

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра промышленной электроники и информационно-измерительной техники

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

### **ДИСЦИПЛИНЫ**

*«Б.1.В.ОД.1 Физические основы электроники»*

Уровень высшего образования

**БАКАЛАВРИАТ**

Направление подготовки

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника  
(код и наименование направления подготовки)

Промышленная электроника

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

Программа академического бакалавриата

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2017

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра промышленной электроники и информационно-измерительной техники

*наименование кафедры*

протокол № 7 от "09" 02 20 17 г.

Заведующий кафедрой

Кафедра промышленной электроники и информационно-измерительной техники

*наименование кафедры*

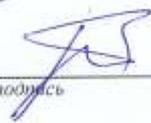
  
О.В. Худорожков

*расшифровка подписи*

Исполнители:

Профессор кафедры ПЭиИИТ

*должность*

  
*подпись*

В.Н. Булатов

*расшифровка подписи*

*должность*

*подпись*

*расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

*код наименование*

  
*личная подпись*

О.В. Худорожков

*расшифровка подписи*

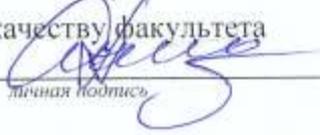
Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

  
*личная подпись*

Н.Н. Грицай

*расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета

  
*личная подпись*

С.А. Сильвашко

*расшифровка подписи*

№ регистрации \_\_\_\_\_

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

**Цели** освоения дисциплины «Физические основы электроники»:

- реализация в рамках дисциплины требований квалификационной характеристики, связанной с профессиональной деятельностью выпускника по направлению 11.03.04 – «Электроника и наноэлектроника» согласно Федеральному государственному образовательному стандарту (ФГОС);

- формирование соответствующих компетенций согласно требованиям основной образовательной программы (ООП) подготовки бакалавров по направлению «Электроника и наноэлектроника» с профилем подготовки «Промышленная электроника».

**Задачи:**

- приобретение обучающимися знаний в области физических основ электроники, как теоретической базы для изучения последующих дисциплин профессионального цикла;

- приобретение обучающимися навыков реализации теоретических знаний на практике в рамках выполнения лабораторных работ с применением интерактивных методов и закреплением соответствующих компетенций согласно ООП подготовки бакалавров по направлению «Электроника и наноэлектроника» с профилем подготовки «Промышленная электроника».

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б.1.Б.12 Физика, Б.1.Б.13 Химия*

Постреквизиты дисциплины: *Б.1.В.ОД.2 Материалы электронной техники*

## 3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<p><b>Знать:</b> простейшие физические и математические модели полупроводника для оценки его электрических свойств;</p> <p><b>Уметь:</b> использовать метод статистики Ферми-Дирака для получения вольт-амперной характеристики р-п перехода;</p> <p><b>Владеть:</b> стандартными программными средствами компьютерного моделирования р-п перехода для его исследования его свойств в различных режимах;</p>	ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	3 семестр	всего
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>53,25</b>	<b>53,25</b>
Лекции (Л)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	34	34
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>54,75</b>	<b>54,75</b>
<i>выполнение расчетно-графического задания (РГЗ);</i>	9,75	9,75
<i>- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;</i>	18	18
<i>- подготовка к лабораторным занятиям;</i>	18	18
<i>- подготовка к рубежному контролю и т.п.)</i>	9	9
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>экзамен</b>	

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Основы физики полей в элементах электроники	22	4		8	10
2	Электрофизические свойства полупроводников	16	2		8	6
3	Свойства полупроводников с примесями	16	2		4	10
4	P-n переход и его свойства	34	6		12	16
5	Электронные приборы на основе p-n перехода и перехода «металл-полупроводник»	20	4		2	14
	Итого:	108	18		34	56
	Всего:	108	18		34	56

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### 1 Основы физики полей в элементах электроники

Источник электрического поля и оценка количественных параметров электрического поля. Определение электрической постоянной. Электрическое определение накопителя электрического поля. Физическое определение накопителя электрического поля – плоского конденсатора. Дифференциальные уравнения, описывающие процессы в электрическом конденсаторе, его вольтамперная характеристика.

Источник магнитного поля и оценка количественных параметров магнитного поля. Определение магнитной постоянной. Электрическое определение накопителя магнитного поля. Физическое определение накопителя магнитного поля – индуктивности на основе тороидальной катушки с сердечником. Дифференциальные уравнения, описывающие процессы в индуктивности, ее вольтамперная характеристика.

Электрическое поле в металлах и резисторах. Основные уравнения для полей и токов. Удельное сопротивление.

### 2 Электрофизические свойства полупроводников

Классификация твердых тел с позиций зонной теории. Особенности расположения зон проводимости и валентной зоны для полупроводников (кремний, германий). Расположение электрона на орбите в валентной зоне. Условие равновесия и сохранения энергии электрона на

орбите на основе модели Резерфорда-Бора. Физический смысл главного квантового числа. Определение потенциальной и кинетической энергий электрона. Определение энергетических уровней электрона в валентной зоне и запретных зон.

Статистика Ферми-Дирака для полупроводников, понятие уровня Ферми. Определение концентрации собственных носителей в зоне проводимости и валентной зоне. Определение подвижности и времени жизни электронов и дырок в полупроводниках. Определение электронной и дырочной проводимости и удельного сопротивления в целом полупроводников.

### **3 Свойства полупроводников с примесями**

Формирование электронной проводимости в полупроводнике за счет донорных примесей. Трансформация энергетических зон в полупроводнике при наличии в нем донорных атомов. Энергия ионизации донорных электронов. Понятие основных носителей при наличии доноров в полупроводнике и определение их концентрации.

Формирование дырочной проводимости в полупроводнике за счет акцепторных примесей. Трансформация энергетических зон в полупроводнике при наличии в нем акцепторных атомов. Энергия ионизации акцепторных дырок электронов. Понятие основных носителей при наличии акцепторов в полупроводнике и определение их концентрации, образование новых уровней Ферми.

### **4 P-n переход и его свойства**

Энергетическая диаграмма при контакте полупроводников с акцепторной и донорной примесью (p-n переход). Диффузия основных носителей через границу контакта и образование концентрации неосновных носителей. Барьерный потенциал. Определение глубины диффузии. Определение концентрации неосновных носителей на основе уравнений Ферми-Дирака (уравнения Максвелла-Больцмана). Определение диффузионного (теплого) тока.

Физические процессы в области p-n перехода при приложении внешнего напряжения. Определение приращений концентрации зарядов за счет неосновных носителей при приложении внешнего напряжения. Определение плотности тока и величины тока через p-n переход при приложении внешнего напряжения. Вольтамперная характеристика полупроводникового прибора с p-n переходом.

### **5 Электронные приборы на основе p-n перехода и перехода «металл-полупроводник»**

Выпрямительный диод и основные соотношения тока и напряжения при «выпрямлении» напряжения в схемах выпрямителей напряжения.

Дифференциальное сопротивление p-n перехода при фиксированном значении тока (рабочая точка). Определение дифференциального сопротивления в рабочей точке. Использование дифференциального сопротивления p-n перехода для реализации управляемых аттенуаторов.

Диффузионная емкость p-n перехода. Определение диффузионной емкости. Учет свойств диффузионной емкости при реализации высокочастотных схем с выпрямительным диодом. Построение характеристики управления диффузионной емкостью в зависимости от протекающего тока через p-n переход.

Барьерная емкость p-n перехода. Определение барьерной емкости. Применение свойств барьерной емкости для реализации варикапов. Построение характеристики управления емкостью варикапа в зависимости от приложенного напряжения. Примеры использования варикапа в избирательных системах. Фотоэффекты в p-n переходах. Фотодиод и Светодиод.

Пробой p-n перехода. Тепловой пробой и его эффект. Туннельный пробой и его использование в СВЧ схемах. Лавинный пробой и его использование при создании стабилитронов. Эквивалентная схема стабилитрона как источника э.д.с. Примеры построения простейших стабилизаторов напряжения.

Свойства перехода «металл-полупроводник». Взаимодействие полей в переходе «металл-полупроводник». Образование выпрямляющего перехода. Диффузионная и диодная теории. Шотткированные переходы и их использование в разработке диодов Шоттки.

### 4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Определение параметров электрического поля в плоском многопластинчатом конденсаторе	4
2	1	Определение параметров магнитного поля в индуктивности на тороидальном сердечнике	4
3	2	Определение энергетических уровней электрона в простейшей модели атома	4
4	2	Определение основных параметров полупроводника (кремния, германия): концентрации собственных носителей и их подвижности и времени жизни, удельной проводимости	4
5	3	Определение параметров перехода при контакте полупроводников с электронной и дырочной проводимостью: глубины диффузии неосновных носителей и их концентрации, диффузионного (теплового) тока	4
6	4	Определение зависимости тока через р-п переход от приложенного к нему напряжения в зависимости от различных примесей и материала основного полупроводника	4
7	4	Определение и исследование диффузионной и барьерной емкостей р-п перехода	4
8	4	Определение параметров перехода «металл-полупроводник» с позиции «диффузионной» и «диодной» теорий	4
9	5	Исследование параметров обратного р-п перехода при лавинном пробое	2
		Итого:	34

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1) Булатов, В. Н. Физические основы электроники [Электронный ресурс] : конспект лекций для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи и 11.03.04 Электроника и наноэлектроника / В. Н. Булатов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2018. - ISBN 978-5-7410-1971-9. - 178 с. – Режим доступа:

[http://artlib.osu.ru/site\\_new/trudi](http://artlib.osu.ru/site_new/trudi)  
[http://artlib.osu.ru/site\\_new/find-book](http://artlib.osu.ru/site_new/find-book)

### 5.2 Дополнительная литература

1) Малышев, В. А. Основы квантовой электроники и лазерной техники [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. А. Малышев. - М. : Высш. шк., 2005. - 543 с. : ил. - Библиогр.: с. 536-539. - ISBN 5-06-004853-5.

2) Сборник задач и упражнений по электротехнике и основам электроники [Текст] : учеб. пособие для вузов / Г. Г. Рекус, А. И. Белоусов. - 2-е изд., перераб. - М. : Высш. шк., 2001. - 416 с. : ил. - ISBN 5-06-003984-6.

### 5.3 Периодические издания

- 1) Радиотехника и электроника;
- 2) Радиотехника.

### 5.4 Интернет-ресурсы

5.4.1 <http://www.electronics.ru>. – «Электроника НТБ» – научно-технический журнал

5.4.2 <http://www.chipinfo.ru> - CHIPINFO - электронные компоненты и радиодетали для радиолюбителей

5.4.3 <http://eldigi.ru> – проект, посвящённый микроконтроллерам и разработке электроники на микроконтроллерах.

### 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

5.5.1 Операционная система MicrosoftWindows.

5.5.2 OpenOffice - свободный офисный пакет программ, включающий в себя текстовый и табличный редакторы, редактор презентаций и другие офисные приложения.

5.5.3 Система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств NIMulti-simEducation 10 UserLicense.

### 6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекции проводятся в мультимедийном классе (ауд. 7302).

Лабораторные работы выполняются на персональных компьютерах (лаборатория 7217А), на которых установлено специализированное инструментальное и прикладное программное обеспечение.

*К рабочей программе прилагаются:*

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине;
- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Б.1.В.ОД.1 Физические основы электроники»

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
код и наименование

Направленность: Промышленная электроника

Год набора 2017

Дополнения и изменения к рабочей программе на 2018/2019 учебный год рассмотрены и утверждены на заседании кафедры

Кафедра промышленной электроники и информационно-измерительной техники  
наименование кафедры

протокол № 7 от "09" 02 2018 г.

Заведующий кафедрой

Кафедра промышленной электроники и информационно-измерительной техники

наименование кафедры

подпись

О.В. Худорожков

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий отделом комплектования Научной библиотеки ОГУ

личная подпись

расшифровка подписи

дата

Уполномоченный по качеству факультета

личная подпись

С.А. Сильвашко

расшифровка подписи

дата

В рабочую программу вносятся следующие дополнения и изменения:

### 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

#### 5.1 Основная литература

✓1) Булатов, В. Н. Физические основы электроники [Электронный ресурс] : конспект лекций для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи и 11.03.04 Электроника и наноэлектроника / В. Н. Булатов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2018. - ISBN 978-5-7410-1971-9. - 178 с. - Режим доступа: [http://artlib.osu.ru/site\\_new/trudi](http://artlib.osu.ru/site_new/trudi), [http://artlib.osu.ru/site\\_new/find-book](http://artlib.osu.ru/site_new/find-book)

#### 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

5.5.1 Операционная система Microsoft Windows.

5.5.2 OpenOffice - свободный офисный пакет программ, включающий в себя текстовый и табличный редакторы, редактор презентаций и другие офисные приложения.

5.5.3 Система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств NI Multi-sim Education 10 UserLicense.