

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра микро- и наноэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

директор института технологий и
инженерной механики

Могильная Могильная Е.П.
«18» 04 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАЗДЕЛЫ ФИЗИКИ
(ФИЗИКА ЭЛЕКТРОННЫХ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ)»

По направлению подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль «Электронные приборы и устройства»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Специальные разделы физики (физика электронных и полупроводниковых приборов)» по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника. – 38 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Специальные разделы физики (физика электронных и полупроводниковых приборов)» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 года № 927.

СОСТАВИТЕЛИ:

к.т.н., доцент Войтенко Г.О.;

к.т.н., доцент Войтенко В.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры микро- и наноэлектроники «14» 04 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой

микро- и наноэлектроники  к.т.н, доц. В. А. Войтенко

Переутверждена: « » 202 г., протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики «18» 09 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической

комиссии института технологий и инженерной механики  С. Н. Ясуник

© Войтенко Г.О., Войтенко В.А., 2023 год
© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины – изучение физических явлений и принципов действия современных электронных и полупроводниковых приборов, их параметров, характеристик и областей применения; приобретение умений и навыков измерения параметров и характеристик приборов, а также их использования в конкретных электронных схемах.

Задачи: ознакомление студентов с экспериментальными данными и теоретическими основами физических процессов в дискретных электронных и полупроводниковых приборах, принципами работы и интеграции полупроводниковых приборов.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к условиям освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Специальные разделы физики (физика электронных и полупроводниковых приборов)» относится к циклу математических и естественнонаучных дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания общей физики и математики, физики конденсированного состояния, физики полупроводников и диэлектриков, квантовой механики, основ измерительной техники.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин «Математика», «Физика», «Физика конденсированного состояния», «Физика полупроводников», «Физика диэлектриков», «Введение в технику измерений», «Основы отраслевых знаний» и служит основой для освоения дисциплин «Приборы и методы СВЧ», «Проектирование интегральных микросхем», «Вакуумная и плазменная электроника», «Наноэлектроника».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Способен 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	ПК-1.1. Знает математическое описание физических процессов, протекающих в материалах, компонентах и приборах электроники. ПК-1.2. Умеет строить физические и математические модели приборов, узлов, блоков. ПК-1.3. Владеет навыками компьютерного моделирования.	Знать: зависимость уровня Ферми от концентрации легирующих компонентов при различных температурах, математическое описание физических явлений в p-n-переходе, вольтамперной характеристики диода, физические процессы в диодах при больших и малых напряжениях и токах, математическое описание

		<p>вольтамперных характеристик и других характеристик транзисторов, тиристоров, полевых транзисторов и других приборов электроники и наноэлектроники;</p> <p>Уметь: строить физические и математические модели и с их помощью проводить анализ физических явлений и процессов, протекающих в р-п-переходах и областях полупроводниковых приборов в разных режимах работы; строить математические модели диодов и транзисторов;</p> <p>Владеть: навыками компьютерного моделирования, самостоятельной работы с учебной и научной литературой; навыками моделирования концентрации носителей в областях полупроводниковых приборов, токов через р-п-переходы, параметров диодов и транзисторов; навыками работы с базами данных и электронными библиотеками; навыками моделирования работы диодов и транзисторов в среде MATLAB, моделирования работы схем включения транзисторов в среде Multisim.</p>
<p>ПК-2. Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения</p>	<p>ПК-2.1. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков.</p> <p>ПК-2.2. Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов.</p> <p>ПК-2.3. Владеет эффективными методиками проведения экспериментальных исследований характеристик приборов и устройств</p>	<p>Знать: методики измерения электро-физических характеристик материалов и приборов электроники;</p> <p>Уметь: проводить измерения электро-физических характеристик материалов и приборов электроники, подвижности носителей заряда, проводимости, постоянной холла;</p> <p>Владеть: экспериментальными</p>

	электроники и наноэлектроники.	методиками измерения характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства обработки экспериментальных данных.
--	--------------------------------	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)		
	Очная форма	Заочная форма	
Общая учебная нагрузка (всего)	288 (8 зач. ед)	288 (8 зач. ед)	
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	136	30	
Лекции	68	12	
Семинарские занятия	-	-	
Практические занятия	34	8	
Лабораторные работы	34	10	
Курсовая работа (курсовой проект)	36	36	
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-	
Самостоятельная работа студента (всего)	152	258	
Форма аттестации	Семестр 4	экзамен	экзамен
	Семестр 5	зачет	зачет

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 4

Тема 1. Зонная структура полупроводников.

Введение. Цель и задачи курса «Специальные разделы физики (физика электронных и полупроводниковых приборов)». Место курса в процессе подготовки специалистов. История развития физики электронных и полупроводниковых приборов. Литература.

Зонная структура полупроводников. Понятие уровня Ферми. Зависимость уровня Ферми от концентрации легирующих компонентов при различных температурах. Закон действующих масс.

Тема 2. Электронно-дырочный переход в равновесном состоянии.

Электронно-дырочный переход в равновесном состоянии. Физические явления при образовании р-п-перехода. Образование нескомпенсированного заряда на границе р- и п- полупроводников. Потенциальный барьер, диффузионное электрическое поле.

Зонная модель р-п-перехода. Электрический ток через р-п-переход в равновесном состоянии. Смещение перехода в прямом и обратном направлении. Ток через р-п-переход в неравновесном состоянии.

Тема 3. Электронно-дырочный переход в неравновесном состоянии.

Анализ р-п-перехода в неравновесном состоянии. Высота потенциального барьера и ширина р-п-перехода. р-п-переход при переменном напряжении. Емкость р-п-перехода.

Тема 4. Полупроводниковые диоды.

Структура и основные элементы. Вольтамперная характеристика диода. Характеристика идеального диода на р-п-переходе. Физический смысл параметров диода: сопротивление, диффузионная емкость и постоянная времени.

Тема 5. Переходные процессы в диодах.

Процессы при больших напряжениях и токах. Процессы при малых напряжениях и токах. Работа диода в схеме с генераторами напряжения и тока.

Тема 6. Классификация полупроводниковых диодов.

Классификация диодов. Выпрямляющие плоскостные низкочастотные диоды. Кремниевые диоды.

Тема 7. Импульсные диоды.

Импульсные диоды. Переключение диодов с прямого включения на обратное. Прохождение импульсов прямого тока через диод. Параметры диодов, области применения. Диоды с накоплением заряда.

Тема 8. Полупроводниковые стабилитроны.

Параметры стабилитронов. Области применения стабилитронов. Стабилизаторы.

Тема 9. Варикапы.

Структура варикапа. Параметры варикапов. Области применения.

Тема 10. Тепловой пробой в диодах.

Учет термогенерации в р-п-переходе, процессов на поверхности перехода и явлений пробоя в переходе. Тепловой пробой в диодах.

Тема 11. Туннельные, обращенные, сверхвысокочастотные диоды.

ВАХ туннельного диода, параметры диода. Частотные свойства диода. Обратный туннельный диод.

Диоды СВЧ. Движение носителей в полупроводниках в больших электрических полях.

Тема 12. Смесительные, детекторные и переключательные диоды.

Смесительные и детекторные диоды. Лавинно-пролетные диоды: принцип действия, параметры, области применения. Диоды Ганна: принцип действия, параметры, области применения.

Семестр 5

Тема 13. Биполярные транзисторы.

Классификация и условное обозначение транзисторов. Структура транзистора. Принцип действия транзистора. Режимы работы транзистора.

Тема 14. Физические процессы в транзисторе.

Физические процессы в транзисторе в активном режиме. Усиление в транзисторе. Соотношение между токами в транзисторе.

Тема 15. Статические характеристики идеализированного транзистора.

ВАХ идеализированной модели транзистора. Эффект Эрли. Соотношение Молла-Эберса.

Тема 16. Статические характеристики реального транзистора.

ВАХ реального транзистора для схемы с общей базой. ВАХ реального транзистора для схемы с общим эмиттером.

Тема 17. Параметры транзисторов.

Внутренние параметры транзистора. Зависимость параметров от режима работы и от температуры. Внешние параметры транзистора (параметры четырехполюсника). Системы параметров.

Тема 18. Частотные свойства транзисторов.

Связь между системами параметров. Эквивалентные схемы транзистора. Частотные свойства транзисторов.

Тема 19. Диодные тиристоры.

Структура неуправляемого тиристора. Физические процессы в динисторе. ВАХ и параметры динистора.

Тема 20. Триодный тиристор.

Структура тиристора. Управляемые тиристоры. Области применения.

Тема 21. Диоды Шоттки.

Контакт металл-полупроводник. Зонная диаграмма контакта. Барьеры Шоттки и Молла. Диоды Шоттки. Транзистор с диодом Шоттки.

Тема 22. Диоды Ганна

Эффект Ганна. Требования к зонной структуре полупроводников. Статическая ВАХ арсенида галлия.

Зарядовые неустойчивости в приборах с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Режимы работы диода Ганна. Генерация СВЧ-колебаний в диодах Ганна.

Тема 23. Поверхностные состояния.

Зонная диаграмма приповерхностной области полупроводника в равновесных условиях. Поверхностные состояния. Основные определения. Природа поверхностных состояний. Статистика заполнения поверхностных состояний.

Тема 24. Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом.

Структура и принцип работы транзистора с управляющим р-п переходом. ВАХ и параметры транзистора. Частотные свойства.

Тема 25. Полевые транзисторы с изолированным затвором.

Полевые транзисторы с МДП структурой. Принцип работы, параметры, характеристики. Области применения полевых транзисторов.

Тема 26. Приборы на наноразмерных структурах.

Биполярные и полевые транзисторы. Общие сведения. Биполярные транзисторы на гетеропереходах. Полевые гетеротранзисторы. Транзисторы на «горячих» электронах.

Одноэлектронные транзисторы. Кулоновская блокада туннелирования. Строение одноэлектронного транзистора.

Тема 27. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы.

Внутренний фотоэффект в полупроводниках. Фоторезисторы. Фотоэлектрические диоды. Полупроводниковые солнечные элементы. Биполярные фототранзисторы. Полевые фототранзисторы.

Тема 28. Светоизлучательные приборы.

Люминесценция. Светодиоды. Особенности светодиодов на гетероструктурах. Полупроводниковые инжекционные лазеры.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
	Семестр 4		
1	Зонная структура полупроводников	4	1
2	Электронно-дырочный переход в равновесном состоянии	2	-

3	Электронно-дырочный переход в неравновесном состоянии	4	-
4	Полупроводниковые диоды	2	1
5	Переходные процессы в диодах	2	-
6	Классификация полупроводниковых диодов	2	1
7	Импульсные диоды	2	-
8	Полупроводниковые стабилитроны	2	1
9	Варикапы	2	-
10	Тепловой пробой в диодах	2	1
11	Туннельные, обращенные сверхвысокочастотные и смесительные диоды	2	-
12	Смесительные, детекторные и переключательные диоды	2	-
13	Биполярные транзисторы	2	1
14	Физические процессы в транзисторе	2	-
15	Статические характеристики идеализированного транзистора	2	-
Семестр 5			
16	Статические характеристики реального транзистора	2	1
17	Параметры транзисторов	2	-
18	Частотные свойства транзисторов	2	1
19	Диодные тиристоры	2	-
20	Триодный тиристор	2	1
21	Диоды Шоттки	2	-
22	Диоды Ганна	4	1
23	Поверхностные состояния	2	-
24	Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом	2	1
25	Полевые транзисторы с изолированным затвором	4	-
26	Приборы на наноразмерных структурах	2	1
27	Оптоэлектронные полупроводниковые приборы.	4	-
28	Светоизлучательные приборы	2	-
Итого:		68	12

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
Семестр 4			
1	Расчет концентрации атомов и свободных носителей заряда в полупроводниках	4	1
2	Расчет объемного положения уровня ферми и собственного удельного сопротивления полупроводников	4	1
3	Расчет концентрации легирующей примеси в примесных полупроводниках	4	1
4	Генерация и рекомбинация носителей в полупроводниках	4	-
5	Расчет напряженности поля и силы тока через р-п-переход	4	1
6	Расчет изменения потенциального барьера и накопленного заряда в р-п-переходе	4	1
7	Расчет параметров идеальных диодов	4	1
8	Расчет интегрального биполярного транзистора	4	-

9	Расчет параметров интегрального полевого транзистора	4	-
10	Расчет интегральных диффузионных резисторов	4	-
11	Расчет пленочных резисторов	4	-
	Семестр 5		
12	Расчет интегральных тонкопленочных конденсаторов	4	1
13	Нелинейные свойства полевых транзисторов	6	-
14	Нелинейные свойства полевых транзисторов в режиме усиления	6	1
15	Оценка нелинейности характеристик передачи транзисторов	4	-
16	Шумовые свойства полевых транзисторов	4	-
Итого:		68	8

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
	Семестр 4		
1	Изучение электронно-дырочного перехода в равновесном состоянии	2	1
2	Изучение электронно-дырочного перехода в неравновесном состоянии	2	1
3	Полупроводниковые диоды. Переходные процессы в диодах	2	1
4	Изучение вольтамперной характеристики р-п-перехода	2	-
5	Выпрямительные плоскостные низкочастотные диоды. кремниевые диоды. импульсные диоды	2	1
6	Германиевые выпрямительные диоды	2	-
7	Диоды с резким восстановление обратного сопротивления. Полупроводниковые стабилитроны. Стабисторы	2	1
8	Кремниевые выпрямительные диоды	2	1
	Семестр 5		
9	Исследование полупроводниковых стабилитронов	4	1
10	Биполярные транзисторы. Физические процессы в транзисторе	2	-
11	Снятие вольтамперной характеристики полупроводникового диода	2	1
12	Снятие вольтамперной характеристики тиристора	2	-
13	Диодные тиристоры. Триодный тиристор	2	1
14	Диоды Шоттки. Диоды Ганна	2	-
15	Снятие вольтамперной характеристики полевого транзистора	2	1
16	Поверхностные состояния. Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом	2	-
Итого:		34	10

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
	Семестр 4			

1	Электронные приборы и устройства. Их принципы действия	Подготовка к практическим занятиям	8	10
		Подготовка к тестированию	4	10
2	Снятие вольтамперных характеристик выпрямительных диодов, стабилитронов	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	5	10
3	Исследование импульсных свойств р-п-перехода и работы варикапов	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	6	10
4	Электронно-дырочный переход в равновесном состоянии. Электронно-дырочный переход в неравновесном состоянии	Подготовка к практическим занятиям	8	10
		Подготовка к тестированию	4	10
5	Исследование работы туннельных и обращенных диодов	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	6	10
6	Полупроводниковые диоды. Классификация диодов. Переходные процессы в диодах	Подготовка к практическим занятиям	8	10
		Подготовка к тестированию	4	10
7	Исследование контакта металл-полупроводник и работы диодов Шоттки	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	9
8	Исследование работы диодов СВЧ, диодов Ганна, светодиодов и полупроводниковых фотоэлектрических приемников	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	5	1
9	Полупроводниковые стабилитроны и стабисторы. Варикапы. Туннельные диоды. Диоды СВЧ	Подготовка к практическим занятиям	2	1
		Подготовка к тестированию	4	1
10	Экзамен по дисциплине	Подготовка к семестровому экзамену	26	36
Семестр 5				
11	Биполярные транзисторы. Физические процессы в биполярном транзисторе. Схемы включения биполярного транзистора. Внутренние и внешние параметры транзистора	Подготовка к практическим занятиям	2	20
		Подготовка к тестированию	4	20
12	Коэффициенты усиления и электрическое поле в базе транзистора. Тиристоры. Приборы со структурой металл-полупроводник	Подготовка к практическим занятиям	2	20
		Подготовка к тестированию	4	20
13	Полевые транзисторы. Приборы на наноразмерных и квантовых эффектах. Фотоэлектрические полупроводниковые приемники. Светоизлучательные приборы	Подготовка к практическим занятиям	2	20
		Подготовка к тестированию	4	14

14	Курсовая работа	Подготовка и оформление курсовой работы	36	36
Итого:			152	258

4.7. Курсовые работы/проекты

Учебным планом предусмотрено выполнение студентами курсовой работы в 5 семестре обучения. Тематика курсовой работы – моделирование вольтамперных характеристик полупроводниковых приборов с использованием физико-математических моделей полупроводниковых приборов и специальных программ для моделирования вольтамперных характеристик р-п-перехода в среде MATLAB.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;

технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального

содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- контрольные вопросы к курсовой работе;
- вопросы к лабораторным работам;
- тесты;
- вопросы к экзамену и зачету.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные вопросы, вопросы коллоквиумов, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в 4 семестре обучения в форме устного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы), в 5 семестре обучения – в форме зачета, защита курсовой работы. Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В 4 семестре обучения в экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Экзамены
Обучающийся глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	отлично (5)
Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	хорошо (4)
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и	удовлетворительно (3)

навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	неудовлетворительно (2)

В 5 семестре обучения в экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	зачтено
Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	не зачтено

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов [Электронный ресурс] / Лебедев А. И. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 488 с. - ISBN 978-5-9221-0995-6 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109956.html>

2. Ковалев А.Н. Физика и технология наноструктурных гетерокомпозиций [Электронный ресурс] / Ковалев А.Н. - М.: МИСиС, 2015. - 460 с. - ISBN 978-5-87623-941-9 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876239419.html>

б) Дополнительная литература:

1. Щука А.А. Электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Щука А.А. - СПб: БХВ-Петербург, 2008. - 751 с. ISBN 978-5-9775-0160-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/350420>

2. Соколов С.В. Электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / Соколов С.В., Титов Е.В., Соколов С.В. - М.: Гор. линия-Телеком, 2013. - 204 с.: 60x88 1/16. - (Специальность) ISBN 978-5-9912-0344-9 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/436971>

3. Наумкина Л.Г. Электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / Наумкина Л.Г. - М.: Горная книга, 2007. - 331 с. - (Горная электромеханика). - ISBN 978-5-98672-053-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=996056&spec=1>

4. Марченко А. Л. Основы электроники [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / А. Л. Марченко. - Москва: ДМК Пресс, 2010. - 296 с., ил. - ISBN 978-5-94074-432-0. - Текст: электронный. - URL: <http://znanium.com/catalog/product/406553>

в) Методические рекомендации/указания:

1. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Специальные разделы физики (физика электронных и полупроводниковых приборов)». Практические занятия №№ 1-7 (для студентов, обучающихся по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль 11.03.04.02 «Электронные приборы и устройства») / Сост.: Г.О. Войтенко, В.А. Войтенко. – Луганск: Изд-во ГОУВПО «Луганский государственный университет им. В.Даля», 2016. – 16 с.

2. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Специальные разделы физики (физика электронных и полупроводниковых приборов)». Лабораторные работы №№ 1-5 (для студентов, обучающихся по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль 11.03.04.02 «Электронные приборы и устройства») / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: Изд-во ГОУВПО «Луганский государственный университет им. В.Даля», 2016. – 17 с.

3. Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Специальные разделы физики (физика электронных и полупроводниковых приборов)» (для студентов, обучающихся по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль 11.03.04.02 «Электронные приборы и устройства») / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: Изд-во ГОУВПО ЛНР «Луганский государственный университет им. В.Даля», 2016. – 22 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов

высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Далевский педагогический портал – <http://ped.dahluniver.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Университетская библиотека On-line – <http://www.biblioclub.ru>

Научная электронная библиотека eLIBRARY – <http://elibrary.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

Научные журналы

"GNU Scientific Library" (GSL - библиотека для научных вычислений проекта GNU): <http://www.gnu.org/software/gsl>.

Система схемотехнического моделирования LTSpice IV. Краткое руководство: <http://zpostbox.ru/ltspice.html>.

Электронные компоненты: <http://www.elitan.ru/>.

Навигатор по профессиональным электронным ресурсам – http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav_ei.htm

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся с использованием комплекта электронных презентаций в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Лабораторные работы проводятся с использованием компьютеризированных лабораторных стендов, пакета специализированных компьютерных программ, а также компьютерной математической среды MATLAB и компьютерной среды для моделирования Multisim.

Рабочие места преподавателя и студентов в учебной лаборатории оснащены компьютерами с доступом в Интернет, предназначенными для работы в указанных специализированных компьютерных программах и средах.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu

Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт

фонда оценочных средств по учебной дисциплине

«Специальные разделы физики (физика электронных и полупроводниковых приборов)»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-1	Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.	Тема 1 Зонная структура полупроводников	1
				Тема 2 Электронно-дырочный переход в равновесном состоянии	1
				Тема 3 Электронно-дырочный переход в неравновесном состоянии	1
				Тема 4 Полупроводниковые диоды	1
				Тема 5 Переходные процессы в диодах	1

также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Тема 6	1
	Классификация полупроводниковых диодов	
	Тема 7 Импульсные диоды	1
	Тема 8	1
	Полупроводниковые стабилитроны	
	Тема 9 Варикапы	1
	Тема 10 Тепловой пробой в диодах	1
	Тема 11	1
	Туннельные, обращенные, сверхвысокочастотные диоды	
	Тема 12	1
	Смесительные, детекторные и переключательные диоды	
	Тема 13	2
	Биполярные транзисторы	
	Тема 14	
	Физические процессы в транзисторе	
	Тема 15	2
	Статические характеристики идеализированного транзистора	
	Тема 16	2
	Статические характеристики реального транзистора	
	Тема 17 Параметры транзисторов	2
	Тема 18 Частотные свойства транзисторов	2
	Тема 19 Диодные тиристоры	2
Тема 20 Триодный тиристор	2	
Тема 21 Диоды Шоттки	2	
Тема 22 Диоды Ганна	2	

				Тема 23 Поверхностные состояния	2
				Тема 24 Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом	2
				Тема 25 Полевые транзисторы с изолированным затвором	2
				Тема 26 Приборы на наноразмерных структурах	2
				Тема 27 Оптоэлектронные полупроводниковые приборы	2
				Тема 28 Светоизлучательные приборы	2
2.	ПК-2	Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	ПК-2.1. ПК-2.2.	Тема 1 Зонная структура полупроводников	1
				Тема 2 Электронно-дырочный переход в равновесном состоянии	1
				Тема 3 Электронно-дырочный переход в неравновесном состоянии	1
				Тема 4 Полупроводниковые диоды	1
				Тема 5 Переходные процессы в диодах	1
				Тема 6 Классификация полупроводниковых диодов	1
				Тема 7 Импульсные диоды	1
				Тема 8 Полупроводниковые стабилитроны	1
				Тема 9 Варикапы	1
				Тема 10 Тепловой пробой в диодах	1
				Тема 11 Туннельные, обращенные,	1

			сверхвысокочастотные диоды	
			Тема 12 Смесительные, детекторные и переключаемые диоды	1
			Тема 13 Биполярные транзисторы	2
			Тема 14 Физические процессы в транзисторе	2
			Тема 15 Статические характеристики идеализированного транзистора	2
			Тема 16 Статические характеристики реального транзистора	2
			Тема 17 Параметры транзисторов	2
			Тема 18 Частотные свойства транзисторов	2
			Тема 19 Диодные тиристоры	2
			Тема 20 Триодный тиристор	2
			Тема 21 Диоды Шоттки	2
			Тема 22 Диоды Ганна	2
			Тема 23 Поверхностные состояния	2
			Тема 24 Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом	2
			Тема 25 Полевые транзисторы с изолированным затвором	2
			Тема 26 Приборы на наноразмерных структурах	2
			Тема 27 Оптоэлектронные	2

				полупроводниковые приборы	
				Тема 28 Светоизлучательные приборы	2

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-1	ПК-1.1. ПК-1.2.	Знать: зависимость уровня Ферми от концентрации легирующих компонентов при различных температурах, математическое описание физических явлений в р-п-переходе, вольтамперной характеристики диода, физические процессы в диодах при больших и малых напряжениях и токах, математическое описание вольтамперных характеристик и других характеристик транзисторов, тиристоров, полевых транзисторов и других приборов электроники и наноэлектроники; Уметь: строить физические и математические модели и с их помощью проводить анализ физических явлений и процессов,	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10, Тема 11, Тема 12, Тема 13, Тема 14, Тема 15, Тема 16, Тема 17, Тема 18, Тема 19, Тема 20, Тема 21, Тема 22, Тема 23, Тема 24, Тема 25, Тема 26, Тема 27, Тема 28, Практическое занятие 1, Практическое занятие 2, Практическое занятие 3, Практическое занятие 4, Лабораторная работа 1, Лабораторная работа 2, Лабораторная работа 3, Лабораторная работа 4, Курсовая	Контрольные вопросы к курсовой работе, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к зачету, вопросы к экзамену

			<p>протекающих в р-п-переходах и областях полупроводниковых приборов в разных режимах работы; строить математические модели диодов и транзисторов;</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками компьютерного моделирования, самостоятельной работы с учебной и научной литературой;</p> <p>навыками моделирования концентрации носителей в областях полупроводниковых приборов, токов через р-п-переходы, параметров диодов и транзисторов;</p> <p>навыками работы с базами данных и электронными библиотеками;</p> <p>навыками моделирования работы диодов и транзисторов в среде MATLAB, моделирования работы схем включения транзисторов в среде Multisim.</p>	<p>работа на тему: моделирование вольтамперных характеристик полупроводниковых приборов с использованием физико-математических моделей полупроводниковых приборов и специальных программ для моделирования вольтамперных характеристик р-п-перехода в среде MATLAB.</p>	
2.	ПК-2	ПК-2.1. ПК-2.2.	<p>Знать: методики измерения электро-физических характеристик материалов и приборов электроники;</p> <p>Уметь: проводить измерения</p>	<p>Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10,</p>	<p>Контрольные вопросы к курсовой работе, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к зачету,</p>

			<p>электро-физических характеристик материалов и приборов электроники, подвижности носителей заряда, проводимости, постоянной холла; Владеть: экспериментальными методиками измерения характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства обработки экспериментальных данных.</p>	<p>Тема 11, Тема 12, Тема 13, Тема 14, Тема 15, Тема 16, Тема 17, Тема 18, Тема 19, Тема 20, Тема 21, Тема 22, Тема 23, Тема 24, Тема 25, Тема 26, Тема 27, Тема 28, Практическое занятие 5, Практическое занятие 6, Практическое занятие 7, Практическое занятие 8, Лабораторная работа 5, Лабораторная работа 6, Лабораторная работа 7, Лабораторная работа 8, Курсовая работа на тему: моделирование вольтамперных характеристик полупроводниковых приборов с использованием физико-математических моделей полупроводниковых приборов и специальных программ для моделирования вольтамперных характеристик р-п-перехода в среде MATLAB.</p>	<p>вопросы к экзамену</p>
--	--	--	---	--	---------------------------

Фонды оценочных средств по дисциплине «Специальные разделы физики (физика электронных и полупроводниковых приборов)»

Контрольные вопросы к курсовой работе:

1. Что такое электронно-дырочный переход?
2. Что такое контактная разность потенциалов?
3. Назовите основные составляющие тока в несмещенном p-n-переходе.
4. Что такое обратный ток p-n перехода и как он зависит от температуры?
5. Какое влияние оказывает внешнее напряжение на свойства p-n перехода?
6. Чем отличаются диффузия и инжекция зарядов?
7. Объяснить основное свойство p-n перехода и его вольтамперную характеристику.
8. Что такое пробой p-n перехода? Какое практическое значение теплового и электрического пробоя?
9. Перечислите основные параметры стабилитрона.
10. Что такое стабисторы и двуханодные стабилитроны?
11. С чем связано появление выброса напряжения на переходной характеристике при включении импульсного диода?
12. Как изменяются ток и напряжение на диоде при его включении?
13. Что такое время установления и время восстановления?
14. Как зависят времена установления и восстановления от амплитуды прямого и обратного тока?
15. Каковы способы уменьшения времени жизни неосновных носителей заряда?
16. Что такое барьерная и диффузионная емкость?
17. Как зависит величина барьерной емкости от напряжения на диоде?
18. В чем отличие между транзисторами p-n-p и n-p-n типов?
19. Что такое коэффициент инжекции?
20. Что такое коэффициент переноса?
21. Что такое эффект модуляции ширины базы (эффект Эрли)?
22. Как и почему влияет напряжение $U_{КБ}$ на положение входной статической характеристики в схеме ОБ?
23. Какие процессы в структуре транзистора определяют ток в выводе базы?
24. Как связаны токи эмиттера, базы и коллектора?
25. Почему выходные вольтамперные характеристики в схеме ОБ заходят за ось ординат?
26. Как с помощью коллекторных и эмиттерных характеристик определить h-параметры транзистора в схеме с ОБ?
27. Что такое насыщение и отсечка в биполярном транзисторе?
28. Показать эти области на вольтамперных характеристиках транзистора, включенного по схеме ОБ.
29. Каким образом напряжение $U_{КЭ}$ влияет на положение входной (базовой) характеристики в схеме ОЭ?

30. Почему наклон выходных (коллекторных) характеристик в схеме ОЭ больше, чем в схеме ОБ?
31. Почему выходные характеристики в схеме ОЭ выходят приблизительно из начала координат, а в схеме ОБ заходят в область отрицательных значений коллекторного напряжения?
32. Почему входные характеристики в схеме ОБ выходят из начала координат, а в схеме ОЭ заходят за ось абсцисс?
33. Как связаны коэффициенты передачи тока в схемах ОБ и ОЭ?
34. Каков физический смысл каждого из h -параметров транзистора?
35. Какая из схем включения транзистора имеет наибольшее усиление по мощности?
36. По какой причине сопротивление запертого коллекторного перехода $r_{К(Б)}$ в схеме ОБ больше, чем в схеме ОЭ?
37. Написать основные условия инжекции, экстракции в малой
38. рекомбинации для транзисторов р-п-р и п-р-п структур.
39. Какой ток течет в выводе коллектора в режиме отсечки?
40. Чем определяется температурная нестабильность коллекторного тока?
41. Назовите и охарактеризуйте основные схемы питания биполярных транзисторов от одного источника.
42. Какие приборы относятся к классу приборов с полевым (потенциальным) управлением? В чем их преимущество перед биполярными транзисторами, управляемыми током?
43. Как устроен полевой транзистор с р-п переходом (унитрон) и какую роль в нем играет р-п переход?
44. Как осуществляется модуляция ширины канала?
45. Как объяснить ограничение роста тока I_C при росте напряжения $U_{си}$?
46. Изобразите стоковые и стоко-затворные характеристики унитрона.
47. Поясните происхождение различных областей на них.
48. Поясните смысл напряжений насыщения и отсечки тока I_C . Как они связаны?
49. Как определяются основные дифференциальные параметры полевых транзисторов?
50. Изобразите эквивалентные схемы полевого транзистора для диапазона высоких и низких частот.
51. Изобразите простейшую схему усилителя на транзисторе с р-п переходом.
52. Из каких соображений выбирают элементы R_H и C_H в цепи истока унитрона? Какие функции выполняет эта цепочка?
53. Что такое транзистор с изолированным затвором и в чем его основное отличие от транзистора с р-п переходом и биполярного транзистора?
54. Что означают термины "обогащение канала", "обеднение канала", "индуцированный канал"?
55. Какими возможностями обладает МДП-транзистор со встроенным каналом? Изобразите его вольтамперные характеристики.
56. Поясните принцип действия МДП-структуры с индуцированным каналом. Как в полупроводнике р-типа создать электронный канал?

57. Какой вид имеют вольтамперные характеристики транзистора с индуцированным каналом?
58. Как по ГОСТу обозначаются полевые транзисторы? Как по их обозначению узнать тип канала и его состояние?
59. Что такое тиристор и чем обусловлена высокая эффективность его работы?
60. Поясните сущность трех p-n и n-p переходов в тиристорной структуре.
61. Изобразите вольтамперную характеристику p-n-p-n структуры и поясните происхождение каждого из ее участков.
62. Что такое ток включения, ток выключения и ток управления спрямления?
63. Какова величина остаточного напряжения на включенном тиристоре?
64. Какое смещение имеют переходы тиристора в выключенном состоянии?
65. Какое смещение имеют переходы тиристора во включенном состоянии?
66. Как объяснить переход p-n-p-n структуры в режиме насыщения при переключении на большой ток?
67. Назовите и поясните основные параметры динистора?
68. Почему триодный тиристор называется управляемым переключателем тока?
69. Поясните причины воздействия прямого базового тока управления на процесс включения тиристора?
70. Как можно выключить включенный тиристор? Какой способ выключения считается наилучшим?
71. Что такое пусковая характеристика тиристора?
72. Что такое симистор?
73. Каков порядок времени включения и выключения тиристора?
74. Для чего во внешнюю цепь тиристорной схемы обязательно включается резистор?
75. Какой порядок коэффициента усиления тока для триодного тиристора?
76. С чем связаны трудности при выключении тиристора по управляющему электроду?
77. Как устроен и работает полностью управляемый (двухоперационный) тиристор?
78. Как по ГОСТу обозначаются на схемах и маркируются тиристоры разных типов?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к курсовой работе

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности)

3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией)
2	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов отвечать)

Вопросы к лабораторным работам:

1. Электронно-дырочный переход в равновесном состоянии.
2. Физические явления при образовании р-п-перехода.
3. Образование нескомпенсированного заряда на границе р- и п-полупроводников.
4. Потенциальный барьер, диффузионное электрическое поле.
5. Зонная модель р-п-перехода.
6. Электрический ток через р-п-переход в равновесном состоянии.
7. Смещение перехода в прямом и обратном направлении.
8. Ток через р-п-переход в неравновесном состоянии.
9. Анализ р-п-перехода в неравновесном состоянии.
10. Высота потенциального барьера и ширина р-п-перехода.
11. р-п-переход при переменном напряжении.
12. Емкость р-п-перехода.
13. Структура и основные элементы диодов.
14. Вольтамперная характеристика диода.
15. Характеристика идеального диода на р-п-переходе.
16. Физический смысл параметров диода: сопротивление, диффузионная емкость и постоянная времени.
17. Процессы при больших напряжениях и токах.
18. Процессы при малых напряжениях и токах.
19. Работа диода в схеме с генераторами напряжения и тока.
20. Классификация диодов.
21. Выпрямляющие плоскостные низкочастотные диоды.
22. Кремниевые диоды.
23. Импульсные диоды.
24. Переключение диодов с прямого включения на обратное.
25. Прохождение импульсов прямого тока через диод.
26. Параметры диодов, области применения.
27. Диоды с накоплением заряда.
28. Параметры стабилитронов.
29. Области применения стабилитронов.
30. Стабилитроны.
31. Параметры варикапов.
32. Области применения варикапов.
33. Учет термогенерации в р-п-переходе, процессов на поверхности перехода и явлений пробоя в переходе.
34. Тепловой пробой в диодах.
35. ВАХ туннельного диода, параметры диода.
36. Частотные свойства туннельного диода.

37. Обратный туннельный диод.
38. Диоды СВЧ.
39. Движение носителей в полупроводниках в больших электрических полях.
40. Смесительные и детекторные диоды.
41. Лавинно-пролетные диоды: принцип действия, параметры, области применения.
42. Диоды Ганна: принцип действия, параметры, области применения.
43. Смесительные, детекторные и переключательные диоды.
44. Классификация и условное обозначение транзисторов.
45. Структура транзистора.
46. Принцип действия транзистора.
47. Режимы работы транзистора.
48. Физические процессы в транзисторе в активном режиме.
49. Усиление в транзисторе.
50. Соотношение между токами в транзисторе.
51. ВАХ идеализированной модели транзистора.
52. Эффект Эрли.
53. Соотношение Молла-Эберса.
54. ВАХ реального транзистора для схемы с общей базой и общим эмиттером.
55. Внутренние параметры транзистора.
56. Зависимость параметров от режима работы и от температуры.
57. Внешние параметры транзистора (параметры четырехполосника).
58. Системы параметров транзистора. Связь между системами параметров.
59. Эквивалентные схемы транзистора.
60. Частотные свойства транзисторов.
61. Структура неуправляемого тиристора.
62. Физические процессы в динисторе.
63. ВАХ и параметры динистора.
64. Триодный тиристор.
65. Управляемые тиристоры. Области применения.
66. Контакт металл-полупроводник. Зонная диаграмма контакта.
67. Барьеры Шоттки и Молла.
68. Диоды Шоттки.
69. Транзистор с диодом Шоттки.
70. Эффект Ганна.
71. Требования к зонной структуре полупроводников.
72. Статическая ВАХ арсенида галлия.
73. Зарядовые неустойчивости в приборах с отрицательным дифференциальным сопротивлением.
74. Режимы работы диода Ганна.
75. Генерация СВЧ колебаний в диодах Ганна.
76. Зонная диаграмма приповерхностной области полупроводника в равновесных условиях.
77. Поверхностные состояния. Основные определения.
78. Природа поверхностных состояний.
79. Статистика заполнения поверхностных состояний.

80. Структура и принцип работы транзистора с управляющим р-п переходом.
81. ВАХ и параметры транзистора с управляющим р-п переходом.
82. Частотные свойства транзистора с управляющим р-п переходом.
83. Полевые транзисторы с МДП структурой. Принцип работы, параметры, характеристики.
84. Области применения полевых транзисторов.
85. Биполярные транзисторы на гетеропереходах. Полевые гетеротранзисторы.
86. Транзисторы на «горячих» электронах.
87. Одноэлектронные транзисторы.
88. Кулоновская блокада туннелирования.
89. Строение одноэлектронного транзистора.
90. Внутренний фотоэффект в полупроводниках.
91. Фоторезисторы.
92. Фотоэлектрические диоды.
93. Полупроводниковые солнечные элементы.
94. Биполярные фототранзисторы.
95. Полевые фототранзисторы.
96. Люминесценция.
97. Светодиоды.
98. Особенности светодиодов на гетероструктурах.
99. Полупроводниковые инжекционные лазеры.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству вопросы к лабораторным работам

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответы представлены на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
4	Ответы представлены на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности, правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
3	Ответы представлены на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 50-74% вопросов)
2	Ответы представлены на неудовлетворительном уровне или не представлены (студент не готов отвечать или правильные ответы даны менее чем на 50% вопросов)

Тесты:

1. Работа полупроводникового диода основана на использовании свойств:
 - А) выпрямляющего электрического перехода.
 - Б) невыпрямляющего электрического перехода.

В) омического перехода.

2. Базой диода называют область:

А) сильнолегированную.

Б) слаболегированную.

В) в которую происходит инжекция неосновных носителей заряда.

3. *p-n*-Переход образуется при контакте:

А) двух полупроводников с разным типом проводимости.

Б) двух полупроводников с одинаковым типом проводимости.

В) полупроводника с металлом.

4. Кремниевый выпрямительный диод имеет:

А) высокую проводимость при прямом смещении и низкую при обратном.

Б) низкую проводимость при прямом смещении и высокую при обратном.

В) низкое сопротивление при прямом смещении и высокое при обратном.

5. Обратный ток выпрямительного диода составляет величину порядка:

А) 1 мкА.

Б) 1 мА.

В) 1 А.

6. Барьерная емкость диода проявляется:

А) при больших плотностях прямого тока.

Б) при малых плотностях прямого тока.

В) при малых плотностях обратного тока.

7. Диффузионная емкость диода составляет величину порядка:

А) 0,5 пФ.

Б) 3,2 мкФ.

В) 10 мФ.

8. Барьерная емкость диода составляет величину порядка:

А) 30 пФ.

Б) 67 мкФ.

В) 200 мФ.

9. С изменением заряда инжектированных неосновных носителей связана:

А) барьерная емкость диода.

Б) диффузионная емкость диода.

В) сопротивление базы диода.

10. Постоянная времени диода определяется:

А) произведением дифференциального сопротивления на емкость диода.

Б) отношением дифференциального сопротивления к емкости диода.

В) отношением емкости диода к дифференциальному сопротивлению.

11. Выпрямительный диод предназначен для преобразования:

- А) постоянного тока в переменный.
- Б) переменного тока в постоянный.
- В) постоянного напряжения в переменное.

12. **Выпрямительный диод с максимально допустимым прямым током 1000 мА относят к диодам:**

- А) **малой мощности.**
- Б) **средней мощности.**
- В) **большой мощности.**

13. Специфическим параметром импульсного диода является:

- А) предельно допустимый прямой ток.
- Б) время восстановления обратного сопротивления.
- В) дифференциальное сопротивление.

14. В диоде с резким восстановлением обратного сопротивления встроенное поле существует благодаря:

- А) градиенту потенциала.
- Б) градиенту концентрации примесей.
- В) внешнему напряжению.

15. Полупроводниковый стабилитрон – это полупроводниковый диод:

А) напряжение на котором в области электрического пробоя при прямом смещении слабо зависит от тока и который предназначен для стабилизации напряжения.

Б) напряжение на котором в области электрического пробоя при обратном смещении слабо зависит от тока и который предназначен для стабилизации тока.

В) напряжение на котором в области электрического пробоя при обратном смещении слабо зависит от тока и который предназначен для стабилизации напряжения.

16. Напряжение стабилизации стабилитрона зависит от:

- А) диффузионной емкости.
- Б) толщины *p-n*-перехода.
- В) индуктивности выводов.

17. Качество стабилитрона выше, если он имеет:

- А) меньшее дифференциальное сопротивление.
- Б) большее дифференциальное сопротивление.
- В) большую дифференциальную проводимость.

18. **Стабисторы используют:**

- А) **при прямом смещении.**

Б) при обратном смещении.

В) при прямом и обратном смещении.

19. Варикап – полупроводниковый диод, действие которого основано на использовании зависимости:

А) тока от обратного напряжения.

Б) емкости от обратного напряжения.

В) емкости от прямого напряжения.

20. Добротность варикапа – это отношение:

А) активного сопротивления варикапа к сопротивлению потерь при заданном значении емкости или обратного напряжения.

Б) реактивного сопротивления варикапа к сопротивлению потерь при заданном значении емкости или прямого напряжения.

В) реактивного сопротивления варикапа к сопротивлению потерь при заданном значении емкости или обратного напряжения.

21. Емкость варикапа имеет порядок:

А) пФ.

Б) мкФ.

В) мФ.

22. Туннельный диод является полупроводниковым диодом на основе:

А) вырожденного полупроводника, в котором туннельный эффект приводит к появлению на вольтамперной характеристике при прямом напряжении участка отрицательной дифференциальной проводимости.

Б) слаболегированного полупроводника, в котором туннельный эффект приводит к появлению на вольтамперной характеристике при прямом напряжении участка отрицательной дифференциальной проводимости.

В) сильнолегированного полупроводника, в котором туннельный эффект приводит к появлению на вольтамперной характеристике при обратном напряжении участка отрицательной дифференциальной проводимости.

23. Толщина p – перехода туннельного диода составляет около:

А) 10^{-8} м.

Б) 10^{-6} м.

В) 10^{-4} м.

24. Напряжение впадины туннельного диода составляет около:

А) 0,01 В.

Б) 0,5 В.

В) 1,2 В.

25. Проводимость обращенного диода при обратном напряжении значительно больше, чем при прямом напряжении, вследствие:

А) малой ширины запрещенной зоны. Б) туннельного эффекта. В) высокого уровня инжекции.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Структура и основные элементы полупроводникового диода.
2. Вольтамперная характеристика диода. Выпрямление в диоде.
3. Характеристики идеального диода на $p-n$ -переходе на низких частотах: сопротивление диода; диффузионная емкость; постоянная времени.
4. Выпрямительные плоскостные низкочастотные диоды.
5. **Кремниевые диоды.**
6. Импульсные диоды.
7. Диоды с резким восстановлением обратного сопротивления.
8. Специфические параметры диодов с резким восстановлением обратного сопротивления.
9. Полупроводниковые стабилитроны: назначение; ВАХ.
10. Параметры стабилитронов. Термокомпенсация.
11. Стабилитроны: назначение; ВАХ.
12. Варикапы: структура, эквивалентная схема.
13. Основные параметры варикапа.
14. Частотные свойства варикапа.
15. Тепловое сопротивление диода. ВАХ диода с учетом выделения теплоты в $p-n$ -переходе при разных температурах окружающей среды.
16. Поверхностный пробой в диодах.
17. Туннельный диод: ВАХ и энергетические диаграммы туннельного диода при различных напряжениях.
18. Параметры туннельных диодов. Температурные зависимости параметров туннельных диодов.
19. Частотные свойства туннельных диодов.
20. Обратные диоды.
21. Режимы работы транзистора.
22. Физические процессы в транзисторе в активном режиме.
23. Схемы включения транзистора. Усиление в транзисторе.
24. Статические характеристики идеализированного транзистора. Модель Эберса-Молла.

25. Статические характеристики реального транзистора.
26. Характеристики транзистора для схемы с общей базой.
27. Характеристики транзистора для схемы с общим эмиттером.
28. Физические параметры транзистора.
29. r -, g - и h -параметры транзисторов. Зависимость параметров транзистора от режима работы.
30. Частотные свойства транзисторов.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)

1. Структура диодистора. Вольтамперная характеристика диодистора.
2. Транзисторная схема замещения и принцип действия диодистора.
3. Триодный тиристор.
4. Параметры тиристоров.
5. Тиристор с шунтированным эмиттерным переходом.
6. Тиристор с обратной проводимостью.
7. Симметричный тиристор.
8. Запорный тиристор.
9. Контакт металл-полупроводник.
10. Структура и свойства диода Шоттки.

11. Биполярный транзистор с диодом Шоттки.
12. Эффект Ганна.
13. Генерация СВЧ-колебаний в диодах Ганна.
14. Поверхностные состояния. Основные определения.
15. Статистика заполнения поверхностных состояний.
16. Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом. Структура и принцип действия
17. Эпитаксиальный полевой транзистор с управляющим р-п-переходом.
18. Вольт-амперные характеристики транзистора.
19. Быстродействие ПТ с затвором в виде р-п переходов.
20. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Структура и принцип действия.
21. Вольт-амперные характеристики МДП-транзисторов.
22. Параметры МДП-транзисторов.
23. Биполярные транзисторы на гетеропереходах.
24. Полевые гетеротранзисторы.
25. Полупроводниковые солнечные элементы.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (зачет)

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	зачтено
Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	не зачтено

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)