

3. НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

3.1. ПРИМЕРНАЯ БАЗОВАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Утверждаю
Первый проректор —
проректор по учебной работе
МГТУ им. Н.Э. Баумана
_____ Б.В. Падалкин
«___» _____ 20__ г.

Факультет «Информатика и системы управления»
Кафедра ИУ4 «Проектирование и технология производства
электронной аппаратуры»

Факультет «Информатика и управление»
Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана
Кафедра ИУК1 «Проектирование и технология производства электронных приборов»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физические основы микро- и нанoeлектроники»

для направления подготовки (уровень бакалавриата)
12.03.01 «Приборостроение»

Авторы программы:

Андреев В.В., проф., д-р техн. наук

Жалнин В.П., доцент, канд. техн. наук, эл. адрес: zhalninvp@bmmstu.ru

Столяров А.А., проф., д-р техн. наук

Москва

Рабочая программа дисциплины определяет требования к знаниям и умениям студента, а также содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа разработана в соответствии с основной профессиональной образовательной программой (ОПОП) и учебным планом МГТУ им. Н.Э. Баумана, составленными на основе самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта (СУОС) по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение».

При освоении дисциплины планируется формирование компетенций, предусмотренных ОПОП на основе СУОС по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение» (уровень бакалавриата).

Для категорий «знать, уметь, владеть» планируется достижение результатов обучения (РО), вносящих на соответствующих уровнях вклад в формирование компетенций, предусмотренных ОПОП.

Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: изучение физических законов и явлений, на которых основано функционирование элементов современной микроэлектроники, освоение методов расчета параметров полупроводниковых структур, приобретение практических навыков исследования физических процессов, протекающих в полупроводниковых приборах.

Задачей дисциплины является изучение:

- основ квантовой механики и физической статистики;
- основ зонной теории твердых тел;
- положений статистической теории электронов и дырок в полупроводниках;
- положений теории электропроводности твердых тел;
- основ контактных и поверхностных явлений;
- положений теории туннельных эффектов и устройств на их основе.

Изучение дисциплины базируется на следующих курсах (разделах курсов):

- физика;
- математический анализ;
- материаловедение и материалы электронных средств;
- функциональная логика и теория алгоритмов;
- электротехника.

После освоения данной дисциплины студент подготовлен для изучения следующих курсов учебного плана:

- Основы аналого-цифровой схемотехники;
- Схемотехническое проектирование электронных средств;
- Конструкторское проектирование электронных средств;
- Технологические процессы микроэлектроники;
- Выполнения курсовых и дипломных проектов.

Знания, умения и навыки, получаемые после освоения дисциплины

Студент должен знать:

- основные понятия и термины, в том числе на английском языке, описывающие изделия, процессы и оборудование микроэлектроники;

- основы происходящих физических процессов в полупроводниковых и наноструктурах;
- принципы работы приборов на основе полупроводниковых структур;
- физические модели для расчета и анализа параметров полупроводниковых и наноструктур в целях выявления их оптимальных параметров.

Студент должен уметь:

- проводить измерения физических параметров полупроводниковых приборов;
- проводить анализ параметров статистическими методами, выявлять систематические и случайные погрешности;
- применять современные компьютерные программы для оформления текстовых и графических материалов лабораторных работ, домашних заданий, обзоров;
- применять соответствующее программное обеспечение для проведения расчетов параметров полупроводниковых и наноструктур;
- применять современное оборудование для определения и исследования различных параметров полупроводниковых и наноструктур;
- анализировать полученные результаты с применением современной вычислительной техники;
- анализировать причинно-следственные связи в рассмотренных процессах, обозначить и обосновать наиболее эффективные способы повышения микроминиатюризации.

Студент должен владеть:

- навыками работы в команде при выполнении лабораторных работ, групповых домашних заданий;
- приемами регулярной самостоятельной проработки и освоения модулей дисциплины, самоконтроля в достижении запланированных результатов обучения, поиска и освоения дополнительных источников информации по дисциплине при регулярном текущем контроле;
- приемами регулярной самостоятельной проработки и освоения модулей дисциплины, самоконтроля достижения запланированных результатов обучения, поиска и освоения дополнительных источников информации по дисциплине при регулярном текущем контроле;
- навыками применения условно-графических изображений приборов на основе полупроводниковых структур;
- навыками использования современного программного обеспечения для расчета параметров полупроводниковых структур.

Ниже приведены объем изучаемой дисциплины по семестрам (табл. 3.1), содержание дисциплины (табл. 3.2), часы, отведенные на изучение дисциплины по модулям (табл. 3.3), на самостоятельную работу (табл. 3.4) и на курсовую работу и курсовой проект (табл. 3.5).

Таблица 3.1

Объем дисциплины по видам учебных занятий

Вид учебной работы	Объем по семестрам, ч	
	Всего	1 семестр
	180	180
Аудиторная работа:	85	85
– лекции (Л)	51	51
– семинары (С)	17	17
– лабораторные работы (ЛР)	17	17
Самостоятельная работа обучающихся (СР):	95	95
– проработка учебного материала лекций	6,25	6,25
– подготовка к семинарам	2	2
– подготовка к лабораторным работам	6	6
– подготовка к экзамену	30	30
– подготовка к рубежному контролю	9	9
– другие виды самостоятельной работы	41,75	41,75
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

Таблица 3.2

Содержание дисциплины (4-й семестр)

№	Тема модуля	Объем, ч			
		Л	С	ЛР	СР
1	Элементы квантовой механики и физической статистики. Элементы зонной теории твердых тел	18	6	6	23
2	Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Электропроводность твердых тел	16	6	6	19
3	Контактные и поверхностные явления. Туннельные эффекты и устройства на их основе	17	5	5	23
4	Экзамен				
ИТОГО:		51	17	17	95

Таблица 3.3

Модуль, содержание, продолжительность изучения

№	Наименование, содержание	Часы
1	Элементы квантовой механики и физической статистики. Элементы зонной теории твердых тел	
<i>Лекции</i>		18
Л1.1	Введение. Основные понятия и термины наноинженерии	2
Л1.2	Волновые свойства частиц, уравнение Шредингера. Соотношения неопределенности Гейзенберга, потенциальные барьеры для микрочастиц	4

Продолжение табл. 3.3

№	Наименование, содержание	Часы
Л1.3	Функция Ферми, фазовая и групповая скорости, фононы	4
Л1.4	Низкоразмерные объекты: квантовая яма, квантовая нить, квантовая точка. Электронный газ в периодическом потенциальном поле	2
Л1.5	Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электрона. Зонная схема кристаллических тел — проводники, диэлектрики, полупроводники. Плотность состояний	6
<i>Семинары</i>		6
С1.1	Туннельный эффект на примере расчета некоторых параметров полупроводникового туннельного диода с использованием MATLAB	2
С1.2	Расчет собственной концентрации свободных носителей заряда в кремнии, германии, арсениде галлия и антимониде индия при различных температурах с использованием MATLAB	2
С1.3	Семинар-коллоквиум. Рубежный контроль	2
<i>Лабораторные работы</i>		4
ЛР1.1	Определение ширины запрещенной зоны полупроводника	4
<i>Самостоятельная работа</i>		23
СР1.1	Проработка учебного материала лекций	2,25
СР1.2	Подготовка к семинарам	0,75
СР1.3	Подготовка к лабораторным работам	2
СР1.4	Подготовка к рубежному контролю	3
СР1.5	Другие виды самостоятельной работы	15
2	Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Электропроводность твердых тел	
<i>Лекции</i>		16
Л2.1	Собственные и примесные полупроводники. Зависимость концентрации свободных носителей в полупроводнике от положения уровня Ферми	4
Л2.2	Неравновесные носители, рекомбинация носителей. Уравнение непрерывности	4
Л2.3	Движение электронов под действием внешнего поля. Электропроводность чистых металлов	4
Л2.4	Электропроводность собственных полупроводников. Электропроводность примесных полупроводников. Диффузионные уравнения	4
<i>Семинары</i>		6
С2.1	Анализ объемного положения уровня Ферми относительно середины запрещенной зоны в собственных полупроводниках индия при различных температурах с использованием MATLAB	2
С2.2	Расчет собственного удельного сопротивления кремния, германия, арсенида галлия и антимонида индия при различных температурах с использованием MATLAB	2
С2.3	Семинар-коллоквиум. Рубежный контроль	2

Окончание табл. 3.3

№	Наименование, содержание	Часы
<i>Лабораторные работы</i>		4
ЛР2.1	Исследование термоэлектрических явлений в полупроводниках	4
<i>Самостоятельная работа</i>		19
СР2.1	Проработка учебного материала лекций	2
СР2.2	Подготовка к семинарам	0,75
СР2.3	Подготовка к лабораторным работам	2
СР2.4	Подготовка к рубежному контролю	3
СР2.5	Другие виды самостоятельной работы	11,25
3	Контактные и поверхностные явления. Туннельные эффекты и устройства на их основе	
<i>Лекции</i>		17
ЛЗ.1	Контакт электронного и дырочного полупроводников. ВАХ тонкого $p-n$ -перехода. Механизмы пробоя $p-n$ -переходов	4
ЛЗ.2	Эффект поля. МДП-структуры. Сильнополевая туннельная инжекция. Резонансно-туннельные диоды. Полупроводниковые сверхрешетки	4
ЛЗ.3	Кулоновская блокада. Одноэлектронный транзистор. Устройства молекулярной электроники	2
ЛЗ.4	Углеродные нанотрубки. Графен. Фуллерены и фуллериты	2
ЛЗ.5	Микроэлектромеханические системы (МЭМС). Мемристоры	5
<i>Семинары</i>		5
СЗ.1	Расчет плотности тока электронов при отсутствии электрического поля в однородных слаболегированных полупроводниках Si, Ge, AsGa, InSb n -типа с использованием MATLAB	2
СЗ.2	Оценка высоты потенциального барьера в диоде Шоттки для различных металлов контакта при термодинамическом равновесии с использованием MATLAB	2
СЗ.3	Рубежный контроль	1
<i>Лабораторные работы</i>		9
ЛРЗ.1	Исследование зависимости барьерной и диффузионной емкости $p-n$ -перехода от напряжения	4
ЛРЗ.2	Определение концентрации и подвижности носителей тока в полупроводнике	5
<i>Самостоятельная работа</i>		23
СРЗ.1	Проработка учебного материала лекций	2
СРЗ.2	Подготовка к семинарам	0,5
СРЗ.3	Подготовка к лабораторным работам	2
СРЗ.4	Подготовка к рубежному контролю	3
СРЗ.5	Другие виды самостоятельной работы	15,5
СР4.1	Подготовка к экзамену	30
4	Экзамен	30

Таблица 3.4

Самостоятельная работа (4-й семестр)

№	Тема самостоятельной работы	Объем, ч
1	Проработка учебного материала лекций	6,25
1	Подготовка к семинарам	2
2	Подготовка к лабораторным работам	6
2	Подготовка к экзамену	30
2	Подготовка к рубежному контролю	9
2	Другие виды самостоятельной работы	41,75

Самостоятельная проработка учебного материала лекций

Самостоятельная проработка курса лекций проводится по рекомендованной литературе и по материалам видеотеки (https://vk.com/video/playlist/-242540_1).

Самостоятельная подготовка к семинарам

Самостоятельная подготовка к семинарам проводится по рекомендованной литературе и по материалам видеотеки (https://vk.com/video/playlist/-242540_1).

Самостоятельная подготовка к лабораторным работам

Самостоятельная подготовка к лабораторным работам проводится по литературе и по материалам видеотеки (https://vk.com/video/playlist/-242540_1).

Самостоятельная подготовка к аттестациям

Самостоятельная подготовка к аттестациям проводится по рекомендованной литературе и по материалам видеотеки (https://vk.com/video/playlist/-242540_1).

Таблица 3.5

Курсовой проект, курсовая работа (4-й семестр)

№	Тема курсового проектирования, курсовой работы	Объем, ч	Литература