

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

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ИФФВТ
от 16 июня 2020 г. протокол № 11/02-19-10
Председатель _____ (Хусаинов А.Ш.)
(подпись, расшифровка подписи)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<i>Методы анализа, контроля и диагностики полупроводниковых устройств</i>
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Инженерной физики
Курс	3

Направление (специальность) 03.03.03 Радиофизика
код направления (специальности), полное наименование

Направленность (профиль/специализация) Твердотельная электроника и нанoeлектроника
полное наименование

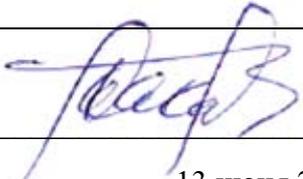
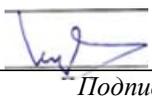
Форма обучения очная
очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)

Дата введения в учебный процесс УлГУ: 1 сентября 2020 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
Вострецова Л.Н.	ИФ	К.ф. -м.н.

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой ИФ	Заведующий выпускающей кафедрой (кафедра РФЭ)
 _____/С.Б. Бакланов/ 13 июня 2020 г.	 _____/Гурин Н.Т./ <i>Подпись</i> ФИО 13 июня 2020

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Цель освоения дисциплины - специальная подготовка студентов в области контроля качества при разработке и массовом производстве полупроводниковых приборов и интегральных микросхем, ознакомление их с современными методами и оборудованием автоматического контроля электрических параметров; формирование практических знаний в области физики полупроводников и полупроводниковых приборов с элементами наноразмерного диапазона - квантовых точек, квантовых нитей, квантовых ям, кластеров и преципитатов; научить студента оценивать параметры полупроводниковых приборов, созданных с использованием нанотехнологий; дать практические знания в области экспериментального определения рекомбинационных параметров

Задачи освоения дисциплины:

- освоение физических основ диагностики и анализа полупроводниковых приборов;
- дать прикладные навыки об основных аналитических характеристик методов, применения математической статистики для обработки результатов определения и описания метрологических характеристик методов и методик диагностики.

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

«Методы анализа, диагностики и контроля полупроводниковых приборов» относится к дисциплине по выбору студента вариативной части Б1.В (Б1.В.ДВ.3). Данная дисциплина формирует навыки контроля качества и определения параметров различных полупроводниковых приборов. «Методы анализа, диагностики и контроля полупроводниковых приборов» базируется на знании теории электро-магнитного излучения и его распространения в веществе, зонной теории и физики полупроводниковых структур, способов создания *p-n*-переходов, поэтому читается в заключительном семестре. Она читается в 5-ом семестре 3-ого курса и базируется на следующих предшествующих учебных дисциплинах:

- Математический анализ
- Аналитическая геометрия
- Механика
- Научные основы школьного курса физики
- Математический анализ функций многих переменных
- Молекулярная физика
- Линейная алгебра
- Векторный и тензорный анализ
- Электричество и магнетизм
- Теория вероятностей и математическая статистика
- Дифференциальные уравнения
- Основы радиоизмерений
- Проектная деятельность
- Методы математической физики
- Интегральные уравнения и вариационное исчисление
- Колебания и волны, оптика
- Распространение электромагнитных волн в однородных, периодических и наноструктурах
- Численные методы в квантовой оптике
- Микропроцессорные системы
- Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том

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

числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности

- Конструирование интегральных микросхем, микросборок и СВЧ-модулей
Для освоения дисциплины студент должен иметь следующие «входные» знания, умения, навыки и компетенции:

- Уметь использовать базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук
- Уметь использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей
- Уметь использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач
- Уметь использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией
- Уметь проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта
- Уметь использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований

Данная дисциплина является предшествующей для будущего изучения следующих специальных дисциплин:

- Теоретические основы электротехники
- Электродинамика СВЧ
- Электродинамика
- Теория колебаний
- Физическая электроника
- Полупроводниковая электроника
- Радиоэлектроника
- Квантовая механика
- Микро- и наноэлектроника
- Автоматизация эксперимента
- Микро- и наносхемотехника
- Интегральная и волоконная оптика
- Квантовая электроника
- Практикум по квантовой электронике
- Практикум по электронике
- Оптоэлектронные устройства
- Оптические направляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС
- СВЧ полупроводниковые приборы и методы автоматизированного контроля электропараметров СВЧ-модулей
- Термодинамика и статистическая физика
- Конструкции гибридных интегральных схем и микросборок
- Статистическая радиофизика и нанооптика
- Практикум по интегральной и волоконной оптике

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

- Преддипломная практика
- Научно-исследовательская работа
- подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
- Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), 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
ОПК – 1 - способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	<p>Знать:</p> <p>теорию туннелирования и рекомбинации; основные параметры и рабочие характеристики полупроводниковых приборов;</p> <p>Уметь:</p> <p>творчески использовать теоретические знания в процессе последующего обучения в соответствии с учебным планом подготовки специалистов</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками моделирования характеристик идеальных полупроводниковых приборов</p>
ОПК – 2 - способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	<p>Знать:</p> <p>Основы информационного поиска справочной информации по рабочим характеристикам полупроводниковых приборов</p> <p>Уметь:</p> <p>самостоятельно приобретать новые знания по теории диагностики полупроводниковых приборов с нановключениями;</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками информационного поиска справочной информации по используемым полупроводниковым приборам</p>
ПК – 2 - способностью использовать основные методы радиофизических измерений	<p>Знать:</p> <p>современные методы анализа и диагностики полупроводниковых приборов; структуру, функциональный состав и принцип действия типовой системы контроля электрических параметров полупроводниковых приборов</p> <p>Уметь:</p> <p>проводить эксперименты и расчеты по определению параметров приборов и дефектов в полупроводниках;</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками метрологической оценки параметров</p>

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

	полупроводниковых приборов.
--	-----------------------------

3. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) 2 ЗЕ

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах) 72 часа

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения)			
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам		
		4	5	3
1	2	3	4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	36		36	
Аудиторные занятия: лекции	18		18	
Семинары и практические занятия				
лабораторные работы, практикумы	18		18	
Самостоятельная работа	36		36	
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, рефераты др. (не менее 2 видов)	Тестирование, выполнение индивидуальных заданий		Тестирование, выполнение индивидуальных заданий	
Курсовая работа				
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	зачет		зачет	
Всего часов по дисциплине	72		72	

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

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	
1. Введение в дисциплину	6	2		-		4	тестирование
2. Современные требования к системе контроля качества при разработке и массовом производстве изделий микроэлектроники	6	2		-		4	тестирование
3. Виды, методы и средства контроля качества полупроводниковых приборов	12	2		4		6	тестирование
4. Определение параметров полупроводниковых приборов на основе р-п-перехода электрическими измерениями	14	4		4		6	Тестирование, индивидуальное задание
5. Определение параметров МДП-структур из вольт-емкостных характеристик	12	2		4		6	Тестирование, индивидуальное задание
6. Методы определения времени жизни неосновных носителей заряда в полупроводниках	8	2		2		4	Тестирование, индивидуальное задание
7. Определение параметров глубоких центров в полупроводнике	12	4		4		4	Тестирование, индивидуальное задание
Итого	72	18		18		36	

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

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Тема 1. Введение в дисциплину

Наноразмерные элементы в полупроводниках: Квантовые точки, квантовые нити, квантовые ямы. Кластеры и преципитаты. Углеродные нанотрубки. Органические наноструктуры.

Электронная структура вещества с наноразмерными объектами. Разупорядочение. Роль нанообъектов в процессах разупорядочения. Влияние разупорядочения на электронные состояния. Хвосты плотности состояния в неупорядоченных полупроводниках.

Тема 2. Современные требования к системе контроля качества при разработке и массовом производстве изделий микроэлектроники

Этапы создания полупроводниковых приборов. Единый комплексный показатель оценки качества - коэффициент качества. Оценка качества полупроводниковых приборов по восьми группам свойств:

- назначению,
- надежности,
- стандартизации и унификации,
- технологичности,
- экономичности,
- эргономичности,
- эстетичности.

Тема 3. Виды, методы и средства контроля качества полупроводниковых приборов.

Производственный контроль качества. Активный и пассивный контроль. Диагностирующий контроль. Входной контроль. Пооперационный контроль. Тестовый контроль. Финишный контроль. Контроль качества готовых изделий. Виды контрольных испытаний.

Проверка механической прочности. Методов контроля на герметичность: масс-спектрометрический, вакуум-жидкостный, компрессионно-термический метод и влажностный. Контроль деталей после холодной штамповки - визуальный осмотр.

Тема 4. Определение параметров полупроводниковых приборов на основе p - n -перехода электрическими измерениями

Образование и зонная диаграмма p - n -перехода. Электрические поле и потенциал в p - n -переходе. Контактная разность потенциалов. Резкий и плавный p - n -переход. Методы расчета профиля легирующей примеси в p - n -переходе. Определение вида p - n -перехода и контактной разности потенциалов по вольт-фарадным характеристикам.

Компоненты тока и квазиуровни Ферми в p - n -переходе. Вольт-амперная характеристика p - n -перехода при рекомбинации в области пространственного заряда.

Тема 5. Определение параметров МДП-структур из вольт-емкостных характеристик

Зонная диаграмма МДП-структуры в разных режимах работы. Низкочастотная и высокочастотная ВФХ. Определение типа подложки, толщины диэлектрика, концентрации и заряда поверхностных состояний их ВФХ.

Тема 6. Методы определения времени жизни неосновных носителей заряда в

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

полупроводниках

Рекомбинационная теория Шокли – Рида – Холла. Время жизни неосновных носителей заряда. Определение времени жизни методами фотопроводимости и модуляцией проводимости точечного контакта

Тема 7. Определение параметров глубоких центров в полупроводнике

Кинетические уравнения нестационарных процессов. Изменение емкости и тока структур с ОПЗ при нестационарных процессах. Изотермическая эмиссия носителей заряда с простой ловушки. Изотермическая генерация с многозарядной ловушки. Изотермическая эмиссия с уровней, распределенных по энергиям. Метод НСГУ. Термостимулированная генерация с глубоких уровней ОПЗ в р-п-переходе. Термостимулированная ионизация многозарядного центра.

5. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

6. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Лабораторная работа №1 «Измерение параметров полупроводниковых приборов и интегральных микросхем»

Цель работы - изучить параметры диодов, стабилитронов, транзисторов и микросхем по справочной литературе, приобрести навыки измерения параметров диодов, стабилитронов и маломощных транзисторов.

В результате выполнения работы студенты приобретают навыки измерения рабочих параметров диодов, транзисторов и стабилитронов. Учатся работать со справочной литературой при сравнении измеренных и допустимых рабочих характеристик полупроводниковых структур.

Лабораторная работа №2 «Определение времени жизни неравновесных носителей тока»

Цель работы – Изучение параметров фоторезистора. Изучение вольт-амперной характеристики фоторезистора. Изучение спектральной чувствительности фоторезистора и его люкс-амперной характеристики. Изучение частотных свойств фоторезистора и определение времени жизни неравновесных носителей тока.

В результате выполнения лабораторной работы студенты приобретают навыки работы с фоторезистором, его темновыми и световыми характеристиками, могут различать равновесные и неравновесные носители заряда, определять время жизни неравновесных носителей сигнала по световым вольт-амперным характеристикам фоторезистора, снятых в импульсном режиме.

Лабораторная работа №3 «Определение времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках методом модуляции проводимости точечного контакта»

Целью работы является изучение процессов генерации и рекомбинации неравновесных носителей заряда в полупроводниках; ознакомление с методом модуляции проводимости точечного контакта; проведение измерений времени жизни неравновесных носителей заряда.

Выполнение лабораторной работы приведет к освоению методики определения времени жизни неравновесных носителей заряда в базе точечного полупроводникового

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

диода, основанной на методе модуляции проводимости точечного контакта.

Лабораторная работа №4 «Измерение характеристик и определение параметров транзистора по схеме с общей базой»

Цель работы состоит в определении входных и выходных характеристик транзистора по схеме с общей базой и вычислении на этой основе h -параметров транзистора.

В ходе выполнения лабораторной работы студенты знакомятся с особенностями работы транзистора в схеме с общей базой, изучают схему замещения транзистора и на основе определенных в работе h -параметров проводят расчет значений элементов схемы замещения.

Лабораторная работа №5 «Снятие статических характеристик и определение параметров транзисторов в схеме с общим эмиттером»

Цель работы - научиться экспериментально снимать входные, выходные статические характеристики транзистора в схеме с общим эмиттером; приобрести навыки определять h_3 – параметры транзистора в схеме с общим эмиттером; приобрести практические навыки исследования транзисторов и работы с приборами.

В ходе выполнения лабораторной работы студенты знакомятся с особенностями работы транзистора в схеме с общим эмиттером, изучают схему замещения транзистора и, на основе определенных в работе h -параметров, проводят расчет значений элементов схемы замещения.

Лабораторная работа №6 «Изучение диодов Шоттки»

Цель работы — изучить физику контакта металл/полупроводник, освоить метод вольт-фарадных характеристик и определить основные параметры диодов Шоттки.

В ходе выполнения лабораторной работы студенты знакомятся с основными отличиями работы диода Шоттки и диода на n - p -переходе, получают навыки измерения вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик и определения по ним параметров исследуемой структуры.

Лабораторная работа №7 «Измерение вольт-фарадных характеристик структур «металл-диэлектрик-полупроводник» и определение по ним электрофизических параметров»

Цели лабораторной работы - изучение характеристик МДП-структур на основе однородно легированной подложки; изучение методики измерения высокочастотных вольт-фарадных характеристик (ВЧ ВФХ) МДП-структур; определение по ВЧ ВФХ следующих электрофизических параметров МДП-структуры.

В ходе выполнения лабораторной работы студенты получают представления об отличиях высокочастотной и низкочастотной вольт-фарадной характеристики МДП-структуры, получают навыки расчета толщины диэлектрика и концентрации легирующей примеси по высокочастотной вольт-фарадной характеристике.

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

Лабораторная работа №8 «Исследование механизмов протекания тока через p - n -переход при высоком уровне инжекции»

Цель работы – изучение механизма формирования тока через p - n -переход и базу диода при высоком уровне инжекции носителей заряда.

В ходе выполнения лабораторной работы студенты получают навыки идентификации механизма переноса и определение параметров на основе измерения вольт-амперной характеристики.

7. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

8. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. Зонная теория. Одночастичное приближение
2. Зонная теория. Модель Кронига-Пенни
3. Закон дисперсии. Эффективная масса носителей заряда
4. Плотность состояний в разрешенных зонах объемного полупроводника. Функция Ферми – Дирака. Уровень Ферми
5. Концентрация электронов и дырок в разрешенных зонах собственного полупроводника
6. Вольтамперные характеристики диодов с контактом Шоттки.
7. Диодная теория выпрямления p - n -перехода в диффузном приближении. Диод с длинной базой
8. Вольт-емкостная характеристика резкого и плавного p - n -перехода
9. Биполярный транзистор. Принцип работы: коэффициент инжекции и коэффициент рекомбинации
10. Биполярный транзистор. Входные и выходные характеристики в схеме с общей базой
11. Биполярный транзистор. Входные и выходные характеристики в схеме с общим эмиттером
12. Полевые транзисторы с изолированным затвором (МДП- транзисторы).
13. МДП- транзисторы с встроенным и индуцированным каналами.
14. Введение в теорию надежности
15. Квалиметрия полупроводниковых структур
16. Классификация контроля параметров полупроводниковых структур
17. Общая характеристика методов неразрушающего контроля полупроводниковых структур
18. Общая характеристика методов разрушающего контроля полупроводниковых структур
19. Методы определения высоты потенциального барьера контакта металл – полупроводник.
20. Методы определения профиля легирующей примеси
21. Схемы измерения прямой и обратной вольт-амперной характеристики полупроводникового диода
22. Схемы измерения вольт-фарадной характеристики p - n -перехода

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

23. Методы измерения вольт-фарадной характеристики р-п-перехода
24. Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковой пластины: метод Ван-дер-Пау
25. Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковой пластины: метод точечного контакта
26. Использование эффекта Холла при диагностике полупроводниковых структур
27. Биполярный транзистор. Рабочие характеристики
28. Биполярный транзистор. Связь h – параметров с элементами схемы замещения
29. Биполярный транзистор. Измерение h – параметров
30. Модель вольт-фарадной характеристики МДП – транзистора
31. Высокочастотная ВФХ МДП-транзистора как инструмент диагностики
32. Низкочастотная ВФХ МДП-транзистора как инструмент диагностики
33. Измерение времени жизни неравновесных носителей заряда методом модуляции проводимости
34. Измерение времени жизни неравновесных носителей заряда через фотопроводимость
35. Рекомбинация неосновных носителей заряда. Виды рекомбинации
36. Теория рекомбинации Шокли-Рида-Холла
37. Понятие времени жизни неосновных носителей заряда
38. Токи термогенерации в ОПЗ
39. Обобщенное выражение для кинетики нестационарной генерации в ОПЗ и методы ее регистрации.
40. Изотермическая релаксация емкости.
41. Нестационарная спектроскопия глубоких уровней.
42. Термостимулированная емкость.
43. Определение параметров глубоких центров методом фотоемкости

9. 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 (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.)
1. Введение в дисциплину	Выдается файл vfhKJA.dat, содержащий измеренные ВФХ светодиода с квантовыми ямами. Расчет профиля легирующей примеси структуры с квантовыми ямами	4	Проверка индивидуального задания
2. Современные требования к системе контроля	Выдается файл vfh1.dat, vfh2.dat содержащие измеренные ВФХ резкого и плавного р-п-перехода. Определение	4	Проверка индивидуального задания

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

качества при разработке и массовом производстве изделий микроэлектроники	концентрационного профиля и контактной разности потенциалов для плавного и резкого $p-n$ -переходов		
3. Виды, методы и средства контроля качества полупроводниковых приборов	Выдается файл vah.dat, содержащий измеренные обратные ВАХ $p-n$ -перехода. Рекомбинационный анализ обратной ветви вольт-амперной характеристики $p-n$ -перехода	6	Проверка индивидуального задания
4. Определение параметров полупроводниковых приборов на основе $p-n$ -перехода электрическими измерениями	Выдается файл vah.dat, содержащий измеренные прямые ВАХ $p-n$ -перехода. Определение параметров уровней при анализе зависимости приведенной скорости рекомбинации от напряжения для структур на основе $p-n$ -перехода	6	Проверка индивидуального задания
5. Определение параметров МДП-структур из вольт-емкостных характеристик	Для транзистора КП103 определить дифференциальные параметры полевого транзистора и построить их зависимость от напряжения на затворе: $\mu ; R_i ; S=f(U_{зи})$.	6	Проверка индивидуального задания
6. Методы определения времени жизни неосновных носителей заряда в полупроводниках	Решение индивидуального задания на определение фотопроводимости и времени жизни неравновесных носителей заряда	4	Проверка индивидуального задания
7. Нестационарные процессы генерации в ОПЗ	Выдается файл TCE.dat, содержащий измеренный спектр термостимулированной емкости диода. Определения параметров глубоких уровней из анализа зависимости термостимулированной емкости от температуры	4	Проверка индивидуального задания

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы

основная:

1. Старосельский, В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : учебное пособие для вузов / В. И. Старосельский. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 463 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-0808-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/425163>
2. Новожилов, О. П. Электроника и схемотехника в 2 т : учебник для академического бакалавриата / О. П. Новожилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2015. — 804 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-4182-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/382342>

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

Политехресурс. – Москва, [2020]. – URL: http://www.studentlibrary.ru/catalogue/switch_kit/x2019-128.html. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2020]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2020]. - URL: <http://znanium.com>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.6. Clinical Collection : коллекция для медицинских университетов, клиник, медицинских библиотек // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=e3ddfb99-a1a7-46dd-a6eb-2185f3e0876a%40sessionmgr4008>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2020].

3. Базы данных периодических изданий:

3.1. База данных периодических изданий : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2020]. – URL: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

3.2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО Научная Электронная Библиотека. – Москва, [2020]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. «Grebennikon» : электронная библиотека / ИД Гребенников. – Москва, [2020]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

4. Национальная электронная библиотека : электронная библиотека : федеральная государственная информационная система : сайт / Министерство культуры РФ ; РГБ. – Москва, [2020]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. SMART Imagebase // EBSCOhost : [портал]. – URL: <https://ebsco.smartimagebase.com/?TOKEN=EBSCO-1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Изображение : электронные.

6. Федеральные информационно-образовательные порталы:

6.1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://window.edu.ru/>. – Текст : электронный.

6.2. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

7. Образовательные ресурсы УлГУ:

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

7.2. Образовательный портал УлГУ. – URL: <http://edu.ulsu.ru>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа 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 необходимо*).

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 оснащенности образовательного процесса, размещенными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации». Для проведения лабораторных работ используется следующее оборудование:

- Блок питания БП-03
- Генератор импульсов Г5-63
- Осциллограф С1-64а
- Вольтметр В7-16
- Блок питания SH 01012
- Камера измерительная
- МДП структура
- Вольтметр В7-16а
- Измеритель емкости Е7-12
- Блок питания БП – 15

11. 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


подпись

доцент кафедры ИФ

должность

Вострецова Л.Н.

ФИО