

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Рябцун Владимир Васильевич
Должность: Директор
Дата подписания: 15.02.2022 10:07:37
Уникальный программный ключ:
937d0b737ee35f07895d49b5275e8ac533489f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Технологический институт-
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ТИ НИЯУ МИФИ)

КАФЕДРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

ОДОБРЕНО
Ученым советом ТИ НИЯУ МИФИ
протокол № 5 от «31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Направление	11.03.03 Конструирование и технология
подготовки	электронных средств
Профиль подготовки	Технология электронных средств
Квалификация (степень) выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная

Форма обучения	3 сем
Трудоемкость, кред.	3
Объём учебных занятий в часах	108
- аудиторные занятия:	48
- лекций	16
- практических	16
- лабораторных	16
В форме практической подготовки	
- самостоятельная работа	24
Форма отчётности – экзамен	36

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Физические основы микро- и нанoeлектроники» дает знания о рациональном выборе электронных приборов, их режимов работы и схем включения в различных устройствах и направлена на применение этих знаний для решения различных задач, в том числе связанных с профессиональной деятельностью.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Физические основы микро- и нанoeлектроники» является подготовка студентов к решению задач, связанных с рациональным выбором электронных приборов, их режимов работы и схем включения в различных устройствах.

Задачи дисциплины:

- изучение основных понятий и определений дисциплины;
- изучение основных физических явлений, происходящих в полупроводниках: генерации и рекомбинации носителей;
- освоение стандартных методик определения параметров движения носителей заряда в полупроводниках;
- формирование способности у студента применять знания, изучаемые в курсе, к решению практических задач.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная учебная дисциплина входит в часть, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы «Технология электронных средств» по направлению подготовки «Конструирование и технология электронных средств».

Для изучения дисциплины необходимы знания и умения, сформированные у обучающихся в результате освоения дисциплин физика, математика, электротехника.

Данная дисциплина является базой для изучения курса "Электроника". Знание ее материалов необходимо при выполнении квалификационной работы, а также при практической работе выпускников по специальности.

Входные компетенции учебной дисциплины:

Код компетенции	Компетенция
УК1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
ОПК1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

ПК5	Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативной документацией, соблюдая требования безопасности и экологичности
-----	--

Указанные связи и содержание дисциплины дают обучающемуся системное представление о комплексе изучаемых дисциплин в соответствии ОС ВО НИЯУ МИФИ, что обеспечивает соответственный теоретический уровень и практическую направленность в системе обучения будущей деятельности бакалавра.

3. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Физические основы микро- и нанoeлектроники» направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
ПК-1	Способен осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке корректности и эффективности работы электронных средств
ПК-5	Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативной документацией, соблюдая требования безопасности и экологичности
ПК-4.1	Способен корректировать схемотехнические описания отдельных блоков электронных устройств

Индикаторами достижения компетенций являются:

Код компетенции	Код индикатора	Индикатор
УК-1	З-УК-1 У-УК-1 В-УК-1	Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач
ПК-1	З-ПК-1 У-ПК-1	Знать: источники информации по функционированию и Проектированию электронных средств, методы их

	В-ПК-1	<p>исследования</p> <p>Уметь: систематизировать полученные данные, составлять описание проводимых исследований, подготавливать данные для составления обзоров и отчетов, обосновывать принимаемые проектные решения, выполнять эксперименты по проверке корректности решений</p> <p>Владеть: навыками построения моделей объектов Профессиональной деятельности с использованием Инструментальных средств, навыками тестирования, отладки и верификации</p>
ПК-5	3-ПК-5 У-ПК-5 В-ПК-5	<p>Знать: отраслевые нормативные требования к разработке технических заданий</p> <p>Уметь: оформлять технические задания на детали, сборочные единицы и систему в целом</p> <p>Владеть: навыками разработки технических заданий на отдельные блоки и систему в целом</p>
ПК-4.1	3-ПК-4.1 У-ПК-4.1 В-ПК-4.1	<p>Знать: стандарты, технические условия и нормативные документы по разработке проектной и технической документации</p> <p>Уметь: соблюдать и обеспечивать особый режим и регламенты работы с конструкторской документацией на предприятиях ЯОК</p> <p>Владеть: способностью интегрировать отдельные Схемотехнические решения с учетом основных принципов и методов обеспечения надежности блоков электронных устройств</p>

4. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Код	Направление/цели	Создание условий, обеспечивающих:	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин
В18	Профессиональное воспитание	- формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.

Организация интерактивных мероприятий и реализация специализированных заданий с воспитательным и социальным акцентом:

- лабораторные работы – совместная деятельность малых групп студентов (до 3-х человек), которая дает всем обучающимся возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения (в частности, умение активно слушать, вырабатывать общее мнение, разрешать возникающие разногласия).

Перечисленные мероприятия направлены на:

- формирование у студента формирования ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения
- выявление путей решения поставленных задач, поиск нестандартных решений, определения и расставления приоритетов в решении конструкторских задач;
- развитие навыков анализа различных сторон конструкторской деятельности направленной на получение экономически выгодных решений;
- формирование у студента ответственности за принятие решений;
- формирование у студентов трудовой мотивации и активной профессиональной позиции, личного трудолюбия;
- развитие творческих умений и навыков, формирование творческого профессионально-ориентированного мышления, необходимого для решения нестандартных задач.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108час.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Обязат. текущий контроль успеваемости (форма, неделя)	Аттестация раздела (форма, неделя)	Максимальный балл за раздел
			Лекции	Практическая работа	Лабораторные работы	Самостоятельная работа			
3 семестр									
1	Электронно-дырочный переход	1-6	8	8	8	12	ЛР1 (6) Дз1 (5) ЛР2 (8)	КИ1(8) все 10	30
2	Физические основы микро- и нанoeлектроники	7-18	8	8	8	12	ЛР3 (10) Дз2 (11) ЛР4 (12)	КИ2(16)	40
3	Экзамен								30
	ИТОГО		16	16	16	24			100

Наименование тем и содержание лекционных занятий:

1. Введение. Свойства полупроводников.

Краткий исторический очерк развития отечественной и зарубежной электронной техники. Роль электронных приборов в радиоэлектронике, телекоммуникационных системах, вычислительных комплексах и других областях науки и техники. Значение курса как одной из базовых дисциплин по специальности.

Определение термина «Физические основы микро- и нанoeлектроники». Классификация электронных приборов по характеру рабочей среды (вакуум, разреженный газ, твердое тело), принципу действия и диапазону рабочих частот. Основные свойства и особенности электронных приборов.

Собственные и примесные полупроводники. Основные материалы полупроводниковой электроники (кремний, германий, арсенид галлия, нитрид галлия), их основные электрофизические параметры. Концентрация свободных носителей в собственном и примесном полупроводниках, ее зависимость от температуры. Уровень Ферми, его зависимость от температуры и концентрации примесей. Кинетические процессы в полупроводниках. Тепловое движение и его средняя скорость. Дрейфовое движение, подвижность носителей заряда и ее зависимость от температуры и концентрации примесей. Плотность дрейфового тока, удельная проводимость полупроводников и ее зависимость от температуры и концентрации

примесей. Движение носителей в сильных электрических полях, зависимость дрейфовой скорости от напряженности электрического поля.

Процесс генерации и рекомбинации носителей. Скорость рекомбинации и время жизни неравновесных носителей. Диффузионное движение носителей, коэффициент диффузии, плотность диффузионного тока. Соотношение Эйнштейна. Появление электрического поля в полупроводнике при неравномерном распределении примесей. Время жизни и диффузионная длина носителей. Полупроводник во внешнем электрическом поле, длина экранирования. Обедненный, обогащенный и инверсионный слои.

2. Электронно - дырочный переход

Физические процессы в электронно-дырочном переходе. Образование обедненного слоя, условие равновесия. Энергетическая диаграмма, распределение потенциала, напряженности электрического поля и объемного заряда в переходе. Высота потенциального барьера и ширина перехода. Температурная зависимость контактной разности потенциалов. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) идеализированного электронно-дырочного перехода.

Электронно-дырочный переход при подаче внешнего напряжения. Инжекция и экстракция носителей заряда. Особенности несимметричного перехода. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) идеализированного электронно-дырочного перехода. Распределение неравновесных носителей. Тепловой ток, его зависимость от ширины запрещенной зоны, концентрации примесей и температуры. Математическая модель и параметры идеализированного p-n-перехода: статическое и дифференциальное сопротивление, барьерная и диффузионная емкости перехода, их зависимость от приложенного напряжения.

Контакт металл-полупроводник. Выпрямляющий и невыпрямляющий (омический) контакты. Барьер Шоттки. Гетеропереходы. Энергетические диаграммы. Особенности физических процессов. Особенности ВАХ.

3. ВАХ реальных диодов.

Влияние рекомбинации неравновесных носителей в ОПЗ p-n-перехода на прямой ток диода. Влияние объемного сопротивления базы диода на прямые характеристики. Влияние генерации неравновесных носителей в ОПЗ p-n-перехода на обратный ток диода. Пробой p-n-перехода. Виды пробоя: лавинный, туннельный и тепловой. Влияние температуры на характеристики диодов.

Классификация полупроводниковых диодов по технологии изготовления, мощности, частоте и функциональному применению: выпрямительные, стабилитроны, варикапы, импульсные диоды, диоды Шоттки, туннельные и обращенные диоды. Принцип работы, характеристики, параметры, схемы включения.

4. Принцип действия биполярного транзистора.

Устройство биполярного транзистора (БТ). Зонная диаграмма. Схемы включения. Основные режимы: активный, отсечки, насыщения, инверсный. Принцип действия транзистора: физические процессы в эмиттерном переходе, базе и коллекторном переходе; распределение неосновных носителей в базе при различных режимах. Эффект модуляции ширины базы. Токи в транзисторе; коэффициенты передачи тока в схемах с общей базой (ОБ) и общим эмиттером (ОЭ). Зависимость коэффициентов прямой передачи от тока эмиттера (эффект Кирка).

5. Статические характеристики транзистора.

Модель идеализированного транзистора (модель Эберса-Молла). Физические параметры транзистора: коэффициент передачи тока, дифференциальные сопротивления и емкости переходов, объемные сопротивления областей. Статические характеристики транзистора в схемах с ОБ и ОЭ: семейства входных и выходных характеристик. Влияние температуры на характеристики транзистора. Зависимость коэффициентов прямой передачи тока от электрического режима работы. Эффект Кирка. Дрейфовые транзисторы. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы БТ.

6. Частотные свойства биполярного транзистора. Переходные процессы

Особенности работы транзистора на высоких частотах. Физические процессы, определяющие частотные параметры транзистора. Предельная и граничная частоты, эквивалентная схема транзистора на высоких частотах. Способы повышения рабочей частоты БТ. Переходные процессы в биполярном транзисторе. Статический режим ключевой схемы на БТ. Работа транзистора в импульсном режиме. Физические процессы накопления и рассасывания носителей заряда. Импульсные параметры транзистора. Импульсный транзистор с диодом Шоттки. Разновидности и перспективы развития БТ.

7. Полевой транзистор Полевой транзистор с управляющим р-n-переходом.

Устройство полевого транзистора (ПТ) с управляющим р-n-переходом. Принцип действия, физические процессы, влияние напряжений электродов на ширину р-n-перехода и форму канала. Статические характеристики. Крутизна. Полевой транзистор с изолированным затвором. МДП-транзисторы со встроенным и индуцированным каналами. Устройство, схемы включения. Режимы обеднения и обогащения в транзисторе со встроенным каналом и его статические характеристики. Статические характеристики ПТ с индуцированным каналом. Комплементарные МДП-транзисторы. Особенности мощных МДП-транзисторов. Малосигнальные

параметры ПТ. Области применения ПТ. Сравнение полевых и биполярных транзисторов. Перспективы развития и применения ПТ.

8. Тиристоры.

Устройство, принцип действия, ВАХ, разновидности тиристорov, диодные тиристоры, триодные тиристоры, симисторы, области применения. Параметры и система обозначения переключающих приборов.

9. Полупроводниковые излучатели и приемники излучения.

Определение оптического диапазона электромагнитных колебаний. Классификация оптоэлектронных полупроводниковых приборов. Электролюминесценция. Основные типы полупроводниковых излучателей: некогерентные и когерентные полупроводниковые излучатели. Светодиоды, устройство, принцип действия, характеристики, параметры. Основные материалы, применяемые для изготовления светодиодов. Достижения в разработке светодиодов и полупроводниковых лазеров. Полупроводниковые приемники излучения: фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры. Принцип работы, характеристики, параметры. Устройство оптронов, основные типы оптронов: резисторные, диодные, транзисторные и тиристорные. Классификация и принцип действия. Вакуумные фотоприемники: фотоэлементы и фотоэлектронные умножители.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Традиционные занятия: лекции, практические занятия.

Активные и интерактивные формы проведения занятий.

Занятия в интерактивной форме включают:

– практические работы – совместная деятельность малых групп студентов (до 3-х человек), которая дает всем обучающимся возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения (в частности, умение активно слушать, вырабатывать общее мнение, разрешать возникающие разногласия);

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы, выполнение домашних заданий и оформление отчётов по лабораторным работам.

Перечень практических работ

1. Исследование полупроводниковых диодов
2. Исследование биполярного транзистора
3. Исследование полевого транзистора
4. Исследование тиристора

7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

В качестве промежуточной оценки успеваемости студентов используются тесты и лабораторные работы по пройденным темам. Средства оценки представлены в соответствующем фонде оценочных средств по дисциплине «Физические основы микро- и наноэлектроники».

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В конце 3 семестра проводится экзамен. На экзамене студенту предлагается ответить в устной форме на теоретические вопросы. Критерии оценки приведены в соответствующем фонде оценочных средств по дисциплине «Физические основы микро- и наноэлектроники».

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Ульрих Титце. Полупроводниковая схемотехника. Том I [Электронный ресурс] / Титце Ульрих, Шенк Кристоф. — Электрон.текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 826 с. — 978-5-4488-0052-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63579.html>
2. Одинокоев, С. Б. Оптико-электронные приборы контроля подлинности защитных голограмм : учебное пособие / С. Б. Одинокоев, Д. С. Лушников, А. Ю. Павлов. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2009. — 48 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/31129.html> (дата обращения: 19.11.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Дополнительная литература

1. Легостаев, Н. С. Материалы электронной техники : учебное пособие / Н. С. Легостаев. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014. — 239 с. — ISBN 978-5-86889-679-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/72057.html>
2. Легостаев Н.С. Твердотельная электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Легостаев Н.С., Четвергов К.В.— Электрон.текстовые данные.— Томск: Эль Контент, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011.— 244 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13981>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

3. Легостаев Н.С. Твердотельная электроника [Электронный ресурс]: методические указания по изучению дисциплины/ Легостаев Н.С., Четвергов К.В.— Электрон.текстовые данные.— Томск: Эль Контент, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 52 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13980>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4. Романовский М.Н. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Романовский М.Н.— Электрон.текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 123 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13933>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы:

проектор Nec + экран (настенный)

Компьютер: процессор IntelPentium 4; оперативная память 4GBDDR3; монитор ЖК Benq 19,5”, клавиатура, мышь

Каждый студент имеет свой логин и пароль для входа в Электронную информационно-образовательную среду ТИ НИЯУ МИФИ (<http://stud.mephi3.ru/>)

Каждый студент имеет доступ к электронно-библиотечной системе IPRbooks.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки «Конструирование и технология электронных средств» профиля подготовки бакалавров «Технология электронных средств».

Авторы: М.Ф. Соколов, С.И. Сивков, к.т.н.