

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 21.09.2023 14:50:51

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)

Проектирование и технология электронной компонентной базы

Закреплена за подразделением

Кафедра ППЭ и ФПП

Направление подготовки

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Технологии микро- и нанoeлектроники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 3

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 3 (2.1) | | Итого | |
|---|---------|-----|-------|-----|
| | 19 | | | |
| Неделя | УП | РП | УП | РП |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Практические | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Итого ауд. | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Контактная работа | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Сам. работа | 74 | 74 | 74 | 74 |
| Итого | 108 | 108 | 108 | 108 |

Программу составил(и):

к.т.н., доц., Леготин С.А.

Рабочая программа

Проектирование и технология электронной компонентной базы

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.04.04-МЭН-23-3.plx Технологии микро- и нанoeлектроники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, Технологии микро- и нанoeлектроники, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

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 соответствии с учебным планом обучения магистров по направлению 11.04.04 "Электроника и нанoeлектроника", позволяющих эффективно выбирать методы и средства проектирования электронной компонентной базы и технологические процессы производства больших интегральных схем. |
|-----|---|

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

| Блок ОП: | | Б1.В |
|------------|---|------|
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: | |
| 2.1.1 | Компьютерные технологии в научных исследованиях | |
| 2.1.2 | Метрология, стандартизация и сертификация наноструктур | |
| 2.1.3 | Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии | |
| 2.1.4 | Научно-исследовательская практика | |
| 2.1.5 | Неразрушающие методы контроля процессов формирования гетерокомпозиций | |
| 2.1.6 | Радиационно-технологические процессы в электронике | |
| 2.1.7 | Термодинамика и микротехнология многокомпонентных гетероструктур | |
| 2.1.8 | Электроника органических полупроводников (материалы, технологии, приборы) | |
| 2.1.9 | Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники | |
| 2.1.10 | Конструирование светоизлучающих устройств | |
| 2.1.11 | Конструирование фотопреобразователей | |
| 2.1.12 | Методы математического моделирования | |
| 2.1.13 | Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур | |
| 2.1.14 | Физика квантоворазмерных полупроводниковых гетерокомпозиций | |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: | |
| 2.2.1 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.2 | Преддипломная практика | |

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

| | |
|---|--|
| ОПК-4: Способен проектировать, разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач в условиях неопределенности и альтернативных решений в рамках междисциплинарных областей | |
| Знать: | |
| ОПК-4-31 Основы проектирования и разработки необходимого программно-математического обеспечения для использования в ходе проведения исследований и решения задач в области технологии электронной компонентной базы | |
| ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций | |
| Знать: | |
| ПК-2-31 Основные закономерности влияния технологических факторов на характеристики составляющих электронной компонентной базы | |
| ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство | |
| Знать: | |
| ПК-1-31 Существующие технологические маршруты производства интегральных схем различной элементной базы и назначения | |
| УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий | |
| Знать: | |
| УК-1-31 Основные технологические методы создания электронной элементной базы | |
| ПК-3: Способность проводить экспериментальные работы и осваивать новые технологические процессы | |
| Знать: | |
| ПК-3-31 Основные методы оценки качества технологических процессов | |
| ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций | |

| |
|---|
| Уметь: |
| ПК-2-У1 Вносить изменения в существующий технологический процесс производства изделий электронной компонентной базы с целью его оптимизации |
| ПК-3: Способность проводить экспериментальные работы и осваивать новые технологические процессы |
| Уметь: |
| ПК-3-У1 Проводить экспериментальные исследования по оценки качества технологических процессов |
| ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство |
| Уметь: |
| ПК-1-У1 Оптимизировать режимы проведения технологических операций производства изделий электронной техники |
| ОПК-4: Способен проектировать, разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач в условиях неопределенности и альтернативных решений в рамках междисциплинарных областей |
| Уметь: |
| ОПК-4-У1 Применять разработанное программное обеспечение для проектирования элементов интегральных схем |
| УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий |
| Уметь: |
| УК-1-У1 Создавать технологические маршруты создания электронной компонентой базы |
| Владеть: |
| УК-1-В1 Владеть топологическим САПР |
| ПК-3: Способность проводить экспериментальные работы и осваивать новые технологические процессы |
| Владеть: |
| ПК-3-В1 Методами оценки качества технологических процессов |
| ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство |
| Владеть: |
| ПК-1-В1 Программными средствами численного проектирования элементной базы |
| ОПК-4: Способен проектировать, разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач в условиях неопределенности и альтернативных решений в рамках междисциплинарных областей |
| Владеть: |
| ОПК-4-В1 Методами исследования характеристик разработанных с использованием специализированного программно-математического обеспечения элементов электронной компонентой базы |
| ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций |
| Владеть: |
| ПК-2-В1 Методами оценки эффективности существующих технологических операции изготовления изделий микроэлектроники |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Семестр / Курс | Часов | Формируемые индикаторы компетенций | Литература и эл. ресурсы | Примечание | КМ | Выполняемые работы |
|-------------|--|----------------|-------|------------------------------------|--------------------------|------------|----|--------------------|
| | Раздел 1. Конструкции биполярных СБИС, КМОП-ИС и технологические маршруты их изготовления. | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|--|---|----|--|---|---|-----|--|
| 1.1 | Принципы классификации интегральных схем. Планарно-эпитаксиальные биполярные логические интегральные схемы и технологические маршруты их изготовления. Технологии и конструкции биполярных ИС, часть 1 /Лек/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.8 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3 | Лекционные занятия проводятся в мультимедийной аудитории | | |
| 1.2 | Супер самосовмещенные логические биполярные интегральные СБИС и технологические маршруты их изготовления. ИЗО-планарные конструкции интегральных схем, часть 1 /Лек/ | 3 | 1 | ОПК-4-У1 ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.2 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 1.3 | Топологии и конструкции элементной базы КМОП матричного кристалла БМК. Технологические маршруты изготовления КМОП интегральных схем, топологии и конструкции элементной базы, часть 1 /Лек/ | 3 | 1 | ОПК-4-У1 ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 1.4 | Проработка лекционного материала для подготовки к практическим занятиям /Ср/ | 3 | 10 | ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 1.5 | Конструкции элементной базы биполярных СБИС. Методы расчета параметров, проектирования топологии, анализ режимов технологических операций, часть 1 /Пр/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2 Э3 | Практические занятия проводятся в мультимедийной аудитории. | | |
| 1.6 | Конструкции элементной базы КМОП СБИС. Методы расчета параметров, проектирования топологии, анализ режимов технологических операций, часть 1 /Пр/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 1.7 | Подготовка к написанию контрольной работы №1 /Ср/ | 3 | 10 | ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2 Э3 | - | КМ1 | |
| 1.8 | Написание контрольной работы №1 /Пр/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л2.1 Л2.2Л1.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3 | - | КМ4 | |
| 1.9 | Принципы классификации интегральных схем. Планарно-эпитаксиальные биполярные логические интегральные схемы и технологические маршруты их изготовления. Технологии и конструкции биполярных ИС, часть 2 /Лек/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-1-У1 | Л2.1 Л2.8 Л2.9Л1.1 Л2.4 Э1 Э3 | - | | |

| | | | | | | | | |
|------|--|---|---|---|--|---|--|--|
| 1.10 | Принципы классификации интегральных схем. Планарно-эпитаксиальные биполярные логические интегральные схемы и технологические маршруты их изготовления. Технологии и конструкции биполярных ИС, часть 3 /Лек/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 | Л2.1Л1.1 Л2.4 Э1 Э3 | - | | |
| 1.11 | Супер самосовмещенные логические биполярные интегральные СБИС и технологические маршруты их изготовления. ИЗО-планарные конструкции интегральных схем, часть 3 /Лек/ | 3 | 1 | ПК-1-31 | Л2.6 Л1.1Л1.1 Л2.4 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 1.12 | Супер самосовмещенные логические биполярные интегральные СБИС и технологические маршруты их изготовления. ИЗО-планарные конструкции интегральных схем, часть 2 /Лек/ | 3 | 1 | ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 | Л2.1 Л2.2Л1.1 Л2.4 Э1 Э3 | - | | |
| 1.13 | Конструкции элементной базы КМОП СБИС. Методы расчета параметров, проектирования топологии, анализ режимов технологических операций, часть 2 /Пр/ | 3 | 1 | ОПК-4-31 ОПК-4-У1 | Л2.1 Л2.2Л1.1 Л2.4 Э1 Э3 | - | | |
| 1.14 | Конструкции элементной базы КМОП СБИС. Методы расчета параметров, проектирования топологии, анализ режимов технологических операций, часть 3 /Лек/ | 3 | 1 | ОПК-4-31 | Л2.1 Л2.2Л1.1 Л2.4 Л1.1 Э1 Э3 | - | | |
| 1.15 | Конструкции элементной базы биполярных СБИС. Методы расчета параметров, проектирования топологии, анализ режимов технологических операций, часть 2 /Пр/ | 3 | 1 | ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л2.1 Л2.2Л1.1 Э1 Э3 | - | | |
| 1.16 | Конструкции элементной базы биполярных СБИС. Методы расчета параметров, проектирования топологии, анализ режимов технологических операций, часть 3 /Пр/ | 3 | 1 | УК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 | Л2.1 Л2.2Л2.4 Л2.8 Э1 Э3 | - | | |
| 1.17 | Конструкции элементной базы биполярных СБИС. Методы расчета параметров, проектирования топологии, анализ режимов технологических операций, часть 4 /Пр/ | 3 | 1 | ПК-1-У1 ПК-1-В1 | Л2.1 Л2.2Л1.1 Э1 | - | | |

| | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|-------------------------|---|---|--|--|
| | Раздел 2. Конструкции и структуры элементной базы запоминающих устройств, приборов с зарядовой связью (ПЗС). | | | | | | | |
| 2.1 | КМОП интегральные схемы оперативных динамических запоминающих устройств (ОЗУ). Топологии и конструкции элементной базы приемников изображений на основе ПЗС, часть 1 /Лек/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.6 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 2.2 | Гибридные интегральные схемы. Топологии и конструкции элементной базы - приемников изображений ИК спектра Топологии и конструкции элементной базы детекторов ионизирующей излучений, часть 1 /Лек/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.6 Л2.11 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 2.3 | Проработка лекционного материала для подготовки к практическим занятиям /Ср/ | 3 | 10 | ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.6 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 2.4 | Особенности проектирования и технологии изготовления приемников ионизирующих излучений. Методы проектирования элементной базы приемников изображений и технологические операции их изготовления, часть 1 /Пр/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.6 Л1.1 Л2.8 Л2.11 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 2.5 | Проектирование гибридных интегральных схем и их производство, часть 1 /Пр/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л2.4Л2.6 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 2.6 | Выполнение и защита расчетно-графической работы на тему: «Проектирование и расчет КМОП-схем с коротким каналом» /Ср/ | 3 | 22 | ПК-1-31 | Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.6 Л1.1 Л2.8 Л2.11Л3.1 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 2.7 | Особенности проектирования и технологии изготовления приемников ионизирующих излучений. Методы проектирования элементной базы приемников изображений и технологические операции их изготовления, часть 2 /Пр/ | 3 | 1 | УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 | Л2.1Л1.1 Э1 Э2 | - | | |
| 2.8 | Проектирование гибридных интегральных схем и их производство, часть 2 /Пр/ | 3 | 1 | УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 | Л2.1Л1.1 Э1 Э2 | - | | |

| | | | | | | | | |
|------|---|---|---|--|---|---|--|--|
| 2.9 | КМОП интегральные схемы оперативных динамических запоминающих устройств (ОЗУ). Топологии и конструкции элементной базы приемников изображений на основе ПЗС, часть 2 /Лек/ | 3 | 1 | ОПК-4-В1 | Л2.6 Л1.1Л2.4 Л1.1 Э1 Э2 | - | | |
| 2.10 | КМОП интегральные схемы оперативных динамических запоминающих устройств (ОЗУ). Топологии и конструкции элементной базы приемников изображений на основе ПЗС, часть 3 /Лек/ | 3 | 1 | УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-У1 | Л2.1 Л2.2Л2.4 Л1.1 Л2.6 Э1 Э2 | - | | |
| 2.11 | Гибридные интегральные схемы. Топологии и конструкции элементной базы - приемников изображений ИК спектра Топологии и конструкции элементной базы детекторов ионизирующей излучений, часть 2 /Лек/ | 3 | 1 | ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 | Л2.1 Л2.6Л1.1 Э1 Э2 | - | | |
| 2.12 | Особенности проектирования и технологии изготовления приемников ионизирующих излучений. Методы проектирования элементной базы приемников изображений и технологические операции их изготовления, часть 3 /Пр/ | 3 | 1 | ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 | Л2.1 Л2.6Л1.1 Э1 Э2 | - | | |
| 2.13 | Проектирование гибридных интегральных схем и их производство, часть 3 /Пр/ | 3 | 1 | ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 | Л2.1 Л2.6Л2.4 Л1.1 Э1 Э2 | - | | |
| | Раздел 3. Проектирование элементной базы логических интегральных схем | | | | | | | |
| 3.1 | Функционально интегрированная элементная база функционально-интегрированные структуры, фрагменты, логические элементы СБИС /Лек/ | 3 | 1 | ПК-1-31 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 3.2 | Проектирование топологии элементной базы СБИС. Методы верификации. Расчет электрофизических характеристик К-МОП и биполярной элементной базы. Расчет структуры и диффузионных профилей в TCAD, часть 1 /Лек/ | 3 | 1 | ОПК-4-У1 ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1 Л1.1 Л2.10Л2.1 Л2.2 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2 Э3 | - | | |

| | | | | | | | | |
|------|--|---|----|-----------------|--|---|-----|--|
| 3.3 | Проработка лекционного материала для подготовки к практическим занятиям /Ср/ | 3 | 10 | ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.6 Л1.1 Л2.8 Л2.10 Л2.11Л3.1 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 3.4 | Принципы проектирования и технология функционально–интегрированной элементной базы микросхем, часть 1 /Пр/ | 3 | 1 | ПК-2-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.6 Л2.8 Л2.10 Л2.11Л3.1 Э1 Э2 Э3 | - | КМ3 | |
| 3.5 | Программные системы численного приборного проектирования элементной базы. Функциональный контроль работоспособности СБИС /Пр/ | 3 | 1 | ПК-2-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.6 Л2.8Л3.1 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 3.6 | Подготовка к написанию контрольной работы №2 /Ср/ | 3 | 12 | ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.6 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2 Э3 | - | | |
| 3.7 | Написание контрольной работы №2 /Пр/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-2-У1 | Л1.1 Л2.4Л2.1 Л2.2 Э1 | - | КМ5 | |
| 3.8 | Принципы проектирования и технология функционально–интегрированной элементной базы микросхем, часть 2 /Пр/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-2-31 | Л1.1 Л2.4Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 | - | | |
| 3.9 | Проектирование топологии элементной базы СБИС. Методы верификации. Расчет электрофизических характеристик К-МОП и биполярной элементной базы. Расчет структуры и диффузионных профилей в TCAD, часть 2 /Лек/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-2-31 | Л1.1 Л2.4Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 | - | | |
| 3.10 | Проектирование топологии элементной базы СБИС. Методы верификации. Расчет электрофизических характеристик К-МОП и биполярной элементной базы. Расчет структуры и диффузионных профилей в TCAD, часть 2 /Лек/ | 3 | 1 | ПК-1-31 ПК-2-31 | Л1.1 Л2.4Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 | - | | |

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 | Практическое занятий №1 | ПК-1-В1;ПК-1- У1;ОПК-4-31 | <p>1 Сравнительный анализ быстродействия К-МОП и ЭСЛ электронной элементной базы СБИС при топологической норме $L=1\text{мкм}$</p> <p>2 Модель Эберса-Молла. Ее ограничения. Оценка параметров биполярной структуры при топологической норме $L=0,1\text{мкм}$</p> <p>3 Оценить глубину залегания эмиттерного и коллекторного р-п переходов при максимальной температуре используемых процессов $T=950\text{С}$</p> <p>4 Рассчитать глубину залегания и диффузионного профиля р-п перехода областей стока истока п - МОП структуры</p> <p>5 Рассчитать глубину залегания и диффузионного профиля р-п перехода областей стока истока р - МОП структуры</p> <p>6.Изобразить топологию и структуру КМОП инвертора.</p> <p>7 Изобразить планарную структуру и топологию ЭСЛ инвертора при СБИС при топологической норме $L=0,1\text{мкм}$ и оценить ее быстродействие</p> <p>8 Оценить расстояние между стоком и истоком при котором проявляются эффекты “ короткого “ канала в п-МОП структурах.</p> <p>9 Определить физические ограничения топологических размеров, толщин диэлектриков, концентрации примеси в каналах р-МОП структур</p> <p>10 Оценить возможность создания КМОП СБИС с использованием эпитаксиальных слоев толщиной 10-100нм и топологической нормы 20нм</p> <p>11 Оценить задержку сигнала биполярного инвертора, если его базовое сопротивление равно 10 кОм коллекторное 1ком, время жизни в коллекторе и базе транзистора 1мкс, удельные емкости в этих областях соответственно $C_{бэ}=C_{бк}=1 \cdot 10^{-15}\text{Ф}$, минимальный топологический размер структуры прибора $L_n = 1\text{мкм}$</p> <p>12 Электронно-дырочный переход сформирован вплавлением алюминия в кремний n-типа с концентрацией доноров $N_D=10^{15}\text{см}^{-3}$. Диаметр перехода 300 мкм. Принимая концентрацию акцепторов в рекристаллизованной области, равной 10^{19}см^{-3}, рассчитать общую ширину пространственного заряда и соотношение между областями пространственного заряда.</p> <p>13 Кремниевый транзистор имеет следующие параметры. Ширина квазинейтральной области 1 мкм. Площадь коллекторного перехода 20мкм^2, время жизни дырок в базе 20 мкс, время жизни электронов в эмиттере 0.15 мкс, концентрация примеси в базе $8 \cdot 10^{14}\text{см}^{-3}$, в эмиттере и коллекторе $N_A=5 \cdot 10^{17}\text{см}^{-3}$. Рассчитать коэффициенты передачи по току в схеме с общей базой.</p> <p>14 Кремниевый транзистор имеет следующие параметры. Ширина квазинейтральной области 1мкм. Площадь коллекторного перехода 20мкм^2, время жизни дырок в базе 20мкс, время жизни электронов в эмиттере 0.15мкс, концентрация примеси в базе $8 \cdot 10^{14}\text{см}^{-3}$, в эмиттере и коллекторе $N_A=5 \cdot 10^{17}\text{см}^{-3}$. Рассчитать коэффициенты передачи по току в схеме с общим коллектором.</p> <p>15 Вычислить во сколько раз изменится значение коэффициента переноса в базе п-р-п транзистора, изготовленного из кремния, если толщина квазинейтральной области базы 30мкм, время жизни носителей заряда в ней 300мкс при повышении частоты до $f=25\text{МГц}$. Чему равен коэффициент переноса на этой частоте?</p> <p>16 Рассчитать и построить вольтамперную характеристику кремниевого полевого п-канального транзистора, изготовленного из кремния. Напряжение на затворе $U_z=0,5\text{В}$, $N_d=10^{15}\text{см}^{-3}$, $L=12\text{мкм}$, $a=5\text{мкм}$, $Z=240\text{мкм}$, U_c брать от 0 до 0,9 В через 0,3 В</p> |
|-----|----------------------------|------------------------------|---|

| | | | |
|-----|-------------------------|---------|--|
| КМ2 | Практическое занятие №2 | ПК-1-У1 | <p>1 Изобразить структуру nМОП элемента памяти электрически программируемого запоминающего устройства и рассчитать ее пороговое напряжение при концентрации примеси в подзатворной области $N_d=10^{15}$ см⁻³,</p> <p>2 Изобразить структуру и топологию К-МОП инвертора изготовленного по планарной технологии и оценить ее быстродействие при топологической длине затвора 1мкм, площадей стока – истока 20мкм и величинами удельных емкостей стока истока $C_{си}=5 \cdot 10^{-15}$ Ф</p> <p>3 Рассчитать параметры ПЗС структуры при концентрации акцепторов $N_a = 10^{15}$ см⁻³, доноров $N_D = 10^{14}$ см⁻³ в подзатворной области. Времени жизни носителей заряда одинаково в обеих областях и равно 10⁻⁵ с.</p> <p>4 Изобразить топологию одноуровневой разводки биполярного инвертора – вентиля при минимальный топологический размер структуры прибора при $L_n = 1$мкм и при $L_n = 0,1$мкм</p> <p>5 Изобразить топологию одноуровневой разводки биполярного инвертора– вентиля при минимальный топологический размер структуры прибора при $L_n = 1$мкм</p> <p>6 Оценить степень повышения интеграции динамического ОЗУ в случае применения функционально интегрированных структур при топологической норме $L = 0,1$мкм</p> <p>7 Оценить минимальные топологические размеры элемента электрически программируемого элемента памяти при напряжении питания 5 В.</p> <p>8 Изобразить топологию ПЗС структуры приемника изображений и оценить ее оптимальные размеры для регистрации ближнего ИК спектра.</p> <p>9 Изобразить топологию и структуру функционально – интегрированного КМОП инвертора при топологической норме $L = 0,1$мкм и оценить ее быстродействие.</p> <p>10 Изобразить планарную структуру и топологию pМОП инвертора при СБИС при топологической норме $L = 0,1$мкм и оценить ее быстродействие</p> <p>11 Оценить разрешающую способность СБИС – Детекторов рентгеновских излучений с энергией 20 кэВ</p> <p>12 Рассчитать допустимую длину канала в nМОП элементе памяти.</p> |
| КМ3 | Практическое занятие №3 | | <p>1. Рассчитать во сколько раз больше быстродействие КМОП инвертора с КНИ структурой по сравнению со структурой инвертора на монокремнии при одинаковых топологических размерах при $L = 1$мкм и $L = 0,1$мкм</p> <p>2 Изобразить структуру и топологию К-МОП инвертора со структурой кремний на диэлектрике и рассчитать ее быстродействие при параметрах удельных емкостей стока истока $C_{си}=5 \cdot 10^{-15}$ Ф и длине канала 0,3 мкм</p> <p>3 Оценить быстродействие и потребляемую мощность вентиля с ИЗО-2n структурой биполярного транзистора при топологическом размере структуры прибора $L_n = 0,1$ мкм</p> <p>4 Оценить быстродействие и потребляемую мощность вентиля с самосовмещенной SST структурой биполярного транзистора при топологическом размере структуры прибора $L_n = 0,1$ мкм при величинах емкостей соответственно $C_{бэ} = C_{бк} = 1 \cdot 10^{-15}$ Ф</p> <p>5 Рассчитать среднее время задержки и потребляемую мощность вентиля с ИЗО-2n структурой биполярного транзистора при топологическом размере структуры прибора $L_n = 0,15$ мкм</p> |

| | | | |
|-----|-----------------------|---------|---|
| КМ4 | Контрольная работа №1 | ПК-2-В1 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие приборы относятся к элементной базе СБИС? 2. Изобразите переходную и передаточную характеристики биполярного инвертора. 3. Изобразите переходную и передаточную характеристики К-МОП инвертора.? 4. Перечислить основные технологии изготовления биполярных СБИС. 5. Нарисовать схему включения биполярного транзистора с общей базой. 6. Нарисовать схему включения биполярного транзистора с общим эмиттером. 7. Изобразите переходную и передаточную характеристики n-МОП инвертора. 8. Изобразить временную диаграмму работы динамической ячейки памяти 9. Нарисовать схему включения биполярного транзистора с общим коллектором. 10. Чему равен коэффициент усиления по току в схеме с общей базой? 11. Чему равен коэффициент усиления по току в схеме с общим эмиттером? 12. Какие приборы относятся к элементной базе СБИС? 13. Изобразите переходную и передаточную характеристики nМОП инвертора. 14. Изобразите переходную и передаточную характеристики КМОП инвертора 15. Как зависит барьерная емкость линейного p-n перехода от приложенного смещения? 16. Какие преимущества и недостатки имеют Биполярные СБИС по сравнению с КМОП СБИС 17. Какие технологические процессы определяют степень интеграции СБИС 18. Изобразить конструкцию транзистора с самосовмещенной структурой 19. Изобразите входную ВАХ биполярного транзистора, включенного в схему с общим эмиттером. 20. Перечислить эффекты, которые необходимо учитывать при построении реальной ВАХ биполярного транзистора. 21. Дайте определение граничной частоты биполярного транзистора. 22. Перечислить активные элементы эквивалентной схемы биполярного транзистора. 23. Перечислить реактивные элементы эквивалентной схемы биполярного транзистора. 24. Перечислить активные элементы эквивалентной схемы МОП транзистора? 25. Перечислить реактивные элементы эквивалентной схемы МОП транзистора. 26. Какой (n-p-n или p-n-p) транзистор более предпочтителен для СВЧ электроники? |
|-----|-----------------------|---------|---|

| | | | |
|-----|-----------------------|-----------------|---|
| КМ5 | Контрольная работа №2 | ПК-1-У1;ПК-1-В1 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие виды памяти реализуются в СБИС 2. Поясните принцип элементной базы Динамического Запоминающего устройства 3. Поясните принцип элементной базы Статического Запоминающего устройства 4. Поясните принцип элементной базы Электрически Программируемого Запоминающего устройства 5. Пояснить принцип действия ПЗС 6. Что понимается под функциональной интеграцией элементной базы СБИС 7. Методы функциональной интеграции 'элементной базы СБИС. 8. Изобразить функционально интегрированную структуру Биполярного и МОП транзистора 9. Изобразить функционально интегрированную структуру КМОП триггера 10. Изобразить функционально интегрированную структуру Биполярного транзистора и полевого транзистора управляемого р-п переходом 11. Какие 3D структуры применяются в микро-наноэлектронике. 12. Назначение и построение эквивалентной схемы полевого транзистора с управляющим р-п переходом. 13. Как можно увеличить крутизну передаточной характеристики? 14. Изобразите эквивалентную схему МОП-структуру без учета и с учетом поверхностных состояний. 15. Что такое пороговое напряжение для логических схем? 16. Что такое крутизна характеристики и какими конструктивно-технологическими параметрами полевого транзистора она определяется? 17. Какими физическими процессами ограничивается быстродействие Биполярных и КМОП СБИС 18. Координатный детектор ионизирующих излучений принцип действия 19. Оценить возможность расчета параметров СБИС методом Ньютона |
|-----|-----------------------|-----------------|---|

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

| Код работы | Название работы | Проверяемые индикаторы компетенций | Содержание работы |
|------------|---|------------------------------------|--|
| Р1 | Домашнее задание в виде расчетно-графической работы по теме: «Проектирование и расчет КМОП-схем с коротким каналом» | ПК-1-В1;ОПК-4-31;ПК-1-У1;ПК-2-В1 | Типовой вариант задания приведен в разделе "Приложения". |

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

Экзамен по курсу не предусмотрен.

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

По дисциплине для получения зачета студент должен полностью выполнить учебный план: написать все контрольные работы, выполнить тестовые задания, домашнее задание в виде РГР.

Оценки за контрольную работу выставляются по следующим критериям:

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

Оценки за расчетно-графическую работу выставляются по следующим критериям:

- а) «отлично» – студент правильно провел необходимые расчеты, представил графики зависимостей, сделал правильные выводы, исчерпывающе ответил на вопросы при защите работы;
- б) «хорошо» – студент правильно или с небольшими ошибками провел необходимые расчеты, представил графики зависимостей, сделал правильные выводы, недостаточно полно ответил на вопросы при защите работы;;
- в) «удовлетворительно» – студент провел необходимые расчеты с незначительными ошибками, представил неверные графики зависимостей, сделал неполные или неправильные выводы, недостаточно полно ответил на вопросы при защите работы;
- г) «неудовлетворительно» – студент провел необходимые расчеты с грубыми ошибками, представил неверные графики зависимостей, сделал неправильные выводы, не ответил или ответил неверно на вопросы при защите работы.

Оценки за ответы на тестовые вопросы выставляются по следующим критериям:

- а) «отлично» – студент правильно ответил на все тестовые вопросы;
- б) «хорошо» – студент правильно ответил на 2/3 тестовых вопросов.
- в) «удовлетворительно» – студент правильно ответил на 1/3 тестовых вопросов;
- г) «неудовлетворительно» – студент правильно ответил менее, чем на 1/3 тестовых вопросов.

Оценка за зачет формируется как среднеарифметическое значение за все контрольные мероприятия.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.2. Дополнительная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--|---|------------------------|---|
| Л2.1 | Королёв М. А., Крупкина Т. Ю., Ревелева М. А., Чаплыгин Ю. А. | Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем | Электронная библиотека | Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 |
| Л2.2 | Мурашев В. Н., Леготин С. А., Орлова М. Н., Мельников А. Л. | Микросхемотехника: курс лекций | Электронная библиотека | М.: Изд-во МИСиС, 2011 |
| Л2.3 | Степаненко И. П. | Основы микроэлектроники: Учеб. пособие для вузов по спец. 'Полупроводники и диэлектрики' и 'Полупроводниковые и микроэлектронные приборы' | Библиотека МИСиС | М.: Сов.радио, 1980 |
| Л2.4 | Кольцов Г. И., Диденко С. И., Орлова М. Н. | Теория и расчет полупроводниковых приборов. Твердотельная электроника: лаб. практикум | Электронная библиотека | М.: Изд-во МИСиС, 2010 |
| Л2.5 | Курносков А. И., Юдин В. В. | Технология производства полупроводниковых приборов: для вузов по спец. 'Полупроводники и диэлектрики' и 'Полупроводниковые приборы' | Библиотека МИСиС | М.: Высш. шк., 1979 |
| Л2.6 | Зи С. М., Трутко А. Ф. | Физика полупроводниковых приборов: пер. с англ. | Библиотека МИСиС | М.: Энергия, 1973 |

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|-------|--|--|------------------|------------------------|
| Л2.7 | Краснопольский А. Е., Душин А. Н., Слепов В. И., Шапошникова Л. А. | Электротехника, электроника, электрооборудование: Разд.: Цифровые интегральные схемы: учеб. пособие для студ. всех спец. (кроме спец. 21.03.00) и слушателей спец. фак. по спец. 'Микропроцессорная техника' | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1989 |
| Л2.8 | Ладыгин Е. А., Мурашев В. Н., Мельников А. Л., др. | Проектирование СБИС: Разд.: Элементная база СБИС: Курс лекций для студ. спец. 0629 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2001 |
| Л2.9 | Кольцов Г. И., Горюнов Н. Н., Диденко С. И. | Теория и расчет полупроводниковых приборов и интегральных схем: Разд.: Полевые транзисторы: Лаб. практикум для студ. спец. 2001 и напр. 5507: Ч.2: Лаб. работы 7-10 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2001 |
| Л2.10 | Юрчук С. Ю., Мурашев В. Н. | Моделирование полупроводниковых приборов: Курс лекций для студ. спец. 200100-Микроэлектроника и твердотельная электроника | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2001 |
| Л2.11 | Мурашев В. Н., Леготин С. А., Корольченко А. С., Орлова М. Н. | Физика фотопреобразователей: курс лекций | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2011 |

6.1.3. Методические разработки

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|---|---|------------------|-------------------|
| Л3.1 | Ладыгин Е. А., Мурашев В. Н., 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 |

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

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

6.3 Перечень программного обеспечения

| | |
|-----|---|
| П.1 | Microsoft Office |
| П.2 | MATCAD |
| П.3 | MATLAB |
| П.4 | LMS Canvas |
| П.5 | MS Teams |
| П.6 | Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr |
| П.7 | ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОДОМ ООО |
| П.8 | СППР Выбор |

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

| | |
|-----|--|
| И.1 | eLIBRARY.RU: http://elibrary.ru/ |
| И.2 | Nano a natureresearch solution https://nano.nature.com |

| | |
|-----|---|
| И.3 | SpringLink https://link.springer.com/ |
| И.4 | Электронная библиотека МИСиС http://elibrary.misis.ru/ |
| И.5 | Единое окно доступа к образовательным ресурсам window.edu.ru |
| И.6 | ЭБС "Лань" https://e.lanbook.co |

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 C1-93; 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.) |
| Читальный зал №3 (Б) | | комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus. |
| Читальный зал электронных ресурсов | | комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus. |
| Любой корпус Мультимедийная | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |
| Любой корпус Мультимедийная | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс 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

Учебно-методическое пособие по курсовому проектированию при выполнении расчетно-графической работы по теме: «Проектирование и расчет КМОП-схем с коротким каналом». Библиотека МИСиС.

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

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.

При изучении курса чтение лекций сопровождается компьютерными презентациями с привлечением иллюстративного материала из современных научно-технических публикаций и выступлений на научных конференциях. При проведении практических занятий используются тестовые методы контроля процесса обучения.

Самостоятельная работа студентов направлена на поиск и анализ литературных данных для подготовки к практическим занятиям.