

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 09.07.2023 20:53:25

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)

## Основы проектирования электронной компонентной базы. Пакеты прикладных программ

Закреплена за подразделением

Кафедра ППЭ и ФПП

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180

Формы контроля в семестрах:  
экзамен 7

в том числе:

аудиторные занятия 68

самостоятельная работа 58

часов на контроль 54

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | 7 (4.1) |     | Итого |     |
|---|---------|-----|-------|-----|
|   | УП      | РП  |       |     |
| Неделя                                    | 18      |     |       |     |
| Вид занятий                               | УП      | РП  | УП    | РП  |
| Лекции                                    | 34      | 34  | 34    | 34  |
| Лабораторные                              | 17      | 17  | 17    | 17  |
| Практические                              | 17      | 17  | 17    | 17  |
| Итого ауд.                                | 68      | 68  | 68    | 68  |
| Контактная работа                         | 68      | 68  | 68    | 68  |
| Сам. работа                               | 58      | 58  | 58    | 58  |
| Часы на контроль                          | 54      | 54  | 54    | 54  |
| Итого                                     | 180     | 180 | 180   | 180 |

Программу составил(и):

*к.тн, доцент, Леготин Сергей Александрович*

Рабочая программа

**Основы проектирования электронной компонентной базы. Пакеты прикладных программ**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 02.04.2015 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра ППЭ и ФПП**

Протокол от 21.06.2022 г., №11

Руководитель подразделения Диденко Сергей Иванович

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

|     |  |
|-----|--|
| 1.1 | Целью освоения дисциплины является формирование у студентов компетенций в соответствие с учебным планом:   |
| 1.2 | изучение основ конструирования и расчета параметров элементов интегральных микросхем (ИМС); разработки топологии ИМС, расчета конструкций элементов ИМС; автоматизации проектирования ИМС. |

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|            |   |      |
|------------|---|------|
| Блок ОП:   |   | Б1.В |
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>  |      |
| 2.1.1      | Биполярные полупроводниковые приборы  |      |
| 2.1.2      | Квантовая и оптическая электроника  |      |
| 2.1.3      | Материаловедение полупроводников и диэлектриков   |      |
| 2.1.4      | Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности                  |      |
| 2.1.5      | Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности                  |      |
| 2.1.6      | Технология материалов электронной техники   |      |
| 2.1.7      | Физика диэлектриков   |      |
| 2.1.8      | Физика конденсированного состояния  |      |
| 2.1.9      | Физика магнитных явлений  |      |
| 2.1.10     | Метрология, стандартизация и технические измерения в магнитоэлектронике   |      |
| 2.1.11     | Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике                                    |      |
| 2.1.12     | Статистическая физика   |      |
| 2.1.13     | Физические свойства кристаллов  |      |
| 2.1.14     | Электроника   |      |
| 2.1.15     | Математическая статистика и анализ данных   |      |
| 2.1.16     | Методы математической физики  |      |
| 2.1.17     | Основы квантовой механики   |      |
| 2.1.18     | Практическая кристаллография  |      |
| 2.1.19     | Физика  |      |
| 2.1.20     | Физическая химия  |      |
| 2.1.21     | Электротехника  |      |
| 2.1.22     | Математика  |      |
| 2.1.23     | Органическая химия  |      |
| 2.1.24     | Информатика   |      |
| 2.1.25     | Химия   |      |
| 2.1.26     | Инженерная и компьютерная графика   |      |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |      |
| 2.2.1      | Вакуумная и плазменная электроника  |      |
| 2.2.2      | Квантоворазмерные структуры в наноэлектронике   |      |
| 2.2.3      | Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики                          |      |
| 2.2.4      | Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники                                      |      |
| 2.2.5      | Основы радиационной стойкости изделий электронной техники   |      |
| 2.2.6      | Основы технологии электронной компонентной базы   |      |
| 2.2.7      | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |      |
| 2.2.8      | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы  |      |
| 2.2.9      | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы   |      |
| 2.2.10     | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы   |      |
| 2.2.11     | Процессы вакуумной и плазменной электроники   |      |
| 2.2.12     | Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики   |      |
| 2.2.13     | Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом  |      |
| 2.2.14     | Элементы и устройства магнитоэлектроники  |      |

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

|  |
|--|
| <b>ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники</b>  |
| <b>Знать:</b>  |
| ПК-4-31 Современные специализированные САПР.   |
| <b>ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</b> |
| <b>Знать:</b>  |
| ОПК-4-31 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий, поиск информационных источников  |
| <b>ПК-2: Способность контролировать соблюдение режимов технологических операций, процессов производства изделий микроэлектроники</b>   |
| <b>Знать:</b>  |
| ПК-2-32 Методы уменьшения влияния технологических факторов, вызывающих погрешности изготовления изделий микроэлектроники.  |
| ПК-2-31 Технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления изделий микроэлектроники.   |
| <b>ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области</b>   |
| <b>Знать:</b>  |
| ОПК-2-31 Знать основные приемы обработки и представления полученных экспериментальных данных   |
| <b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач</b>  |
| <b>Знать:</b>  |
| УК-1-31 Знать методы для анализ и синтез информации при проектировании ЭКБ   |
| <b>Уметь:</b>  |
| УК-1-У1 Уметь осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для проектирования электронной компонентной базы  |
| <b>ПК-2: Способность контролировать соблюдение режимов технологических операций, процессов производства изделий микроэлектроники</b>   |
| <b>Уметь:</b>  |
| ПК-2-У1 Оперативно решать технологические проблемы в процессе производства изделий микроэлектроники.   |
| ПК-2-У2 Использовать стандартные компьютерные программы для обработки статистических данных.   |
| <b>ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области</b>   |
| <b>Уметь:</b>  |
| ОПК-2-У1 Уметь проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проектирования электронной компонентной базы   |
| <b>ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники</b>  |
| <b>Уметь:</b>  |
| ПК-4-У1 Работать на персональном компьютере на уровне уверенного пользователя, применять специализированное программное обеспечение.   |
| <b>ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</b> |
| <b>Уметь:</b>  |
| ОПК-4-У1 Понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для проектирования электронной компонентной базы   |
| <b>ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники</b>  |

|  |
|--|
| <b>Владеть:</b>  |
| ПК-4-В1 Навыками проектирования изделий электронной техники в специализированном САПР.   |
| <b>ПК-2: Способность контролировать соблюдение режимов технологических операций, процессов производства изделий микроэлектроники</b>   |
| <b>Владеть:</b>  |
| ПК-2-В1 Методами выявления причин брака в изготовлении изделий микроэлектроники.   |
| <b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач</b>  |
| <b>Владеть:</b>  |
| УК-1-В1 Владеть аналитическими и экспериментальными методами анализа параметров ЭКБ  |
| <b>ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области</b>   |
| <b>Владеть:</b>  |
| ОПК-2-В1 Владеть методами моделирования ЭКБ  |
| <b>ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</b> |
| <b>Владеть:</b>  |
| ОПК-4-В1 Методами решения задач по проектированию ЭКБ  |

#### 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. Спецификация СБИС. Классификация САПР. Этапы маршрута проектирования</b>       |                |       |                                    |   |            |    |                    |
| 1.1         | Принципы сквозного проектирования элементов интегральных микросхем, часть 1 /Лек/           | 7              | 1     | УК-1-У1 ОПК-4-31 ПК-2-31 ПК-2-32   | Л1.3 Л1.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1<br>Л1.1Л2.1<br>Э1 Э2 Э3                      | -          |    |                    |
| 1.2         | Классификация СБИС, часть 1 /Лек/   | 7              | 1     | УК-1-У1 ОПК-4-У1 ПК-2-32           | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | -          |    |                    |
| 1.3         | Подготовка и защита домашнего задания №1 /Ср/   | 7              | 5     | УК-1-У1 ОПК-4-У1 ПК-2-32           | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3                      | -          |    | Р1                 |
| 1.4         | Маршрут проектирования СБИС, СНК, часть 1 /Лек/   | 7              | 1     | ПК-4-31 ПК-4-В1                    | Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э1 Э2 Э3  | -          |    |                    |
| 1.5         | Нисходящий и восходящий маршруты проектирования, часть 1 /Лек/                              | 7              | 1     | ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1            | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.4Л1.1<br>Э1 Э2 Э3                                   | -          |    |                    |
| 1.6         | Особенности сквозного проектирования элементов нанoeлектронных схем и систем, часть 1 /Лек/ | 7              | 1     | УК-1-У1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 | Л1.1<br>Л1.4Л1.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3  | -          |    |                    |

|      |   |   |   |  |   |   |  |  |
|------|---|---|---|--|---|---|--|--|
| 1.7  | Маршрут проектирования СБИС, СНК, часть 2 /Лек/   | 7 | 1 | ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1                          | Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э1 Э2 Э3              | - |  |  |
| 1.8  | Особенности сквозного проектирования элементов наноэлектронных схем и систем, часть 2 /Лек/ | 7 | 1 | ОПК-4-У1<br>ОПК-4-В1 ПК-2-У1 ПК-2-У2<br>ПК-2-В1          | Л1.2<br>Л1.3Л1.1<br>Э1 Э2 Э3              | - |  |  |
| 1.9  | Нисходящий и восходящий маршруты проектирования, часть 2 /Лек/                              | 7 | 1 | УК-1-31 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-4-У1                       | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.4Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 1.10 | Принципы сквозного проектирования элементов интегральных микросхем, часть 2 /Лек/           | 7 | 1 | ОПК-4-31<br>ОПК-4-У1                                     | Л1.1<br>Л1.3Л1.1<br>Э1 Э2 Э3              | - |  |  |
| 1.11 | Принципы сквозного проектирования элементов интегральных микросхем, часть 3 /Лек/           | 7 | 1 | ОПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-4-У1                                 | Л1.1<br>Л1.3Л1.1<br>Э1 Э2 Э3              | - |  |  |
| 1.12 | Принципы сквозного проектирования элементов интегральных микросхем, часть 4 /Лек/           | 7 | 1 | УК-1-31 УК-1-У1  | Л1.1<br>Л1.3Л1.1<br>Э1 Э2 Э3              | - |  |  |
| 1.13 | Маршрут проектирования СБИС, СНК, часть 3 /Лек/   | 7 | 1 | ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1                                  | Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э1 Э3                 | - |  |  |
| 1.14 | Маршрут проектирования СБИС, СНК, часть 4 /Лек/   | 7 | 1 | ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1                                  | Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э1 Э2 Э3              | - |  |  |
| 1.15 | Нисходящий и восходящий маршруты проектирования, часть 3 /Лек/                              | 7 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-У1<br>ОПК-4-У1<br>ОПК-4-В1             | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.4Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 1.16 | Нисходящий и восходящий маршруты проектирования, часть 4 /Лек/                              | 7 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-У1<br>ОПК-4-31<br>ОПК-4-У1<br>ОПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.4Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 1.17 | Особенности сквозного проектирования элементов наноэлектронных схем и систем, часть 3 /Лек/ | 7 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-У1<br>ОПК-4-У1<br>ОПК-4-В1             | Л1.2<br>Л1.3Л1.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3      | - |  |  |
| 1.18 | Особенности сквозного проектирования элементов наноэлектронных схем и систем, часть 4 /Лек/ | 7 | 1 | УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-2-В1 ПК-2-31                         | Л1.2<br>Л1.3Л1.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3      | - |  |  |
| 1.19 | Классификация СБИС, часть 2 /Лек/   | 7 | 1 | УК-1-У1 ОПК-2-В1   | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.4Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 1.20 | Классификация СБИС, часть 3 /Лек/   | 7 | 1 | УК-1-У1 ПК-4-31  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.4Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 1.21 | Классификация СБИС, часть 4 /Лек/   | 7 | 1 | УК-1-У1 ПК-2-31  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.4Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 1.22 | Особенности сквозного проектирования элементов наноэлектронных схем и систем, часть 5 /Лек/ | 7 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-4-В1                                     | Л1.2<br>Л1.3Л1.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3      | - |  |  |

|      |   |   |   |                                 |   |   |  |  |
|------|---|---|---|---------------------------------|---|---|--|--|
| 1.23 | Принципы сквозного проектирования элементов интегральных микросхем, часть 5 /Лек/   | 7 | 1 | ОПК-4-У1 ПК-2-32 ПК-4-31        | Л1.1<br>Л1.3Л1.1<br>Э1 Э2 Э3                                | - |  |  |
|      | <b>Раздел 2. Электрические характеристики ИМС. Принципы построения логических схем. Логическое проектирование комбинационных схем. Топологическое проектирование.</b>   |   |   |                                 |   |   |  |  |
| 2.1  | Выполнение и защита домашнего задания № 2 /Ср/  | 7 | 9 | ПК-4-31 ПК-4-В1                 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1<br>Э2                         | - |  |  |
| 2.2  | Основы топологического проектирования. Проектирование топологии элементов. Принципы топологического лямбда-проектирования. Автоматизация проектирования топологии. Анализ электрических характеристик ИМС с помощью программы PSpICE, часть 1 /Лек/ | 7 | 1 | ОПК-4-У1 ПК-2-31 ПК-2-32        | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.3  | Расчет резисторов прямоугольной формы /Пр/  | 7 | 1 | ПК-4-31 ПК-4-В1                 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1<br>Э1                         | - |  |  |
| 2.4  | Исследование нагрузочных характеристик в n-МДП-ключаях с разными типами нагрузок. Проектирование топологии n-МДП-ключей, часть 1 /Пр/   | 7 | 1 | ПК-2-32 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3                   | - |  |  |
| 2.5  | Проектирование топологии КМДП-вентилей, выполнение, часть 1 /Лаб/   | 7 | 1 | ПК-2-32 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3                   | - |  |  |
| 2.6  | Топологическое проектирование интегральных микро- и наноразмерных схем с учетом межсоединений, часть 1 /Пр/   | 7 | 1 | ПК-2-32 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3                   | - |  |  |
| 2.7  | Основы топологического проектирования. Проектирование топологии элементов. Принципы топологического лямбда-проектирования. Автоматизация проектирования топологии. Анализ электрических характеристик ИМС с помощью программы PSpICE, часть 2 /Лек/ | 7 | 1 | ОПК-4-31<br>ОПК-4-У1            | Л1.1<br>Л1.3Л1.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3                        | - |  |  |

|      |  |   |   |                                    |   |   |  |  |
|------|--|---|---|------------------------------------|---|---|--|--|
| 2.8  | Основы топологического проектирования.<br>Проектирование топологии элементов.<br>Принципы топологического лямбда-проектирования.<br>Автоматизация проектирования топологии.<br>Анализ электрических характеристик ИМС с помощью программы PSpICE, часть 3<br>/Лек/ | 7 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-4-В1               | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2            | - |  |  |
| 2.9  | Основы топологического проектирования.<br>Проектирование топологии элементов.<br>Принципы топологического лямбда-проектирования.<br>Автоматизация проектирования топологии.<br>Анализ электрических характеристик ИМС с помощью программы PSpICE, часть 4<br>/Лек/ | 7 | 1 | ОПК-2-31<br>ОПК-2-У1               | Л1.1<br>Л1.3Л1.1<br>Э1 Э2 Э3              | - |  |  |
| 2.10 | Расчет резистора типа "меандр" /Пр/  | 7 | 1 | ПК-4-31 ПК-4-В1                    | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2            | - |  |  |
| 2.11 | Расчет резистора замкнутой формы /Пр/  | 7 | 1 | ПК-4-31 ПК-4-В1                    | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2            | - |  |  |
| 2.12 | Расчет дискретно-подгоняемого резистора /Пр/   | 7 | 1 | ПК-4-31 ПК-4-В1                    | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2            | - |  |  |
| 2.13 | Расчет резисторов с плавной подгонкой /Пр/   | 7 | 1 | ПК-4-31 ПК-4-В1                    | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э3                 | - |  |  |
| 2.14 | Выбор интегральной области резистора /Пр/  | 7 | 1 | ПК-4-31 ПК-4-В1                    | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Э1 Э2                 | - |  |  |
| 2.15 | Исследование нагрузочных характеристик в n-МДП-ключках с разными типами нагрузок. Проектирование топологии n-МДП-ключей, часть 2 /Пр/  | 7 | 1 | ПК-2-32 ПК-4-31 ПК-4-У1<br>ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.16 | Исследование нагрузочных характеристик в р-МДП-ключках с разными типами нагрузок. Проектирование топологии р-МДП-ключей, часть 1 /Пр/  | 7 | 1 | ПК-2-32 ПК-4-31 ПК-4-У1<br>ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.17 | Исследование нагрузочных характеристик в р-МДП-ключках с разными типами нагрузок. Проектирование топологии р-МДП-ключей, часть 2 /Пр/  | 7 | 1 | ПК-2-32 ПК-4-31 ПК-4-У1<br>ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.18 | Проектирование топологии КМДП-вентилей, выполнение, часть 2 /Лаб/  | 7 | 1 | ПК-2-32 ПК-4-31 ПК-4-У1<br>ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | - |  |  |



|      |  |   |   |                                 |                                  |   |  |  |
|------|--|---|---|---------------------------------|----------------------------------|---|--|--|
| 2.19 | Проектирование топологии КМДП-вентилей, выполнение, часть 3 /Лаб/  | 7 | 1 | ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.20 | Проектирование топологии КМДП-вентилей, оформление отчета, часть 1 /Лаб/                                     | 7 | 1 | ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.21 | Проектирование топологии КМДП-вентилей, оформление отчета, часть 2 /Лаб/                                     | 7 | 1 | ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.22 | Проектирование топологии КМДП-вентилей, выполнение, часть 4 /Лаб/  | 7 | 1 | ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.23 | Проектирование топологии КМДП-вентилей, защита работа, часть 1 /Лаб/   | 7 | 1 | ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.24 | Проектирование топологии КМДП-вентилей, защита работа, часть 2 /Лаб/   | 7 | 1 | ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.25 | Топологическое проектирование интегральных микро- и наноразмерных схем с учетом межсоединений, часть 2 /Пр/  | 7 | 1 | ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.26 | Топологическое проектирование интегральных микро- и наноразмерных схем с учетом межсоединений, часть 3 /Пр/  | 7 | 1 | ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.27 | Топологическое проектирование интегральных микро- и наноразмерных схем без учета межсоединений, часть 1 /Пр/ | 7 | 1 | ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.28 | Топологическое проектирование интегральных микро- и наноразмерных схем с учетом межсоединений, часть 4 /Пр/  | 7 | 1 | ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.29 | Топологическое проектирование интегральных микро- и наноразмерных схем без учета межсоединений, часть 2 /Пр/ | 7 | 1 | ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 2.30 | Топологическое проектирование интегральных микро- и наноразмерных схем без учета межсоединений, часть 3 /Пр/ | 7 | 1 | ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
|      | <b>Раздел 3. Системы физико-технологического моделирования</b>   |   |   |                                 |                                  |   |  |  |

|     |  |   |    |   |  |   |  |  |
|-----|--|---|----|---|--|---|--|--|
| 3.1 | Системы физико-технологического моделирования. Принципы сквозного приборно-технологического моделирования. Примеры программного обеспечения. Пакет программ TCAD: состав и функциональные возможности. Базовые модели, часть 1 /Лек/ | 7 | 1  | ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1                         | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 3.2 | Физико-технологическое проектирование элемента изделия электронной техники в САПР, выполнение, часть 1 /Лаб/   | 7 | 1  | ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1   | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э3                            | - |  |  |
| 3.3 | Подготовка и защита домашнего задания №2 /Ср/  | 7 | 10 | ПК-4-В1   | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Э1 Э2 Э3         | - |  |  |
| 3.4 | Подготовка к контрольной работе №1 /Ср/  | 7 | 10 | ПК-4-31 ПК-4-В1   | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1<br>Э3       | - |  |  |
| 3.5 | Написание контрольной работы №1 /Ср/   | 7 | 2  | ПК-4-31 ПК-4-В1   | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э3                            | - |  |  |
| 3.6 | Системы физико-технологического моделирования. Принципы сквозного приборно-технологического моделирования. Примеры программного обеспечения. Пакет программ TCAD: состав и функциональные возможности. Базовые модели, часть 2 /Лек/ | 7 | 1  | ОПК-4-31<br>ОПК-4-У1<br>ОПК-4-В1  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.4Л2.1<br>Э1 Э2 Э3              | - |  |  |
| 3.7 | Системы физико-технологического моделирования. Принципы сквозного приборно-технологического моделирования. Примеры программного обеспечения. Пакет программ TCAD: состав и функциональные возможности. Базовые модели, часть 3 /Лек/ | 7 | 1  | УК-1-31 УК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.4Л2.1<br>Э1 Э2 Э3              | - |  |  |
| 3.8 | Системы физико-технологического моделирования. Принципы сквозного приборно-технологического моделирования. Примеры программного обеспечения. Пакет программ TCAD: состав и функциональные возможности. Базовые модели, часть 4 /Лек/ | 7 | 1  | ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1   | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.4Л1.1<br>Э1 Э2 Э3              | - |  |  |
| 3.9 | Физико-технологическое проектирование элемента изделия электронной техники в САПР, выполнение, часть 2 /Лаб/   | 7 | 1  | ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1   | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э3                            | - |  |  |

|      |  |   |    |  |   |   |  |  |
|------|--|---|----|--|---|---|--|--|
| 3.10 | Физико-технологическое проектирование элемента изделия электронной техники в САПР, выполнение, часть 3 /Лаб/   | 7 | 1  | ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1                  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э3   | - |  |  |
| 3.11 | Физико-технологическое проектирование элемента изделия электронной техники в САПР, защита, часть 1 /Лаб/   | 7 | 1  | ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1                  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э3   | - |  |  |
| 3.12 | Физико-технологическое проектирование элемента изделия электронной техники в САПР, выполнение, часть 4 /Лаб/   | 7 | 1  | ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1                  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э3   | - |  |  |
| 3.13 | Физико-технологическое проектирование элемента изделия электронной техники в САПР, подготовка отчета, часть 1 /Лаб/  | 7 | 1  | ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1                  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э3   | - |  |  |
| 3.14 | Физико-технологическое проектирование элемента изделия электронной техники в САПР, подготовка отчета, часть 2 /Лаб/  | 7 | 1  | ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1                  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э3   | - |  |  |
| 3.15 | Физико-технологическое проектирование элемента изделия электронной техники в САПР, подготовка отчета, часть 3 /Лаб/  | 7 | 1  | ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1                  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э3   | - |  |  |
| 3.16 | Физико-технологическое проектирование элемента изделия электронной техники в САПР, защита, часть 2 /Лаб/   | 7 | 1  | ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-В1                  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л1.1<br>Э3   | - |  |  |
|      | <b>Раздел 4. Проектирование изделий электронной техники. Методы контроля параметров и корректировка структур изделий электронной техники</b>   |   |    |  |   |   |  |  |
| 4.1  | Экспериментальное исследование параметров и характеристик изделий электронной техники. Технологические проблемы, возникающие в процессе производства изделий микроэлектроники, часть 1 /Лек/ | 7 | 1  | УК-1-У1 ОПК-2-У1 ПК-2-31 ПК-2-В1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2 Э3 | - |  |  |
| 4.2  | Подготовка и защита домашнего задания № 3 /Ср/   | 7 | 22 | УК-1-У1 ОПК-2-У1 ПК-2-31 ПК-4-В1         | Л1.1 Л1.2<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1<br>Э1 Э2                              | - |  |  |

|     |  |   |   |                           |                                   |   |  |  |
|-----|--|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---|--|--|
| 4.3 | Экспериментальное исследование параметров и характеристик изделий электронной техники. Технологические проблемы, возникающие в процессе производства изделий микроэлектроники, часть 2 /Лек/ | 7 | 1 | УК-1-В1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 | Л1.1 Л1.3<br>Л1.4Л1.1<br>Э1 Э2    | - |  |  |
| 4.4 | Экспериментальное исследование параметров и характеристик изделий электронной техники. Технологические проблемы, возникающие в процессе производства изделий микроэлектроники, часть 3 /Лек/ | 7 | 1 | УК-1-31 ОПК-2-В1          | Л1.1<br>Л1.3Л1.1<br>Э1 Э2         | - |  |  |
| 4.5 | Экспериментальное исследование параметров и характеристик изделий электронной техники. Технологические проблемы, возникающие в процессе производства изделий микроэлектроники, часть 4 /Лек/ | 7 | 1 | УК-1-31 УК-1-У1           | Л1.1<br>Л1.4Л2.1<br>Л1.1<br>Э2 Э3 | - |  |  |

## 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    | Контрольная работа № 1 (тест) | ОПК-4-У1;УК-1-У1;УК-1-31;ОПК-2-В1;ОПК-2-31;ОПК-4-В1;ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-4-31;ОПК-4-31;ОПК-2-У1 | <p>1. За счет чего снижается стоимость полупроводникового производства при использовании TCAD:</p> <p>а) за счет уменьшения числа экспериментов;</p> <p>б) за счет того, что отпадает необходимость ставить эксперименты в процессе разработки нового технологического процесса;</p> <p>в) за счет сокращения затраченного времени;</p> <p>г) за счет уменьшения стоимости обучения и подготовки персонала?</p> <p>2. В каком виде представлены в TCAD физические модели:</p> <p>а) в виде системы алгебраических уравнений;</p> <p>б) в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений;</p> <p>в) в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений с соответствующими граничными и начальными условиями;</p> <p>г) в виде набора значений физических величин.</p> <p>3. Чем определяется выбор размеров элементов сетки в методе конечных элементов:</p> <p>а) достижением приемлемой сходимости и точности расчета;</p> <p>б) затратами времени на вычисление;</p> <p>в) размерами и формой структуры, наличием и величиной градиентов физических параметров, наличием других неоднородностей структуры (например, интерфейсов);</p> <p>г) всеми перечисленными факторами в совокупности?</p> <p>4. Процесс ионной имплантации в аморфном полупроводнике описывается с помощью распределения:</p> |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>а) распределение Гаусса;<br/> б) двойное сопряженное распределение Гаусса (асимметричное);<br/> в) распределение Гаусса с обобщенным экспоненциальным «хвостом»;<br/> г) распределение Пирсона-IV;<br/> д) распределение Пирсона-IV с линейно-экспоненциальным хвостом.</p> <p>5. Наклон подложки относительно направления падения ионного пучка при проведении процесса ионной имплантации необходим для:</p> <p>а) предотвращения распыления материала с поверхности подложки;<br/> б) более равномерного распределения примеси в латеральном направлении;<br/> в) предотвращения явления каналирования ионов в монокристаллическом полупроводнике;<br/> г) уменьшения нагрева поверхности подложки.</p> <p>6. Количество введенной в полупроводник примеси в процессах диффузии и ионной имплантации характеризуется:</p> <p>а) полным количеством атомов примеси;<br/> б) концентрацией примеси;<br/> в) дозой примеси;<br/> г) дозой активной примеси.</p> <p>7. При окислении кремния скорость протекания процесса определяется:</p> <p>а) скоростью поставки окислителя к поверхности кремния;<br/> б) скоростью диффузии окислителя в слое окисла по направлению к границе окисел-кремний<br/> в) скоростью протекания химической реакции на поверхности окисла;<br/> г) скоростью протекания химической реакции на границе окисел-кремний.</p> <p>8. При моделировании процесса окисления кремния учитываются:</p> <p>а) зависимость скорости процесса от температуры;<br/> б) зависимость скорости процесса от парциального давления компонентов окисляющей среды;<br/> в) зависимость скорости процесса от ориентации подложки, механических напряжений и уровня легирования;<br/> г) от всех перечисленных факторов.</p> <p>9. Сегрегация примеси - это:</p> <p>а) явление перераспределения примеси между окислом и полупроводником, происходящие при высокой температуре из-за различия растворимости и коэффициентов диффузии примеси в полупроводнике и окисле;<br/> б) встраивание атомов примеси в кристаллическую решетку полупроводника;<br/> в) обеднение примесью поверхности полупроводника, происходящие при его нагреве в инертной среде;<br/> г) перераспределение примеси в объеме полупроводника при высокой температуре.</p> <p>10. При моделировании геометрии структуры и сетки конечных элементов в SProcess координатная ось X направлена:</p> <p>а) вдоль базового среза пластины;<br/> б) перпендикулярно к поверхности вглубь пластины;<br/> в) вдоль поверхности пластины перпендикулярно базовому срезу;<br/> г) перпендикулярно от поверхности пластины.</p> <p>11. Командному файлу для SProcess присваивается расширение:</p> <p>а) cmd;<br/> б) grd;<br/> в) dat;<br/> г) lvt.</p> |
|--|--|---|

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | <p>12. Результаты моделирования сохраняются в:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) графическом формате;</li><li>б) цифровом формате, пригодном только для обработки с помощью табличного процессора (такого, как Microsoft Excel);</li><li>в) цифровом формате, позволяющем получать графические 3D, 2D и 1D распределения физических величин;</li><li>г) _____) цифровом формате, пригодном для обработки с помощью табличного процессора, а также позволяющем получать графические 3D, 2D и 1D распределения физических величин с помощью встроенных в программный пакет собственных модулей.</li></ul> <p>13. При моделировании шаблонов координатная оси X и Y направлены:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) X - вдоль базового среза пластины, Y – перпендикулярно ей в плоскости пластины;</li><li>б) X - перпендикулярно к поверхности вглубь пластины, Y – вдоль базового среза;</li><li>в) X -вдоль поверхности пластины перпендикулярно базовому срезу, Y - вдоль базового среза пластины;</li><li>г) X - вдоль поверхности пластины перпендикулярно базовому срезу, Y - перпендикулярно от поверхности пластины.</li></ul> <p>14. При рисовании шаблонов закрашенные области соответствуют:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) участкам, которые должны быть закрыты маской;</li><li>б) участкам, которые должны быть открыты для воздействия;</li><li>в) в зависимости от заданного типа фоторезиста могут соответствовать закрытым либо открытым участкам.</li></ul> <p>15. При описании технологического процесса в Ligament Flow Editor используются:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) только стандартные модули для описания отдельных технологических операций;</li><li>б) только модули, самостоятельно созданные пользователями для описания отдельных технологических операций;</li><li>в) стандартные и пользовательские модули для описания отдельных технологических операций;</li><li>г) стандартные и пользовательские модули для описания отдельных технологических операций, а также стандартные команды языка программирования высокого уровня, позволяющие управлять процессом моделирования.</li></ul> <p>16. Для визуализации двухкоординатных графиков в Sentaurus TCAD используется:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) модуль Inspect;</li><li>б) модуль Tecplot;</li><li>в) внешние графические программы;</li><li>г) модули Inspect и Tecplot.</li></ul> <p>17. Профили распределения примесей, сохраненные в файле с расширением tdr, могут быть представлены в виде:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) графиков;</li><li>б) цветовых полей;</li><li>в) таблиц данных;</li><li>г) функциональной зависимости.</li></ul> <p>18. При отображении графиков в программном модуле Inspect величины, значения которых откладываются по осям X и Y:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) определяются автоматически в соответствии с порядком сохранения данных в файле с расширением plt;</li><li>б) по оси X всегда откладывается время, по оси Y – определяется</li></ul> |
|--|--|--|---|

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | <p>пользователем;<br/>в) задается пользователем;<br/>г) по оси X всегда откладывается координата, по оси Y – определяется пользователем.</p> <p>19. Узлом эксперимента в Sentaurus Workbench называется:<br/>а) ячейка, содержащая иконку с обозначением приложения;<br/>б) ячейка, содержащая значение, которое присваивается параметру;<br/>в) ячейка, содержащая имя параметра.</p> <p>20. Численные значения параметрам, которые используются в эксперименте, присваиваются:<br/>а) в момент заполнения таблицы эксперимента в Sentaurus Workbench;<br/>б) при выполнении расчета;<br/>в) при выполнении препроцессорной подготовки.</p> <p>21. Серый цвет узла эксперимента обозначает:<br/>а) «расчет выполнен»;<br/>б) «расчет не проводился»;<br/>в) «ошибка в расчете»;<br/>г) «узел исключен из расчета».</p> |
|--|--|--|---|

|     |                            |  |  |
|-----|----------------------------|--|--|
| КМ2 | Список вопросов на экзамен | ОПК-4-У1;ОПК-2-У1;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-4-31;ПК-2-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;УК-1-У1;ОПК-2-В1;УК-1-31 | <p>Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену, а также устным и письменным опросам обучающихся</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация СБИС.</li> <li>2. Основные характеристики полузаказных СБИС на основе стандартных элементов - ячеек.</li> <li>3. Основные характеристики полностью заказных СБИС</li> <li>4. Основные характеристики полузаказных СБИС на основе матрицы вентиляей</li> <li>5. Основные характеристики СБИС программируемой логики</li> <li>6. Программируемые СБИС с встроенными базовыми блоками</li> <li>7. Маршрут проектирования СБИС</li> <li>8. Принципы проектирования</li> <li>9. Методы проектирования</li> <li>10. Логическое проектирование ИС</li> <li>11. Схемотехническое проектирование</li> <li>12. Топологическое проектирование</li> <li>13. Правила проектирования топологии Мида-Конвей</li> <li>14. Компонентное проектирование</li> <li>15. Программные средства проектирования</li> <li>16. Основные параметры элементов ИС</li> <li>17. Основные электрические константы и параметры полупроводниковых структур и материалов.</li> <li>18. Электрофизические параметры структуры интегральных микросхем. Рабочие слои интегральных микросхем</li> <li>19. Напряжение пробоя р-п-перехода. Удельное сопротивление слоев</li> <li>20. Базовый слой, ограниченный эмиттерным слоем</li> <li>21. Специфика интегральных п-р-п-транзисторов. Паразитный р-п-р-транзистор</li> <li>22. Сопротивление тела коллектора в р-п-р-транзисторов</li> <li>23. Частотные характеристики р-п-р-транзисторов</li> <li>24. Проектирование п-р-п-транзисторов</li> <li>25. Выбор геометрии транзисторов</li> <li>26. Расчет сопротивления базовой области транзисторов. Расчет коэффициента передачи п-р-п-транзистора</li> <li>27. Статистический коэффициент передачи при нормальном включении</li> <li>28. Коэффициент передачи при инверсном включении</li> <li>29. Проектирование р-п-р-транзисторов</li> <li>30. Частотные характеристики горизонтальных транзисторов</li> <li>31. Многоколлекторный горизонтальный транзистор</li> <li>32. Проектирование интегральных диодов на основе р-п-переходов</li> <li>33. Расчет геометрических размеров диодов</li> <li>34. Динамические характеристики диода Шотки</li> <li>35. Транзисторы с барьером Шотки</li> <li>36. Проектирование многоэмиттерных п-р-п-транзисторов</li> <li>37. Проектирование пассивных элементов биполярных интегральных полупроводниковых микросхем. Проектирование диффузионных конденсаторов.</li> <li>38. Проектирование пассивных элементов биполярных интегральных полупроводниковых микросхем. Проектирование диффузионных резисторов.</li> <li>39. Логические элементы на МОП-транзисторах. Элемент «ИЛИ-НЕ».</li> <li>40. Логические элементы на МОП-транзисторах. Элемент «И-НЕ».</li> <li>41. Начертить схему элемента «НЕ». Построить элемент НЕ на основе БМК.</li> <li>42. Начертить схему элемента «ЗИ-НЕ». Построить элемент «ЗИ-НЕ» на основе БМК.</li> <li>43. Начертить схему элемента «ИЛИ». Построить элемент «ИЛИ» на основе БМК.</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 |
|------------|-----------------|------------------------------------|-------------------|
|------------|-----------------|------------------------------------|-------------------|



|    |   |  |   |
|----|---|--|---|
| P1 | Домашняя работа № 1   | ПК-2-32;ПК-4-У1;ПК-4-В1;ОПК-2-31;ОПК-2-У1;УК-1-31;УК-1-У1;ОПК-2-В1   | Разработать маршрут изготовления изделия дискретного изделия электронной техники.<br>Параметры и тип изделия выдаются преподавателем в соответствии списку  |
| P2 | Домашнее задание № 2<br>«Проектирование топологии n-МДП-ключей» | ОПК-4-У1;ОПК-2-У1;УК-1-У1;ПК-2-У2;ОПК-4-31;ОПК-4-В1;ПК-4-В1  | 1. Изучить описание работы, составить конспект теоретической части.<br>2. Выполнить оценочный расчет топологических размеров транзисторов в n-МДП-инверторе в соответствии с вариантом задания, определяемым по номеру в списке группы.<br>3. Получить допуск к работе.<br>4. Установить указанный вариант технологии, спроектировать топологию нагрузочного транзистора с заданными электрическими характеристиками и получить его нагрузочную характеристику.<br>5. Дополнить проект топологией активного транзистора.<br>6. Провести схемотехнический анализ с помощью программы SPICE.<br>7. Распечатать результаты работы, оформить отчет.<br>Вариант задания выдается преподавателем в соответствии списку  |
| P3 | Домашнее задание № 3  | УК-1-У1;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-4-У1;ПК-4-31;ПК-2-В1;ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ПК-4-В1;ПК-2-У2 | 1. Обзор маршрутов топологического проектирования ИС.<br>2. Обзор инструментариев проектирования топологии ИС.<br>3. Современный технологический маршрут изготовления КМОП ИС.<br>4. Топологическое проектирование МДП транзисторов.<br>5. Топологическое проектирование биполярных транзисторов<br>6. Правила проектирования.<br>7. Верификация топологии.<br>8. Экстракция паразитных элементов.<br>9. Технологическая библиотека, создание технологического файла.<br>10. Передача топологии на производство.<br>11. Формирование фотошаблонов. Оптическая и фазовая коррекция.<br>12. Обзор топологического редактора.<br>13. Автоматическая разводка топологии цифровой схемы.<br>14. Формат GDSII.<br>15. Разработка топологии аналоговых блоков.<br>16. Физическая и функциональная верификации. |

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

Зачетно курсу проходит в устной форме в виде ответа на вопросы из билета и дополнительные, задаваемые преподавателем.

Билет состоит из двух теоретических вопросов и одной задачи, варианты которых представлены в ФОС в разделе "Вопросы для самостоятельной подготовки". Билеты хранятся на кафедре.

Пример типового билета приведен в Приложении.

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

По дисциплине для получения допуска к зачету студент должен полностью выполнить учебный план: написать все контрольные работы, выполнить домашние задания.

Оценки за контрольную работу выставляются по следующим критериям:

- «отлично» – студент правильно решил задачи и полно ответил на все теоретические вопросы;
- «хорошо» – студент решил задачи и недостаточно полно ответил на все теоретические вопросы;
- «удовлетворительно» – студент неправильно решил задачи, неполно ответил на теоретические вопросы;
- «неудовлетворительно» – студент не решил задачу, не ответил на теоретические вопросы.

Оценка н зачете формируется следующим образом:

- «отлично» – студент правильно решил задачу, исчерпывающе ответил на теоретические вопросы билета и на дополнительные, заданные преподавателем. При этом показывает глубокие знания в объеме пройденной программы, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного;
- «хорошо» – студент правильно решил задачу, но на теоретические вопросы из состава билета и на дополнительные вопросы, заданные преподавателем, ответил недостаточно полно, допустил незначительные ошибки;
- «удовлетворительно» – студент не решил задачу, или не ответил на один из вопросов билета, недостаточно уверенно, с ошибками излагает материал, после дополнительных и наводящих вопросов формулирует ответ;
- «неудовлетворительно» – студент не решил задачу, неполно, с грубыми ошибками ответил на оба теоретических вопроса, не понимает сущности излагаемого вопроса, не ориентируется в программе курса.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

|      | Авторы, составители | Заглавие  | Библиотека             | Издательство, год   |
|------|---------------------|---|------------------------|---|
| Л1.1 | Кологривов В. А.    | Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств: учебное пособие | Электронная библиотека | Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012 |
| Л1.2 | Кологривов В. А.    | Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств: учебное пособие | Электронная библиотека | Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012 |
| Л1.3 | Романовский М. Н.   | Интегральные устройства радиоэлектроники: учебное пособие                             | Электронная библиотека | Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012 |
| Л1.4 | Романовский М. Н.   | Интегральные устройства радиоэлектроники: учебное пособие                             | Электронная библиотека | Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012 |

**6.1.2. Дополнительная литература**

|      | Авторы, составители  | Заглавие  | Библиотека       | Издательство, год      |
|------|--|---|------------------|------------------------|
| Л2.1 | Ладьгин Е. А.,<br>Мурашев В. Н.,<br>Лагов П. Б.                        | Проектирование и конструирование полупроводниковых приборов, ИС и БИС: Разд.: Проектирование и расчет КМОП-схем с коротким каналом: Учеб. пособие по курсовому проектированию для студ. спец. 2002.00 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2000        |
| Л2.2 | Ладьгин Е. А.,<br>Мурашев В. Н.,<br>Мельников А. Л., др.               | Проектирование СБИС: Разд.: Элементная база СБИС: Курс лекций для студ. спец. 0629  | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2001        |
| Л2.3 | Мурашев В. Н.,<br>Легогин С. А.,<br>Корольченко А. С.,<br>Орлова М. Н. | Физика фотопреобразователей: курс лекций  | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2011 |
| Л2.4 | Юрчук С. Ю.  | Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур. Моделирование наносистем методами молекулярной динамики: курс лекций  | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2013 |

|      | Авторы, составители                               | Заглавие  | Библиотека             | Издательство, год      |
|------|---|---|------------------------|------------------------|
| Л2.5 | Юрчук С. Ю.                                       | Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур. Математическое моделирование фотолитографических процессов и процессов электронной литографии при создании субмикронных структур с нанометровыми размерами: курс лекций | Библиотека МИСиС       | М.: Изд-во МИСиС, 2013 |
| Л2.6 | Леготин С. А., Краснов А. А., Ельников Д. С., др. | Проектирование и технология электронной компонентной базы. Полупроводниковые приемники излучений (N 2550): курс лекций  | Электронная библиотека | М.: [МИСиС], 2018      |

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

|    |  |   |
|----|--|---|
| Э1 | ЭБС "Лань"                                     | <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>         |
| Э2 | Электронная библиотека МИСиС                   | <a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a> |
| Э3 | Единое окно доступа к образовательным ресурсам | <a href="http://window.edu.ru">window.edu.ru</a>                  |

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

|     |                  |
|-----|------------------|
| П.1 | Microsoft Office |
| П.2 | LMS Canvas       |
| П.3 | MS Teams         |
| П.4 | MATLAB           |
| П.5 | MATCAD           |

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

|     |   |
|-----|---|
| И.1 | eLIBRARY.RU: <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>                              |
| И.2 | Nano a natureresearch solution: <a href="https://nano.nature.com">https://nano.nature.com</a>   |
| И.3 | SpringLink <a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>                  |
| И.4 | Электронная библиотека МИСиС <a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>  |
| И.5 | Единое окно доступа к образовательным ресурсам <a href="http://window.edu.ru">window.edu.ru</a> |
| И.6 | ЭБС "Лань" <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>                            |

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд.                           | Назначение   | Оснащение  |
|--------------------------------|--|--|
| К-506                          | Лаборатория  | автоматизированный лабораторный стенд п/п приборов в комплекте (Agilent3420A, Textronix AFG3252, Keithley 2401, Textronix TDS3054C); осциллограф С1-93; измеритель параметров пп Л2-56; вольтметр В7-77; вольтметр GDM-8145; междисциплинарная лабораторная платформа с комплектом ПО NI ELVIS II+ (3 шт.); учебные платы "Цифровые элементы информационно-измерительной техники" (5 шт.); платы по изучению и программированию микроконтроллеров NI FreScale (5шт.); плата "Основы цифровой техники и программирования ПЛИС" (5 шт.); учебный комплекс по технологии изготовления печатных плат; ПК; пакет лицензионных программ MS Office, компьютеры с ПО для проведения лабораторных работ (4 шт.) |
| 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   |
| 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

При изучении дисциплины рекомендуется прорабатывать материал до проведения занятия, используя указанную литературу в разделе "Содержание", методические указания.