

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Декан РТФ

УТВЕРЖДАЮ /А.Н. Дедов/
(Ф.И.О. декана (директора института))

11.03.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б.1.2.5 Проектирование электронной компонентной базы

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки
(специальность)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Квалификация выпускника

Бакалавр

(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность

Электронные приборы и устройства

Курс 3

Семестр 6

Распределение учебного времени

Трудоемкость по учебному плану	180 / 5	часов/зачетных единиц
Лекции	32	часов
Лабораторные работы	32	часов
Практические занятия	-	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	64	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	6	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	80	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	6	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Программу составили:

доцент с ученой степенью кандидата наук	КиПР	СОГЛАСОВАНО	Д.Е. Шашин
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

		(наименование кафедры)	
15.01.2024	протокол №	12	
(дата)			
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.И. Сушенцов	
		(И.О. Фамилия)	

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)
кафедрой(ами).
СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.И. Сушенцов
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.Н. Дедов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Лапин Владимир Авангардович, директор ООО "НПФ Мета-Хром"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 12.03.2024 г.
Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ПК-3 Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-3.1. Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов.	знания: Знать принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов. умения: навыки:
	ПК-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов.	знания: умения: Уметь проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов. навыки:
	ПК-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем.	знания: умения: навыки: Владеть навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем.
2. ПК-4 Способен применять современные компьютерные технологии для подготовки текстовой и конструкторско-технологической документации с учетом требований нормативной документации	ПК-4.1. Знает принципы построения технического задания при разработке электронных блоков.	знания: Знать принципы построения технического задания при разработке электронных блоков. умения: навыки:
	ПК-4.2. Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации.	знания: умения: Уметь использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации. навыки:
	ПК-4.3. Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами.	знания: умения: навыки: Владеть навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами.

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Конструирование гибридных интегральных схем (ПК-3), Конструирование гибридных интегральных схем (ПК-4)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Конструирование и технология электронных средств (ПК-3); государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-4)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические и лабораторные занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, классическая лекция

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Проектирование электронной компонентной базы	124	ПК-3, ПК-4
Лекция. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭКБ. ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ. РАБОЧИЕ СЛОИ ИМС И ДИСКРЕТНЫХ ППП	2	
Лекция. ОБОБЩЕННЫЕ НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. МЕТАЛЛИЗАЦИЯ И МЕЖСОЕДИНЕНИЯ	2	
Лекция. КЛАССИФИКАЦИЯ ГИБРИДНЫХ ИМС. ПОДЛОЖКИ. ЭЛЕМЕНТЫ И КОНСТРУКЦИИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ И ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫХ ИМС. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИС	2	
Лекция. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ ГИБРИДНЫХ ИС. ПАРАЗИТНЫЕ СВЯЗИ И ПОМЕХИ. ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ СВЧ ГИС	2	
Лекция. ПОДЛОЖКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ. БИПОЛЯРНЫЕ N-P-N ТРАНЗИСТОРЫ В СОСТАВЕ ИМС ИХ РАЗНОВИДНОСТИ, КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ	2	
Лекция. БИПОЛЯРНЫЕ P-N-P ТРАНЗИСТОРЫ В СОСТАВЕ ИМС ИХ РАЗНОВИДНОСТИ. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ДИОДЫ. ТРАНЗИСТОРЫ И ДИОДЫ С БАРЬЕРОМ ШОТТКИ	2	
Лекция. ПАССИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ БИПОЛЯРНЫХ МИКРОСХЕМ (РЕЗИСТОРЫ, КОНДЕНСАТОРЫ). КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ	2	
Лекция. МЕТОДЫ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ БИПОЛЯРНЫХ ИМС	2	
Лекция. РАЗРАБОТКА ТОПОЛОГИИ БИПОЛЯРНОЙ ИМС.	2	

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ	
Лекция. ТИПЫ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ИМС. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА С ИНДУЦИРОВАННЫМ КАНАЛОМ	2
Лекция. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОЩНЫХ МДП ТРАНЗИСТОРОВ. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА СО ВСТРОЕННЫМ КАНАЛОМ	2
Лекция. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КМДП-ИНВЕРТОРА. РАЗРАБОТКА ТОПОЛОГИИ ИМС НА МДП ТРАНЗИСТОРАХ	2
Лекция. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИС.	2
Лекция. МИКРОСХЕМЫ ПАМЯТИ. КОНСТРУКЦИИ МИКРОСХЕМ С ФУНКЦИОНАЛЬНО ИНТЕГРИРОВАННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ, ОСОБЕННОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ	2
Лекция. КОРПУСА МИКРОСХЕМ. ЗАЩИТА ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛА БЕСКОРПУСНЫХ МИКРОСХЕМ И ДИСКРЕТНЫХ ППП	2
Лекция. КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ИМС.	2
Лабораторная работа. Проектирование и исследование частотных характеристик планарных катушек индуктивности	7
Лабораторная работа. Проектирование и исследование выходных характеристик планарных резисторов	7
Лабораторная работа. Проектирование и исследование выходных характеристик планарных конденсаторов	6
Лабораторная работа. Проектирование и исследование выходных характеристик планарных LC-контуров	6
Лабораторная работа. Изучение методов проектирования и монтажа навесных электронных компонентов	6
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение курсового проекта/работы	
Подготовка к опросам на лекциях, выполнение тестовых заданий, подготовка к лабораторным работам, оформление отчетов по выполняемым работам	60
выполнение курсового проекта/работы	20
Иная контактная работа:	0
Подготовка к экзамену	30
Проведение экзамена	6

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **Б.1.2.5 Проектирование электронной компонентной базы** рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

Занятия лекционного типа дают систематизированные знания по дисциплине, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса;

зафиксировать выводы и практические рекомендации. Подготовка к занятиям семинарского типа включает ознакомление с планом лабораторного занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины **Б.1.2.5 Проектирование электронной компонентной базы**. Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины **Б.1.2.5 Проектирование электронной компонентной базы** включает выполнение **курсового проекта (работы)**.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине **Б.1.2.5 Проектирование электронной**

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Леухин, Владимир Николаевич. Материалы в конструкциях и технологии электронных средств [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Леухин, Е. В. Михеева. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. - 163 с. ISBN 978-5-8158-0684-9. Экземпляры: всего 149.	149 / https://portal.volgatech.net/books/Leuxin,Mixeeva_-_kniga1.pdf
2.	Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Исследование параметров пассивных тонкопленочных элементов [Текст] : лабораторный практикум для студентов по направлениям подготовки 11.04.04 "Электроника и наноэлектроника", 11.04.02 "Информационные технологии и системы связи", 21.10.00 "Конструирование и технологии электронных средств" / Д. Е. Шашин, Е. М. Цветкова, А. Г. Разина; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2021. - 61 с. ISBN 978-5-8158-2247-4. Экземпляры: всего	15 / https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Issledovaniye_parametrov_passivnykh_tonkoplennoknykh_elementov_2021.pdf
3.	Шашин, Дмитрий Евгеньевич. Технологии изготовления и измерения оптических характеристик тонких пленок для применения в приборостроении [Текст] : лабораторный практикум по направлениям подготовки 11.04.04 "Электроника и наноэлектроника", 12.03.01 "Приборостроение", 21.10.00 "Конструирование и	7 / https://portal.volgatech.net/books/Shashin_Tekhnologii_i_zgotovleniya_i_izmereniye_o

	технология электронных средств", 12.03.04 "Биотехнические системы и технологии", 11.04.01 "Радиотехника", 27.03.04 "Управление в технических системах" / Д. Е. Шашин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 82 с. ISBN 978-5-8158-2289-4. Экземпляры: всего 7.	niya_v_priborostroyenii_2022.pdf
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru
2.	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	http://cyberleninka.ru
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ		
1.	Справочно-правовая система Консультант+	http://www.consultant.ru
2.	Информационно-правовой портал Гарант	http://www.garant.ru
3.	Профессиональные справочные системы Техэксперт	http://www.cntd.ru

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	420 (III)	ИЗМЕРИТЕЛЬ ФК2-12 (1), Многофункциональная ремонтная паяльная станция ASE-4313 (1), Многофункциональная ремонтная паяльная станция АТР-4302 (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	отлично

7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

1. По значению концентрации примеси 10^{17} дк в коллекторе p-n-p транзистора, выполненного по планарно-эпитаксиальной технологии, найти удельное сопротивление эпитаксиального слоя 10^{-3} эп, если подвижность носителей $600 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{с}$, 10^{17} дк = 10^7 см^{-3} ? Ответ округлить до второго знака после запятой.

2. По значению концентрации примеси 10^{17} дк в коллекторе p-n-p транзистора, выполненного по планарно-эпитаксиальной технологии, найти удельное сопротивление эпитаксиального слоя 10^{-3} эп, если подвижность носителей $900 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{с}$, 10^{17} дк = $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$? Ответ округлить до второго знака после запятой.

запятой.

3. Определить глубину коллекторного перехода x_{bc} в n-p-n транзисторе, выполненном по планарно-эпитаксиальной технологии, если глубина эмиттерного перехода $x_{be} = 1,3$ мкм, а ширина активной базы при рабочих напряжениях $U_{ба} = 0,98$ мкм, что составляет 70 % от ширины технологической базы x_{b0} .

4. Определить ширину слоя объемного заряда Δx_{bc} на коллекторном переходе, распространяющегося в сторону коллектора в n-p-n транзисторе, выполненном по планарно-эпитаксиальной технологии, если Δx_{bc} составляет 50% от ширины коллектора x_{bc0} под коллекторным переходом. Полная толщина коллекторного слоя $x_{bc0} = 7$ мкм, глубина коллекторного перехода $x_{bc} = 3$ мкм.

5. Определить глубину коллекторного перехода x_{bc} в n-p-n транзисторе, выполненном по планарно-эпитаксиальной технологии, если глубина эмиттерного перехода $x_{be} = 1,6$ мкм, а ширина активной базы при рабочих напряжениях $U_{ба} = 0,84$ мкм, что составляет 60 % от ширины технологической базы x_{b0} .

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Охарактеризуйте типовой технологический процесс биполярных микросхем.
2. Охарактеризуйте типовой технологический процесс микросхем, выполненных по МДП-технологии.
3. Что такое показатели эффективности технологического процесса изготовления микроэлектронной ЭКБ?
4. Назовите основные этапы конструирования микроэлектронной ЭКБ.
5. Охарактеризуйте ИМС по степени интеграции и по функциональному признаку.
6. Дайте определение различным типам микросхем (полупроводниковая, гибридная, совмещенная).
7. Какие основные параметры пассивных и активных элементов ИМС необходимо знать для расчета их геометрии?
8. Каким образом геометрические параметры полупроводниковых структур сказываются на электрофизические?
9. Приведите примеры конструкций полупроводниковых резисторов и конденсаторов и охарактеризуйте их.
10. Приведите примеры конструкций активных элементов полупроводниковых структур и охарактеризуйте направления их использования.
11. Приведите структуры мощных биполярных и МДП транзисторов
12. Что такое коэффициент формы резистора и каким образом он может быть определен?
13. Каким образом на итоговое сопротивление резистора сказываются приконтактные области?
14. Какая емкость p-n-перехода используется при изготовлении полупроводникового диффузионного конденсатора?
15. Что ограничивает получение интегральных конденсаторов высокой емкости?
16. Поясните методику расчета интегральных биполярных транзисторов.
17. Варианты изготовления диодов по биполярной технологии.
18. Приведите пример конструктивно-технологической реализации диодов и транзисторов Шоттки.
19. Какие значения номиналов пассивных элементов (резисторов, конденсаторов) можно получить на МДП структурах?
20. Какие способы повышения рабочего напряжения МДП транзисторов вы знаете?
21. Какие исходные данные необходимы для расчета геометрии МДП транзисторов?

