

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 28.01.2023 13:07:57

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Компьютерные технологии в научных исследованиях

Закреплена за подразделением

Кафедра ППЭ и ФПП

Направление подготовки

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 2

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

93

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17		17	
Практические	34	51	34	51
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	93	93	93	93
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*ктн, доцент, Леготин Сергей Александрович*

Рабочая программа

**Компьютерные технологии в научных исследованиях**

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 ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ, 11.04.04-МЭН-22-2.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра ШЭ и ФШ**

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: сформировать способность к аналитическому мышлению при получении углубленного профессионального образования по компьютерным технологиям в научных исследованиях.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Методы математического моделирования	
2.1.2	Методы характеристики полупроводниковых материалов и структур	
2.1.3	Перспективные технологии и материалы для поиска новых физических эффектов	
2.1.4	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Оборудование для производства наногетероструктурных солнечных элементов	
2.2.2	Основы надежности элементной базы электроники в условиях ионизирующего излучения космического пространства	
2.2.3	Проектирование и технология электронной компонентной базы	
2.2.4	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.5	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Радиационно-технологические процессы в электронике	
2.2.7	Физика СВЧ полупроводниковых приборов	

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

<b>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</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-4-31 Структуру существующих технологических процессов производства изделий микроэлектроники.	
<b>Уметь:</b>	
ОПК-4-У1 Применять специализированный САПР для проведения исследования параметров структур изделий электронной техники.	
<b>Владеть:</b>	
ОПК-4-В1 Навыками использования компьютерной среды для моделирования параметров изделий электронной техники	

**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. Схемотехническое проектирование с помощью системы OrCAD</b>							
1.1	Изучение основных принципов проектирования комбинационных схем и логических элементов в КМДП-базисе с заданным быстродействием /Пр/	2	6	ОПК-4-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.6 Э1 Э3			
1.2	Практическое освоение методов проектирования с помощью программы PSPICE в системе OrCAD /Пр/	2	7	ОПК-4-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.4 Э1 Э3			

1.3	Подготовка к защите результатов схемотехнического проектирования в среде OrCAD /Ср/	2	21	ОПК-4-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.6 Э1 Э2			
1.4	Защита результатов схемотехнического проектирования в среде OrCAD /Пр/	2	2	ОПК-4-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.6			
<b>Раздел 2. Проектирование и расчет интегральных микросхем в среде Microwind. Двумерное и трехмерная визуализация технологического процесса</b>								
2.1	Изучение основных принципов топологического проектирования логических элементов в КМДП-базисе. изучение методов оптимизации топологии КМДП-ключей. /Пр/	2	8	ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.6 Э1 Э3			
2.2	Топологическое проектирование интегральных микро- и наноразмерных схем с учетом межсоединений /Пр/	2	8	ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.6 Э1 Э3			
2.3	Подготовка к защите результатов расчета интегральной микросхемы в среде Microwind /Ср/	2	19	ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.6 Э1 Э3			
2.4	Выполнение курсовой работы по теме: "Разработка топологии интегральной микросхемы". /Ср/	2	32	ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.6 Э1 Э3			
2.5	Защита результатов расчета интегральной микросхемы в среде Microwind /Пр/	2	2	ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.6			
<b>Раздел 3. Приборно-технологическое моделирование в среде TCAD</b>								
3.1	Создание модели прибора (расположение элементов конструкции; задание материалов и их свойств) /Пр/	2	8	ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э3			
3.2	Технологическое моделирование технологических процессов изготовления прибора заданными параметрами /Пр/	2	8	ОПК-4-31	Л1.1 Л1.2Л2.5 Л2.6 Э1 Э3			
3.3	Подготовка к защите результатов приборно-технологического моделирования в среде TCAD /Ср/	2	21	ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Э1 Э3			
3.4	Защита результатов приборно-технологического моделирования в среде TCAD /Пр/	2	2	ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Э1 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	Пример вопросов на защиту курсовой работы	ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Привести основные этапы КМОП-технология.</li> <li>2. Привести основные этапы изготовления линейных и матричных ПЗС с МДП-структурой.</li> <li>3. Привести основные этапы БиКМОП-технологии.</li> <li>4. Привести основные этапы биполярной технологии.</li> </ol>
КМ2	Пример вопросов по разделу 1	ОПК-4-31;ОПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как зависит пороговое напряжение МДПТ от смещения подложки в SPICE-модели Level 1?</li> <li>2. Что описывает в SPICE-модели МДПТ параметр GAMMA, и как можно рассчитать его величину?</li> <li>3. Получите выражение для расчета параметра LAMBDA по значениям тока МДПТ в пологой области.</li> <li>4. Как зависит крутизна по затвору МДПТ от напряжения на затворе в SPICE-модели Level 3?</li> <li>5. Для заданной таблицы истинности записать аналитическое представление логической функции в совершенной дизъюнктивной нормальной форме.</li> <li>6. Для заданной карты Карно записать аналитическое представление логической функции в совершенной дизъюнктивной нормальной форме.</li> <li>7. Как можно минимизировать заданную логическую функцию с помощью карты Карно?</li> <li>8. Нарисовать логическую схему для минимизированной логической функции</li> </ol>
КМ3	Пример вопросов по разделу 2	ОПК-4-31;ОПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нарисовать топологию КМДП-инвертора, оптимизированную для заданных значений подвижности электронов и дырок.</li> <li>2. Спроектировать электрическую схему в КМДП-базисе, реализующую указанную логическую функцию.</li> <li>3. Выбрать размеры транзисторов в схеме (п. 2), обеспечивающие быстродействие не хуже, чем у инвертора (п. 1).</li> <li>4. Чему равна эффективная крутизна в схеме (п. 2) в наилучшем и наихудшем случаях: а) для активной части; б) для нагрузочной части?</li> </ol>

КМ4	Пример вопросов по разделу 3	ОПК-4-В1;ОПК-4-31;ОПК-4-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. При моделировании геометрии структуры и сетки конечных элементов в SProcess координатная ось X направлена:</p> <p>а) вдоль базового среза пластины;</p> <p>б) перпендикулярно к поверхности вглубь пластины;</p> <p>в) вдоль поверхности пластины перпендикулярно базовому срезу;</p> <p>г) перпендикулярно от поверхности пластины.</p> <p>5. Командному файлу для SProcess присваивается расширение:</p> <p>а) cmd;</p> <p>б) grd;</p> <p>в) dat;</p> <p>г) lut.</p> <p>6. Численные значения параметрам, которые используются в эксперименте, присваиваются:</p> <p>а) в момент заполнения таблицы эксперимента в Sentaurus Workbench;</p> <p>б) при выполнении расчета;</p> <p>в) при выполнении препроцессорной подготовки.</p> <p>7. Серый цвет узла эксперимента обозначает:</p> <p>а) «расчет выполнен»;</p> <p>б) «расчет не проводился»;</p> <p>в) «ошибка в расчете»;</p> <p>г) «узел исключен из расчета».</p>
-----	------------------------------	----------------------------	--

**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	Задание на курсовую работу	ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1	<p>1. Разработать маршрут изготовления изделия дискретного изделия электронной техники. Параметры и тип изделия выдаются преподавателем в соответствии списку</p> <p>2. Разработать топологию и маршрут изготовления фотоприемного или излучательного устройства. Параметры и тип изделия выдаются преподавателем в соответствии списку</p>

**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 и защитить курсовую работу.

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 курсовую работу выставляются по следующим критериям:

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

Оценка за зачет формируется как среднеарифметическое за все контрольные работы и курсовую работу.

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Гаврилов С. В.	Методы анализа логических корреляций для САПР цифровых КМОП СБИС: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2011
Л1.2	Кологривов В. А.	Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств: 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	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
Л2.2	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
Л2.3	Мурашев В. Н., Леготин С. А., Корольченко А. С., Орлова М. Н.	Физика фотопреобразователей: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л2.4	Юрчук С. Ю.	Основы математического моделирования: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2014
Л2.5	Астахов В. П., Леготин С. А., Кузьмина К. А.	Основы технологии электронной компонентной базы (N 2551): практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2016

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
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 Visio 2016
П.2	Microsoft Project 2016
П.3	LMS Canvas
П.4	MS Teams
П.5	Microsoft Office
П.6	CorelDRAW Graphics Suite X4
П.7	Autodesk BIM360

### 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	Учебная лаборатория/ "Проектирование компонентной базы": Лаборатория электронной	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 Fescale (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 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.

Пример выполнения курсовой работы по теме: «Разработка топологии интегральной микросхемы» приведен в приложении.