

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра промышленной электроники и информационно-измерительной техники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.21 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)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2025

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.Б.21 Физические основы электроники» рассмотрена и
принята на заседании кафедры

кафедры промышленной электроники и информационно-измерительной техники

наименование кафедры

протокол № 7 от "20" 02 2025 г.

заведующий кафедрой

кафедры промышленной электроники и информационно-измерительной техники

наименование кафедры

А.С. Лелюхин

расшифровка подписи

исполнители:

доцент кафедры ПЭиИИТ

должность

подпись

расшифровка подписи

М.М. Филяк

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

код наименование

личная подпись

расшифровка подписи

А.С. Лелюхин

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов

личная подпись

подпись

С.А. Билимский

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству ИЭЭС

личная подпись

расшифровка подписи

С.А. Сильвашко

№ регистрации _____

1 Цели и задачи освоения дисциплины

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины «Физические основы электроники»:

- реализация требований квалификационной характеристики, связанной с профессиональной деятельностью выпускника согласно Федеральному государственному образовательному стандарту по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» и уровню высшего образования Бакалавриат, утвержденный приказом Минобрнауки России от 19.09.2017 № 927 (далее – ФГОС ВО);

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

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.1 Иностранный язык, Б1.Д.Б.8 Математика, Б1.Д.Б.11 Физика, Б1.Д.Б.12 Химия*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.23 Основы аналоговой и цифровой электроники, Б1.Д.В.2 Метрология, стандартизация и технические измерения, Б1.Д.В.3 Схемотехника*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1-В-2 Знает основополагающие законы физики, химии и математики для решения инженерных задач в области физических основ электроники ОПК-1-В-10 Умеет использовать знания и опыт расчетов из области физики и математики при проектировании элементов полупроводниковой электроники	Знать: основополагающие законы физики, химии и математики для решения инженерных задач в области физических основ электроники; Уметь: использовать знания и опыт расчетов из области физики и математики при проектировании элементов полупроводниковой электроники; Владеть: инструментами математического программного обеспечения для расчетов

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		элементов полупроводниковой электроники
ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2-В-3 Знает простейшие физические и математические модели полупроводника для оценки его электрических свойств ОПК-2-В-8 Умеет использовать метод статистики Ферми-Дирака для получения вольт-амперной характеристики р-п перехода ОПК-2-В-17 Владеет навыками применения программных средств компьютерного моделирования р-п перехода для исследования его свойств в различных режимах	Знать: простейшие физические и математические модели полупроводника для оценки его электрических свойств; Уметь: использовать метод статистики Ферми-Дирака для получения вольт-амперной характеристики р-п перехода; Владеть: навыками применения стандартных программных средств компьютерного моделирования р-п перехода для исследования его свойств в различных режимах

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	3 семестр	всего
Общая трудоёмкость	108	108
Контактная работа:	50,25	50,25
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий; - подготовка к лабораторным занятиям; - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к рубежному контролю и т.п.) - изучение разделов электронного курса в системе обучения Moodle	57,75	57,75
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	диф. зач.	

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	4	4	10
2	Электрофизические свойства полупроводников	16	2	4	4	6

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
3	Свойства полупроводников с примесями	18	2	2	2	12
4	P-n переход и его свойства	26	6	2	2	16
5	Электронные приборы на основе p-n перехода и перехода «металл-полупроводник»	26	4	4	4	14
	Итого:	108	18	16	16	58
	Всего:	108	18	16	16	58

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 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.

Раздел 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 запрещенных 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.

Раздел 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.

Раздел 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 р-п переходом.

Раздел 5 Электронные приборы на основе р-п перехода и перехода «металл-полупроводник»

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

Диффузионная емкость р-п 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 р-п переход.

Барьерная емкость р-п 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.

Пробой р-п 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	Изучение классификации, конструкции, основных параметров конденсаторов	2
2	1	Измерение основных параметров конденсаторов	2
3	1	Изучение классификации, конструкции, основных параметров резисторов	2
4	1	Измерение основных параметров резисторов	2
5	1	Изучение классификации, конструкции, основных параметров катушек индуктивности	2
6	1	Измерение основных параметров катушек индуктивности	2
7	3	Измерение основных параметров полупроводниковых варисторов	2
8	4, 5	Изучение классификации, конструкции, основных параметров и типов полупроводниковых диодов	2
		Итого:	16

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Расчет параметров электрического поля в многопластинчатом конденсаторе, а также параметров самого конденсатора	2
2	1	Расчет параметров магнитного поля в индуктивности на тороидальном сердечнике, а также расчет самой индуктивности	2
3	2	Расчет энергетических уровней электрона в простейшей модели атома (в водородоподобном атоме)	2
4	2	Расчет основных параметров полупроводника (кремния, германия): концентрации собственных носителей и их подвижности и времени жизни, удельной проводимости	2
5	3	Расчет параметров полупроводников с примесями	2

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
6	4	Расчет зависимости тока через р-п переход от приложенного к нему напряжения в зависимости от материала полупроводника и его примесей	2
7	5	Расчет диффузионной и барьерной емкостей р-п перехода	2
8	5	Расчет зависимости тока через переход «металл-полупроводник» от приложенного к нему напряжения в зависимости от материала полупроводника и металла	2
		Итого:	16

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1 Булатов, В. Н. Физические основы электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств и 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника / В. Н. Булатов; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 3.19 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2019. - 184 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 7.0 - ISBN 978-5-7410-2392-1. http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/113596_20191105.pdf

5.2 Дополнительная литература

1 Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров "Электроника и микроэлектроника" и по направлению подготовки дипломированных специалистов "Электроника и микроэлектроника" / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин.- 11-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 480 с. : ил. - Библиогр.: с. 460. - Предмет. указ.: с. 468-474. - ISBN 978-5-507-45795-3.5.5

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 : журнал. - Москва : Академиздатцентр "Наука" РАН.

5.4 Интернет-ресурсы

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

2 <http://kit-e.ru> – сайт журнала об электронных компонентах «Компоненты и технологии»

3 <https://openedu.ru/course/?group=151&status=all/> - «Открытое образование», Каталог курсов.

4 <https://moodle.osu.ru/course/view.php?id=8816> . Физические основы электроники: электронный курс в системе Moodle, Филяк М. М. Оренбург.

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

1 Операционная система Microsoft Windows.

2. Пакет офисных приложений LibreOffice
- 3 Интегрированная система решения математических, инженерно-технических и научных задач PTC MathCAD 14.0 - English.
- 4 7-Zip текущей версии. Свободный файловый архиватор. Разработчик: Игорь Павлов. Режим доступа: <http://www.7-zip.org/>.
5. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2023]. – Режим доступа к системе в сети ОГУ для установки системы: <\\fileserv1\CONSULT\cons.exe>
6. <http://edu.garant.ru/garant/study/> - Интернет-версия ГАРАНТ-Образование, Система ГАРАНТ для студентов, аспирантов и преподавателей

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется лаборатория микроэлектроники и микропроцессорной техники, оснащенная компьютерами, на которых установлено специализированное инструментальное и прикладное программное обеспечение.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.