | + | + |   |   |
| Техника СВЧ   |          |   |   |   |   |   | + | + |
| Интегральная СВЧ схемотехника   |          |   |   |   |   |   | + |   |
| Преддипломная практика  |          |   |   |   |   |   |   | + |
| ВКР   |          |   |   |   |   |   |   | + |

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 2.

**ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП**

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Планируемые результаты обучения по дисциплине   |   |  | Оценочные средства                                    |   |
|---|---|---|---|--|---|---|
|   |   | Текущего контроля   | Промежуточной аттестации  |  |   |   |
| ПКС-1. Способен строить простейшие физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | ИПКС-1.1. Применяет принципы и методы построения простейших физических и математических моделей схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения | <b>Знать:</b> принципы и методы построения простейших физических и математических моделей схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения | <b>Уметь:</b> строить простейшие физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения | <b>Владеть:</b> методами построения простейших физических и математических моделей схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения | Вопросы для сдачи допуска к лабораторным работам 1-8. | Вопросы для экзамена: билеты (20 билетов) |
|   | ИПКС-1.2. Строит физические и математические модели узлов и блоков приборов   | <b>Знать:</b> принципы построения физических и математических моделей узлов и блоков приборов   | <b>Уметь:</b> строить физические и математические модели узлов и блоков приборов  | <b>Владеть:</b> методами построения физических и математических моделей узлов и блоков приборов  |   |   |

Трудовая функция 06.005.А/01.5. Вид трудовой деятельности – диагностика технического состояния сложных функциональных узлов РЭА

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач.ед. 252 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

| Вид учебной работы   | Трудоёмкость в час |                     |            |
|--|--------------------|---------------------|------------|
|  | Всего              | В т.ч. по семестрам |            |
|  |                    | 4                   | 5          |
| <b>Формат изучения дисциплины</b>  | очный              |                     |            |
| <b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану   | <b>252</b>         | <b>108</b>          | <b>144</b> |
| <b>1. Контактная работа:</b>   | <b>108</b>         | <b>53</b>           | <b>55</b>  |
| <b>Аудиторная работа, в том числе:</b>   | 102                | 51                  | 51         |
| занятия лекционного типа (Л)   | 68                 | 34                  | 34         |
| занятия семинарского типа (практ. занятия)   |                    |                     |            |
| лабораторные работы (ЛР)   | 34                 | 17                  | 17         |
| <b>Внеаудиторная, в том числе</b>  | 6                  | 2                   | 4          |
| текущий контроль, консультации по дисциплине   | 4                  | 2                   | 2          |
| контактная работа на промежуточном контроле (КРа)  | 2                  |                     | 2          |
| <b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>   | <b>108</b>         | <b>55</b>           | <b>53</b>  |
| самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям) | 90                 | 37                  | 53         |
| Подготовка к зачету (контроль)   | <b>18</b>          | <b>18</b>           |            |
| Подготовка к зачету, экзамену (контроль)   | <b>36</b>          |                     | <b>36</b>  |

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем  | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС <sup>12</sup>            | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>13</sup> | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>14</sup> | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>15</sup> |  |  |  |  |
|---|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|----------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|
|   |   | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа студентов (СРС), час |                                  |   |  |   |  |  |  |  |
|   |   | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |                                  |   |  |   |  |  |  |  |
| <b>Раздел 1 Физические процессы в полупроводниках</b>   |   |                     |                          |                           |   |                                  |   |  |   |  |  |  |  |
| ПКС-1:<br>ИПКС-1.1<br>ИПКС 1.2  | <b>Тема 1.1</b> Кристаллическая структура твердых тел, дефекты структуры, индексация направлений и плоскостей; жидкые кристаллы; пленки и пленочные структуры, роль пленок в микроэлектронике.          | 2                   |                          |                           |   | См. 6.1.1, 6.1.2                 | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 1.2</b> Элементы зонной теории твердых тел, концентрация носителей заряда, функции распределения, уровень Ферми. Уравнение Шредингера. Квантовая линия, точка.                                  | 3                   |                          |                           |   | См. 6.1.1, 6.1.2                 | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 1.3</b> Неравновесное состояние, уравнение непрерывности с учетом дрейфового тока, генерации и рекомбинации носителей.  | 3                   |                          |                           |   | См. 6.1.1, 6.1.2                 | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 1.4.</b> Тепловые и оптические свойства полупроводников.  | 3                   |                          |                           |   | См. 6.1.1, 6.1.2                 |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 1.5</b> Междолинный переход электронов, доменная неустойчивость, гальваномагнитные эффекты, холловская подвижность; магнитострикционные и магнитооптические эффекты, Эффекты Ганна, Джозефсона. | 3                   |                          |                           |   | См. 6.1.1, 6.1.2                 |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Лабораторная работа № 1</b><br>Исследование электропроводности   |                     | 2                        |                           | 4   | Подготовка к лабораторной работе |   |  |   |  |  |  |  |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем  | Виды учебной работы |                          |   | Вид СРС <sup>12</sup>                         | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>13</sup> | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>14</sup> | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>15</sup> |  |  |  |  |
|---|---|---------------------|--------------------------|---|---|---|--|---|--|--|--|--|
|   |   | Контактная работа   |                          | Самостоятельная работа студентов (СРС), час |   |   |  |   |  |  |  |  |
|   |   | Лекции, час         | Лабораторные работы, час |   |   |   |  |   |  |  |  |  |
|   | полупроводников четырехзондовым методом   |                     |                          |   | 6.1.4, 6.1.3                                  |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Лабораторная работа № 2</b><br>Исследование р-п переходов  |                     | 4                        | 4   | Подготовка к лабораторной работе 6.1.4, 6.1.3 | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|   | Самостоятельная работа над лекционным материалом  |                     |                          | 14  | См. 6.1.3                                     |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Итого по 1 разделу</b>   | <b>14</b>           | <b>6</b>                 | <b>22</b>                                   |   |   |  |   |  |  |  |  |
| <b>Раздел 2 Элементная база микро и наноэлектроники</b>   |   |                     |                          |   |   |   |  |   |  |  |  |  |
|   | Тема 2.1 <i>P-n</i> переход, энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии. Зависимость толщины обедненного слоя от величины и знака смещения. ВАХ, емкость перехода, обратный ток, роль базы. Невыпрямляющие контакты. Пробой перехода. <i>P-i-n</i> переход. | 4                   |                          |   | См. 6.1.5, 6.1.6                              | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Лабораторная работа № 3</b><br>Исследование биполярных транзисторов  |                     | 4                        | 4   | Подготовка к лабораторной работе [6.1.4]      |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Лабораторная работа № 4</b><br>Исследование полевых транзисторов   |                     |                          |   | Подготовка к лабораторной работе [6.1.4]      |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 2.2.</b> Туннельный эффект, энергетические диаграммы, ВАХ туннельного диода. ЛПД. Диоды Ганна. Гетеропереходы. Свето- и фотодиоды. Солнечные элементы. Барьеры Шоттки, Мотта, омические контакты.   |                     | 4                        | 4   | См. 6.1.1, 6.1.2                              | Презентация   |  |   |  |  |  |  |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций  | Наименование разделов, тем | Виды учебной работы                                   |                          |   | Вид СРС <sup>12</sup>                    | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>13</sup> | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>14</sup> | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>15</sup> |  |  |  |  |
|--|----------------------------|---|--------------------------|---|--|---|--|---|--|--|--|--|
|  |                            | Контактная работа                                     |                          | Самостоятельная работа студентов (СРС), час |  |   |  |   |  |  |  |  |
|  |                            | Лекции, час   | Лабораторные работы, час |   |  |   |  |   |  |  |  |  |
| <p>Силовые, детекторные, шумовые диоды.</p> <p><b>Лабораторная работа № 5.</b><br/>Изучение интегральных схем</p> <p><b>Тема 2.3</b> Биполярный транзистор. Структура и энергетическая диаграмма. Инжекция носителей. Активный режим, режимы насыщения и отсечки. ВАХ. Виды БТ.</p> <p><b>Тема 2.4</b> Эффект поля. Полевые транзисторы, принцип работы, разновидности, МДП, МОП, ПТУП, ПТШ. МДП-структуры: заряд в окисле и на границе раздела, пороговое напряжение, емкость. ПЗС, элементы памяти.</p> <p>Самостоятельная работа над лекционным материалом</p> <p><b>Итого по 2 разделу</b></p> |                            |   |                          |   |  |   |  |   |  |  |  |  |
|  |                            |   |                          |   | Подготовка к лабораторной работе [6.1.4] |   |  |   |  |  |  |  |
|  |                            | 2   |                          |   | См. 6.1.5, 6.1.6                         | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|  |                            | 2   |                          |   | См. 6.1.5, 6.1.6                         | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|  |                            |   |                          | 20  | См. 6.1.1, 6.1.3, 6.1.6,                 |   |  |   |  |  |  |  |
|  |                            | 13  | 11                       | 28  |  |   |  |   |  |  |  |  |
|  |                            | <b>Раздел 3 Наноэлектроника и зондовые технологии</b> |                          |   |  |   |  |   |  |  |  |  |
| <p><b>Тема 3.1</b> Сверхрешетки. Молекулярная электроника. одноэлектронника. Спинэлектроника. Углеродные наноструктуры.</p> <p><b>Тема 3.2</b> Сканирующая туннельная микроскопия. Атомная силовая микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия. Оже-спектроскопия.</p>   |                            | 2   |                          |   | См. 6.1.6                                |   |  |   |  |  |  |  |
|  |                            |   |                          |   | См. 6.1.6                                | Презентация   |  |   |  |  |  |  |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы |                          |   | Вид СРС <sup>12</sup> | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>13</sup> | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>14</sup> | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>15</sup> |  |  |  |  |
|---|--|---------------------|--------------------------|---|-----------------------|---|--|---|--|--|--|--|
|   |  | Контактная работа   |                          | Самостоятельная работа студентов (СРС), час |                       |   |  |   |  |  |  |  |
|   |  | Лекции, час         | Лабораторные работы, час |   |                       |   |  |   |  |  |  |  |
|   | Самостоятельная работа над лекционным материалом   |                     |                          | 4   | См. 6.1.5, 6.1.6      |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Итого по 3 разделу</b>  | <b>7</b>            |                          | <b>4</b>                                    |                       |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>ИТОГО ЗА 4 СЕМЕСТР</b>  | <b>34</b>           | <b>17</b>                | <b>54</b>                                   |                       |   |  |   |  |  |  |  |
| <b>Раздел 4 Способы описания и анализа физико-химических процессов</b>                                |  |                     |                          |   |                       |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 4.1</b> Классификация физико-химических процессов технологии ЭС. Технологический процесс как большая система. Аппаратно-процессорная единица.  | 2                   |                          |   | См. 6.1.10, 6.1.11    |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 4.2</b> Основные положения физической кинетики. Термодинамический анализ систем "твердое-жидкость", "жидкость-пар", "твердое-пар", "твердое-жидкость-пар". Термодинамика явлений на границе раздела фаз (адгезия, когезия). Физическая и химическая адсорбция. | 2                   |                          |   | См. 6.1.10, 6.1.11    | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Практическое занятие № 1.</b> Закон Гесса и уравнения Кирхгофа. Химическая кинетика. Химическое равновесие, определение порядка реакции. Растворы и их классификация.   |                     |                          | 2   | 4                     | Подготовка к ПЗ 6.1.9   | Презентация  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 4.3</b> Основные положения химической кинетики. Кинетика гетерогенных процессов. Основные стадии.  |                     |                          |   |                       | См. 6.1.10, 6.1.11  | Презентация  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 4.4</b> Основные закономерности процессов сублимации, дистилляции, ректификации, экстракции, кристалл-   |                     |                          |   |                       | См. 6.1.2, 6.1.11   |  |   |  |  |  |  |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС <sup>12</sup>     | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>13</sup> | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>14</sup> | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>15</sup> |  |  |  |  |
|---|--|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|---------------------------|---|--|---|--|--|--|--|
|   |  | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа студентов (СРС), час |                           |   |  |   |  |  |  |  |
|   |  | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |                           |   |  |   |  |  |  |  |
|   | лизации из растворов и расплавов.  |                     |                          |                           |   |                           |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Практическое занятие № 2</b> Закономерности процессов сублимации, дистилляции, ректификации, экстракции, кристаллизации из растворов и расплавов  |                     |                          | 3                         | 4   | Подготовка к ПЗ 6.1.9     | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|   | Самостоятельная работа над лекционным материалом   |                     |                          |                           | 6   | См. 6.1.2, 6.1.10, 6.1.11 |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Итого по 4 разделу</b>  | <b>10</b>           |                          | <b>5</b>                  | <b>10</b>                                   |                           |   |  |   |  |  |  |  |
| <b>Раздел 5</b> Физико-химические процессы нанесения вещества на поверхность                          |  |                     |                          |                           |   |                           |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 5.1</b> Классификация физико-химических процессов нанесения вещества. Основные закономерности зарождения и роста пленок и слоев.   | 1                   |                          |                           |   | См. 6.1.10, 6.1.11        | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 5.2</b> Физико-химические процессы эпитаксиальных слоев. Газофазная и жидкая эпитаксия. Термодинамика и кинетика процессов. Прогнозирование процессов эпитаксии.   | 2                   |                          |                           |   | См. 6.1.10, 6.1.11        | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Практическое занятие № 3</b> Термодинамика и кинетика процессов.  |                     |                          | 2                         | 4   | Подготовка к ПЗ           |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 5.3</b> Физико-химические процессы получения пленок методами термовакуумного испарения. Термодинамика и кинетика процессов. Физико-химические процессы получения пленок методами химического осаждения, газотранспортных реакций. Физико-химические процессы электролитического осаждения металлов и |                     |                          | 2                         |   | См. 6.1.10, 6.1.11        | Презентация   |  |   |  |  |  |  |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС <sup>12</sup>        | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>13</sup> | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>14</sup> | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>15</sup> |  |  |  |  |
|---|--|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|
|   |  | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа студентов (СРС), час |                              |   |  |   |  |  |  |  |
|   |  | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |                              |   |  |   |  |  |  |  |
|   | анодирования пленочных покрытий.   |                     |                          |                           |   |                              |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Практическое занятие № 4.</b> Методы термовакуумного испарения, химического и электролитического осаждения.   |                     |                          | 2                         | 4   | Подготовка к ПЗ 6.1.9, 6.1.8 |   |  |   |  |  |  |  |
|   | Самостоятельная работа над лекционным материалом   |                     |                          |                           | 6   | См. 6.1.8, 6.1.2             |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Итого по 5 разделу</b>  | <b>10</b>           |                          | <b>4</b>                  | <b>14</b>                                   |                              |   |  |   |  |  |  |  |
| <b>Раздел 6 Физ.-хим. процессы очистки веществ</b>  |  |                     |                          |                           |   |                              |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 6.1</b> Требования к чистоте помещений, исходных материалов и веществ в микроэлектронной технологии ЭС. Понятие чистого вещества. классификация и кинетика процессов очистки веществ. Физико-химические процессы получения чистых веществ. | <b>1</b>            |                          |                           |   | См. 6.1.2                    |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 6.2</b> Классификация и кинетика процессов очистки веществ. Физико-химические процессы получения чистых веществ  | <b>2</b>            |                          |                           |   | См. 6.1.8, 6.1.2             | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|   | Самостоятельная работа над лекционным материалом   |                     |                          |                           | <b>6</b>                                    | См. 6.1.8, 6.1.2             |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Итого по 6 разделу</b>  | <b>3</b>            | <b>2</b>                 |                           | <b>6</b>                                    |                              |   |  |   |  |  |  |  |
| <b>Раздел 7 Физ.-хим. процессы удаления вещества с поверхности твердой фазы</b>                       |  |                     |                          |                           |   |                              |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 7.1</b> Общие понятия и определения основных терминов. Многокомпонентная и многостадийная диффузия. Моделирование и оптимизация  | <b>1</b>            |                          |                           |   | См. 6.1.8, 6.1.2             | Презентация   |  |   |  |  |  |  |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций   | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы |                          |   | Вид СРС <sup>12</sup>         | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>13</sup> | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>14</sup> | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>15</sup> |  |  |  |  |
|---|--|---------------------|--------------------------|---|-------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|
|   |  | Контактная работа   |                          | Самостоятельная работа студентов (СРС), час |                               |   |  |   |  |  |  |  |
|   |  | Лекции, час         | Лабораторные работы, час |   |                               |   |  |   |  |  |  |  |
| диффузионных процессов. Основные направления совершенствования процессов диффузии.  |  |                     |                          |   |                               |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 7.2</b> Ионная имплантация.  | <b>2</b>            |                          |   |                               |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Практическое занятие № 5</b> Много-компонентная и многостадийная диффузия. Моделирование и оптимизация диффузионных процессов.  |                     |                          | <b>4</b>                                    | Подготовка к ПЗ 6.1.8, 6.1.2  |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Практическое занятие № 6</b> Ионная имплантация. Моделирование процесса. Оборудование.  |                     |                          | <b>4</b>                                    | Подготовка к ПЗ 6.1.8, 6.1.2  |   |  |   |  |  |  |  |
|   | Самостоятельная работа над лекционным материалом   |                     |                          | <b>6</b>                                    | См. 6.1.9 - 6.1.11            |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Итого по 7 разделу</b>  | <b>3</b>            |                          | <b>12</b>                                   |                               |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Раздел 8</b> Физ.-хим. процессы создания неразъемных контактов твердых тел  |                     |                          |   |                               |   |  |   |  |  |  |  |
| Тема 8.1 Физико-химические основы процессов пайки и сварки. Образование твердых растворов, смесей и интерметаллических фаз. Кинетика процесса флюсования. Электрохимические реакции в процессах сварки и пайки. | <b>Тема 8.1</b> Физико-химические основы процессов пайки и сварки. Образование твердых растворов, смесей и интерметаллических фаз. Кинетика процесса флюсования. Электрохимические реакции в процессах сварки и пайки. | <b>2</b>            |                          |   | См. 6.1.2, 6.1.11             | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 8.2</b> Контактирование твердых тел с помощью адгезивов. Перспективы применения kleевых соединений в технологии ЭС. Теплопроводящие и электропроводящие адгезивы   | <b>2</b>            |                          |   | См. 6.1.2, 6.1.11             |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Практическое занятие № 7</b> Физико-химические основы процессов пайки и   |                     |                          |   | Подготовка к ПЗ 6.1.8, 6.1.11 |   |  |   |  |  |  |  |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС <sup>12</sup> | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>13</sup> | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>14</sup> | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>15</sup> |  |  |  |  |
|---|--|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|-----------------------|---|--|---|--|--|--|--|
|   |  | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа студентов (СРС), час |                       |   |  |   |  |  |  |  |
|   |  | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |                       |   |  |   |  |  |  |  |
|   | сварки. Методы пайки и сварки. Классификация. Оборудование.  |                     |                          |                           |   |                       |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Итого по 8 разделу</b>  | <b>4</b>            |                          |                           | <b>6</b>                                    |                       |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Раздел 9 Физ.-хим. основы литографических процессов</b>   |                     |                          |                           |   |                       |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 9.1</b> Формирование рисунков из различных пленочных материалов в микроэлектронной технологии. Основные физико-химические реакции и характеристики резистов.   | <b>2</b>            |                          |                           |   | См. 6.1.2, 6.1.8      | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>Тема 9.2</b> Физико-химические основы получения изображения в процессах литографии. Физико-оптические явления в системе источник света – фотоматрица – фотополимер – подложка. Принципы и методы электронной, ионной и рентгеновской литографии | <b>2</b>            |                          |                           |   | См. 6.1.2, 6.1.8      | Презентация   |  |   |  |  |  |  |
|   | Самостоятельная работа над лекционным материалом   |                     |                          |                           | <b>6</b>                                    | См. 6.1.8             |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>ИТОГО ЗА 5 СЕМЕСТР</b>  | <b>34</b>           |                          |                           | <b>54</b>                                   |                       |   |  |   |  |  |  |  |
|   | <b>ИТОГО по дисциплине</b>   | <b>68</b>           | <b>34</b>                |                           | <b>108</b>                                  |                       |   |  |   |  |  |  |  |

<sup>14</sup> приводятся количество часов Практической подготовки (при наличии), которая производится на предприятиях, согласно договору НГТУ (берутся из ОП ВО, раздел <sup>15</sup> при наличии, приводятся наименование разработанного Электронного курса в рамках раздела (разделов), прошедшего экспертизу (трудоемкость в часах)

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Текущий контроль осуществляется на практических и лабораторных занятиях, промежуточный контроль осуществляется на экзамене (5 семестр) и зачете (4 семестр) в устной форме.

### **5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

#### **Перечень контрольных вопросов по дисциплине для промежуточной Аттестации**

##### **Для разделов 1-4**

1. Кристаллическая решетка. Индексы Миллера, дефекты структуры, дисперсионная кривая, эффективная масса.
2. Особенности дисперсионной кривой для реальных кристаллов, примеры использования при создании элементной базы.
3. Зонная диаграмма твердого тела. Примесные уровни, уровень Ферми, функции распределения, условие невырожденности.
4. Концентрация носителей заряда в полупроводниках, уравнение электронейтральности.
5. Вырожденные и невырожденные системы, примеры. Закон действующих масс.
6. Равновесное и неравновесное состояние системы, генерация и рекомбинация, высокий и низкий уровень возбуждения.
7. Электрофизические характеристики материалов, примеры их влияния на характеристики полупроводниковых приборов.
8. Тепловые колебания решетки. Нормальные колебания, акустические, оптические колебания, температура Дебая.
9. Электропроводность твердых тел. Зависимость от температуры, концентрации примесей, напряженности электрического поля.
10. Электропроводность в сильных электрических полях, электрический пробой материала.
11. Сверхпроводимость. Механизм возникновения, сверхпроводимость тонких пленок.
12. Общая характеристика контактов и контактных явлений, технологические методы создания контактов.
13. Диффузионные методы создания локальных областей с заданным типом проводимости.
14. Полупроводниковые диоды. Нелинейность вольтамперной характеристики, емкость прибора, сопротивление базы.
15. Полупроводниковые диоды. Обратный ток, пробой перехода.
16. Особенности туннельных диодов.
17. Гетеропереходы, особенности структуры. Зонные диаграммы, возможные области применения.
18. Контакт металл - полупроводник, виды контактов, вольтамперные характеристики.
19. Биполярные транзисторы. Принцип работы, типы приборов, усиление тока и мощности.
20. Биполярные транзисторы. Схема ОБ, зонные диаграммы. Входные и выходные характеристики.
21. Биполярные транзисторы. Схема ОЭ, усиление тока, входные и выходные характеристики.
22. Биполярные транзисторы. Распределение носителей в базе, инжекция и пролег через базу, коэффициент переноса.
23. Биполярные транзисторы, влияние уровня инжекции на коэффициент усиления.
24. Биполярные транзисторы. Особенности дрейфовых транзисторов. Роль электрического поля в базе. [
25. Физические процессы в приповерхностных слоях, поверхностная рекомбинация, приповерхностная проводимость.
26. МДП-структуры, приповерхностный пространственный заряд, емкость структуры, эффект поля.
27. Полевые транзисторы, типы приборов, принципы функционирования, основные характеристики, частотные свойства.

28. Фотопроводимость. Механизмы поглощения оптического излучения твердым телом, коэффициент поглощения, оптическая генерация свободных носителей.
29. Принцип работы фотодиодов, основные характеристики, режимы эксплуатации.
30. Оптическое излучение твердых тел, электролюминесценция, принцип работы полупроводниковых источников света.

#### Для разделов 5-10

1. Что такое “вакуумная гигиена” и какие категории производственных помещений необходимо использовать при изготовлении интегральных микросхем?
2. Как осуществляется контроль качества деионизированной воды?
3. Какие основные способы очистки подложек применяют в микроэлектронике?
4. Что представляет собой метод сухой очистки поверхности подложек
5. Как проявляется анизотропия полупроводниковых материалов
6. Почему при измельчении материалов изменяются их физико-химические свойства?
7. Адсорбция. Виды адсорбции. Как адсорбция зависит от температуры Адгезия.
8. Виды адгезии и факторы, оказывающие на нее влияние.
9. Перечислите основные технологические процессы, применяемые для изготовления полупроводниковых интегральных микросхем.
10. Какие методы получения слоев двуокиси кремния Вам известны? Охарактеризуйте качество слоев двуокиси кремния в зависимости от метода их получения.
11. В каком диапазоне температур возможно получение слоев двуокиси кремния методом термического окисления?
12. Что такое метод эпитаксии и для чего он применяется в микроэлектронике? Как классифицируются эпитаксиальные процессы?
13. Охарактеризуйте и сравните хлоридный и хлоридно-гидридный методы эпитаксии кремния.
14. Каково назначение метода диффузионного легирования в микроэлектронике? Как распределяется примесь по глубине образца при диффузионном легировании?
15. С помощью какого технологического параметра управляют скоростью процесса диффузии примеси в полупроводнике?
16. Что такое “загонка” и “разгонка” примеси? Каково назначение этих стадий при двухстадийном введении примеси в полупроводник?
17. Что такое ионная имплантация (ионное легирование)? Для чего в микроэлектронике применяется данный метод?
18. Какую энергию необходимо сообщить ионам примеси, используемым в процессе ионной имплантации?
19. Какие основные методы получения тонких пленок и покрытий Вам известны?
20. Каковы основные особенности нанесения тонких пленок методом термического испарения в вакууме?
21. В чем заключается сложность получения пленок тугоплавких металлов и сплавов?
22. Опишите кинетику процесса конденсации тонкой пленки на подложке.
23. Перечислите и сравните известные Вам разновидности процесса ионного распыления.
24. Какими методами измеряют и контролируют толщину и скорость напыления полупроводниковых, диэлектрических и полупроводниковых тонких пленок?
25. Какие способы применяются для получения рисунка тонкопленочных элементов?
26. Что такое метод съемной (свободной) маски? Какими способами получают прецизионные маски? Каковы топологические ограничения применения этого метода?
27. Что такое метод контактной (растворимой) маски? Как подбираются материалы для формирования контактных масок?
28. Каково назначение процесса фотолитографии в микроэлектронике? Для чего фотолитография применяется в тонкопленочной, толстопленочной и полупроводниковой технологиях?
29. Какому диапазону длин волн соответствует излучение, используемое в фотолитографических процессах?

30. За счет чего достигается повышение разрешающей способности литографических процессов при переходе от фотолитографии к электронолитографии и рентгенолитографии?
31. Что такое “толстопленочная технология”? Каковы основные критерии, разделяющие “тонкие” и “толстые” пленки в микроэлектронике?
32. Как классифицируются пасты, применяемые в толстопленочной технологии?
33. Какие основные составляющие паст для толстопленочной технологии Вам известны? Что представляет собой “функциональный материал” в составе проводниковых, резистивных и диэлектрических паст?
34. Какие материалы используются в качестве “постоянного связующего” в составе проводниковых, резистивных и диэлектрических паст? Каково назначение “постоянного связующего”?
35. Для чего в состав паст вводят “временное связующее”? Поясните смысл терминов “постоянное связующее” и “временное связующее”, используемых применительно к рецептуре паст для толстопленочной технологии.
36. Что такое “припойные” (паяльные, лудильные) пасты? Для чего и как они применяются в технологии РЭС?
37. Каковы технологические особенности эпитаксии полупроводниковых соединений типа  $\text{Al}_x\text{B}_y\text{V}_z$ ?
38. Опишите процесс газофазной эпитаксии твердых растворов GaAs в вертикальном реакторе.
39. Какие методы применяются в микроэлектронике для обеспечения контактных соединений при монтаже и сборке различных типов интегральных микросхем?
40. Перечислите и охарактеризуйте методы сварки, применяемые при изготовлении гибридных интегральных микросхем.
41. Перечислите и охарактеризуйте методы пайки, применяемые при изготовлении гибридных интегральных микросхем.
42. Опишите метод контактирования элементов гибридных интегральных схем с использованием токопроводящих kleев.
43. Перечислите известные Вам варианты конструктивного оформления гибридных интегральных микросхем и применяемые для их реализации технологические процессы.
44. Как осуществляется контроль герметичности корпусов интегральных микросхем?

### **Вопросы для самопроверки самостоятельной работы**

#### **Общая характеристика микроэлектронной технологии**

- 1.Какие требования существуют к параметрам воздушной среды в технологических помещениях?
- 2.На какие классы чистоты делятся технологические помещения?
- 3.Почему для производства ИМС требуются монокристаллические полупроводники?
- 4.Какую роль выполняют газы в производстве ИМС?
- 5.Как определяется степень чистоты материалов?
- 6.С какой целью в производстве ИМС используется деионизированная вода?

#### **Физико-химические процессы размерной обработки**

- 1.Какие требования предъявляются к подложкам из кремния?
- 2.На какие классы чистоты делятся технологические помещения для проведения операции размерной обработки монокристаллов?
- 3.Почему необходим контроль кристаллографической ориентации слитков для производства ИМС?
- 4.Какие методы полирования полупроводниковых подложек существуют?
- 5.Как определяется толщина нарушенного слоя?

#### **Технология получения эпитаксиальных слоев**

- 1.Какие приборные структуры можно получить с помощью эпитаксии?
- 2.В чем состоит отличие гомогенного механизма зародышеобразования от гетерогенного?

- 3.Какова особенность хлоридного процесса получения эпитаксиальных слоев кремния?
- 4.Какие методы измерения толщины эпитаксиальных слоев существуют?

5.Как определяется концентрация примесей в эпитаксиальном слое

#### **Технология формирования диэлектрических пленок**

- 1.Какие требования предъявляются к подзатворному диэлектрику МДП структур?
- 2.Почему в кремниевых ИМС преимущественно используются диэлектрические пленки на основе двуокиси кремния? Каковы способы их получения.
- 3.В чем заключаются преимущества химических методов осаждения пленок двуокиси кремния?
- 4.Как определяется концентрация пор в пленках двуокиси кремния?

#### **Технология литографических процессов**

- 1.В чем заключается принцип фотолитографии?
- 2.На какие классы чистоты делятся технологические помещения для проведения литографических операции?
- 3.Как определяется щелоче- кислотостойкость фоторезиста?
- 4.Назвать основные методы нанесения фоторезиста
- 5.Зачем нужна двухстадийная сушка фоторезиста?
- 6.Объяснить принцип действия цветного фотошаблона.

#### **Технологии получения легированных слоев методами диффузии и ионной имплантации**

- 1.Какова особенность диффузии из поверхностного источника?
- 2.На какие классы чистоты делятся технологические помещения для проведения процессов легирования?
- 3.Как определяется концентрация примесей в диффузионных и ионнолегированных слоях ?
- 4.Какие требования существуют по точности поддержания температуры в реакторе при диффузии?
- 5.Зачем нужен магнитный сепаратор в установке ионного легирования?
- 6.Как температура подложки влияет на качество ионнолегированного слоя?
- 7.Объяснить распределение примесей при ионном легировании.

#### **Технология получения металлических пленок**

- 1.Какие требования предъявляются к материалам для создания контактов?
- 2.Почему в кремниевых ИМС преимущественно используются металлические пленки на основе алюминия и золота?
- 3.Назвать метод локального нанесения золота?
- 4.Что такое адгезия металлической пленки?
- 5.По каким параметрам контролируют качество металлических пленок?
- 6.Какое максимальное число металлических слоев используется в многоуровневой коммутации?

#### **Технология биполярных интегральных микросхем**

- 1.Объяснить принцип работы биполярного транзистора?
- 2.Какие элементы содержит БИП-ИМС?
- 3.Назвать наиболее простой метод электрической изоляции в технологии БИП-ИМС?
- 4.Назвать минимальное число реализуемых литографических циклов в технологическом процессе БИП-ИМС

#### **Технология монтажа и сборки ИМС**

- 1.Для чего проводится тестирование чипов перед операцией скрайбирования?
- 2.Назвать достоинства и недостатки лазерного скрайбирования.
3. Какие безфлюсовые припои используются для посадки чипов в корпус ИМС?
4. Как осуществляется электрический монтаж с помощью алюминиевой проволоки

#### **Технология герметизации ИМС**

- 1.Назвать основные механизмы отвода тепловой энергии от чипа ИМС.
- 2.Назвать достоинства и недостатки лазерной сварки корпусов ИМС.
- 3.Что такое стеклянная фритта?
- 4.Как осуществляется газонаполнение корпусов ИМС?

6. Как осуществляется проверка на герметичность корпусов ИМС?

## **5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине в ходе текущего контроля (лабораторные работы и практические занятия) применяется **балльно-рейтинговая** система контроля и оценки успеваемости студентов. Шкала оценок и критерии представлены в таблице 6

При оценивании результатов промежуточной аттестации используется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов. Шкала оценок и критерии представлены в таблице 5.

**Таблица 5 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания**

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Критерии оценивания результатов обучения   |   |  |   |
|---|---|--|---|--|---|
|   |   | Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля   | Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля  | Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля  | Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля   |
| ПКС-1. Способен строить простейшие физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | ИПКС-1.1. Применяет принципы и методы построения простейших физических и математических моделей схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения | Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены правовые нормы принятия управленческого решения, непонимание их использования в рамках поставленных целей и задач; неумение делать обобщения, выводы, что препятствует усвоению последующего материала | Фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса; изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала; допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя; затруднения при формулировании результатов и их решений | Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения при управлении проектом. Умеет использовать правовую документацию для определения круга задач. | Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании |
|   | ИПКС-1.2. Строит физические и математические модели узлов и блоков приборов   |  |   |  |   |

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

| Наименование издания  | Количество в библиотеке |
|---|-------------------------|
| 1.Слепченков М. Н, Гребенщиков В.И Твердотельная электроника: Комплекс учебно-метод. материалов.- Н.Новгород, НГТУ, 2006, 216 с.  | 161                     |
| 2.Воротынцев В.М, Перевощиков В.А. Скупов В.Д; Базовые технологии микро- и наноэлектроники: - Учеб. пособие.- Н.Новгород, НГТУ, 2006, 356 с.  | 85                      |
| 3.Садков В.Д., Штернов А.А. Сборник задач по курсу Физические основы микроэлектроники и наноэлектроники. – НГТУ, 2015. Электронный ресурс кафедры КТПП.                                 |                         |
| 4.Садков В.Д., Штернов А.А. Методические указания по лабораторным работам по курсу Физические основы микроэлектроники и наноэлектроники. – НГТУ, 2015. Электронный ресурс кафедры КТПП. |                         |
| 5.Садков В.Д.Физические основы микроэлектроники. - НГТУ, 2013. Электронный ресурс кафедры КТПП.   |                         |
| 6.Садков В.Д.Физические основы микроэлектроники и наноэлектроники. - НГТУ, 2015. Электронный ресурс кафедры КТПП.   |                         |
| 7.Водзинский В.Ю. Современное состояние и перспективы КМОП технологии в производстве СБИС: Учеб. пособие / В.Ю. Водзинский., О.В. Орфанова - Н.Новгород, НГТУ, 2009, 72 с.              | 108                     |
| 8.Барыбин А.А. Физико-технологические основы макро-, микро- и нанотехнологии: Учеб. пособие / А.А. Барыбин, В.И. Томилин, В.И. Шаповалов. – М.: Физматлит, 2011 = 784 с.                | 5                       |
| 9.Садков В.Д. Сборник задач по курсу Физико-химические основы технологии. – НГТУ, 2015. –электронный ресурс кафедры КТПП.   |                         |
| 10.Садков В.Д. Конспект лекций по курсу «Физико-химические основы технологии. – НГТУ, 2015. –электронный ресурс кафедры КТПП.   |                         |
| 11.Садков В.Д.Физико-химические основы технологии ЭС. Пособие по курсу. НГТУ, 2015. - Электронный ресурс кафедры КТПП.  |                         |

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

3. [Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса](http://elib.tolgas.ru/) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Znarium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znarium.com/>. – Загл. с экрана.
5. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/> . - Загл с экрана.
6. *Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам* Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.

## 7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

В таблице 6 приведен перечень доступных в сети университета библиотечных систем.

Таблица 6 - Перечень электронных библиотечных систем

| № | Наименование ЭБС     | Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС                            |
|---|----------------------|---|
| 1 | 2                    | 3   |
| 1 | Консультант студента | <a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a> |
| 2 | Лань                 | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>               |
| 3 | Юрайт                | <a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>         |

В таблице 7 указан перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Таблица 7 - Перечень программного обеспечения

| Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе                            | Программное обеспечение свободного распространения |
|--|--|
| 1  | 2  |
| Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)        | Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)    |
| Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14) | Adobe Acrobat Reader (FreeWare)                    |
| Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)  |  |
| Microsoft Office (лицензия № 43178972)   |  |
| Windows XP лиц. № 65609340   |  |
| Office 2007 лиц. № 43178971  |  |
| Microsoft Windows XP Professional (лицензия № 43178980)  |  |
| MicrosoftOffice 2007 (лицензия № 44804588)   |  |
| Dr. Web (договор № 31704840788 от 20.03.17)  |  |
| КонсультантПлюс (Договор № 28-13/16-313 от 27.12.16)   |  |
| Техэксперт (Договор №100/860 от 22.12.2016 )   |  |

В таблице 8 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ).

Таблица 8 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| № | Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы | Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием |
|---|---|--|
|   |   |  |

|   |  | ссылки/доступ из локальной сети университета)   |
|---|--|---|
| 1 | 2  | 3   |
| 1 | База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ | <a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a> |
| 2 | Справочная правовая система «КонсультантПлюс»    | доступ из локальной сети  |
| 3 | Информационно-справочная система «Техэксперт»    | доступ из локальной сети  |

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 9 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 9- Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

| № | Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ | Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования |
|---|--|---|
| 1 | 2  | 3   |
| 1 | ЭБС «Консультант студента»   | озвучка книг и увеличение шрифта  |
| 2 | ЭБС «Лань»   | специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации  |
| 3 | ЭБС «Юрайт»  | версия для слабовидящих   |

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в таблице 10.

Таблица 10 - Оснащенность аудиторий и помещений для проведения аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине

| № | Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы   | Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы   | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа   |
|---|---|---|--|
| 1 | 1   | 2   | 3  |
| 1 | <b>5315</b><br>учебная аудитория для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; г. Нижний | Комплект демонстрационного оборудования:<br>• ПК, с выходом на внешний монитор, на базе AMD Athlon 2.8 ГГц, 4 Гб ОЗУ, 250 ГБ HDD, монитор 19" – 1 шт.<br>• Телевизор LG 49"- 1 шт;<br>• ПК на базе IntelCoreDuo 2.93 ГГц, 4 Гб ОЗУ, 320 Гб HDD, монитор Samsung 19" – 6 шт. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Microsoft Windows 10 (подписка ИВЦ)</li> <li>Open Office 4.1.1 (свободное ПО, лицензия Apache License 2.0)</li> <li>Adobe Acrobat Reader (FreeWare);</li> <li>7-zip для Windows (свободно распространяемое ПО, лицензия GNU GPL);</li> <li>Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19).</li> <li>T-Flex Cad 3D 17 Университетская лицензия (Договор 136-ПР-ТСН-8-2016 без</li> </ul> |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|   | Новгород, ул. Минина, 28л   |  | ограничения времени)  |
| 1 | <b>5317</b><br>учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; г. Нижний Новгород, ул. Минина, 28л | Комплект демонстрационного оборудования:<br>• ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе AMD Athlon 2.8 ГГц, 4 Гб ОЗУ, 250 Гб HDD, монитор 19" – 1 шт.<br>• Мультимедийный проектор ViewSonic PJD6253 - 1 шт;<br>• Экран – 1 шт.;   | • Microsoft Windows 10 (подписка ИВЦ)<br>• Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655);<br>• Open Office 4.1.1 (свободное ПО, лицензия Apache License 2.0)<br>• Adobe Acrobat Reader (FreeWare);<br>• 7-zip для Windows (свободно распространяемое ПО, лицензия GNU LGPL);<br>• Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19).   |
|   | <b>5319</b><br>учебная аудитория для проведения лабораторных занятий  | Лабораторное оборудование для проведения лабораторных работ по микроэлектронике  | •   |
|   | <b>5320</b><br>компьютерный класс - помещение для проведения лекционных, лабораторных и практических занятий, СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), г. Нижний Новгород, ул. Минина, 28л        | • Проектор Accer – 1шт;<br>• ПК на базе IntelCoreDuo 2.93 ГГц, 8 Гб ОЗУ, 320 Гб HDD, монитор Samsung 19" – 13 шт..<br>ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета | • Microsoft Windows 10 (подписка ИВЦ)<br>• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14);<br>• Microsoft Office (лицензия № 43178972);<br>• Adobe Acrobat Reader (FreeWare);<br>• 7-zip для Windows (свободнораспространяемое ПО, лицензия GNU LGPL);<br>• Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19)<br>• T-Flex Cad 3D 17 Университетская лицензия (Договор 136-ПР-ТЧН-8-2016 без ограничения времени)<br>• Autodesk Inventor Pro 2019 (Лицензия № 564-65693746)<br>• Inventor Nastran in Cad 2019 (Лицензия № 564-02998488)<br>• Autodesk CFD Ultimate 2019 (Лицензия № 564-09028029)<br>• NI AWR Design Environment 13 (Лицензия №476)<br>• ELCUT 6.5 студенческий (свободно распространяемое ПО)<br>• ТРИАНА 2.0 (Демо версия без ограничения времени) |

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий (выбирается из приложения к РПД):

- балльно-рейтинговая технология оценивания (при наличии);
- отчеты по лабораторным работам;
- работа на практических занятиях;
- результаты тестов.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценку успеваемости студентов.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии за набранными за семестр баллами. Студентам, набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных занятий, по решению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

### **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

### **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

### **10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

**11.1.1. Типовые задания к практическим (семинарским) занятиям**

**. Общая характеристика микроэлектронной технологии**

- 1.Какие требования существуют к параметрам воздушной среды в технологических помещениях?
- 2.На какие классы чистоты делятся технологические помещения?
- 3.Почему для производства ИМС требуются монокристаллические полупроводники?
- 4.Какую роль выполняют газы в производстве ИМС?
- 5.Как определяется степень чистоты материалов?
- 6.С какой целью в производстве ИМС используется деионизированная вода?

**Физико-химические процессы размерной обработки**

- 1.Какие требования предъявляются к подложкам из кремния?
- 2.На какие классы чистоты делятся технологические помещения для проведения операции размерной обработки монокристаллов?
- 3.Почему необходим контроль кристаллографической ориентации слитков для производства ИМС?
- 4.Какие методы полирования полупроводниковых подложек существуют?
- 5.Как определяется толщина нарушенного слоя?

**Технология получения эпитаксиальных слоев**

- 1.Какие приборные структуры можно получить с помощью эпитаксии?
- 2.В чем состоит отличие гомогенного механизма зародышеобразования от гетерогенного?
- 3.Какова особенность хлоридного процесса получения эпитаксиальных слоев кремния?
- 4.Какие методы измерения толщины эпитаксиальных слоев существуют?
- 5.Как определяется концентрация примесей в эпитаксиальном слое

**Технология формирования диэлектрических пленок**

- 1.Какие требования предъявляются к подзатворному диэлектрику МДП структур?
- 2.Почему в кремниевых ИМС преимущественно используются диэлектрические пленки на основе двуокиси кремния? Каковы способы их получения.
- 3.В чем заключаются преимущества химических методов осаждения пленок двуокиси кремния?
- 4.Как определяется концентрация пор в пленках двуокиси кремния?

**Технология литографических процессов**

- 1.В чем заключается принцип фотолитографии?
- 2.На какие классы чистоты делятся технологические помещения для проведения литографических операций?
- 3.Как определяется щелоче- кислотостойкость фоторезиста?
- 4.Назвать основные методы нанесения фоторезиста
- 5.Зачем нужна двухстадийная сушка фоторезиста?
- 6.Объяснить принцип действия цветного фотошаблона.

**Технология получения легированных слоев методами диффузии и ионной имплантации**

- 1.Какова особенность диффузии из поверхностного источника?
- 2.На какие классы чистоты делятся технологические помещения для проведения процессов легирования?
- 3.Как определяется концентрация примесей в диффузионных и ионнолегированных слоях?
- 4.Какие требования существуют по точности поддержания температуры в реакторе при диффузии?
- 5.Зачем нужен магнитный сепаратор в установке ионного легирования?

6. Как температура подложки влияет на качество ионнолегированного слоя?
7. Объяснить распределение примесей при ионном легировании.

#### **Технология получения металлических пленок**

1. Какие требования предъявляются к материалам для создания контактов?
2. Почему в кремниевых ИМС преимущественно используются металлические пленки на основе алюминия и золота?
3. Назвать метод локального нанесения золота?
4. Что такое адгезия металлической пленки?
5. По каким параметрам контролируют качество металлических пленок?
6. Какое максимальное число металлических слоев используется в многоуровневой коммутации?

#### **Технология биполярных интегральных микросхем**

1. Объяснить принцип работы биполярного транзистора?
2. Какие элементы содержит БИП-ИМС?
3. Назвать наиболее простой метод электрической изоляции в технологии БИП-ИМС?
4. Назвать минимальное число реализуемых литографических циклов в технологическом процессе БИП-ИМС

#### **Технология монтажа и сборки ИМС**

1. Для чего проводится тестирование чипов перед операцией скрайбирования?
2. Назвать достоинства и недостатки лазерного скрайбирования.
3. Какие безфлюсовые припои используются для посадки чипов в корпус ИМС?
4. Как осуществляется электрический монтаж с помощью алюминиевой проволоки

#### **Технология герметизации ИМС**

1. Назвать основные механизмы отвода тепловой энергии от чипа ИМС.
2. Назвать достоинства и недостатки лазерной сварки корпусов ИМС.
3. Что такое стеклянная фритта?
4. Как осуществляется газонаполнение корпусов ИМС?
6. Как осуществляется проверка на герметичность корпусов ИМС?

### **11.1.2. Типовые вопросы для лабораторных работ**

1. Что такое  $p-n$  переход? Как образуется область пространственного заряда (ОПЗ)  $p-n$  перехода.
2. Плавный и ступенчатый  $p-n$  переход? Изобразите график распределения концентрации примеси в плавном и ступенчатом  $p-n$  переходе.
3. Что такое градиент концентрации примеси в  $p-n$  переходе? Изобразите графически распределение примеси в двух  $p-n$  переходах с различным градиентом концентрации.
4. Что такое контактная разность потенциалов и как она определяется в работе?
5. Обратный ток насыщения  $p-n$  перехода и как он образуется?
6. Какими носителями и в результате каких процессов образуется прямой и обратный токи  $p-n$  перехода. Что такое диффузионный и дрейфовый токи?
7. Пробой  $p-n$  перехода? Какие виды пробоя существуют?
8. Объясните физические процессы, протекающие при лавинном пробое. Чем определяется величина напряжения пробоя для плавного и ступенчатого  $p-n$  переходов?
9. Барьерная ёмкость  $p-n$  перехода, как она возникает? Как барьерная ёмкость  $p-n$  перехода зависит от приложенного напряжения, чем это объясняется?
4. Подвижность носителей заряда и как она меняется с изменением температуры?
5. Какие процессы обуславливают обратный ток  $p-n$  перехода? Объясните характер и причину изменения обратного тока  $p-n$  перехода при нагреве.
6. Каков характер зависимости прямого напряжения на  $p-n$  переходе от температуры? Причина изменения прямого напряжения на  $p-n$  переходе?

### **11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по**

## **дисциплине**

### **Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету 4 семестр**

1. Кристаллическая решетка. Индексы Миллера, дефекты структуры, дисперсионная кривая, эффективная масса.
2. Особенности дисперсионной кривой для реальных кристаллов, примеры использования при создании элементной базы.
3. Зонная диаграмма твердого тела. Примесные уровни, уровень Ферми, функции распределения, условие невырожденности.
4. Концентрация носителей заряда в полупроводниках, уравнение электронейтральности.
5. Вырожденные и невырожденные системы, примеры. Закон действующих масс.
6. Равновесное и неравновесное состояние системы, генерация и рекомбинация, высокий и низкий уровень возбуждения.
7. Электрофизические характеристики материалов, примеры их влияния на характеристики полупроводниковых приборов.
8. Тепловые колебания решетки. Нормальные колебания, акустические, оптические колебания, температура Дебая.
9. Электропроводность твердых тел. Зависимость от температуры, концентрации примесей, напряженности электрического поля.
10. Электропроводность в сильных электрических полях, электрический пробой материала.
11. Сверхпроводимость. Механизм возникновения, сверхпроводимость тонких пленок.
12. Общая характеристика контактов и контактных явлений, технологические методы создания контактов.
13. Диффузионные методы создания локальных областей с заданным типом проводимости.
14. Полупроводниковые диоды. Нелинейность вольтамперной характеристики, емкость прибора, сопротивление базы.
15. Полупроводниковые диоды. Обратный ток, пробой перехода.
16. Особенности туннельных диодов.
17. Гетеропереходы, особенности структуры. Зонные диаграммы, возможные области применения.
18. Контакт металл - полупроводник, виды контактов, вольтамперные характеристики.
19. Биполярные транзисторы. Принцип работы, типы приборов, усиление тока и мощности.
20. Биполярные транзисторы. Схема ОБ, зонные диаграммы. Входные и выходные характеристики.
21. Биполярные транзисторы. Схема ОЭ, усиление тока, входные и выходные характеристики.
22. Биполярные транзисторы. Распределение носителей в базе, инжекция и пролег через базу, коэффициент переноса.
23. Биполярные транзисторы, влияние уровня инжекции на коэффициент усиления.
24. Биполярные транзисторы. Особенности дрейфовых транзисторов. Роль электрического поля в базе. [
25. Физические процессы в приповерхностных слоях, поверхностная рекомбинация, приповерхностная проводимость.
26. МДП-структуры, приповерхностный пространственный заряд, емкость структуры, эффект поля.
27. Полевые транзисторы, типы приборов, принципы функционирования, основные характеристики, частотные свойства.
28. Фотопроводимость. Механизмы поглощения оптического излучения твердым телом, коэффициент поглощения, оптическая генерация свободных носителей.
29. Принцип работы фотодиодов, основные характеристики, режимы эксплуатации.
30. Оптическое излучение твердых тел, электролюминесценция, принцип работы полупроводниковых источников света.

### **Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену 5 семестр**

1. Что такое “вакуумная гигиена” и какие категории производственных помещений необходимо использовать при изготовлении интегральных микросхем?
2. Как осуществляется контроль качества дейонизированной воды?

3. Какие основные способы очистки подложек применяют в микроэлектронике?
4. Что представляет собой метод сухой очистки поверхности подложек
5. Как проявляется анизотропия полупроводниковых материалов
6. Почему при измельчении материалов изменяются их физико-химические свойства?
7. Адсорбция. Виды адсорбции. Как адсорбция зависит от температуры Адгезия.
8. Виды адгезии и факторы, оказывающие на нее влияние.
9. Перечислите основные технологические процессы, применяемые для изготовления полупроводниковых интегральных микросхем.
10. Какие методы получения слоев двуокиси кремния Вам известны? Охарактеризуйте качество слоев двуокиси кремния в зависимости от метода их получения.
11. В каком диапазоне температур возможно получение слоев двуокиси кремния методом термического окисления?
12. Что такое метод эпитаксии и для чего он применяется в микроэлектронике? Как классифицируются эпитаксиальные процессы?
13. Охарактеризуйте и сравните хлоридный и хлоридно-гидридный методы эпитаксии кремния.
14. Каково назначение метода диффузионного легирования в микроэлектронике? Как распределяется примесь по глубине образца при диффузионном легировании?
15. С помощью какого технологического параметра управляют скоростью процесса диффузии примеси в полупроводнике?
16. Что такое "загонка" и "разгонка" примеси? Каково назначение этих стадий при двухстадийном введении примеси в полупроводник?
17. Что такое ионная имплантация (ионное легирование)? Для чего в микроэлектронике применяется данный метод?
18. Какую энергию необходимо сообщить ионам примеси, используемым в процессе ионной имплантации?
19. Какие основные методы получения тонких пленок и покрытий Вам известны?
20. Каковы основные особенности нанесения тонких пленок методом термического испарения в вакууме?
21. В чем заключается сложность получения пленок тугоплавких металлов и сплавов?
22. Опишите кинетику процесса конденсации тонкой пленки на подложке.
23. Перечислите и сравните известные Вам разновидности процесса ионного распыления.
24. Какими методами измеряют и контролируют толщину и скорость напыления проводниковых, диэлектрических и полупроводниковых тонких пленок?
25. Какие способы применяются для получения рисунка тонкопленочных элементов?
26. Что такое метод съемной (свободной) маски? Какими способами получают прецизионные маски? Каковы топологические ограничения применения этого метода?
27. Что такое метод контактной (растворимой) маски? Как подбираются материалы для формирования контактных масок?
28. Каково назначение процесса фотолитографии в микроэлектронике? Для чего фотолитография применяется в тонкопленочной, толстопленочной и полупроводниковой технологиях?
29. Какому диапазону длин волн соответствует излучение, используемое в фотолитографических процессах?
30. За счет чего достигается повышение разрешающей способности литографических процессов при переходе от фотолитографии к электронолитографии и рентгенолитографии?
31. Что такое "толстопленочная технология"? Каковы основные критерии, разделяющие "тонкие" и "толстые" пленки в микроэлектронике?
32. Как классифицируются пасты, применяемые в толстопленочной технологии?
33. Какие основные составляющие паст для толстопленочной технологии Вам известны? Что представляет собой "функциональный материал" в составе проводниковых, резистивных и диэлектрических паст?

34. Какие материалы используются в качестве “постоянного связующего” в составе проводниковых, резистивных и диэлектрических паст? Каково назначение “постоянного связующего”?
35. Для чего в состав паст вводят “временное связующее”? Поясните смысл терминов “постоянное связующее” и “временное связующее”, используемых применительно к рецептуре паст для толстопленочной технологии.
36. Что такое “припойные” (паяльные, лудильные) пасты? Для чего и как они применяются в технологии РЭС?
37. Каковы технологические особенности эпитаксии полупроводниковых соединений типа  $\text{Al}_x\text{B}_y$ ?
38. Опишите процесс газофазной эпитаксии твердых растворов GaAs в вертикальном реакторе.
39. Какие методы применяются в микроэлектронике для обеспечения контактных соединений при монтаже и сборке различных типов интегральных микросхем?
40. Перечислите и охарактеризуйте методы сварки, применяемые при изготовлении гибридных интегральных микросхем.
41. Перечислите и охарактеризуйте методы пайки, применяемые при изготовлении гибридных интегральных микросхем.
42. Опишите метод контактирования элементов гибридных интегральных схем с использованием токопроводящих kleев.
43. Перечислите известные Вам варианты конструктивного оформления гибридных интегральных микросхем и применяемые для их реализации технологические процессы.
44. Как осуществляется контроль герметичности корпусов интегральных микросхем?

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института ИРИТ:  
Мякиньков А.В.  
подпись \_\_\_\_\_ ФИО  
“ \_\_\_\_\_ ” 2021 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины<sup>22</sup>**  
**«Б1.В.Од.4-Физико-химические основы конструирования электронных средств»**  
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров

Направление: 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

Направленность: Конструирование и технология электронных устройств

Форма обучения \_\_ очная

Год начала подготовки: 2021

Курс 2, 3

Семестр 4, 5

<sup>23</sup> а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20\_\_ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

- 1) .....;
- 2) .....;
- 3) .....

Разработчик (и): Садков В.Д., к.т.н., доцент \_\_\_\_\_  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«\_\_» 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры КТПП

протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_»

2021 г.

Заведующий кафедрой КТПП С.Л. Моругин \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой КТПП \_\_\_\_\_ «\_\_» 2021 г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» 2021 г.

<sup>22</sup> Рабочая программа дисциплины актуализируется ежегодно перед началом нового учебного года.

<sup>23</sup> Разработчик выбирает один из представленных вариантов

**РЕЦЕНЗИЯ**  
**на рабочую программу дисциплины**  
**Б1.В.ОД.4 «Физико-химические основы конструирования электронных средств»**  
**ОП ВО по направлению 11.03.03- Конструирование и технология электронных**  
**средств**  
**направленность «Конструирование и технология электронных устройств»**  
**квалификация выпускника – бакалавр**

Рындыка Александра Георгиевича, заведующего кафедрой Информационные радиосистемы, НГТУ им. Р.Е. Алексеева, (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Физико-химические основы конструирования электронных средств» ОП ВО по направлению 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств, направленность: Конструирование и технология электронных средств (уровень обучения бакалавр) разработанной в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», на кафедре КТПП, разработчик – Садков В.Д., к.т.н., доцент.

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

Программа соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОП ВО несомненна – дисциплина является обязательной в базовой части учебного цикла – Б1.В. ОД4.

Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств.

В соответствии с Программой за дисциплиной «Физико-химические основы конструирования электронных средств» закреплена компетенция ПКС-1. Дисциплина и представленная Программа способны реализовать их в объявленных требованиях.

Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

Общая трудоёмкость дисциплины «Физико-химические основы конструирования электронных средств» составляет 7 зачётных единицы (252 часа). Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Физико-химические основы конструирования электронных средств» взаимосвязана с другими дисциплинами ОП ВО и Учебного плана по направлению 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств.

Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в дискуссиях,

работа над домашним заданием и аудиторных заданиях, защита отчетов по лабораторным работам), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма итогового промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена что соответствует статусу дисциплины, как обязательной дисциплины вариативной части учебного цикла – Б1.В.ОД. ФГОС ВО 3++ направления 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств.

Нормы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – источник (базовое учебное пособие), дополнительной литературой, источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств.

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Физико-химические основы конструирования электронных средств» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Физико-химические основы конструирования электронных средств».

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Физико-химические основы конструирования электронных средств» ОП ВО по направлению 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств, направленность «Конструирование и технология электронных средств» (квалификация выпускника – бакалавр) соответствует требованиям ФГОС ВО 3++, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Рындык А.Г., зав. кафедрой «Информационные радиосистемы», НГТУ,  
д.т.н.

« 26» мая 2021 г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)