

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 11 » апреля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Физические основы микроэлектроники
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах
(код и наименование направления)

Направленность: Управление в технических системах (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - познакомиться с физическими основами полупроводниковых материалов и создание на базе этих полупроводников приборов электронной техники.

Задачи:

- получение знаний об общих принципах работы полупроводниковых приборов, используемых в электронике;
- формирование умений использования этих приборов в функциональных устройствах аналоговой и цифровой электроники;
- получение навыков и расчетов таких устройств;

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- основные свойства физических процессов, происходящих в полупроводнике;
- параметры и характеристики элементной базы электроники;
- область применения элементной базы в аналоговой и цифровой электронике, а так же в источниках питания;
- методы расчета электрических схем сложной конфигурации;

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПКО-2	ИД-1пко-2	Знает физические процессы происходящие в полупроводниках и их контактах. Физические эффекты в полупроводниках и р-п переходах. Влияние внешней среды на свойства р-п перехода. Вольт-амперные характеристики различных типов полупроводниковых приборов. Элементную базу современных электронных устройств. Принцип действия приборов, составляющих элементную базу.	Знает способы расчета отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления.	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПКО-2	ИД-2пко-2	Умеет рассчитать необходимое количество примесей для получения полупроводников с заданными физическими параметрами; концентрацию присадки для формирования требуемой зонной диаграммы; токи в р-п переходе при различных внешних воздействиях; провести исследование электронных приборов с целью построения ВАХ, и расчета параметров этих приборов.	Умеет применять методики и инструментарий проектирования отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления.	Отчёт по практическом у занятию
ПКО-2	ИД-3пко-2	Владеет навыками проведения экспериментальных исследований, навыками проведения измерения параметров р-п перехода, с помощью цифровых измерительных приборов, навыками обработки экспериментальных данных.	Владеет навыками использования стандартные средств измерительной и вычислительной техники при проектировании и расчетах отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления.	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	24	24	
- лабораторные работы (ЛР)	16	16	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	10	10	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				
Физические основы полупроводниковых материалов, полупроводниковых контактов	8	4	4	18
1. Основные понятия термины и определения; 2. Структура и зонная диаграмма полупроводников; 3. Количественная оценка уровня Ферми, дрейфовые и диффузионные токи; 4. Электронно-дырочный переход; 5. Физика работы ВАХ; 6. Виды пробоя, ёмкость р-п перехода 7. Фотоэффект и эффект электрического поля.				
Полупроводниковые диоды и транзисторы	12	8	4	18
1. Выпрямительные и туннельные диоды. Кремниевый стабилитрон. 2. Биполярные транзисторы. Принцип действия и схемы включения. 3. Статические ВАХ транзистора. Эквивалентные схемы замещения. h- параметры. 4. Импульсные и частотные свойства биполярного транзистора.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Разновидности транзисторов. Тиристоры и фотоприборы.	4	4	2	18
1. Полевые транзисторы с управляемым р-п переходом. 2. МДП-транзисторы. Принцип действия и ВАХ. 3. Динисторы, тиристоры, симисторы. Принцип действия, назначение. 4. Фотополупроводниковые приборы. Параметры, назначение. 5. Светоизлучающие приборы и лазеры. Оптроны. Оптоволоконные кабели. Фотоника.				
ИТОГО по 3-му семестру	24	16	10	54
ИТОГО по дисциплине	24	16	10	54

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет концентрации носителей в зонах и потенциального уровня Ферми.
2	Расчет величины потенциального барьера и ширины обедненной зоны р-п перехода.
3	Расчет добавочного сопротивления в схемах стабилитрона. Графический расчет.
4	Расчет h-параметров биполярного транзистора в схемах ОЭ, ОБ.
5	Технология изготовления и конструкция фото- и свето- полупроводниковых приборов.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование плоскостных и точечных диодов.
2	Исследование кремниевого стабилитрона.
3	Исследование биполярного транзистора.
4	Исследование фотоприборов.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Бобров И. И. Физические основы электроники : учебное пособие для вузов / И.И.Бобров. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2005.	323
2	Гусев В. Г. Электроника и микропроцессорная техника : учебник для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. - Москва: КНОРУС, 2013.	3

3	Заневский Э. С. Общая электротехника и электроника. Физические основы и элементная база электроники : конспект лекций / Э. С. Заневский. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2004.	71
4	Прянишников В. А. Электроника : полный курс лекций / В. А. Прянишников. - Санкт-Петербург: Корона-Век, 2010.	6
5	Степаненко И. П. Основы микроэлектроники : учебное пособие для вузов / И. П. Степаненко. - М.: Лаб. Базовых Знаний, 2004.	2
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника : Полн. курс: Учеб. для вузов / Ю.Ф.Опадчий,О.П.Глудкин,А.И.Гуров. - М.: Горячая линия-Телеком, 2005.	10
2	Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы / Пасынков В. В., Чиркин Л. К. - Санкт-Петербург: Лань, 2009.	1
2.2. Периодические издания		
1	Радио - радиолюбителям : сборник описаний избранных конструкций, опубликованных в журнале Радио за 1968-1970 гг. / Под ред. А. И. Берга. - Москва: Энергия, 1974.	1
2	Современная электроника : журнал / Издательство СТА-ПРЕСС. - Москва: СТА-ПРЕСС, 2004.	1
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Электроника и микроэлектроника : методические указания к лабораторным работам / Пермский государственный технический университет, Кафедра "Автоматика и телемеханика"; Сост. Ю. В. Панов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 1993.	1
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Расчет электронных схем. Примеры и задачи : учебное пособие для втузов / Г. И. Изъюрова [и др.]. - Москва: Высш. шк., 1987.	31

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Иваницкий В. А. Электротехника и электроника : учебное пособие / В. А. Иваницкий, М. Е. Тюленёв. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3409	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
База данных компании EBSCO	https://www.ebsco.com/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Персональный компьютер IBM PC	12
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Персональный компьютер IBM PC	12

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Физические основы микроэлектроники»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (3-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	Зачёт	
Усвоенные знания						
З.1 Знает физические процессы, происходящие в полупроводниках и их контактах. Физические эффекты в полупроводниках и р-п переходах. Влияние внешней среды на свойства р-п перехода. Вольт-амперные характеристики различных типов полупроводниковых приборов. Элементную базу современных электронных устройств. Принцип действия приборов, составляющих элементную базу.		ТО1		КР1		ТВ
Освоенные умения						
У.1 Умеет рассчитать необходимое количество примесей для получения полупроводников с заданными физическими параметрами; концентрацию присадки для формирования требуемой зонной диаграммы; токи в р-п переходе при различных внешних воздействиях; провести исследование электронных приборов с целью построения ВАХ, и расчета параметров этих приборов.				КР2		ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 Владеет навыками проведения экспериментальных исследований, навыками проведения измерения параметров р-п перехода, с помощью цифровых			ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3			

измерительных приборов, навыками обработки экспериментальных данных.			ОЛР4			
--	--	--	------	--	--	--

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание дифференцированного зачета.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме

защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после проведения практических занятий).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 4 лабораторные работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Всего запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины и проведения практических занятий.

Типовые задания КР1:

1. Расчет концентрации носителей в зонах и потенциального уровня Ферми.
2. Расчет величины потенциального барьера и ширины обедненной зоны p-n перехода.

Типовые задания КР2:

1. Расчет добавочного сопротивления в схемах стабилитрона. Графический расчет.
2. Расчет h-параметров биполярного транзистора в схемах ОЭ, ОБ.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, может быть использовано индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Что представляют собой полупроводниковые приборы?
2. Объясните принцип работы p-n перехода?
3. Что такое вольт-амперная характеристика (ВАХ)?
4. Перечислите основные параметры выпрямительных диодов?
5. Охарактеризуйте виды пробоя p-n перехода.
6. Каковы структуры биполярных транзисторов и их условные графические обозначения?
7. Какие схемы включения транзистора вы знаете? В чем заключаются основные отличия данных схем?
8. Что такое дифференциальное сопротивление коллекторного перехода и как его можно определить по выходным характеристикам транзистора?
9. Что такое область активного режима, насыщения, отсечки?
10. Какие разновидности транзисторов вы знаете? Какие у них условные графические обозначения?
11. Назовите передаточные параметры четырёхполюсника с ОЭ?

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Расчет статического и дифференциального сопротивления диода.
2. Расчет обратного сопротивления выпрямительного диода.
3. Расчет сопротивления коллектора биполярного транзистора.
4. Решение ситуационных задач по полупроводниковым элементам.

2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.