

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)
Институт информационных технологий и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института



А.А. Галкин

2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ»

направление подготовки / специальность
27.03.04 – Управление в технических системах

направленность (профиль) подготовки
Управление и информатика в технических системах

г. Владимир
2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Физические основы микроэлектроники», являются: приобретение знаний о свойствах, характеристиках и параметрах полупроводниковых приборов и устройств в дискретном и интегральном исполнении, составляющих основу современной элементной базы электронной аппаратуры.

Задачи:

- изучение принципов действия, параметров и характеристик наиболее распространенных приборов электронной аппаратуры.
- изучение современных тенденций развития элементной базы электроники.
- формирование способностей правильно применять полученные знания при разработке аппаратуры систем управления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физические основы микроэлектроник» относится к обязательной части учебного плана направления 27.03.04 – Управление в технических системах.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
ОПК-1 Способен анализировать задачи управления в технических системах на основе положений, законов и методов естественных наук и математики	ОПК-1.1. Знает: основы анализа задач управления в технических системах. ОПК-1.2. Умеет анализировать задачи, выделять базовые составляющие управления в технических системах, рассматривать возможные варианты решения задачи управления в технических системах. ОПК-1.3. Владеет навыками оценивая достоинств и недостатков возможных вариантов решения задачи.	Знать основы физических процессов Уметь использовать основные законы естественных наук и математики Владеть навыками обработки данных	Тестовые вопросы
ОПК-2 Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний, профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин (модулей)	ОПК-2.1. Знает профильные разделы математических и естественнонаучных дисциплин. ОПК-2.2. Умеет формулировать задачи в области управления в технических системах. ОПК-2.3. Владеет навыками грамотно и аргументированно формировать собственные суждения и оценки на основе знаний по профильным разделам математических и естественнонаучных дисциплин	Владеть основными законами естественных наук и математики и современными информационно-коммуникационными технологиями в процессе профессиональной деятельности	Тестовые вопросы

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, **108** час.

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (<i>по семестрам</i>)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Тема №1. Введение. Понятия и термины физики полупроводников. Материалы, типы проводимостей.	3	1						
2	Тема №2. Характеристики и параметры вентильных переходов -диодов. Вентильные диоды на основе германия, кремния. Отличия параметры, характеристики. Разновидности диодов: опорные, свето-фото-диоды, диоды Шотки, туннельные, обращенные. Характеристики, применения.	3	2-6	6	6			14	Рейтинг-контроль 1
3	Тема №3. Транзисторы биполярные. Принцип действия. Характеристики, параметры. Схемы включения. Интегральное исполнение БПТ. Применения БПТ.	3	7-8	2	2	4		8	

7	Тема №4. Полевые транзисторы (ПТ). Принципы действия ПТ. Характеристики, параметры. Дискретные и интегральные исполнения ПТ. Применения ПТ	3	9-10	2	2	4		8	
4	Тема №5. Уравнения и параметры режима малых сигналов БПТ и ПТ. Представления о частотных характеристиках.	3	11-14	3	4	4		12	
5	Тема №6. Тиристоры, симисторы, динисторы. Принцип действия, характеристики, параметры, Применения. Силовые приборы на основе полевых и б/п структур СИТ, БСИТ, IGBT.	3	15-18	5	4	6		6	
Всего за 3 семестр				18	18	18		54	зачет
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине				18	18	18		54	зачет

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Тема №1. Понятия и термины физики полупроводников, Материлы, типы примесей, проводимостей, применение интерметаллических соединений; основные и неосновные типы носителей зарядов.

Тема №2. Переходы, классификация: резкие и плавные, симметричные и несимметричные.

Собственно переход, вентильные свойства перехода, принцип действия. Прямое и обратное смещение перехода. Потенциальные диаграммы. Токи через переход..

Типовая вольт-амперная характеристика (ВАХ) вентильного диода. Отличия между кремниевыми и германиевыми диодами.

Разновидности диодов: опорные, свето- фото-диоды; диоды Шоттки, туннельные, обращенные. Характеристики, параметры, типовые применения.

Тема №3. Транзисторы биполярные. Принцип действия. Характеристики параметры. Схемы включения: с общей базой (ОБ), с общим эмиттером (ОЭ), с общим коллектором (ОК).

Эквивалентные схемы БПТ: нелинейная и дифференциальная (линейная); параметры схем.

Интегральное исполнение БПТ. Применения БПТ.

Тема №4. Полевые транзисторы (ПТ). Типы ПТ. Принцип действия ПТ с изолированным затвором и каналом n – типа. Характеристики, параметры. Принцип действия ПТ с управляющим p - n - переходом и каналом n – типа. Характеристики, параметры. Схемы включения ПТ. Применения ПТ

Тема №5. Уравнения и параметры, описывающие работу БПТ и ПТ в режиме усиления малого сигнала с помощью линейных эквивалентных схем каскадов усиления. Представления о частотных характеристиках БПТ и ПТ.

Тема №6. Силовые приборы, работающие в режиме ключа: тиристоры, симисторы, динисторы. Принцип действия, характеристики, параметры. Применения.

Универсальные силовые приборы на биполярных и полевых структурах: ПТ типа MOSFET, Транзисторы со статической индукцией (СИТ), БСИТ, биполярные транзисторы полевым управляющим электродом ((IGBT). Характеристики, параметры, применения.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Занятие №1. Графо-аналитический расчет выпрямителей (одно- и двух полупериодных); работа на активную нагрузку.

Занятие №2. Графо-аналитический расчет схемы с опорным диодом. (2 часа).

Занятие №3. Расчет каскадов на БПТ, работающих в режиме ключа с активной нагрузкой. 4 упражнения.

Занятие №4. Транзисторные ключи со светодиодами в цепи коллектора. 3 упражнения.

Занятие №5. Каскады согласования уровней входного напряжения в транзисторных ключах. 4 упражнения.

Занятие №6. Графо-аналитический расчет каскада на БПТ и ПТ в режиме усиления малого сигнала.

Занятие №7 Способы формирования сигналов управления тиристорами и симисторами.

Занятие №8. Расчет цепи управления ПТ – MOSFET в режиме ключа. 3 упражнения.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Лабораторная работа №1. ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИОДОВ (вентильных, Шоттки, опорных, светоизлучающих), ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ НА ВЕНТИЛЬНЫХ ДИОДАХ.

Лабораторная работа №2. ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИПОЛЯРНЫХ ТРИОДОВ.

Лабораторная работа №3. ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЕВЫХ ТРИОДОВ.

Лабораторные работы №№ 4,5,6,7. ИЗУЧЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БПТ, ПТ,

MOSFET, IGBT, ТИРИСТОРНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ – приборов, работающих в режиме ключа по выбору преподавателя.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1 Текущий контроль успеваемости

Рейтинг-контроль №1

1. Электронно-дырочные переходы, Определение, Классификация. Поле перехода, потенциальный барьер. Принцип действия. Равновесное состояние, прямое и обратное смещение перехода.

2. ВАХ перехода. Формула ВАХ. Прямая ветвь кремниевых и германиевых переходов. ТКН, дифференциальное сопротивление. Напряжение пятки.

3. Обратная ветвь ВАХ. Компоненты обратного тока. Типы пробоя переходов: туннельный, лавинный, поверхностный, тепловой.

4. Емкости переходов. Барьерная, диффузионная. Инерционность переходов. Схема замещения.

5. Диоды. Классификация диодов. Вентильные диоды. УГО, параметры. Импульсные и универсальные диоды. Параметры. Отличия от вентильных диодов.

6. Опорные диоды (стабилитроны), УГО. Характеристики, параметры, классификация, применение.

7. Диоды Шоттки, светодиоды, фотодиоды, туннельные диоды. УГО, характеристики, параметры, применение.

8. Триоды. Биполярные триоды. УГО. Структура, потенциальная диаграмма, принцип действия. Статические характеристики

Рейтинг-контроль №2

9. Коллекторные ВАХ БПТ. Области отсечки, насыщения, активная (ОО, ОН, АО). Эмиттерные ВАХ БПТ.

10. Схемы включения БПТ: с ОБ, ОЭ, ОК. Характеристики схем включения схем включения с ОБ и ОЭ.

11. Частотные характеристики БПТ.

12. Полевые триоды. УГО, классификация. МДП, МОП-триоды с индуцированным каналом. Принцип действия Характеристики, параметры.

13. Полевые триоды со встроенным каналом. Принцип действия, характеристики. Полевые триоды с управляющим переходом. Принцип действия, характеристики.

14. Схемы замещения полевых триодов, междуэлектродные емкости, инерционность, частотные свойства.

15. Параметры режима малого сигнала БПТ.

16. Параметры режима малого сигнала ПТ.

17. Линейные эквивалентные схемы БПТ и ПТ.

Рейтинг-контроль №3

18. Тиристоры, симисторы, динисторы. УГО, принцип действия. ВАХ, параметры.

19. Схемы фазоуправляемых выпрямителей (одно-двухпульсные).

20. Силовые приборы на основе полевых и биполярных структур. СИТ, БСИТ, IGBT. Особенности, характеристики, параметры, применения.

21. Режимы работы силовых приборов в схемах преобразования энергии.

22. Управление БПТ режиме ключа, особенности.

23. Управление ПТ MOSFET и IGBT в режиме ключа, особенности.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (зачет)

Вопросы к зачету

1. Электронно-дырочные переходы. Классификация $p - n$ – переходов. Классификация; принцип действия; потенциальная диаграмма.

2. Условия работы $p - n$ – перехода. Связь между шириной перехода и высотой потенциального барьера.

3. ВАХ и параметры идеального и реального диода-перехода. Прямая ветвь ВАХ. Прямая ветвь ВАХ диода: дифференциальное сопротивление, напряжение «пятки», температурный коэффициент напряжения (ТКН).

4. Обратная ветвь ВАХ диода-перехода. Обратный ток диода. Температурная зависимость составляющих обратного тока.

5. Пробой перехода. Типы: лавинный, туннельный, тепловой, поверхностный. Причины пробоев.

6. Ёмкости переходов: барьерная, диффузионная; физический смысл, влияние на работу перехода-диода.

7. Процесс переключения диода-перехода (переходный процесс). Схема замещения реального диода.

8. Вентильные (выпрямительные) диоды (ВД). Условное графическое обозначение (УГО); характеристики, эксплуатационные параметры. Импульсные и универсальные диоды, эксплуатационные параметры. Применения.

9. Диоды Шоттки (ДШ), опорные диоды (ОД, стабилитроны). УГО, характеристики, параметры, применения.

10. Туннельные и обращенные диоды (ТД, ОД). УГО, характеристики, параметры, применения.

11. Светоизлучающие диоды (СИД). УГО, характеристики, применения. Фото – диоды (ФД). УГО, характеристики. Включения ФД. Принцип действия в разных включениях. Применение.

12. Биполярные триоды (БПТ). Общая характеристика прибора, применение (универсальный). УГО, конструкция плоскостного БП. Принцип действия на примере включения с общей базой (ОБ). Схемы включения с ОБ, ОЭ, ОК.

13. Принцип действия БПТ с использованием потенциальных диаграмм БПТ ($p - n - p$ или $n - p - n$ – типов).

14. Нелинейные эквивалентные схемы БПТ (на примере триода $p - n - p$ – типа с прямой проводимостью, схема включения с ОБ). Формулы Эберса – Молла.
15. Коллекторные ВАХ идеализированного БПТ, схема эксперимента. Области отсечки (ОО), насыщения (ОН), активная (АО). Реальные коллекторные ВАХ, параметры триода: α , r_k^* , $P_{к.доп}$. Эмиттерные ВАХ триода.
16. Работа БПТ в режиме усиления малого сигнала (схема включения с ОЭ).
17. Схема включения БПТ с ОЭ. Семейства коллекторных и эмиттерных ВАХ схемы включения с ОЭ. Параметры, особенности.
18. Линейные эквивалентные схемы БПТ, включения с ОБ и ОЭ. Параметры БПТ, как четырехполюсника.
19. Переходные и частотные характеристики БПТ для схем включения с ОБ и ОЭ.
20. Работа БПТ в режиме усиления импульсного сигнала (режим ключа). Схема ключа с ОЭ. Графики, параметры процесса переключения БПТ.
21. Эксплуатационные параметры БПТ в схемах включения с ОБ и ОЭ.
22. Полевые триоды (ПТ). Общая характеристики прибора, применение (универсальный). УГО, классификация. Полевой триод с изолированным затвором ПТИЗ и индуцированным каналом; структура, принцип действия, характеристики: стоковые и сток-затворные характеристики триодов с каналами p и n типов.
23. ПТИЗ с встроенным каналом (p и n – типов). Семейства стоковых и сток-затворных характеристик. ПТ с управляющим $p - n$ – переходом и каналами n и p типа. Принцип действия, семейства стоковых и сток-затворных характеристик.
24. Схемы включения ПТ с ОИ, ОС. Линейная схема замещения ПТ на высоких и низких частотах, параметры. Работа ПТ в режиме усиления малого сигнала.
25. Эффект Миллера, представление о динамических характеристиках ПТ.
26. Тиристоры (динисторы, симисторы). УГО, назначение. Принцип действия на примере тиристора с управлением по катоду. ВАХ тиристора.
27. Способы включения и выключения тиристоров. Эксплуатационные параметры тиристоров.
28. Силовые БПТ. Работа в режиме ключа, особенности. Составной триод.
29. Силовые (мощные) ПТ. Работа в режиме ключа. ПТИЗ типа MOSFET: УГО, структура, схема замещения. Работа MOSFET в режиме усиления импульсного сигнала. Вольт-зарядная характеристика.
30. Мощные ПТ типа СИТ, БСИТ (СИТ – статический индукционный транзистор, БСИТ). Особенности управления.
31. Биполярный триод с изолированным затвором БТИЗ (IGBT). УГО, структура, принцип действия. ВАХ, особенности управления.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося

В плане самостоятельной работы студентами в течении семестра выполняется углубленный поиск и изучение материала по одной из предлагаемых актуальных тем.

Темы СРС

Вопросы к самостоятельной работе студентов (СРС)

1. Влияние температуры на параметры перехода-диода.
Прямая ветвь ВАХ перехода. Что такое температурный коэффициент напряжения (ТКН)?
Есть ли разница между ТКН кремниевых и германиевых переходов? Компоненты обратного

тока, диода. Какая из компонент обратного тока является основной у германиевых и кремниевых переходов? Причина теплового пробоя перехода?

2. Быстродействие вентиляных диодов

Как объясняется инерционность переходных процессов в диодах? Способы увеличения быстродействия. Какая разница между $p-n$ – переходом и переходом Шоттки? Почему диоды Шоттки отличаются малой инерционностью?

3. Природа свечения переходов, построенных на интерметаллах. От чего зависит спектр излучения перехода светодиода (СД)? Фотодиоды (ФД). Фото-э.д.с.; значения; особенности применения ФД в фотодиодном режиме.

4. Температурная стабильность ВАХ биполярных триодов (БПТ). Влияние температуры на эмиттерную и коллекторные ВАХ в различных схемах включения. Представление о стабильности режимов работы БПТ. Нелинейные и линейные схемы замещения БПТ. БПТ как четырехполюсник. Быстродействие БПТ, переходные процессы.

5. Отличительные особенности ВАХ полевых триодов (ПТ) разных типов. Представление о стабилизации режимов работы ПТ. Линейная схема замещения. В чем суть эффекта Миллера?

Быстродействие ПТ, переходные процессы.

6. Как построить эквивалентную схему простого линейного усилителя сигнала на примерах включения БПТ с общим эмиттером, ПТ с общим истоком? Провести расчет параметров по напряжению.

7. Отличительные особенности ВАХ тиристоров и симисторов от обычных вентиляных диодов. Представление о применении этих приборов в схемах в силовых схемах преобразования энергии. Как выглядят схемы управляемых выпрямителей и регуляторов энергии?

8. Применение силовых приборов в схемах преобразования энергии. Переходные процессы и потери в транзисторах при работе в режиме ключа. Интеллектуальные транзисторы. Принципы управления силовыми транзисторами в преобразователях.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
1	2	3
Основная литература*		
1. Коммисаров Ю.А., Бабокин Г.И. Общая электротехника и электро – ника М.: ИНФА-М., 2016. 480с.	2016	http://znanium.com/catalog.php?boorinfo=487480
2. Основы электроники. Уч. пособие/	2016	http://znanium.com/ca – ta-

Водовозов А.М. – Инженерия 2016 – 130с. ISBN978-5-9729-0137-1.		log/product/760204
3.Физические основы электроники. Сборник задач и примеры их решения: Учебно-методическое пособие/ Аристов А.В.,Перович В.П. – Томск. Из-во Томского политех. Ун-та 2015- 100с.	2015	http://znanium.com/catalog/product/672993
Дополнительная литература		
1.Электротехника и Электроника. Подеин Ю.Г.,Чигуров Т.Г.,Данилов Ю.И. Серия бакалавриат, Издат.Центр Академия – М.:2011, 430с.	2011	библиотека ВлГУ
2.Электроника.Учебное пособие/ А.А.Сигов, В.И. Нефедов, А.А.Щука; Издат.Абрис – М.: 2012, 348с.	2012	библиотека ВлГУ
3..Электротехника и электроника (Электронный ресурс):Учебник для вузов/Немцов М.В. – М.:Абрис.2012 – 560с.	2012	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN978543720035.html
4.Игумнов Д.В. и Костюнин Г.П. Основы полупроводниковой электроники. Горячая линия. Телеком.М.: 2011. 394с.	2011	библиотека ВлГУ

6.2. Периодические издания

1. Журнал: Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. Изд-во ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», ISSN print 2658-3488: online 2658-6436
2. Журнал: Современные технологии автоматизации. Изд-во «СТА-ПРЕСС». — ISSN 0206-975X
3. Журнал: Проектирование и технология электронных средств. Изд-во ВлГУ — ISSN печатной версии: 2071-9809

6.3. Интернет-ресурсы

- 1 . <http://www.google.ru/search> Электроника и электротехника. Учебники и справочники.
- 2 . <ftp://niktest.g-servis.ru/.../bi01/электроника/> Основы электроники. Учебное пособие для ВУЗ-ов. Марченко А.Л. Изд. ДМК Пресс , М.: 2008 , 294с.
- 3 . <http://www.renesas.com/> Фирма Mitsubisthi Electric corp.
- 4 . <http://www.semiconductors.philips.com/> Фирма Philips Semiconductors.
- 5.[twirpx.com>files/equipment/periodic...elektronika/](http://twirpx.com/files/equipment/periodic...elektronika/) Силовая электроника. Все для студента.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах кафедры ВТиСУ 109-3, 111-3, 117-3, оснащенных современными персональными компьютерами с установленной операционной системой Windows 8 (10).

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения: MS DOS фирмы Microsoft (режим эмуляции), Windows 2008, MS Office 2010.

Рабочую программу составил к.т.н., доцент

А.Б. Градусов

Рецензент (представитель работодателя):

Зам.начальника отдела ЗАО «Автоматика» к.т.н.

В.М. Дерябин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТ и СУ

Протокол № 1 от 31.08.21 года

Заведующий кафедрой ВТ и СУ

В.Н. Ланцов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии

направления 27.03.04 «Управление в технических системах»

Протокол № 1 от 31.08.2021 года

Председатель комиссии

А.Б.Градусов