

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



УТВЕРЖДЕНО
 решением Ученого совета ИФФВТ
 от 18 июня 2023 г. протокол № 9
 (Рыбин В.В.)
 (Подпись, расшифровка подписи)
 «30» ИЮНЯ 2023 Г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Физика активных элементов
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Радиофизики и электроники
Курс	1

Направление (специальность) **03.04.02 Физика**

код направления (специальности), полное наименование

Направленность (профиль/специализация) **Физика полупроводников. Микроэлектроника**

полное наименование

Форма обучения очная

очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)

Дата введения в учебный процесс УлГУ: « 1 » _____ сентября 2023 г.

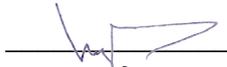
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20____ г.

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 Д.А.	РиЭ	к.ф.-м.н.

СОГЛАСОВАНО
Заведующий выпускающей кафедрой РФЭ
 Подпись // Гурин Н.Т. / ФИО
« 23 » июня 2023 г.

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

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

Задачи 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:

«Физика активных элементов» относится к обязательным дисциплинам вариативной части Б1.В (Б1.В.04). Данная дисциплина формирует навыки измерения и анализа входных и выходных характеристик полупроводниковых приборов. «Физика активных элементов» базируется на основах физики, знании физики конденсированного состояния вещества, зонной теории и физики полупроводниковых структур, способов создания *p-n*-переходов. Она читается в 1-ом семестре 1-ого курса и основывается на следующих входных знаниях, умениях, навыках и компетенциях студента, полученных им при изучении предшествующих дисциплин:

- Математический анализ
- Дифференциальные уравнения
- Квантовая теория
- Физическое материаловедение
- Основы электро- и радиоизмерений
- Основы оптоэлектроники
- Основы нанотехнологий.

Данная дисциплина является предшествующей для будущего изучения следующих специальных дисциплин:

- Физическая кинетика
- Физические методы исследований
- Автоматизация эксперимента
- Методы современного геофизического эксперимента
- Механика геофизических сред
- Государственная итоговая аттестация

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

Код компетенции	Наименование компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами
-----------------	--------------------------	---

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

		достижения компетенций
ПК-3	способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.	Знать: основные моменты организационной педагогической деятельности Уметь: применять результаты научных исследований в инновационной деятельности. Владеть: свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач
ПК-4	способность моделировать научные задачи и новые технологические процессы в области физики полупроводников, микроэлектроники и радиофизики.	Знать: основные разделы микроэлектроники и радиофизики. Уметь: моделировать научные задачи и новые технологические процессы в области физики полупроводников Владеть: владеть методами моделирования

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) 7 ЗЕ

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах) 252 ч

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения очная)			
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам		
		6	7	8
1	2	3	4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	42/42*		42/42*	
Аудиторные занятия:	42/42*		42/42*	
лекции	14/14*		14/14*	
Семинары и практические занятия				
Лабораторные работы, практикумы	28/28*		28/28*	
Самостоятельная работа	174/174*		174/174*	
Форма текущего контроля знаний и контроля	Тестирование, Проверка домашнего		Тестирование, Проверка домашнего	

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

самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, рефераты др. (не менее 2 видов)	задания		задания	
Курсовая работа	-		-	
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Экзамен (36)		Экзамен (36)	
Всего часов по дисциплине	252/252*		252/252*	

** В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения*

4.3. Содержание дисциплины (модуля.) 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	
Тема 1. Диоды с контактом металл-полупроводник	22	2	-	3	10	19	тестирование
Тема 2. Полупроводниковые диоды	26	2	-	3	20	19	тестирование
Тема 3. Лавинно-пролетные диоды.	6	2	-	3		20	тестирование
Тема 4. Полевые транзисторы, управляемые р-п-переходом	8	2	-	3		19	тестирование
Тема 5. Биполярные транзисторы	9	1	-	3	2	19	тестирование
Тема 6. Динисторы и тиристоры	7	2	-	3		20	тестирование
Тема 7. МДП-транзисторы.	10	1	-	4		19	тестирование
Тема 8.	6	1	-	3		19	тестирование

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

Оптоэлектронные п/п приборы							ние
Тема 9. Диод Ганна	8	1	-	3		20	тестирование
Экзамен	36						тестирование
ИТОГО	252	14	-	28	32	174	тестирование

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Тема 1. Диоды с контактом металл-полупроводник.

Содержание темы: Зонные диаграммы контактов металл-полупроводник. Запорный и антизапорные слои. Распределение поля и потенциала в обедненном слое (Барьер Шоттки). Ширина обедненного слоя в тепловом равновесии и при наличии смещения. Вольтамперные характеристики диодов с контактом Шоттки. Высота барьера в реальных контактах металл- кремний, силицид кремний-кремний, металл-арсенид галлия. Омический контакт.

Тема 2. Полупроводниковые диоды.

Содержание темы: Образование р-п- перехода, контактная разность потенциалов. Зонная диаграмма р-п- перехода в тепловом равновесии. Распределение поля, потенциала и ширина резкого и плавного р-п- переходов в тепловом равновесии. Зонные диаграммы р-п- переходов при прямом и обратном смещениях. Ширина резкого и плавного р-п- перехода при смещениях. Вольт- емкостная характеристика. Диодная теория выпрямления р-п- перехода в диффузионном приближении. Диод с короткой базой. Рекомбинационные процессы в р-п- переходах. Влияние различных факторов на величину рекомбинационного тока. Работа р-п- перехода при большом уровне инжекции. Механизм Холла. Влияние сопротивления базы. Механизм инжекционного усиления в диодах с длинной базой. Магнитодиоды. Проводимость диода с р-п- переходом на малом переменном сигнале, мало-сигнальная эквивалентная схема. Диффузионная емкость, зависимость от частоты переменного сигнала. Переходные процессы в диодах при включении из прямого направления в обратное и из прямого в нейтральное.

Тема 3. Лавинно-пролетные диоды.

Содержание темы: Лавинно-пролетный режим работы и режим с захваченной плазмой. р-і-п- диоды. Виды пробоя р-п- перехода: тепловой, туннельный, лавинный. 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. Туннельные и обращенные диоды. Особенности вольтамперных характеристик. Влияние электрон-фононного взаимодействия на туннельные процессы. Механизмы переноса тока в диэлектриках. Токи, ограниченные пространственным зарядом.

Тема 4. Полевые транзисторы, управляемые р-п- переходом.

Содержание темы: Полевые транзисторы с управляющим р-п- переходом. Принцип действия. Расчет входных вольтамперных характеристик полевого

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

транзистора с управляющим р-п- переходом. Много и мало сигнальные параметры. Частотные свойства транзисторов с управляющим р-п- переходом. Транзисторы со статической индукцией.

Тема 5. Биполярные транзисторы.

Содержание темы: Режим работы: нормальный активный режим, инверсный активный режим, режим насыщения, режим отсечки. Транзистор как усилитель мощности. Схемы включения с общей базой и общим эмиттером. Зонная диаграмма транзистора в нормальном активном режиме. Бездрейфовый и дрейфовый транзисторы. Образование встроенного поля на базе планарного и мезапланарного транзисторов. Входные и выходные данные вольтамперные характеристики. Интегральные параметры - коэффициент переноса базы, коэффициент инжекции эмиттера, коэффициенты передачи тока в схемах с ОБ и ОЭ. Зависимости от частоты малосигнальных коэффициентов передачи тока, предельная частота коэффициента передачи тока и граничная частота усиления. Влияние встроенного поля в базе и барьерной емкости эмиттер-база на частоты. Эффект вытеснения эмиттерного тока к краям эмиттеров. Особенности лавинного пробоя - тепловой и токовой. Переходные процессы в транзисторном ключе. Шумовые свойства биполярных транзисторов. Разновидность биполярных транзисторов, используемых в интегральных микросхемах: многоэмиттерный транзистор, многоколлекторный транзистор, горизонтальный транзистор, переключающий транзистор с барьером Шоттки. Биполярные транзисторы с гетеропереходами и вариозонной базой.

Тема 6. Динисторы и тиристоры.

Содержание темы: Вольтамперные характеристики тиристора. Условия переключения. Основные параметры тиристора, импульсные параметры тиристоров. Основные конструкции силовых тиристоров.

Тема 7. МДП-транзисторы.

Содержание темы: Полевые транзисторы с изолированным затвором (МДП-транзисторы). МДП-транзисторы с встроенным и индуцированным каналами. Расчет входных вольтамперных характеристик МДП-транзисторов на крутых и пологих участках. Малосигнальные параметры. Частотные свойства МДП-транзисторов. Мощные МДП-транзисторы. Особенности применения МДП-транзисторов в БИС. Эффекты короткого и узкого канала. Горячие носители в канале.

Тема 8. Оптоэлектронные п/п приборы.

Содержание темы: Фоторезисторы. Светоизлучающие диоды, п/п инжекционные лазеры. Электролюминесцентные излучатели. Принцип действия, основные характеристики и параметры. Фотодиоды на основе диодов с р-п- переходом, контакта металл-полупроводник, гетероперехода, интегральная чувствительность и спектральная характеристика. Фотоэлементы и солнечные батареи с р-п- переходом. Вольтамперные характеристики, коэффициент полезного действия, световая характеристика. Биполярные, МДП- фототранзисторы и фототиристоры.

Тема 9. Диод Ганна.

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

Содержание темы: Принцип действия и режим работы диодов Ганна (при наличии доменов сильного поля, с ограничением накопления объемного заряда). Зависимость дрейфовой скорости электронов от поля в арсениде галлия и фосфиде индия. Основные параметры генераторов Ганна; выходная мощность, рабочая частота и коэффициент полезного действия.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 1. Диоды с контактом металл-полупроводник. Вопросы к теме: Расчет потока термоэлектронной эмиссии в контактах металл-полупроводник и р-п- переходах. Вычисление величины электронного поля, потенциала и барьерной емкости в структурах с ОПЗ. Семинар.

Тема 2. Полупроводниковые диоды. Вопросы к теме: Расчет термостимулированных и релаксационных процессов в п/п структурах. Расчет ВАХ п/п приборов с короткой базой. Расчет ВАХ с учетом рекомбинационных процессов и ВАХ при большом уровне инжекции. Семинар.

Тема 4. Полевые транзисторы, управляемые р-п- переходом. Вопросы к теме: Расчет параметров полевых транзисторов с управляющим р-п- переходом для пологих участков выходных ВАХ. Семинар.

Раздел 2. Физические процессы в активных элементах

Тема 5. Биполярные транзисторы. Вопросы к теме: Расчет переходных процессов в импульсном режиме. Расчет частоты в дрейфовом транзисторе с экспоненциальным законом распределения примесей в базе. Семинар.

Тема 6. Динисторы и тиристоры. Вопросы к теме: Что такое динистор и тиристор. Основные конструкции силовых тиристоров. Дискуссия.

Тема 7. МДП-транзисторы. Вопросы к теме: Полевые транзисторы с изолированным затвором. Дискуссия.

Тема 8. Оптоэлектронные п/п приборы. Вопросы к теме: Фоторезисторы, фотоэлементы и солнечные батареи с р-п- переходом, биполярные, МДП-фототранзисторы и фототиристоры. Принцип работы и примеры их применения. Дискуссия

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Вопросы к лабораторным работам.

Индекс компетенции	№ задания	Формулировка вопроса
ПК-3	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

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

		квазиволновым вектором \vec{k} ?
	4	Какие области в \vec{k} - пространстве называются зонами Бриллюэна? Первой зоной Бриллюэна?
ПК-4	5	Что представляют собой энергетические зоны? «дно»? «потолок»? ширина? номер зоны?
	6	Какие энергетические зоны называются разрешенными? запрещенными? валентной зоной? зоной проводимости?
	7	Дать определение валентной зоны и зоны проводимости. Изобразите их графически для металлов, проводников и диэлектриков.
	8	Как объясняются электрические свойства металлов, полупроводников и диэлектриков с точки зрения зонной теории?
ПК-4	9	Записать закон распределения Ферми – Дирака. Что называют уровнем Ферми?
	10	Какова зависимость электрического сопротивления полупроводников и металлов от температуры?
	11	Что называют дырочной проводимостью?
	12	Что называют энергией активации?
	13	Записать выражение ВАХ для реального диода Шоттки.
ПК-4	14	В чем состоит роль сил электрического изображения при анализе барьера Шоттки?
	15	Как проявляется влияние напряжения на высоту барьера Шоттки?
	16	При каком допущении справедлива термоэлектронная теория для барьера Шоттки?
	17	В чем различие выражений для идеального и реального диодов Шоттки?
ПК-4	18	Каково значение ТКН для диода Шоттки при очень малых токах?
	19	Каково значение ТКН для диода Шоттки при больших токах?
	20	Чем определяется фактор неидеальности в ВАХ реального диода Шоттки?
	21	Чем отличается модифицированная постоянная Ричардсона в выражении для плотности тока от обычной постоянной Ричардсона?
ПК-4	22	Какова методика определения фактора неидеальности m и тока насыщения I_0 по экспериментальным ВАХ диодов Шоттки?
	23	Какова методика определения высоты барьера Шоттки из температурных зависимостей ВАХ?
	24	Каким образом определяется из экспериментов модифицированная постоянная Ричардсона?
	25	Объясните температурное изменение обратной ветви ВАХ германиевого и кремниевого диодов.
	26	Объясните температурное изменение прямой ветви ВАХ полупроводниковых диодов.
ПК-4	27	Что называется температурным коэффициентом напряжения (ТКН) идеального диода?
	28	Объясните, почему миллиамперметр по-разному расположен для схем измерения прямой и обратной ВАХ?
	29	Куда направлены в $p-n$ -переходе дрейфовые компоненты токов для e^- и h^+ ? Какие носители формируют эти токи и куда они текут?
	30	Куда направлены в $p-n$ -переходе диффузионные компоненты токов для e^- и h^+ ? Какие носители формируют эти токи и куда они текут?
ПК-3	31	Какой вид обратного тока – насыщения или ток термогенерации – преобладает в германиевых и кремниевых диодах?
	32	Оцените, во сколько раз обратный ток кремниевого диода отличается от тока диода на GaAs при условии, что остальные параметры диодов равны

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

		между собой.
	33	Оцените, на сколько градусов надо изменить температуру кремниевого диода, чтобы его обратный ток увеличился в два раза, если начальная температура составляла 300 К.
	34	Какие факторы приводят к отличию температурных зависимостей ВАХ реального диода от идеализированного $p-n$ -перехода?
ПК-3	35	Дайте определение и объясните физический смысл теплового сопротивления диода.
	36	До какой температуры нагреется арсенидгаллиевый диод при прямом токе 30 мА, температуре окружающей среды 20 °С, если $R_T = 500$ °С/Вт, а $U_{пр} = 1,5$ В?
	37	Охарактеризуйте методику определения теплового сопротивления диода.
	38	Назовите основные параметры температурных характеристик диодов.
	39	Назовите рабочий температурный диапазон для диодов из Ge и Si.
ПК-3	40	В чем состоит назначение областей в конструкции ПТУП и сколько $p-n$ -переходов она в себе содержит?
	41	Поясните принцип действия полевых транзисторов с управляющим $p-n$ -переходом.
	42	Поясните, как зависит ширина ОПЗ под затвором от напряжения на затворе?
	43	Объясните, каким образом изменяется форма ОПЗ под действием напряжения на стоке, и как от нее зависит форма проводящего участка канала?
ПК-4	44	Перечислите основные особенности выходных и передаточных ВАХ ПТУП.
	45	Что называется напряжением отсечки и напряжением насыщения? От чего зависят значения этих напряжений?
	46	Что называется крутизной полевого транзистора и каким образом ее можно определить графически?
	47	Дайте определение удельной крутизны полевого транзистора и предложите методику определения ее по передаточным ВАХ ПТУП.
ПК-4	48	Объясните зависимость крутизны от конструктивных параметров и режима работы транзистора.
	49	Объясните зависимость крутизны от напряжения на затворе и постройте ее график.
	50	Объясните зависимость напряжения отсечки от степени легирования и размеров областей транзистора.
	51	Почему ВАХ транзистора переходит из крутой области в пологую?
	52	От чего зависит положение границы крутой и пологой областей ВАХ?
	53	Поясните, в чем заключается эффект модуляции длины канала ПТУП и как он проявляется на ВАХ транзистора?
	54	Объясните статические ВАХ биполярного транзистора в схеме с ОЭ.
	55	Опишите составляющие базового тока биполярного транзистора.
	56	Объясните физическую суть эффекта Эрли.
ПК-3	57	Как меняется коэффициент передачи тока базы при увеличении тока коллектора?
	58	Поясните понятия нормального и инверсного коэффициентов передачи тока.
	59	Перечислите параметры инжекционной модели Эберса–Молла для БТ и запишите уравнения для токов.
	60	Назовите эффекты высокого уровня инжекции и поясните, как они влияют на коэффициенты передачи токов.
ПК-3	61	Поясните, в чем состоит разница между токами $I_{\beta 60}$ и $I_{\beta 9}$.
	62	Получите на основании модели Эберса–Молла соотношение (3).

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет		Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины			
	63	Рассчитайте напряжение $U_{кз}$ при $I_k = 0$ мА, если $I_s = 1$ мА, $\alpha = 0,98$, $\alpha_f = ,3$, $I_{s3} = 1 \cdot 10^{-10}$ А, $I_{sk} = 2 \cdot 10^{-10}$ А.	
	64	В каком направлении смещены эмиттерный и коллекторный переходы при измерении ВАХ в режиме холостого хода?	
	65	Покажите, что из модели Эберса–Молла в активном режиме работы БТ вытекает уравнение $I_k = \beta I_b + (\beta + 1) I_{кб0}$.	
ПК-3	66	Докажите равенство $\beta + 1 = 1/(1 - \alpha)$.	
	67	Перепишите уравнения Эберса–Молла, считая $U_{бэ}$ и $U_{бк}$ зависимыми переменными, т. е. $U_{бэ} = f(I_s, I_k)$ и $U_{бк} = g(I_s, I_k)$.	
	68	Поясните конструкцию и принцип действия МДП-транзистора с индуцированным каналом.	
	69	Объясните особенности выходных и передаточных ВАХ n - и p -канальных МДП-транзисторов обогащенного типа.	
ПК-4	70	В чем состоит особенность изготовления МОПТ по самосовмещенной технологии?	
	71	Что называется потенциалом инверсии на поверхности полупроводника, и от каких конструктивно-технологических параметров он зависит?	
	72	Поясните, чем состояние сильной инверсии отличается от состояния слабой инверсии?	
	73	Опишите основные особенности состояния МДП-структуры, когда на затворе величина напряжения равняется пороговому напряжению.	
ПК-4	74	Какой геометрический параметр связан с пороговым напряжением МДПТ и какой вид (линейная, квадратичная и т. д.) у этой зависимости?	
	75	Каким образом технолог может управлять величиной порогового напряжения МДП-транзистора?	
	76	Поясните, что такое напряжение плоских зон и какому параметру p - n -перехода оно аналогично?	
	77	Каким образом смещение подложки изменяет пороговое напряжение?	
	78	Поясните, какой знак у заряда в окисле и заряда поверхностных состояний и как они влияют на величину порогового напряжения?	
ПК-4	79	Какой знак имеет заряд ионизованных акцепторов и как он влияет на величину порогового напряжения?	
	80	Объясните, каким образом ориентация кристалла подложки влияет на пороговое напряжение МДП-транзистора?	
	81	Поясните, в каком режиме работы (омическом или насыщения) будет находиться МДП-транзистор, если $U_G = U_D$?	
	82	Опишите эффекты короткого канала в МДП-транзисторе.	
ПК-3	83	Что такое подпороговые токи в МДП-транзисторе?	
	84	Дайте определение удельной крутизны МДП-транзистора и объясните зависимость крутизны от конструктивных параметров и режима работы транзистора.	
	85	Объясните влияние потенциала на подложке на ВАХ МДП-транзистора.	
	86	Как известно в состоянии насыщения МОПТ происходит отсечка канала. Поясните, почему же тогда в пологой области ток стока продолжает течь?	
	87	От чего зависит граничное напряжение на стоке, при котором ВАХ транзистора переходит из крутой области в пологую?	

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

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

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Рекомбинационные процессы в р-п- переходах. Влияние различных факторов на величину рекомбинационного тока.
2. МДП- транзисторы с встроенным и индуцированным каналами.
3. 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.
5. Диоды с контактом металл- полупроводник. Зонные диаграммы контактов металл- полупроводник. Запорный и антизапорные слои.
6. Переходные процессы в транзисторном ключе. Шумовые свойства биполярных транзисторов.
7. Диодная теория выпрямления р-п-перехода в диффузном приближении. Диод с короткой базой.
8. Полевые транзисторы с изолированным затвором(МДП- транзисторы).
9. Распределение поля и потенциала в обедненном слое (Барьер Шоттки). Ширина обедненного слоя в тепловом равновесии и при наличии смещения.
10. Разновидность биполярных транзисторов, используемых в интегральных микросхемах: многоэмиттерный транзистор, многоколлекторный транзистор, горизонтальный транзистор, переключающий транзистор с барьером Шоттки.
11. Классификация дискретных п/п приборов и активных элементов ИС. Особенности тенденции и перспективы развития.
12. Эффект вытеснения эмиттерного тока к краям эмиттеров. Особенности лавинного пробоя- тепловой и токовой.
13. Распределение поля, потенциала и ширина резкого и плавного р-п- переходов в тепловом равновесии.
14. Вольтамперные характеристики тиристора. Условия переключения.
15. Вольт-емкостная характеристика.
16. Основные конструкции силовых тиристоров.
17. Проводимость диода с р-п- переходом на малом переменном сигнале, мало-сигнальная эквивалентная схема.
18. Малосигнальные параметры. Частотные свойства МДП- транзисторов.
19. Лавинно- пролетные диоды. Лавинно-пролетный режим работы и режим с захваченной плазмой. р-і-п- диоды.
20. МДП- транзисторы: эффекты короткого и узкого канала. Горячие носители в канале.
21. 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.
22. Полупроводниковые диоды. Образование р-п- перехода, контрактная разность потенциалов. Зонная диаграмма р-п- перехода в тепловом равновесии.
23. Динисторы и тиристоры.
24. Зонные диаграммы р-п-переходов при прямом и обратном смещениях. Ширина резкого и плавного р-п- перехода при смещениях.
25. Основные параметры тиристора, импульсные параметры тиристортов.
26. Работа р-п- перехода при большом уровне инжекции. Механизм Холла. Влияние сопротивления базы. Механизм инжекционного усиления в диодах с длинной базой.

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

27. Расчет входных вольтамперных характеристик МДП-транзисторов на крутых и пологих участках.
28. Диффузионная емкость, зависимость от частоты переменного сигнала. Переходные процессы в диодах при включении из прямого направления в обратное и из прямого в нейтральное.
29. Мощные МДП-транзисторы. Особенности применения МДП-транзисторов в БИС.
30. Виды пробоя р-п- перехода: тепловой, туннельный, лавинный.
Полевые транзисторы на основе арсенида галлия и фосфида индия. Выходные характеристики в условиях насыщения дрейфовой скорости.

10.САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

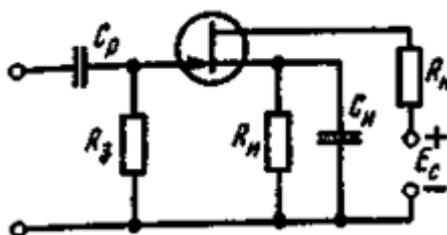
Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019г.).

Форма обучения очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (<i>проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.</i>)	Объем в часах	Форма контроля (<i>проверка решения задач, реферата и др.</i>)																																								
Тема 1. Диоды с контактом металл-полупроводник	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обратный ток насыщения диода с барьером Шоттки равен 2 мкА. Диод соединен последовательно с резистором и источником постоянного напряжения $E = 0,2$ В так, что на диод подается прямое напряжение рисунок 7. а). Определить сопротивление резистора, если падение напряжения на нем равно 0,1 В. Диод работает при $T = 300$ К. 2. Известен обратный ток насыщения некоторого диода I_0 с барьером Шоттки. Диод соединен последовательно с резистором и источником постоянного напряжения смещения $E_{см}$, так что на диод подается прямое напряжение. Определить сопротивление резистора, если задано падение напряжения на нем U_R, В (табл. 2). <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>№ варианта</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I_0, мкА</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>1,2</td> <td>1,5</td> <td>1,3</td> <td>1,4</td> <td>2,2</td> <td>2,5</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>$E_{см}$, В</td> <td>0,2</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>0,3</td> <td>0,2</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>U_R, В</td> <td>0,1</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> <td>0,3</td> </tr> </tbody> </table>	№ варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	I_0 , мкА	2	1	1,2	1,5	1,3	1,4	2,2	2,5	3	$E_{см}$, В	0,2	0,6	0,8	0,3	0,4	0,5	0,3	0,2	0,6	U_R , В	0,1	0,3	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	4	Проверка домашнего задания
№ варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8																																		
I_0 , мкА	2	1	1,2	1,5	1,3	1,4	2,2	2,5	3																																		
$E_{см}$, В	0,2	0,6	0,8	0,3	0,4	0,5	0,3	0,2	0,6																																		
U_R , В	0,1	0,3	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3																																		
Тема 2. Полупроводниковые диоды	<ol style="list-style-type: none"> 1. Имеется сплавной германиевый р-п-переход с концентрацией $N_d = 10^3 \cdot N_a$, причем на каждые 108 атомов германия приходится один атом акцепторной примеси. 	4	Проверка домашнего задания																																								

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

	<p>Определить контактную разность потенциалов при температуре $T = 300 \text{ K}$ (концентрации атомов N и ионизованных атомов n_i принять равными $n_i = 4,4 \cdot 10^{22}$ и $2,5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ соответственно).</p> <p>2. Германиевый сплавной p-n-переход имеет обратный ток насыщения $I_0 = 1 \text{ мкА}$, а кремниевый с такими же размерами ток $I_0 = 10^{-8} \text{ А}$. Вычислить и сравнить прямые напряжения на переходах при $T = 293 \text{ K}$, если через каждый диод протекает прямой ток 100 мА.</p> <p>3. Германиевый диод, имеющий обратный ток насыщения $I_0 = 25 \text{ мкА}$, работает при прямом напряжении, равном $0,1 \text{ В}$ и $T = 300 \text{ K}$. Определить сопротивление диода постоянному току R_0 и дифференциальное сопротивление $r_{\text{диф}}$.</p> <p>4. В идеальном p-n-переходе обратный ток насыщения $I_0 = 10^{-14} \text{ А}$ при $T = 300 \text{ K}$ и $I_0 = 10^{-9} \text{ А}$ при $T = 125 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить напряжения на p-n-переходе в обоих случаях, если прямой ток равен 1 мА.</p> <p>5. Барьерная емкость диода равна 200 пФ при обратном напряжении 2 В. Какое обратное напряжение следует приложить, чтобы емкость уменьшилась до 50 пФ, если контактная разность потенциалов $\phi_k = 0,82 \text{ В}$.</p>		
Тема 3. Лавинно-пролетные диоды.	<p>1. Определить длину пролетного пространства ЛПД, предназначенного для работы на частоте $f = 5 \text{ ГГц}$. Материал – кремний. Движение электронов происходит с дрейфовой насыщенной скоростью. Максимальный угол пролета следует взять величиной π радиан.</p> <p>2. Определить эквивалентное сопротивление нагрузки, если выходная мощность ЛПД составляет 2 Вт, а постоянная составляющая тока $I_0 = 0,6 \text{ А}$.</p> <p>3. Определить длину свободного пробега электронов в германии и его электропроводность при комнатной температуре, если концентрация собственных носителей $n_i = 2,5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$, подвижность электронов $\mu_n = 3600 \text{ см}^2 / (\text{с} \cdot \text{В})$, и подвижность дырок $\mu_p = 1700 \text{ см}^2 / (\text{с} \cdot \text{В})$. Средняя скорость электронов в полупроводнике 105 м/с.</p> <p>4. Определить активное сопротивление арсенид галлиевого ЛПД, имеющего величину тока пробоя 50 мА и напряжение пробоя 50 В, работающего в качестве генератора на частоте 10 ГГц с КПД 22%. Длина пространства дрейфа равна $0,1 \text{ см}$.</p> <p>5. Определить величину пускового тока генератора арсенид галлиевого ЛПД для случая $\Theta = \pi$, если коэффициент ионизации $\alpha = 105 \text{ см}^{-1}$, толщина и площадь полупроводниковой структуры 5 мкм и $0,01 \text{ см}^2$ сопротивление потерь $1,0 \text{ Ом}$.</p> <p>6. Каких размеров должна быть длина пространства дрейфа ЛПД, выполненного на GaAs в 3-х сантиметровом диапазоне длин волн и постоянное</p>	4	Проверка домашнего задания

	напряжение смещения, чтобы величина КПД была бы 20%, при напряженности электрического поля на диоде $1 \cdot 10^5$ В/см, подвижности $\mu_n = 8500$ см ² /В·с.		
Тема 4. Полевые транзисторы, управляемые р-п-переходом	<p>1. У некоторого полевого транзистора с управляющим р-п-переходом $I_{Cmax} = 1$ мА, $U_{смс} = 4$ В. Определить:</p> <p>а) какой ток будет протекать при обратном напряжении смещения затвор-исток, равном 2 В;</p> <p>б) чему равна крутизна и максимальная крутизна в этом случае</p> <p>2. Полевой транзистор с управляющим р-п-переходом, имеющий $I_{Cmax} = 2$ мА и $S_{max} = 2$ мА/В, включен в усилительный каскад по схеме с общим истоком. Сопротивление резистора нагрузки $R_H = 10$ кОм.</p> <p>Определить коэффициент усиления по напряжению, если: а) $U_{зи} = -1$ В; б) $U_{зи} = -0,5$ В; в) $U_{зи} = 0$.</p> <p>3. В усилительном каскаде с общим истоком, показанным на рисунке 3.4, сопротивление нагрузки $R_H = 20$ кОм. Эффективное входное сопротивление полевого транзистора 20 кОм, рабочая крутизна $S = 2$ мА/В.</p> <p>Определить коэффициент усиления каскада.</p> 	4	Проверка домашнего задания
Тема 5. Биполярные транзисторы	<p>1. Прямой ток эмиттера $n-p-n$-транзистора составляет $I_Э = 2$ мА, коллекторная цепь разорвана. Определить напряжение на эмиттерном переходе, полагая $I_{Э0} = 1,6$ мкА.</p> <p>2. По известным h-параметрам транзистора ОБ, представленного в виде четырехполюсника, найти дифференциальные параметры его Т-образной схемы замещения. Дано: $h_{11Б} = 30$ Ом; $h_{21Б} = 0,97$; $h_{22Б} = 1$ мкСм; $U_{КБ} = -5$ В; $I_Э = 1$ мА.</p> <p>3. Для транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, используя входную и выходные характеристики, определить коэффициент усиления $h_{21Э}$, значение напряжения на коллекторе $U_{кэ}$ мощность на коллекторе P_k, если дано напряжение на базе $U_б$ (В), значение</p>	4	Проверка домашнего задания



сопротивления нагрузки R_k (кОм) и напряжение источника питания E_k (В). Данные для своего варианта взять из таблицы.

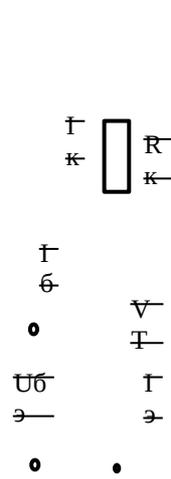


Рис. Схема включения транзистора по схеме с ОЭ.

Номер варианта	$U_{бэ}$, В	R_k , кОм	E_k , В
1	0,4	0,05	40
2	0,15	0,2	40
3	0,15	0,1	40
4	0,1	0,05	40
5	0,15	1	40
6	0,25	10	20
7	0,3	0,1	20
8	0,3	5	40
9	0,25	1	40
10	0,2	1	20



Рис. Входная и выходные характеристики транзистора
(вариант 1,11,21).

Рис. Входная и выходные характеристики транзистора
(вариант 2,12,22).

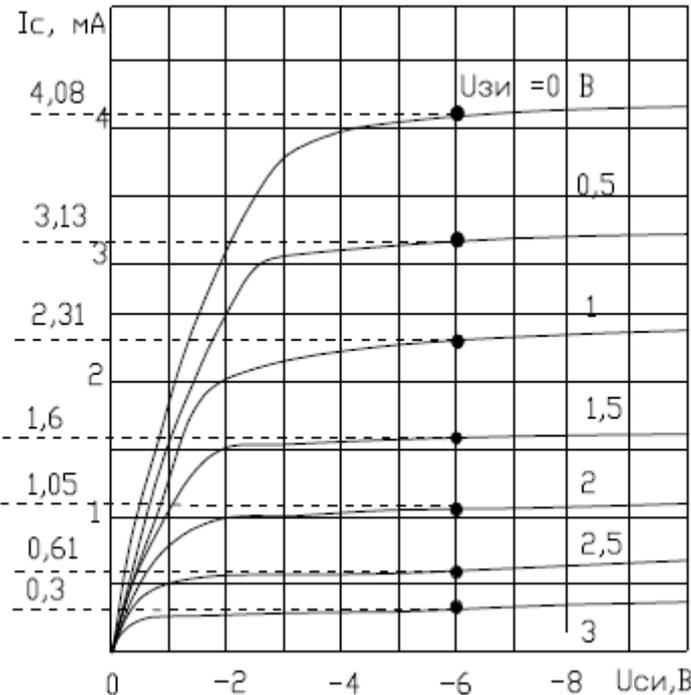
Рис. Входная и выходные характеристики транзистора
(вариант 3,13,23).

Рис. Входная и выходные характеристики транзистора
(вариант 4,14,24).

Рис. Входная и выходные характеристики транзистора
(вариант 5,15,25).

Рис. Входная и выходные характеристики транзистора
(вариант 6,16,26).

Рис. Входная и выходные характеристики транзистора
(вариант 7,17,27).

	<p>12. Перечислите и охарактеризуйте виды тиристоров</p> <p>13. Поясните структуру, принцип действия, ВАХ динисторов.</p> <p>14. Поясните структуру, принцип действия, ВАХ тринисторов.</p> <p>15. Поясните структуру, принцип действия, ВАХ симисторов.</p> <p>16. Какими техническими параметрами характеризуются тиристоры?</p> <p>17. Поясните систему условных обозначений тиристоров.</p> <p>18. Поясните систему обозначений (маркировку) тиристоров.</p>		
<p>Тема 7. МДП-транзисторы.</p>	<p>Пусть дан полевой транзистор типа КП103, напряжение сток-исток $U_{сжо} = -6 В$; $U_{зшо} = 4 В$. Даны выходные характеристики (рисунок 3.1). Для построения стокзатворной характеристики (прямой передачи) определим ток стока при $U_{зи} = 0 В, 0,5 В$ и т.д.</p>  <p>Определить дифференциальные параметры полевого транзистора и построить их зависимость от напряжения на затворе: $\mu ; R_i ; S = f(U_{зи})$.</p>	6	Проверка домашнего задания
<p>Тема 8. Оптоэлектронные п/п приборы</p>	<p>8. Ответить письменно на вопросы согласно варианту задания</p> <p>32. Определение, особенности и достоинства оптоэлектронных приборов.</p>	4	Проверка домашнего задания

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

	<p>33.Фоторезистор: определение, условно-графическое обозначение, принцип работы, характеристики, параметры и назначение.</p> <p>34.Фотодиод: определение, условно-графическое обозначение, принцип работы, характеристики, параметры и назначение.</p> <p>35.Фототранзистор: определение, условно-графическое обозначение, принцип работы, характеристики, параметры и назначение.</p> <p>36.Фототиристор: определение, условно-графическое обозначение, принцип работы, характеристики, параметры и назначение.</p> <p>37.Светодиод: определение, условно-графическое обозначение, принцип работы, характеристики, параметры и назначение.</p> <p>38.Оптроны: определение, разновидности, условно-графическое обозначение и применение.</p> <p>39.Приборы индикации: разновидности, назначение и пример работы.</p>		
Тема 9. Диод Ганна	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить соотношение концентрации электронов в долинах диода Ганна, если известна эффективная масса электронов в боковой долине, равная $m_{эфф2} = 1,2 m_0$, и в центральной долине- $m_{эфф1} = 0,07 m_0$, интервал между минимумами энергии в долинах равен $\Delta E = 36.0$, при температуре $T=300$ К. 2. Определить максимальную выходную мощность, обеспечиваемую генератором на диоде Ганна на основе GaAs, если он включен в камеру с активной проводимостью нагрузки $0,01$ 1/Ом и работает в пролетном режиме на рабочей частоте 10 ГГц. Длина образца диода 8 мкм, рабочее напряжение $8,4$ В. При изменении напряжения на диоде от 4 В до $8,4$ В величина тока падала с 400 мА до 350 мА 3. В генераторном режиме работы диода Ганна, домен возникает при постоянном напряжении большем порогового напряжения $U_0 > U_{пор}$. Найти частоту генерации в пролетном режиме, если известны величины: пороговое напряжение $0,21$В; скорость носителей в пороговом режиме $6 \cdot 10^3$ м/с, скорость насыщения $5 \cdot 10^3$ м/с. 	4	Проверка домашнего задания

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

	<p>4. Определить постоянную времени релаксации объёмного заряда и определить существование домена в диоде Ганна на основе GaAs n-типа при $L=1\text{мкм}$, скорости домена с $v = 10^7 \text{ см/с}$ и исходной концентрации $n = 2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, $\epsilon_r = 12,5$, дифференциальная подвижность $\mu = 0,1 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$.</p> <p>5. Определить величину пороговой напряженности электрического поля на диоде Ганна, если средняя длина образца диода $14,3 \text{ мкм}$, а при напряжении питания 5В начинается уменьшение тока диода от максимального значения.</p>		
Экзамен	Подготовка к сдаче экзамена: проработка вопросов и прорешивание типовых задач	36	экзамен

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы

основная :

1. Степанов, Н. П. Физические характеристики полупроводников, использующихся в твердотельной электронике : учебное пособие / Н. П. Степанов. — Чита : ЗабГУ, 2021. — 126 с. — ISBN 978-5-9293-2953-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/271922>

2. Новожилов, О. П. Электроника и схемотехника в 2 ч. Часть 1 : учебник для вузов / О. П. Новожилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 382 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03513-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/512849>

3. Основы электротехники, микроэлектроники и управления в 2 т. Том 1 : учебное пособие для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент, Г. И. Бабокин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 455 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05431-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515340>

дополнительная :

2. Червяков, Г. Г. Электронная техника : учебное пособие для вузов / Г. Г. Червяков, С. Г. Прохоров, О. В. Шиндор. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 250 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10000-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/517271>

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_

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

Согласовано:

ДИРЕКТОР НБ / БУРХАНОВА М.М. / Подпись / 2023
Должность сотрудника научной библиотеки / ФИО / Подпись / дата

б) Программное обеспечение:

1. Пакет MS Office, MS Windows, MATLAB, Maple

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, [2023]. – 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, [2023]. - 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, [2023]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – 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, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2023]. - 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, [2023].

3. Базы данных периодических изданий:

3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

4. Федеральная государственная информационная система «Национальная

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

электронная библиотека» : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. – 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.

Согласовано:

_____ 2023
Иванов И.И. | *Петров П.П.* | _____
 Должность сотрудника УИТиГФИО | подпись | дата

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе, указывается в соответствии со сведениями о материально-техническом обеспечении и оснащённости образовательного процесса, размещёнными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации».

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

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

работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик


подпись

__доцент. Евсеев Д.А.__
должность ФИО