

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ИФФВТ
от 21 мая 2024 г. протокол № 10
Председатель _____ (Рыбин В.В.)
(по месту, расшифровка подписи)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Физика активных элементов
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Кафедра физических методов в прикладных исследованиях
Курс	1 - очная форма обучения

Направление (специальность): 03.04.02 Физика

Направленность (профиль/специализация): Физика полупроводников. Микроэлектроника

Форма обучения: очная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: 01.09.2024 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	КАФЕДРА	Должность, ученая степень, звание
Евсеев Дмитрий Александрович	Кафедра физических методов в прикладных исследованиях	Доцент, Кандидат физико-математических наук

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины:

Целью дисциплины является изучение активных элементов радиоэлектроники, их моделей, областей и особенностей использования в радиоэлектронных системах.

Задачи освоения дисциплины:

- Достигнуть понимания принципов работы активных элементов радиоэлектроники.
- Дать информацию об основных эксплуатационных характеристиках, параметрах и схемах включения активных элементов.
- Познакомить с моделями элементов для использования в компьютерных технологиях проектирования радиоэлектронных систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физика активных элементов» относится к числу дисциплин блока Б1.В, предназначенного для студентов, обучающихся по направлению: 03.04.02 Физика.

В процессе изучения дисциплины формируются компетенции: ПК-3, ПК-4.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: Проектная деятельность, Научно-исследовательская работа, Преддипломная практика, Телекоммуникационная техника и волоконная оптика, Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы, СВЧ-приборы и интегральные микросхемы, Материалы электронной техники, Оптоэлектронные устройства, Радиофизика, Методы контроля и диагностики полупроводниковых приборов, Электроника СВЧ, Автоматизированные методы анализа, контроля и диагностики полупроводниковых приборов, Микро- и нанoeлектроника, Современные проблемы физики.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК-4 способность моделировать научные задачи и новые технологические процессы в области физики полупроводников, микроэлектроники и радиофизики	<p>знать: основные разделы микроэлектроники и радиофизики.</p> <p>уметь: моделировать научные задачи и новые технологические процессы в области физики полупроводников</p> <p>владеть: владеть методами моделирования</p>

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК-3 способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	<p>знать: основные моменты организационной педагогической деятельности.</p> <p>уметь: применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.</p> <p>владеть: свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач.</p>

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 11 ЗЕТ

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах): 396 часов

Форма обучения: очная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u>)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
1	2	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	54	54
Аудиторные занятия:	54	54
Лекции	18	18
Семинары и практические занятия	-	-
Лабораторные работы, практикумы	36	36
Самостоятельная работа	306	306
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Тестирование	Тестирование
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Экзамен (36)	Экзамен
Всего часов по дисциплине	396	396

4.3. Содержание дисциплины. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 1. 1							
Тема 1.1. Математический минимум	88	2	0	4	4	82	Тестирование
Тема 1.2. Основы зонной теории полупроводников	26	2	0	4	6	20	Тестирование
Тема 1.3. Основы статистики носителей заряда в полупроводниках	40	2	0	8	6	30	Тестирование
Тема 1.4. Виды и свойства полупроводниковых диодов	74	6	0	8	8	60	Тестирование
Тема 1.5. Виды и свойства полупроводниковых транзисторов	66	4	0	8	4	54	Тестирование
Тема 1.6. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы	66	2	0	4	4	60	Тестирование
Итого подлежит изучению	360	18	0	36	32	306	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Раздел 1. 1

Тема 1.1. Математический минимум

Тема раздела предьявляет исчерпывающий набор тем, упражнений и задач, необходимых для полного глубокого освоения всего курса. Включает в себя элементы векторного анализа, математической статистики, методов математической физики и численных методов.

Тема 1.2. Основы зонной теории полупроводников

Тема раздела базируется на материале курса квантовой механики. Рассматривается влияние потенциальных ям и барьеров на природу протекания электронов и дырок в полупроводниках.

Тема 1.3. Основы статистики носителей заряда в полупроводниках

Тема раздела базируется на материале курса статистической механики. Рассматриваются механизмы заполнения зон полупроводника носителями заряда при различных условиях.

Тема 1.4. Виды и свойства полупроводниковых диодов

Тема курса рассматривает механизмы работы полупроводниковых диодов различной конструкции. Протекание тока через переход, рассеяние тепла, различные типы пробоев и шумов, а также объясняет причины нелинейных эффектов в электрических цепях с активными элементами.

Тема 1.5. Виды и свойства полупроводниковых транзисторов

Тема раздела рассматривает классификацию и принципы работы полупроводниковых транзисторов различных типов. Биполярные транзисторы, униполярные транзисторы, полевые транзисторы с управляющим переходом и полевые транзисторы с изолированным затвором различного типа проводимости. Дополнительно рассмотрены составные транзисторы и простейшие электрические цепи с такими активными элементами в составе.

Тема 1.6. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы

Тема раздела рассматривает квантовые двухуровневые системы, с помощью которых объясняются механизмы взаимодействия носителей заряда в полупроводнике с электромагнитным излучением. Разобраны принципы работы солнечных элементов, оптоэлектронных устройств и полупроводниковых лазеров.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОВОДИМОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Цели: изучить основы зонной теории твердых тел, исследовать температурную зависимость электропроводности металла и полупроводника, определить температурный коэффициент сопротивления металла и энергию активации полупроводника.

Содержание: 1. Сформулировать основные положения зонной теории твердых тел. 2. Записать уравнение Шрёдингера и его решения для электрона, движущегося в кристалле. 3. Как определяются значения энергии электронов в кристалле? Что называют квазиволновым вектором \vec{k} ? 4. Какие области \vec{k} -пространстве называются зонами Бриллюэна? Первой зоной Бриллюэна? 5. Записать и объяснить условия периодичности Кармана – Борна. 6. Что представляют собой энергетические зоны? «дно»? «потолок»? ширина? номер зоны? 7. Какие энергетические зоны называются разрешенными? запрещенными? валентной зоной? зоной проводимости? 8. Дать определение валентной зоны и зоны проводимости. Изобразите их графически для металлов, проводников и диэлектриков. 9. Сформулировать принцип Паули. 10. Записать закон распределения Ферми – Дирака. Что называют уровнем Ферми? 11. Как объясняются электрические свойства металлов, полупроводников и диэлектриков с точки зрения зонной теории? 12. Какова зависимость электрического сопротивления полупроводников и металлов от температуры? 13. Что называют дырочной проводимостью? 14. Что называют энергией активации?

Результаты: отчет и ответы на вопросы

Ссылка: <ftp://10.2.96.134/Text/Vostrecov2019-1.pdf>

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИОДОВ ШОТТКИ

Цели: изучение вольт-амперных характеристик диода Шоттки, определение высоты потенциального барьера на границе металл-полупроводник.

Содержание: 1. В чем отличие ВАХ идеального диода Шоттки от ВАХ полупроводникового диода? 2. Записать выражение ВАХ для реального диода Шоттки. 3. В чем состоит роль сил электрического изображения при анализе барьера Шоттки? 4. Как проявляется влияние напряжения на высоту барьера Шоттки? 5. При каком допущении справедлива термоэлектронная теория для барьера Шоттки? 6. В чем различие выражений для идеального и реального диодов Шоттки? 7. Каково значение ТКН для диода Шоттки при очень малых токах? 8. Каково значение ТКН для диода Шоттки при больших токах? 9. Чем определяется фактор неидеальности в ВАХ реального диода Шоттки? 10. Чем отличается модифицированная постоянная Ричардсона в выражении для плотности тока от обычной постоянной Ричардсона? 11. Какова методика определения фактора неидеальности m и тока насыщения I_0 по экспериментальным ВАХ диодов Шоттки? 12. Какова методика определения высоты барьера Шоттки из температурных зависимостей ВАХ? 13. Каким образом определяется из экспериментов модифицированная постоянная Ричардсона?

Результаты: отчет и ответы на вопросы

Ссылка: <ftp://10.2.96.134/Text/Vostrecov2019-1.pdf>

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

Цели: установление соответствия между реальными и теоретическими температурными характеристиками различных полупроводниковых диодов и их взаимосвязи с параметрами полупроводниковых материалов.

Содержание: 1. Объясните температурное изменение обратной ветви ВАХ германиевого и кремниевого диодов. 2. Объясните температурное изменение прямой ветви ВАХ полупроводниковых диодов. 3. Что называется температурным коэффициентом напряжения (ТКН) идеального диода? 4. Объясните, почему миллиамперметр по-разному расположен для схем измерения прямой и обратной ВАХ? 5. Куда направлены в p-n-переходе дрейфовые компоненты токов для e- и h+? Какие носители формируют эти токи и куда они текут? 6. Куда направлены в p-n-переходе диффузионные компоненты токов для e- и h+? Какие носители формируют эти токи и

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

куда они текут? 7. Какой вид обратного тока – насыщения или ток термогенерации – преобладает в германиевых и кремниевых диодах? 8. Оцените, во сколько раз обратный ток кремниевого диода отличается от тока диода на GaAs при условии, что остальные параметры диодов равны между собой. 9. Оцените, на сколько градусов надо изменить температуру кремниевого диода, чтобы его обратный ток увеличился в два раза, если начальная температура составляла 300 К. 10. Какие факторы приводят к отличию температурных зависимостей ВАХ реального диода от идеализированного p–n-перехода? 11. Дайте определение и объясните физический смысл теплового сопротивления диода. 12. До какой температуры нагреется арсенидгаллиевый диод при прямом токе 30 мА, температуре окружающей среды 20 °С, если $R_T = 500 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, а $U_{пр} = 1,5 \text{ В}$? 13. Охарактеризуйте методику определения теплового сопротивления диода. 14. Назовите основные параметры температурных характеристик диодов. 15. Назовите рабочий температурный диапазон для диодов из Ge и Si.

Результаты: отчет и ответы на вопросы

Ссылка: <ftp://10.2.96.134/Text/Vostrecov2019-1.pdf>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ЭБЕРСА–МОЛЛА ПО ВОЛЬТ-АМПЕРНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

Цели: измерение статических ВАХ биполярного транзистора (БТ) и определение по ним статических параметров инжекционной модели Эберса–Молла (Э–М) для БТ.

Содержание: 1. Объясните статические ВАХ биполярного транзистора в схеме с ОЭ. 2. Опишите составляющие базового тока биполярного транзистора. 3. Объясните физическую суть эффекта Эрли. 4. Как меняется коэффициент передачи тока базы при увеличении тока коллектора? 5.

Поясните понятия нормального и инверсного коэффициентов передачи тока. 6. Перечислите параметры инжекционной модели Эберса–Молла для БТ и запишите уравнения для токов. 7. Назовите эффекты высокого уровня инжекции и поясните, как они влияют на коэффициенты передачи токов. 8. Поясните, в чем состоит разница между токами $I_{эб0}$ и $I_{сэ}$. 9. Получите на основании модели Эберса–Молла соотношение (3). 10. Рассчитайте напряжение $U_{кэ}$ при $I_{к} = 0 \text{ мА}$, если $I_{э} = 1 \text{ мА}$, $\alpha = 0,98$, $\alpha I = ,3$, $I_{сэ} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ А}$, $I_{ск} = 2 \cdot 10^{-10} \text{ А}$. 11. В каком направлении смещены эмиттерный и коллекторный переходы при измерении ВАХ в режиме холостого хода? 12. Покажите, что из модели Эберса–Молла в активном режиме работы БТ вытекает уравнение $I_{к} = \beta I_{б} + (\beta + 1) I_{кб0}$. 13. Докажите равенство $\beta + 1 = 1 / (1 - \alpha)$. 14. Перепишите уравнения Эберса–Молла, считая $U_{бэ}$ и $U_{бк}$ зависимыми переменными, т. е. $U_{бэ} = f(I_{э}, I_{к})$ и $U_{бк} = g(I_{э}, I_{к})$.

Результаты: отчет и ответы на контрольные вопросы

Ссылка: <ftp://10.2.96.134/Text/Vostrecov2019-1.pdf>

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПТУП

Цели: ознакомиться с ВАХ и основными дифференциальными статическими параметрами полевых транзисторов с управляющим затвором в виде p–n-перехода – ПТУП (JFET – Junction Field Effect Transistor).

Содержание: 1. В чем состоит назначение областей в конструкции ПТУП и сколько p–n-переходов она в себе содержит? 2. Поясните принцип действия полевых транзисторов с управляющим p–n-переходом. 3. Поясните, как зависит ширина ОПЗ под затвором от напряжения на затворе? 4. Объясните, каким образом изменяется форма ОПЗ под действием напряжения на стоке, и как от нее зависит форма проводящего участка канала? 5. Перечислите основные особенности выходных и передаточных ВАХ ПТУП. 6. Что называется напряжением отсечки и напряжением насыщения? От чего зависят значения этих напряжений? 7. Что называется крутизной полевого транзистора и каким образом ее можно определить графически? 8. Дайте определение удельной крутизны

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

полевого транзистора и предложите методику определения ее по передаточным ВАХ ПТУП. 9. Объясните зависимость крутизны от конструктивных параметров и режима работы транзистора. 10. Объясните зависимость крутизны от напряжения на затворе и постройте ее график. 11. Объясните зависимость напряжения отсечки от степени легирования и размеров областей транзистора. 12. Почему ВАХ транзистора переходит из крутой области в пологую? 13. От чего зависит положение границы крутой и пологой областей ВАХ? 14. Поясните, в чем заключается эффект модуляции длины канала ПТУП и как он проявляется на ВАХ транзистора?

Результаты: отчет и ответы на контрольные вопросы

Ссылка: <ftp://10.2.96.134/Text/Vostrecov2019-1.pdf>

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОП-ТРАНЗИСТОРА

Цели: ознакомиться с ВАХ и основными дифференциальными статическими параметрами полевых транзисторов с изолированным затвором (МДП-транзисторов). В англоязычной литературе для них чаще всего используется сокращение MOSFET – Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor.

Содержание: 1. Поясните конструкцию и принцип действия МДП-транзистора с индуцированным каналом. 2. Объясните особенности выходных и передаточных ВАХ n- и p-канальных МДП-транзисторов обогащенного типа. 3. В чем состоит особенность изготовления МОПТ по самосовмещенной технологии? 4. Что называется потенциалом инверсии на поверхности полупроводника, и от каких конструктивно-технологических параметров он зависит? 5. Поясните, чем состояние сильной инверсии отличается от состояния слабой инверсии? 6. Опишите основные особенности состояния МДП-структуры, когда на затворе величина напряжения равняется пороговому напряжению. 7. Какой геометрический параметр связан с пороговым напряжением МДПТ и какой вид (линейная, квадратичная и т. д.) у этой зависимости? 8. Каким образом технолог может управлять величиной порогового напряжения МДП-транзистора? 9. Поясните, что такое напряжение плоских зон и какому параметру p-n-перехода оно аналогично? 10. Каким образом смещение подложки изменяет пороговое напряжение? 11. Поясните, какой знак у заряда в окисле и заряда поверхностных состояний и как они влияют на величину порогового напряжения? 12. Какой знак имеет заряд ионизованных акцепторов и как он влияет на величину порогового напряжения? 13. Объясните, каким образом ориентация кристалла подложки влияет на пороговое напряжение МДП-транзистора? 14. Поясните, в каком режиме работы (омическом или насыщения) будет находиться МДП-транзистор, если $U_G = U_D$? 15. Опишите эффекты короткого канала в МДП-транзисторе. 16. Что такое подпороговые токи в МДП-транзисторе? 17. Дайте определение удельной крутизны МДП-транзистора и объясните зависимость крутизны от конструктивных параметров и режима работы транзистора. 18. Объясните влияние потенциала на подложке на ВАХ МДП-транзистора. 19. Как известно в состоянии насыщения МОПТ происходит отсечка канала. Поясните, почему же тогда в пологой области ток стока продолжает течь? 20. От чего зависит граничное напряжение на стоке, при котором ВАХ транзистора переходит из крутой области в пологую?

Результаты: отчет и ответы на контрольные вопросы

Ссылка: <ftp://10.2.96.134/Text/Vostrecov2019-1.pdf>

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Что представляют собой энергетические зоны? «дно»? «потолок»? ширина? номер зоны?
2. Сформулировать основные положения зонной теории твердых тел.
3. Зонная диаграмма р-п- перехода в тепловом равновесии.
4. Зонные диаграммы р-п- переходов при прямо и обратном смещениях. Ширина резкого и плавного р-п- перехода при смещениях.
5. Вольтамперные характеристики диодов с контактом Шоттки. Высота барьера в реальных контактах металл- кремний, силицид-кремний, металл-арсенид галлия. Омический контакт. 4. Биполярные транзисторы с гетеропереходами и вариозонной базой.
6. Диоды с контактом металл-полупроводник. Зонные диаграммы контактов металл- полупроводник. Запорный и антизапорные слои.
7. Диодная теория выпрямления р-п-перехода в диффузном приближении. Диод с короткой базой.
8. Распределение поля и потенциала в обедненном слое (Барьер Шоттки). Ширина обедненного слоя в тепловом равновесии и при наличии смещения.
9. Распределение поля, потенциала и ширины резкого и плавного р-п-переходов в тепловом равновесии.
10. Лавинно-пролетные диоды. Лавинно-пролетный режим работы и режим захваченной плазмой. р-і-п- диоды.
11. Полупроводниковые диоды. Образование р-п-перехода, контактная разность потенциалов.
12. Диффузионная емкость, зависимость от частоты переменного сигнала. Переходные процессы в диодах при включении из прямого направления в обратное и из прямого в нейтральное.
13. Работа р-п- перехода при большом уровне инжекции. Механизм Холла. Влияние сопротивления базы. Механизм инжекционного усиления в диодах с длинной базой.
14. Виды пробоя р-п- перехода: тепловой, туннельный, лавинный.
15. Коэффициенты ионизации электронов и дырок, критерий лавинного пробоя, коэффициенты умножения электронов и дырок. Соотношения для зависимости напряжения лавинного пробоя резкого р-п- перехода от концентрации примесей.
16. Вольт-емкостная характеристика.
17. МДП- транзисторы с встроенным и индуцированным каналами.
18. Переходные процессы в транзисторном ключе. Шумовые свойства биполярных транзисторов.
19. Полевые транзисторы с изолированным затвором (МДП- транзисторы).
20. Разновидность биполярных транзисторов, используемых в интегральных микросхемах: многоэмиттерный транзистор, многоколлекторный транзистор, горизонтальный транзистор, переключающий транзистор с барьером Шоттки.
21. Эффект вытеснения эмиттерного тока как край эмиттеров. Особенности лавинного пробоя- тепловой и токовой.
22. Вольтамперные характеристики тиристора. Условия переключения.
23. Основные конструкции силовых тириستоров.
24. Проводимость диода с р-п-переходом на малом переменном сигнале, мало-сигнальная эквивалентная схема.
25. Малосигнальные параметры. Частотные свойства МДП- транзисторов.
26. МДП- транзисторы: эффекты короткого и узкого канала. Горячие носители в канале.
27. Динисторы и тиристоры.
28. Основные параметры тиристора, импульсные параметры тиристоров.
29. Расчет входных вольтамперных характеристик МДП-транзисторов на крутых участках.

30. Мощные МДП-транзисторы. Особенности применения МДП-транзисторов в БИС.
31. Классификация дискретных п/п приборов и активных элементов ИС. Особенности тенденции и перспективы развития.
32. Рекомбинационные процессы в p-n-переходах. Влияние различных факторов на величину рекомбинационного тока.

10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019г.).

По каждой форме обучения: очная/заочная/очно-заочная заполняется отдельная таблица

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Раздел 1. 1			
Тема 1.1. Математический минимум	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	82	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.2. Основы зонной теории полупроводников	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	20	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.3. Основы статистики носителей заряда в полупроводниках	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	30	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.4. Виды и свойства полупроводниковых диодов	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	60	Вопросы к экзамену, Тестирование

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Тема 1.5. Виды и свойства полупроводниковых транзисторов	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	54	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.6. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	60	Вопросы к экзамену, Тестирование

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы

основная

1. Давыдов, В. Н. Твердотельная электроника : учебное пособие / В. Н. Давыдов ; В. Н. Давыдов. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013. - 175 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - Текст. - Весь срок охраны авторского права. - электронный. - Электрон. дан. (1 файл). - URL: <http://www.iprbookshop.ru/72186.html>. - Режим доступа: ЭБС IPR BOOKS; для авторизир. пользователей. - ISBN 2227-8397. / .— ISBN 0_142937

2. Родыгин, А. В. Электронные и микропроцессорные устройства : учебное пособие / А. В. Родыгин ; А. В. Родыгин. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. - 75 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - Текст. - Гарантированный срок размещения в ЭБС до 05.02.2025 (автопродлонгация). - электронный. - Электрон. дан. (1 файл). - URL: <http://www.iprbookshop.ru/91496.html>. - Режим доступа: ЭБС IPR BOOKS; для авторизир. пользователей. - ISBN 978-5-7782-3376-8. / .— ISBN 0_151830

3. Быков, С. В. Пассивные элементы электроники : учебное пособие / С. В. Быков, М. М. Бабичев, А. А. Аравенков ; С. В. Быков, М. М. Бабичев, А. А. Аравенков. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. - 88 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - Текст. - Гарантированный срок размещения в ЭБС до 07.09.2025 (автопродлонгация). - электронный. - Электрон. дан. (1 файл). - URL: <http://www.iprbookshop.ru/98803.html>. - Режим доступа: ЭБС IPR BOOKS; для авторизир. пользователей. - ISBN 978-5-7782-4082-7. / .— ISBN 0_155593

дополнительная

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1. Розанов Юрий Константинович. Силовая электроника : Учебник и практикум для вузов / Розанов Юрий Константинович, Лепанов Михаил Геннадьевич ; Розанов Ю. К., Лепанов М. Г. ; под ред. Розанова Ю.К. - Москва : Юрайт, 2020. - 206 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/450590>. - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - Электрон. дан. - ISBN 978-5-9916-9440-7 : 559.00. / .— ISBN 0_272956

2. Шука Александр Александрович. Нанoeлектроника : Учебник Для бакалавриата и магистратуры / Шука Александр Александрович, Сигов Александр Сергеевич ; Шука А. А. ; под общ. ред. Сигова А.С. - Москва : Юрайт, 2018. - 297 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/413974>. - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - Электрон. дан. - ISBN 978-5-9916-8280-0 : 719.00. / .— ISBN 0_296529

3. Давыдов В. Н. Твердотельная электроника : учебное пособие / В. Н. Давыдов ; Давыдов В. Н. - Москва : ТУСУР, 2013. - 175 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ТУСУР - Инженерно-технические науки. - <https://e.lanbook.com/book/110377>. - <https://e.lanbook.com/img/cover/book/110377.jpg>. - Режим доступа: ЭБС "Лань"; для авторизир. пользователей. / .— ISBN 0_366701

учебно-методическая

1. Евсеев Д. А. Методические указания для практической, лабораторной, самостоятельной работы студентов на всех специальностях и по всем направлениям по дисциплине «Физика активных элементов» / Д. А. Евсеев. - 2022. - Неопубликованный ресурс. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/11393>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_410246.

б) Программное обеспечение

- Операционная система "Альт образование"
- Офисный пакет "Мой офис"

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. – Москва, [2024]. – URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].

3. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

6. Электронная библиотечная система УлГУ : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций (*выбрать необходимое*)

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для представления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе:

- Мультимедийное оборудование: компьютер/ноутбук, экран, проектор/телевизор
- Компьютерная техника
- Модульный учебный комплекс МУК-ТТ1 "Твердое тело 1"
- Вакуумный универсальный пост 5
- Автоматизированное рабочее место студента (с ПЭВМ)
- Прибор Е7-12
- Устройство функциональное
- Модульный учебный комплекс МУК-ТТ2 "Твердое тело2"
- Модульный учебный комплекс МУК-ФОЭ1

13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик	Доцент Кандидат физико-математических наук	Евсеев Дмитрий Александрович
	Должность, ученая степень, звание	ФИО

Лист согласования от 17.02.2025

Роль согласующего	ФИО	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Зубков Юрий Николаевич	Согласовано в ЭИОС	13.02.2025 12:46:30
Руководитель ОПОП	Елисеева Светлана Вячеславовна	Согласовано в ЭИОС	08.02.2025 13:21:40
Сотрудник библиотеки	Носова Татьяна Борисовна	Согласовано в ЭИОС	03.02.2025 15:28:37