

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)

Утверждаю:

Проректор по учебной работе

Павлов В. Н.

« 1 » мая 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Моделирование и проектирование элементной базы

микро- и нанoeлектроники»

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.04 - «Электроника и нанoeлектроника»

по профилям

«Нанотехнология в электронике»

«Микроэлектроника и твердотельная электроника»

Санкт-Петербург

2018

СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

№№ учебных планов:	126, 026, 326, 325
Обеспечивающий факультет:	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра:	МНЭ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	4
Семестр	8
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	11
Практические занятия (академ. часов)	22
Лабораторные занятия (академ. часов)	11
Все аудиторные (контактные) занятия (академ. часов)	44
Самостоятельная работа (академ. часов)	100
Всего (академ. часов)	144
Вид промежуточной аттестации	
Дифференцированный зачет (семестр)	8
Курсовая работа (семестр)	8

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры микро- и наноэлектроники - протокол № 2 от 1 марта 2018.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией факультета электроники протокол № 2 от 16 марта 2018.

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»

Программа предусматривает расчет и конструирование основных полупроводниковых структур и приборов на их основе: диодов, биполярных и полевых транзисторов и тиристоров. Устанавливается количественная связь физических процессов, протекающих в приборах, с конструкцией и технологией их формирования, а также с их выходными параметрами и характеристиками.

Теоретическое рассмотрение проектирования приборов подкрепляется лабораторными и практическими занятиями, выполнением индивидуального домашнего задания.

SUBJECT SUMMARY

«MODELING AND DESIGN OF THE ELEMENT BASE OF MICRO- AND NANOELECTRONICS»

Program includes calculation and design of basic semiconductor structures and devices: diodes, bipolar transistors, field-effect transistors and thyristors. Physical phenomena in devices are connected with fabrication method, design and output characteristics. Theoretical concepts are reinforced through laboratory experiments, practical training, individual homework.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Изучение методов расчета и конструирования полупроводниковых приборов. Получения знания о наиболее значимых процессах, протекающих в полупроводниковых приборах

2. Формирования навыков проектирования полупроводниковых приборов, выработки умения установления связи параметров и характеристик приборов со свойствами материала и конструктивными размерами.

3. Освоение навыков и умения связать конструкторские и технологические факторы формирования структуры с параметрами и характеристиками готовых приборов.

Перечень компетенций, в формировании которых участвует дисциплина, приведен в матрице компетенций, прилагаемой к ООП.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Моделирование и проектирование элементной базы микро- и наноэлектроники» относится к вариативной части ООП. Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебных планов:

1. «Математический анализ»;
 2. «Теоретические основы электротехники»;
 3. «Материалы и элементы электронной техники»,
 4. «Физико-химические основы технологии материалов и элементов электронной техники»,
 5. «Физика полупроводников»,
 6. «Твердотельная электроника»,
- и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение. Предмет дисциплины и ее задачи. Задачи и принципы микроэлектроники. Классификация полупроводниковых приборов по функциональным, структурным и конструктивно-технологическим признакам. Основные этапы проектирования полупроводниковых приборов. (1 час)

Тема 1. Основные соотношения для расчета полупроводниковых структур

Основные допущения, принимаемые при расчете полупроводниковых приборов. Система дифференциальных уравнений для расчета полупроводниковых структур. Уравнения переноса носителей заряда, уравнения непрерывности, уравнение Пуассона. Пути и методы упрощения общей системы уравнений. Возможности решения общей системы уравнений. Применение численных методов решения с использованием ЭВМ. (3 час)

Тема 2. Проектирование полупроводниковых диодов

Расчет токов в диоде с учетом инжекции и экстракции, а также с учетом генерационно-рекомбинационных процессов в электронно-дырочного перехода (ЭДП). Оценка влияния толщины базы на ВАХ диода. Работа диода при высоком уровне инжекции: изменение концентрации основных носителей заряда и появление электрического поля в базе диода, модуляция сопротивления базы, влияние высокого уровня инжекции на изменение электрофизических параметров полупроводника (времени жизни, подвижности и коэффициента диффузии носителей заряда). Расчет вольт-амперной характеристики полупроводникового диода при больших прямых токах.

Малосигнальные параметры диода. Процессы, определяющие работу диода на низких и высоких частотах. (31 час)

Тема 3. Проектирование биполярных транзисторов

Расчет составляющих токов эмиттера и коллектора транзистора с учетом неоднородного распределения примесей. Расчет основных статических параметров транзистора. Эффекты, связанные с большой плотностью тока в транзисторе: отеснения эмиттерного тока на край эмиттера, модуляция заряда в коллекторном переходе транзистора. Конструктивный расчет топологии транзистора.

Расчет переменных составляющих токов транзистора. Расчет малосигнальных параметров транзистора. Расчет граничной частоты работы транзистора. (22 час)

Тема 4. Проектирование тиристорov

Расчет ВАХ тиристора. Расчет вольт-амперной характеристики закрытого тиристора. Условие включения тиристора, расчет напряжения включения тиристора. Вольт-амперная характеристика тиристора в открытом состоянии: расчет падения напряжения на переходах и на базе тиристора.

Переходные процессы при переключении тиристорov. Расчет длительности процессов включения и выключения тиристора. Учет неоднородности структуры при расчете процесса включения. Эффект di/dt в тиристорах. Расчет du/dt -стойкости.

Влияние конструкции на процессы включения и выключения тиристорov. Разновидности тиристорov: динисторы и триаки, выключаемые тиристоры, тиристор-диод, симистор. (20 час)

Тема 5. Проектирование МДП-транзисторов

Расчет статических характеристик МДП-транзисторов с изолированным затвором на крутом и на пологом участках. Расчет порогового напряжения МДП-транзистора. Влияние электрического поля на подвижность носителей заряда в канале. Короткоканальные эффекты. Предельные напряжения МДП-транзистора.

Расчет малосигнальных параметров полевых транзисторов. Расчет крутизны характеристики МДП-транзистора. Факторы, влияющие на крутизну характеристики. Расчет сопротивления канала в открытом состоянии транзистора и активной составляющей выходной проводимости. Частотные свойства МДП-транзисторов.

МДП-транзистор со встроенным каналом.. Разновидности МДП-приборов: приборы с зарядовой связью, ДМДП-транзисторы, МДП-транзисторы с вертикальной структурой, МДП-транзистор с изолированным затвором (IGBT), МНОП-структуры, МДП-приборы в интегральных микросхемах. (30 час)

Заключение. Основные тенденции и направления развития и совершенствования методов расчета и конструирования полупроводниковых и микроэлектронных приборов. (1 час)

Перечень лабораторных работ

- 1 Проектирование варикапа
- 2 Проектирование выпрямительного диода
- 3 Проектирование коллекторного перехода транзисторной структуры
- 4 Исследование влияния используемых материалов (полупроводниковой подложки, диэлектрика и металла). на вольт-фарадную характеристику МДП – структуры
- 5 Исследование влияния используемых материалов (полупроводниковой подложки, диэлектрика и металла). на пороговое напряжение МДП – транзистора с индуцированным каналом
- 6 Расчет выходных ВАХ и характеристик передачи МДП – транзистора с индуцированным каналом
- 7 Расчет ВАХ МДП-транзистора со встроенным каналом. Изучение влияния электрофизических параметров материалов, размеров областей структуры и режимов работы на ВАХ МДП-транзистора
- 8 Расчет ВАХ IGBT

Перечень практических занятий

- 1 Расчет параметров р-n-перехода: контактной разности потенциалов, толщины области объемного заряда, барьерной емкости
- 2 Расчет пробивного напряжения р-n-перехода
- 3 Расчет токов в диоде
- 4 Расчет конструктивных размеров биполярного транзистора: толщины базы, площади переходов
- 5 Расчет коэффициента передачи тока биполярного транзистора
- 6 Расчет ВАХ тиристора
- 7 Расчет порогового напряжения МДП – транзистора с индуцированным каналом
- 8 Влияния короткоканальных эффектов на выбор параметров материалов и размеров структуры МДП-транзистора

Курсовое проектирование (26 часов)

Цель работы: закрепление и углубление материала, изученного в процессе лекционного изучения курса, на практических и лабораторных занятиях, а также проявить навыки самостоятельного использования этого материала для решения конкретных задач проектирования полупроводниковых приборов и ИМС.

Содержание работы: на основании индивидуального задания выбрать рациональный вариант формирования (технология изготовления) прибора или ИМС, провести конструкторские расчеты. Примерный объем заданий - 20...25 страницы пояснительной записки.

Примерные темы:

1. Проектирование выпрямительного диода (The design rectifier diode)
2. Проектирование варикапа (The design of the varicap)

3. Проектирование стабилитрона (The design of the Zener diode)
4. Проектирование биполярного транзистора
(The design bipolar transistor)
5. Проектирование тиристора (The design of thyristor)
6. Проектирование МДП-транзистора с индуцированным каналом
(The design of a MOS-transistor with induced channel)
7. Проектирование МДП-транзистора со встроенным каналом
(The design of a MOS-transistor with an integrated channel}
8. Проектирование IGBT-транзистора (The design IGBT-transistor)
9. Проектирование КМОП-инвертора (The design CMOS-inverter)

Индивидуальное домашнее задание

Порядок выдачи, выполнения и оценки индивидуального домашнего задания определяется методикой текущего контроля.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Название, библиографическое описание	Семестр	К-во экз. в библ. (на каф.)
Основная литература			
1	Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учеб. для вузов. - 7-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Лань, 2002, 2003, 1987, 2006	8	<i>Всего</i> 1232 624 604 90 ф. 4
2	Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учеб. для вузов.- М.:Радио и связь, 2008.	8	306
3	Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов.- М.:Физматлит, 2008.	8	31
4	Гуртов В.А. Твердотельная электроника. – М.:Техносфера. – 3-е изд.,2008. 2005 2006	8	Всего 11 25 3
5	Расчет параметров активных элементов электронной техники:Методические указания по курсовому проектированию/Сост:И.И. Зятыков, О.А. Изумрудов, Л.А. Марасина. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2006	8	Уч. 102
6	Попов В.Д., Белова Г.Ф. Физические основы проектирования кремниевых цифровых интегральных микросхем в монолитном и гибридном исполнении: Учебное пособие. – СПб.:Издательство «Лань»,2013.	8	10
7	Расчет и конструирование электронных компонентов: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2016	8	21
Дополнительная литература			
1	Крутякова М.Г., Чарыков Н.Д., Юдин В.В. Полупроводниковые приборы и основы их проектирования. - М.: Радио и связь, 1983	8	7
2	Тугов Н.М., Глебов Б.А., Чарыков Н.А. Полупроводниковые-приборы. - М.: Энергоатомиздат, 1990.	8	18
3	Зи С. Физика полупроводниковых приборов: в 2-х книгах. Пер. с англ. - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Мир, 1984.	8	Т.1-110 Т.2- 107
4	Шур М. Физика полупроводниковых приборов: в 2-х кн. – М.: Мир, 1992.	8	Т.1 - 13 Т.2 - 14
5	Пономарев М.Ф. Конструкции и расчет микросхем и микроэлементов ЭВА: Учеб. для вузов. - М.: Радио и связь, 1982.	8	6

6	Маллер Р., Кейминс Т. Элементы интегральных схем. - М.: Мир, 1989	8	8
7	Ферри Д., Эйкерс Л., Гринич Э. Электроника ультрабольших интегральных схем. - М.: Мир, 1991.	8	6
8	Блихер А. Физика тиристорov. - Л.: Энергоиздат, 1981.	8	13
9	А. Блихер. Физика силовых биполярных и полевых транзисторов. - Л.: Энергоатомиздат, 1986.	8	20
10	Евсеев Ю.А., Дерменжи П.Г. Силовые полупроводниковые приборы. - М.: Энергоиздат, 1981.	8	нет
11	Красников Г.Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов. - М.: Техносфера, 2002	8	Т.1-11 Т.2913
12	Красников Г.Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов. 2-е изд. - М.: Техносфера, 2002	8	182
13	Андреев А.П., Миронов В.А., Чиркин Л.К. Расчет биполярных транзисторов и тиристорov: Учеб. пособие. - Л.: ЛЭТИ, 1990.	8	136
14	Расчет полупроводниковых приборов и элементов интегральных схем / И.И.Зятков, В.А.Миронов, Р.П.Чернова и др. - Л.: ЛЭТИ, 1989	8	89
15	Зятков И.И., Чиркин Л.К., Юрченко Е.П. Расчет МДП-приборов: Учеб. пособие/ ЛЭТИ. - Л., 1991.	8	2
16	Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики применения. - М.: Изд. дом «ДодЭка-XX», 2005.	8	24
17	Денисенко В.В. Компактные модели МОП-транзисторов для SPICE в микро- и наноэлектронике. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010	8	нет
18	Вонг Б.П., Миттал А., Цао Ю., Старр Г. Нано-КМОП-схемы и проектирование на физическом уровне. М.: Техносфера, 2014	8	10

Зав. отделом учебной литературы

Т.В. Киселева

зав. профессора Тосветичи Косовичу Г.М.

Информационные технологии (операционные системы, программное обеспечение общего и специализированного назначения, а также информационные справочные системы) и материально-техническая база, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, соответствуют требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Описание информационных технологий и материально-технической базы приведено в УМКД дисциплины в методических указаниях к лабораторным работам, учебных пособиях к практическим занятиям, курсовому проектированию.

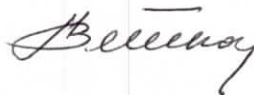
Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине и методика текущего контроля содержатся в учебно-методическом комплексе дисциплины.

Конкретные формы и процедуры текущего контроля знаний и промежуточной аттестации, а также методические указания для обучающихся по самостоятельной работе при освоении дисциплин (содержащиеся в ООП) доводятся до сведения обучающихся в течение первых недель обучения.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик

к.ф-м.н., доцент



Зятков И.И.

Рецензент

к.т.н., доцент



Иванов Б.В.

Зав. каф. МНЭ

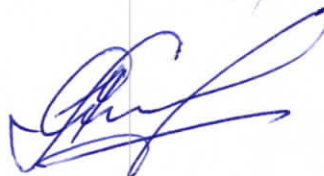
д.т.н., профессор



Лучинин В.В.

Декан факультета электроники

д.ф-м.н., профессор



Соломонов А.В.

Согласовано

Председатель УМК факультета электроники

к.ф-м.н., доцент



Александрова О.А.

Начальник МО

д.т.н., профессор



Грязнов А.Ю.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№	Дата	Изменение	Дата заседания УМК, № прот-ла	Автор	Нач. МО
1	26.04.20 18	Дисциплина добавлена в учебный план №325	протокол № 2 от 16 марта 2018.	Зятков И.И.	Грязнов А.Ю. 