

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра микро- и нанoeлектроники

УТВЕРЖДАЮ

директор института технологий и
инженерной механики

 Могильная Е.П.
«18» 04 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ
КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ СВЧ»**

По направлению подготовки: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Магистерская программа «Электронные микроволновые и квантовые
приборы и устройства»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Проектирование и технология электронной компонентной базы СВЧ» по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника. – 39 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Проектирование и технология электронной компонентной базы СВЧ» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.09.2017 года № 959.

СОСТАВИТЕЛИ:

к.т.н., доцент Войтенко В.А.;

к.т.н., доцент Войтенко Г.О.

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


Заведующий кафедрой

микро- и наноэлектроники  Войтенко В. А.

Переутверждена: « » 202 г., протокол № .

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики «18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической

комиссии института технологий и инженерной механики  С. Н. Ясуник

© Войтенко В.А., Войтенко Г.О., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

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

Цель дисциплины – изучение методов проектирования и технологии изготовления современных приборов, интегральных схем и устройств электроники сверхвысоких частот.

Задачи: ознакомление студентов с методами проектирования, полупроводниковыми структурами и технологическими процессами изготовления полупроводниковых приборов и интегральных микросхем сверхвысоких частот; изучение особенностей конструкции, расчета и применения пассивных и активных элементов электроники сверхвысоких частот.

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

Дисциплина «Проектирование и технология электронной компонентной базы СВЧ» относится к циклу профессиональных дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания физики и математики, основ измерительной техники, основ теории сигналов и цепей, физических основ полупроводниковых приборов; приборов и методов СВЧ, технологии производства полупроводниковых приборов, гибридных и интегральных микросхем; умения использования персонального компьютера на уровне пользователя, работы в средах MatLab и MultiSim; навыки работы с характериографом, генераторами СВЧ сигналов.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин подготовки бакалавра «Приборы и устройства СВЧ», «Процессы микро- и нанотехнологии» и служит основой для выполнения научно-исследовательской работы студентов и магистерской диссертации

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-3. Готов определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	ПК-3.1. Знает схемы и устройства изделий микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения. ПК-3.2. Умеет подготавливать технические задания на выполнение проектных работ. ПК-3.3. Владеет навыками разработки архитектуры	Знать: схемы и устройства изделий микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения, принцип работы и характеристики полевого СВЧ транзистора с затвором Шоттки, линии с распределенными параметрами, связанные микрополосковые линии,

	<p>изделий микро- и наноэлектроники.</p>	<p>элементы конструкции полупроводниковых СВЧ микросхем, области использования микросхем на основе арсенида галлия, функциональные узлы микросхем повышенной степени интеграции, базовые схемы переключателей и фазовращателей, СВЧ транзисторы, направленные ответвители; проблемы проектирования и изготовления дискретных приборов СВЧ, ГИС СВЧ;</p> <p>Уметь: подготавливать технические задания на выполнение проектных работ приборов СВЧ, ГИС СВЧ, генерировать предложения по усовершенствованию конструкции приборов и устройств СВЧ; аргументированно защищать результаты выполненной проектно-конструкторской работы; использовать информационно-измерительные комплексы для исследования работы приборов и устройств СВЧ;</p> <p>Владеть: навыками разработки архитектуры изделий микро- и наноэлектроники СВЧ, навыками анализа накопленного опыта в области проектирования приборов и устройств СВЧ и анализа возможностей электроники СВЧ; навыками выбора методов и средств для решения проблем современной электроники СВЧ;</p>
<p>ПК-4. Способен проектировать приборы и устройства электроники с учетом заданных требований</p>	<p>ПК-4.1. Знает принципы построения технического задания на современные устройства.</p>	<p>Знать: принципы построения технического задания на современные СВЧ устройства, усилители мощности, автогенераторы с фиксированной частотой</p>

	<p>ПК-4.2. Умеет разрабатывать приборы и системы электроники.</p> <p>ПК-4.3. Владеет навыками разработки рабочей топологии и плана технологии монтажа и сборки электронной компонентной базы изделий микро- и наноэлектроники.</p>	<p>генерации, полупроводниковые микросхемы автогенераторов, смесители на полевых СВЧ транзисторах с одним и двумя затворами Шоттки, фазовращатели и переключатели СВЧ, полупроводниковые диодные генераторы СВЧ; особенности изготовления и применения мощных полевые СВЧ транзисторов с затвором Шоттки; основы проектирования и конструирования приборов и устройств СВЧ разных видов;</p> <p>Уметь: разрабатывать СВЧ приборы и СВЧ модули, анализировать состояние научно-технической проблемы в области проектирования и конструирования приборов и устройств СВЧ; формулировать цели и задачи проектирования электронных приборов и устройств СВЧ; применять методы проектирования и технологические методы для создания готовых изделий электроники СВЧ;</p> <p>Владеть: разработки рабочей топологии и плана технологии монтажа и сборки электронной компонентной базы изделий СВЧ, навыками подготовки технического задания на выполнение проектных работ; навыками проектирования устройств СВЧ с учетом заданных требований;</p>
<p>ПК-5. Способен проектировать технологические процессы производства электронной компонентной базы</p>	<p>ПК-5.1. Знает требования технологической и нормативной документации новых технологических процессов выпуска изделий микроэлектроники.</p>	<p>Знать: требования технологической и нормативной документации новых технологических процессов выпуска СВЧ изделий; требования проектной документации</p>

	<p>ПК-5.2. Умеет проектировать технологические процессы производства электронной компонентной базы.</p> <p>ПК-5.3. Владеет навыками использования автоматизированных систем технологической подготовки производства.</p>	<p>при проектировании и изготовлении линейных СВЧ усилителей, автогенераторов, смесителей, резонаторов, фильтров; методы проектирования и технологии электронной компонентной базы СВЧ; систему ЕСКД, методические и нормативные требования к разработке проектно-конструкторской документации; технологические процессы производства приборов и устройств СВЧ; технологические процессы производства приборов и устройств СВЧ; методы проектирования и технологические процессы производства приборов и устройств СВЧ; технологию производства приборов и устройств СВЧ; методы расчета и проектирования приборов и устройств СВЧ; современное технологическое оборудование, применяемое для производства изделий электроники СВЧ;</p> <p>Уметь: проектировать технологические процессы производства электронной компонентной базы СВЧ, ориентироваться в методических и нормативных документах; разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства приборов и устройств СВЧ; использовать автоматизированные системы технологической подготовки производства; разрабатывать технологическую документацию на проектируемые устройства</p>
--	--	--

		<p>СВЧ; обеспечивать технологичность разрабатываемых приборов и устройств СВЧ; предложить и обосновать новые способы расчета и проектирования электронных микроволновых и квантовых приборов и устройств; применять современные технологические процессы и технологическое оборудование для разработки электронных микроволновых и квантовых приборов и устройств;</p> <p>Владеть: навыками использования автоматизированных систем технологической подготовки производства, навыками разработки проектно-конструкторской документации в соответствии с требованиями; навыками разработки технического задания на проектирование технологического процесса производства ГИС СВЧ; навыками проектирования технологического процесса производства ГИС СВЧ с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства; навыками разработки технологической документации на диодные генераторы СВЧ; навыками оценки экономической эффективности технологических процессов производства приборов и устройств СВЧ; навыками расчета резонатора СВЧ, фильтра СВЧ, линейного балансного усилителя СВЧ; навыками изготовления резонаторов и фильтров СВЧ.</p>
--	--	--

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	288 (8 зач. ед)	-
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	108	-
Лекции	56	-
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	28	-
Лабораторные работы	28	-
Курсовая работа (курсовой проект)	36	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	176	-
Форма аттестации	экзамен	-

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 1

Тема 1. Полевые СВЧ транзисторы с затвором Шоттки.

Принцип работы полевого СВЧ транзистора с затвором Шоттки. Статические характеристики. Эквивалентные схемы.

Шумовые характеристики. Двухзатворные полевые транзисторы. Особенности изготовления и применения мощных полевых СВЧ транзисторов с затвором Шоттки (ПТШ).

Тема 2. Пассивные элементы полупроводниковых интегральных микросхем.

Линии с распределенными параметрами. Связанные микрополосковые линии. Плоские катушки индуктивности.

Конденсаторы. Сосредоточенные резисторы. Технология изготовления пассивных элементов.

Тема 3. Особенности конструирования полупроводниковых СВЧ микросхем.

Цепи согласования и смещения. Влияние отрицательно смещенной полупроводниковой подложки. Элементы конструкции полупроводниковых СВЧ микросхем.

Влияние технологического разброса на параметры элементов СВЧ микросхем. Контроль параметров СВЧ микросхем. Типы корпусов для СВЧ

микросхем.

Тема 4. Линейные СВЧ усилители.

Основные характеристики. Схемы включения транзисторов. Усилители с непосредственными связями.

Согласование с помощью активных приборов. Усилители с распределенным усилением. Микросхемы линейных усилителей. Усилители мощности.

Предельные характеристики транзисторных СВЧ усилителей. Расчет одиночных усилителей. Расчет многокаскадных усилителей.

Тема 5. Автогенераторы.

Автогенераторы с фиксированной частотой генерации. Оценка влияния параметров пассивных элементов на характеристики автогенератора. Влияние разброса параметров транзистора на характеристики автогенератора. Полупроводниковые микросхемы автогенераторов.

Тема 6. Смесители.

Принцип работы и основные параметры. Смесители на полевых СВЧ транзисторах с затвором Шоттки. Смесители на полевых СВЧ транзисторах с двумя затворами Шоттки.

Тема 7. Применение полупроводниковых СВЧ микросхем.

Области использования микросхем на основе арсенида галлия. Функциональные узлы микросхем повышенной степени интеграции. Приемники наземных станций непосредственного телевизионного вещания. Приемопередающие модули.

Тема 8. Технология изготовления микросхем СВЧ диапазона.

Полупроводниковые материалы для реализации СВЧ микросхем. Методы получения пластин исходного материала. Изоляция элементов микросхем. Особенности технологии создания СВЧ микросхем на арсениде галлия.

Тема 9. Резонаторы и фильтры СВЧ на ферритах и диэлектриках.

Физические принципы работы монокристаллических ферритовых и диэлектрических резонаторов. Особенности диэлектрических и ферритовых резонаторов. Применение резонаторов и фильтров СВЧ на ферритах и диэлектриках.

Тема 10. Фазовращатели и переключатели СВЧ.

Базовые схемы переключателей и фазовращателей. Анализ потерь в дискретных фазовращателях. Представление фазовращателей и переключателей в виде соединения $2N$ -полюсников. Конструкции фазовращателей малой и средней мощности.

Семестр 2

Тема 11. Характеристики и параметры р-і-п диода.

Теоретическая модель р-і-п диода. Вольтамперная характеристика. Эквивалентные параметры р-і-п диода на малом переменном сигнале при прямом смещении. Эквивалентные параметры р-і-п диода на малом переменном сигнале при нулевом и отрицательном смещении.

Характеристики р-і-п диода при большой мощности СВЧ. Технология изготовления и конструкция р-і-п диода.

Тема 12. Активные и пассивные элементы ГИС балансных линейных СВЧ усилителей.

СВЧ транзисторы. Эквивалентные схемы СВЧ транзисторов. Измерение параметров СВЧ транзисторов. Согласующие цепи на микрополосковых линиях.

Тема 13. Параметры и характеристики направленных ответвителей.

Направленные ответвители на двух связанных микрополосковых линиях. Тандемные направленные ответвители. Направленные ответвители на многосвязных микрополосковых линиях. Многозвенные направленные ответвители на связанных линиях. Шлейфные направленные ответвители.

Тема 14. Линейные балансные усилители СВЧ.

Амплитудно-частотные характеристики линейных балансных усилителей СВЧ. Фазочастотные характеристики. Шумовые характеристики.

Тема 15. Основные характеристики ГИС линейных балансных усилителей СВЧ.

Основные характеристики ГИС линейных балансных усилителей СВЧ. Чувствительность характеристик к разбросу параметров. Статистический анализ характеристик. Влияние внезапных отказов на характеристики. Практические схемы балансных усилителей.

Тема 16. Полупроводниковые диодные генераторы СВЧ.

Параметры диодных генераторов СВЧ. Применение диодных генераторов СВЧ. Эквивалентные схемы диодных генераторов и методы их расчета.

Режимы работы диодных генераторов. Диодный генератор в режиме генерации. Диодный генератор в режиме усиления. Диодный генератор в режиме синхронизации внешним сигналом. Модуляция и перестройка частоты диодных генераторов.

Тема 17. Конструкции и технологии изготовления диодных генераторов.

Полосковые диодные генераторы. Коаксиальные диодные генераторы. Волноводные диодные генераторы.

Перестраиваемые диодные генераторы. Стабилизированные диодные генераторы. Диодные генераторы миллиметрового диапазона.

Тема 18. Генераторные диоды СВЧ.

Общие принципы действия полупроводникового диодного промежутка. Электрические заряды и токи в полупроводниковом промежутке. Электрическое поле в диодном промежутке.

Скорость движения носителей заряда в диодном промежутке. Ударная ионизация и пробой тонкого слоя полупроводника. Входное сопротивление диодного промежутка.

Энергия взаимодействия носителей заряда с электрическим полем в диодном промежутке. Конструкция, эквивалентная схема и полное сопротивление диода. Лавинно-пролетный диод.

Диоды с междолинным переносом электронов. Лавинно-ключевой диод. Инжекционно-пролетный диод.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
	Семестр 1		
1	Полевые СВЧ транзисторы с затвором Шоттки.	2	-
2	Пассивные элементы полупроводниковых интегральных микросхем.	2	-
3	Особенности конструирования полупроводниковых СВЧ микросхем.	4	-
4	Линейные СВЧ усилители.	4	-
5	Автогенераторы.	4	-
6	Смесители.	4	-
7	Применение полупроводниковых СВЧ микросхем.	4	-
8	Технология изготовления микросхем СВЧ диапазона.	4	-
9	Резонаторы и фильтры СВЧ на ферритах и диэлектриках.	2	-
10	Фазовращатели и переключатели СВЧ.	2	-
	Семестр 2		
11	Характеристики и параметры р-і-n диода.	2	-
12	Активные и пассивные элементы ГИС балансных линейных СВЧ усилителей.	2	-
13	Параметры и характеристики направленных ответвителей.	2	-
14	Линейные балансные усилители СВЧ.	2	-
15	Основные характеристики ГИС линейных балансных усилителей СВЧ.	2	-
16	Полупроводниковые диодные генераторы СВЧ.	4	-
17	Конструкции и технологии изготовления диодных генераторов.	4	-
18	Генераторные диоды СВЧ.	6	-
Итого:		56	-

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
	Семестр 1		

1	Изучение работы СВЧ коммутаторов на р-і-п диодах.	2	-
2	Изучение работы СВЧ аттенуаторов на р-і-п диодах.	2	-
3	Изучение работы системы АРУ на р-і-п-диодах трактов ПЧ СВЧ приемников.	2	-
4	Изучение работы СВЧ генератора на транзисторе и МПЛ.	2	-
5	Изучение работы СВЧ генератора на диоде Ганна и объемном резонаторе.	2	-
Семестр 2			
6	Изучение работы СВЧ генератора на лавинно-пролетном диоде и объемном резонаторе.	3	-
7	Изучение работы смесителя СВЧ сигналов на точечном смесительном диоде, установленном в волноводной линии.	3	-
8	Изучение работы линейных усилителей СВЧ на транзисторах.	3	-
9	Изучение работы балансного усилителя СВЧ на транзисторах.	3	-
10	Изучение работы усилителя СВЧ с распределенным усилением.	3	-
11	Изучение работы усилителя СВЧ на диоде Ганна.	3	-
12	Изучение работы коаксиально-полоскового и коаксиально-волноводного СВЧ переходов.	3	-
Итого:		28	-

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
Семестр 1			
1	Снятие вольтамперной характеристики диода Ганна.	4	-
2	Снятие мощностной характеристики диода Ганна.	4	-
3	Снятие вольтамперной характеристики лавинно-пролетного диода.	2	-
4	Снятие вольтамперной характеристики точечного смесительного диода.	2	-
5	Снятие вольтамперной характеристики биполярного СВЧ транзистора.	2	-
6	Снятие вольтамперной характеристики полевого СВЧ транзистора.	2	-
7	Снятие вольтамперной характеристики р-і-п диода.	2	-
Семестр 2			
8	Снятие вольтамперной характеристики диода Шоттки.	2	-
9	Снятие вольтамперной характеристики обращенного диода.	2	-
10	Снятие вольтамперной характеристики мощного полевого СВЧ транзистора.	2	-
11	Снятие частотной характеристики биполярного СВЧ транзистора.	2	-
12	Снятие частотной характеристики полевого СВЧ транзистора.	2	-
Итого:		28	-

4.6. Самостоятельная работа студентов

	Название темы	Вид СРС	Объем часов
--	---------------	---------	-------------

№ п/п			Очная форма	Заочная форма
	Семестр 1			
1	Полевые СВЧ транзисторы с затвором Шоттки.	Подготовка к тестированию.	2	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
2	Пассивные элементы полупроводниковых интегральных микросхем.	Подготовка к тестированию.	2	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
3	Особенности конструирования полупроводниковых СВЧ микросхем.	Подготовка к тестированию.	4	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
4	Линейные СВЧ усилители.	Подготовка к тестированию.	4	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
5	Автогенераторы.	Подготовка к тестированию.	4	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
6	Смесители.	Подготовка к тестированию.	4	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
7	Применение полупроводниковых СВЧ микросхем.	Подготовка к тестированию.	4	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
8	Технология изготовления микросхем СВЧ диапазона.	Подготовка к тестированию.	4	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
9	Резонаторы и фильтры СВЧ на ферритах и диэлектриках.	Подготовка к тестированию.	4	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
10	Фазовращатели и переключатели СВЧ.	Подготовка к тестированию.	4	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
11	Экзамен по дисциплине	Подготовка к семестровому экзамену	16	-
	Семестр 2			
12		Подготовка к тестированию.	4	-

	Характеристики и параметры р-і-n диода.	Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
13	Активные и пассивные элементы ГИС балансных линейных СВЧ усилителей.	Подготовка к тестированию.	4	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
14	Параметры и характеристики направленных ответвителей.	Подготовка к тестированию.	4	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
15	Линейные балансные усилители СВЧ.	Подготовка к тестированию.	2	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	2	-
16	Основные характеристики ГИС линейных балансных усилителей СВЧ.	Подготовка к тестированию.	2	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	4	-
17	Полупроводниковые диодные генераторы СВЧ.	Подготовка к тестированию.	2	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	12	-
18	Конструкции и технологии изготовления диодных генераторов.	Подготовка к тестированию.	2	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	12	-
19	Генераторные диоды СВЧ.	Подготовка к тестированию.	4	-
		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям, оформление отчетов.	12	-
20	Курсовая работа	Выполнение курсовой работы	36	-
Итого:			176	-

4.7. Курсовые работы/проекты

Учебным планом предусмотрено выполнение студентами курсовой работы во 2 семестре обучения. Тематика курсовой работы – разработка электронного устройства СВЧ с использованием специальных программ для моделирования устройств микроэлектроники в среде MatLab.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

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

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

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

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

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

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

технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

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

6. Формы контроля освоения дисциплины

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

- контрольные вопросы к практическим занятиям;
- вопросы к лабораторным работам;
- тесты;
- вопросы к экзамену.

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

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

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

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

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Червяков Г.Г. Нелинейные процессы СВЧ-электроники и когерентной оптики [Электронный ресурс]: учебное пособие / Червяков Г. Г. - Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ, 2017. - 298 с. - ISBN 978-5-9275-2548-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - Режим доступа : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927525485.html>

2. Федоренко И.А. Применение пакета программ Microwave Office 2009 AWR для проектирования микрополосковых устройств СВЧ [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / И.А. Федоренко, Н.В. Федоркова. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. - 55 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - Режим доступа : http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0469.html

б) Дополнительная литература:

1. Астайкин А.И. Теория и техника СВЧ [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Астайкин А.И., Троцюк К.В., Ионова С.П. - Саров:ФГУП"РФЯЦ-ВНИИЭФ", 2008. - 464 с.: ISBN 978-5-9515-0109-7 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/950180>

2. Юзова В. А. Основы проектирования электронных средств. Конструирование электронных модулей первого структурного уровня [Электронный ресурс]: Лаб. практикум / В. А. Юзова. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 208 с. - ISBN 978–5 7638–2421–6.

3. Левицкий, А. А. Проектирование микросистем. Программные средства обеспечения САПР [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / А. А. Левицкий, П. С. Маринушкин. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2010. – 156 с. - ISBN 978-5-7638-2111-6.

4. Кисель Н.Н. Основы компьютерного проектирования РЭС САПР СВЧ [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Кисель Н.Н. - Таганрог:Южный федеральный университет, 2016. - 196 с.: ISBN 978-5-9275-2207-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/996761>

в) Методические рекомендации/указания:

1. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Проектирование и технология электронной компонентной базы СВЧ». (для студентов, обучающихся по направлению 11.04.04 “Электроника и наноэлектроника”, магистерская программа “Электронные микроволновые и квантовые приборы и устройства”) / Сост.: Г.О. Войтенко, В.А. Войтенко. – Луганск: Изд-во ГОУВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В.Даля», 2018. – 32с.

2. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Проектирование и технология электронной компонентной базы СВЧ». (для студентов, обучающихся по направлению 11.04.04 “Электроника и наноэлектроника”, магистерская программа “Электронные микроволновые и квантовые приборы и устройства”) / Сост.: Г.О. Войтенко, В.А. Войтенко. – Луганск: Изд-во ГОУВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В.Даля», 2018. – 31с.

г) Интернет-ресурсы:

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

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

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

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

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

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

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

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

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

Электронные библиотечные системы и ресурсы

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

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

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

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

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

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

Научные журналы

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

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

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

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

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

Лабораторные работы и практические занятия проводятся с использованием компьютеризированных и специализированных лабораторных стендов по электронике СВЧ, пакета специализированных компьютерных программ, компьютерной математической среды MATLAB.

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

Программное обеспечение:

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

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

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт

фонда оценочных средств по учебной дисциплине

«Проектирование и технология электронной компонентной базы СВЧ»

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

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижения компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-3	Готов определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем	ПК-3.1. ПК-3.2. ПК-3.3.	Тема 1 Полевые СВЧ транзисторы с затвором Шоттки	1
				Тема 2 Пассивные элементы полупроводниковых интегральных микросхем	1

		и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	Тема 3 Особенности конструирования полупроводниковых СВЧ микросхем	1
			Тема 4 Линейные СВЧ усилители	1
			Тема 5 Автогенераторы	1
			Тема 6 Смесители	1
			Тема 7 Применение полупроводниковых СВЧ микросхем	1
			Тема 8 Технология изготовления микросхем СВЧ диапазона	1
			Тема 9 Резонаторы и фильтры СВЧ на ферритах и диэлектриках	1
			Тема 10 Фазовращатели и переключатели СВЧ	1
			Тема 11 Характеристики и параметры р-і-n диода	2
			Тема 12 Активные и пассивные элементы ГИС балансных линейных СВЧ усилителей	2
			Тема 13 Параметры и характеристики направленных ответвителей	2
			Тема 14 Линейные балансные усилители СВЧ	2
			Тема 15 Основные характеристики	2

				ГИС линейных балансных усилителей СВЧ	
				Тема 16 Полупроводниковые диодные генераторы СВЧ	2
				Тема 17 Конструкции и технологии изготовления диодных генераторов	2
				Тема 18 Генераторные диоды СВЧ	2
2.	ПК-4	Способен проектировать приборы и устройства электроники с учетом заданных требований	ПК-4.1. ПК-4.2. ПК-4.3.	Тема 3 Особенности конструирования полупроводниковых СВЧ микросхем	1
				Тема 4 Линейные СВЧ усилители	1
				Тема 5 Автогенераторы	1
				Тема 6 Смесители	1
				Тема 8 Технология изготовления микросхем СВЧ диапазона	1
				Тема 9 Резонаторы и фильтры СВЧ на ферритах и диэлектриках	1
				Тема 10 Фазовращатели и переключатели СВЧ	1
				Тема 11 Характеристики и параметры р-і-п диода	2
				Тема 16 Полупроводниковые диодные генераторы СВЧ	2
3.	ПК-5	Способен проектировать технологические процессы	ПК-5.1. ПК-5.2. ПК-5.3.	Тема 3 Особенности конструирования полупроводников	1

		производства электронной компонентной базы		ых СВЧ микросхем	
				Тема 8 Технология изготовления микросхем СВЧ диапазона	1
				Тема 9 Резонаторы и фильтры СВЧ на ферритах и диэлектриках	1
				Тема 11 Характеристики и параметры р-і-п диоода	2
				Тема 14 Линейные балансные усилители СВЧ	2

**Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал
оценивания**

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-3	ПК-3.1. ПК-3.2. ПК-3.3.	Знать: схемы и устройства изделий микро- и наноэлектроники различного функционального назначения, принцип работы и характеристики полевого СВЧ транзистора с затвором Шоттки, линии с распределенными параметрами, связанные микрополосковые линии, элементы конструкции полупроводниковых СВЧ микросхем, области	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10, Тема 11, Тема 12, Тема 13, Тема 14, Тема 15, Тема 16, Тема 17, Тема 18, Практическое занятие 1, Лабораторная работа 1	Контрольные вопросы к практическим занятиям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к экзамену

			<p>использования микросхем на основе арсенида галлия, функциональные узлы микросхем повышенной степени интеграции, базовые схемы переключателей и фазовращателей, СВЧ транзисторы, направленные ответвители;</p> <p>проблемы проектирования и изготовления дискретных приборов СВЧ, ГИС СВЧ;</p> <p>Уметь:</p> <p>подготавливать технические задания на выполнение проектных работ приборов СВЧ, ГИС СВЧ, генерировать предложения по усовершенствованию конструкции приборов и устройств СВЧ; аргументированно защищать результаты выполненной проектно-конструкторской работы;</p> <p>использовать информационно-измерительные комплексы для исследования работы приборов и устройств СВЧ;</p> <p>Владеть: навыками разработки архитектуры изделий микро- и нанoeлектроники СВЧ, навыками анализа</p>		
--	--	--	---	--	--

			накопленного опыта в области проектирования приборов и устройств СВЧ и анализа возможностей электроники СВЧ; навыками выбора методов и средств для решения проблем современной электроники СВЧ;		
2.	ПК-4	ПК-4.1. ПК-4.2. ПК-4.3.	Знать: принципы построения технического задания на современные СВЧ устройства, усилители мощности, автогенераторы с фиксированной частотой генерации, полупроводниковые микросхемы автогенераторов, смесители на полевых СВЧ транзисторах с одним и двумя затворами Шоттки, фазовращатели и переключатели СВЧ, полупроводниковые диодные генераторы СВЧ; особенности изготовления и применения мощных полевые СВЧ транзисторов с затвором Шоттки; основы проектирования и конструирования приборов и устройств СВЧ разных видов; Уметь: разрабатывать СВЧ приборы и СВЧ	Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 8, Тема 9, Тема 10, Тема 11, Тема 16, Практическое занятие 2, Лабораторная работа 2	Контрольные вопросы к практически м занятиям, вопросы к лабораторны м работам, тесты, вопросы к экзамену

			<p>модули, анализировать состояние научно-технической проблемы в области проектирования и конструирования приборов и устройств СВЧ; формулировать цели и задачи проектирования электронных приборов и устройств СВЧ; применять методы проектирования и технологические методы для создания готовых изделий электроники СВЧ; Владеть: разработки рабочей топологии и плана технологии монтажа и сборки электронной компонентной базы изделий СВЧ, навыками подготовки технического задания на выполнение проектных работ; навыками проектирования устройств СВЧ с учетом заданных требований;</p>		
3.	ПК-5	ПК-5.1. ПК-5.2. ПК-5.3.	<p>Знать: требования технологической и нормативной документации новых технологических процессов выпуска СВЧ изделий; требования проектной документации при проектировании и изготовлении линейных СВЧ</p>	<p>Тема 3, Тема 8, Тема 9, Тема 11, Тема 14, Практическое занятие 3, Лабораторная работа 3</p>	<p>Контрольные вопросы к практически м занятиям, вопросы к лабораторны м работам, тесты, вопросы к экзамену</p>

			<p>усилителей, автогенераторов, смесителей, резонаторов, фильтров; методы проектирования и технологии электронной компонентной базы СВЧ; систему ЕСКД, методические и нормативные требования к разработке проектно-конструкторской документации; технологические процессы производства приборов и устройств СВЧ; технологические процессы производства приборов и устройств СВЧ; методы проектирования и технологические процессы производства приборов и устройств СВЧ; технологию производства приборов и устройств СВЧ; методы расчета и проектирования приборов и устройств СВЧ; современное технологическое оборудование, применяемое для производства изделий электроники СВЧ; предложить и обосновать новые способы расчета и проектирования</p>		
--	--	--	---	--	--

			<p>электронных микроволновых и квантовых приборов и устройств; применять современные технологические процессы и технологическое оборудование для разработки электронных микроволновых и квантовых приборов и устройств;</p> <p>Владеть: навыками использования автоматизированных систем технологической подготовки производства, навыками разработки проектно-конструкторской документации в соответствии с требованиями; навыками разработки технического задания на проектирование технологического процесса производства ГИС СВЧ; навыками проектирования технологического процесса производства ГИС СВЧ с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства; навыками разработки технологической</p>		
--	--	--	--	--	--

			<p>документации на диодные генераторы СВЧ; навыками оценки экономической эффективности технологических процессов производства приборов и устройств СВЧ; навыками расчета резонатора СВЧ, фильтра СВЧ, линейного балансного усилителя СВЧ; навыками изготовления резонаторов и фильтров СВЧ.</p>		
--	--	--	---	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Проектирование и технология электронной компонентной базы СВЧ»

Контрольные вопросы к практическим занятиям:

1. Как устроен полевой СВЧ транзистор с затвором Шоттки?
2. Приведите и поясните статические характеристики полевого СВЧ транзистора с затвором Шоттки.
3. Приведите и поясните эквивалентные схемы полевого СВЧ транзистора с затвором Шоттки.
4. Как устроены двухзатворные полевые транзисторы Шоттки?
5. Каковы особенности изготовления мощных полевых СВЧ транзисторов с затвором Шоттки?
6. Какова область применения мощных полевых СВЧ транзисторов с затвором Шоттки?
7. Что представляют собой линии с распределенными параметрами?
8. Что представляют собой связанные микрополосковые линии?
9. Перечислите элементы конструкции полупроводниковых СВЧ микросхем.
10. Перечислите элементы конструкции ГИС СВЧ.
11. Как осуществляют контроль параметров СВЧ микросхем?
12. Какие выпускают типы корпусов для СВЧ микросхем?
13. Для чего применяют усилители с непосредственными связями?
14. Какова область применения усилителей с распределенным усилением?
15. Что такое предельные характеристики транзисторных СВЧ усилителей?
16. Для чего предназначены автогенераторы с фиксированной частотой генерации?
17. Каковы особенности изготовления и применения смесителей на полевых СВЧ транзисторах с затвором Шоттки?

18. Каковы особенности изготовления и применения смесителей на полевых СВЧ транзисторах с двумя затворами Шоттки?
19. Что представляют собой функциональные узлы микросхем повышенной степени интеграции?
20. Какие полупроводниковые материалы применяют для реализации СВЧ микросхем?
21. Как выполняют изоляцию элементов микросхем?
22. Каковы особенности технологии создания СВЧ микросхем на арсениде галлия?
23. Каковы принципы работы монокристаллических ферритовых резонаторов?
24. Каковы принципы работы диэлектрических резонаторов?
25. Приведите и поясните базовые схемы переключателей и фазовращателей.
26. Как представляют фазовращатели и переключатели в виде соединения $2N$ -полюсников?
27. Приведите схемы конструкций фазовращателей малой и средней мощности.
28. Приведите и поясните вольтамперную характеристику р-і-п диода.
29. Как меняются характеристики р-і-п диода при большой мощности СВЧ?
30. Каковы технология изготовления и конструкция р-і-п диода?
31. Приведите и поясните эквивалентные схемы СВЧ транзисторов.
32. Как проводят измерение параметров СВЧ транзисторов?
33. Как строят согласующие цепи на микрополосковых линиях?
34. Приведите структурную схему направленного ответвителя на двух связанных микрополосковых линиях.
35. Что такое тандемные направленные ответвители?
36. Приведите структурную схему направленного ответвителя на многосвязных микрополосковых линиях.
37. Приведите структурную схему многозвенного направленного ответвителя на связанных линиях.
38. Что такое шлейфные направленные ответвители?
39. Каковы особенности амплитудно-частотных характеристик линейных балансных усилителей СВЧ?
40. Каковы основные характеристики ГИС линейных балансных усилителей СВЧ?
41. Перечислите параметры диодных генераторов СВЧ.
42. Каково применение диодных генераторов СВЧ?
43. Каковы режимы работы диодных генераторов СВЧ?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к практическим занятиям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу

	своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности)
3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией)
2	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов отвечать)

Вопросы к лабораторным работам:

1. Полевой СВЧ транзистор с затвором Шоттки.
2. Статические характеристики полевого СВЧ транзистора с затвором Шоттки.
3. Эквивалентные схемы полевого СВЧ транзистора с затвором Шоттки.
4. Двухзатворные полевые транзисторы Шоттки.
5. Особенности изготовления и применения мощных полевых СВЧ транзисторов с затвором Шоттки.
6. Линии с распределенными параметрами.
7. Связанные микрополосковые линии.
8. Плоские катушки индуктивности.
9. Конденсаторы.
10. Сосредоточенные резисторы.
11. Технология изготовления пассивных элементов.
12. Цепи согласования и смещения.
13. Элементы конструкции полупроводниковых СВЧ микросхем.
14. Элементы конструкции ГИС СВЧ.
15. Контроль параметров СВЧ микросхем.
16. Типы корпусов для СВЧ микросхем.
17. Усилители с непосредственными связями.
18. Согласование с помощью активных приборов.
19. Усилители с распределенным усилением.
20. Микросхемы линейных усилителей.
21. Усилители мощности.
22. Предельные характеристики транзисторных СВЧ усилителей.
23. Автогенераторы с фиксированной частотой генерации.
24. Полупроводниковые микросхемы автогенераторов.
25. Смесители на полевых СВЧ транзисторах с затвором Шоттки.
26. Смесители на полевых СВЧ транзисторах с двумя затворами Шоттки.
27. Функциональные узлы микросхем повышенной степени интеграции.
28. Полупроводниковые материалы для реализации СВЧ микросхем.
29. Изоляция элементов микросхем.
30. Особенности технологии создания СВЧ микросхем на арсениде галлия.
31. Принципы работы монокристаллических ферритовых резонаторов.

32. Физические принципы работы диэлектрических резонаторов.
33. Базовые схемы переключателей и фазовращателей.
34. Представление фазовращателей и переключателей в виде соединения 2N-полюсников.
35. Конструкции фазовращателей малой и средней мощности.
36. Теоретическая модель p-i-n диода.
37. Вольтамперная характеристика p-i-n диода.
38. Характеристики p-i-n диода при большой мощности СВЧ.
39. Технология изготовления и конструкция p-i-n диода.
40. Эквивалентные схемы СВЧ транзисторов.
41. Измерение параметров СВЧ транзисторов.
42. Согласующие цепи на микрополосковых линиях.
43. Направленные ответвители на двух связанных микрополосковых линиях.
44. Тандемные направленные ответвители.
45. Направленные ответвители на многосвязных микрополосковых линиях.
46. Многозвенные направленные ответвители на связанных линиях.
47. Шлейфные направленные ответвители.
48. Амплитудно-частотные характеристики линейных балансных усилителей СВЧ.
49. Основные характеристики ГИС линейных балансных усилителей СВЧ.
50. Практические схемы балансных усилителей.
51. Параметры диодных генераторов СВЧ.
52. Применение диодных генераторов СВЧ.
53. Режимы работы диодных генераторов СВЧ.
54. Полосковые диодные генераторы СВЧ.
55. Коаксиальные диодные генераторы СВЧ.
56. Волноводные диодные генераторы СВЧ.
57. Перестраиваемые диодные генераторы СВЧ.
58. Стабилизированные диодные генераторы СВЧ.
59. Диодные генераторы миллиметрового диапазона.
60. Общие принципы действия полупроводникового диодного промежутка.
61. Конструкция, эквивалентная схема и полное сопротивление диода.
62. Лавинно-пролетный диод.
63. Диоды с междолинным переносом электронов.
64. Лавинно-ключевой диод.
65. Инжекционно-пролетный диод.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству вопросы к лабораторным работам

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответы представлены на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
4	Ответы представлены на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу

	своих суждений, допустив некоторые неточности, правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
3	Ответы представлены на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 50-74% вопросов)
2	Ответы представлены на неудовлетворительном уровне или не представлены (студент не готов отвечать или правильные ответы даны менее чем на 50% вопросов)

Тесты:

1. Интегральная микросхема СВЧ представляет собой:
 - а) класс ИМС, выполняющих функции генерирования, усиления и преобразования электромагнитных колебаний в диапазоне СВЧ;
 - б) ИМС, выполненные на кремниевой подложке по планарной технологии;
 - в) ИМС, выполненные на германиевой подложке по VIP-технологии.

2. Диапазон СВЧ, длина волны:
 - а) от 1 м до 10^{-4} м;
 - б) от 0,1 до 10^{-4} м;
 - в) от 10^{-2} до 10^{-4} м.

3. Диапазон СВЧ, частота:
 - а) от 3 ГГц до 30 ГГц;
 - б) от 300 МГц до 3000 ГГц;
 - в) от 3 ГГц до 300 ГГц.

4. СВЧ-элементы с сосредоточенными параметрами:
 - а) имеют размеры равные λ ;
 - б) имеют размеры менее $0,1\lambda$;
 - в) имеют размеры более λ .

5. К элементам СВЧ с сосредоточенными параметрами относятся:
 - а) микрополосковые линии;
 - б) объемные резонаторы и волновые линии;
 - в) полупроводниковые диоды и транзисторы.

6. К элементам СВЧ с распределенными параметрами относятся:
 - а) индуктивности;
 - б) конденсаторы и резисторы;
 - в) микрополосковые, компланарные, высокочастотные линии.

7. Наиболее характерными признаками СВЧ ИМС являются:
 - а) использование цепей с распределенными параметрами;
 - б) использование цепей с сосредоточенными параметрами;
 - в) использование полупроводниковых диодов и транзисторов.

8. СВЧ ИМС бывают:

- а) гибридными и полупроводниковыми;
- б) гибридными;
- в) полупроводниковыми.

9. Активные приборы гибридной ИМС располагают:

- а) на поверхности;
- б) на поверхности и в углублениях подложки;
- в) непосредственно в подложке.

10. Линейные размеры эмиттерного модуля СВЧ должны быть:

- а) порядка длины волны;
- б) порядка половины длины волны;
- в) порядка двух длин волн.

11. Пассивные элементы СВЧ могут быть:

- а) с сосредоточенными параметрами;
- б) с распределенными параметрами;
- в) с распределенными и сосредоточенными параметрами.

12. Требования, предъявляемые к подложкам гибридных СВЧ ИМС:

- а) $\varepsilon < 1$; $tg\delta > 1$; пористость $> 5\%$; 6 – 7 класс чистоты;
- б) $\varepsilon = 1$; $tg\delta = 1$; пористость 1% ; 1 класс чистоты;
- в) $\varepsilon > 10$; $tg\delta < 10^{-4}$; пористость $0,5 - 1\%$; 12 – 13 класс чистоты.

13. В СВЧ ИМС, рассеивающих большую мощность, используют подложку из:

- а) окиси бериллия;
- б) окиси цинка;
- в) сапфира.

14. Ферриты в качестве подложек используют в СВЧ ИМС:

- а) циркуляторах, гираторах, фазовращателях;
- б) усилителях, антенных решетках;
- в) смесителях, генераторах, усилителях.

15. В СВЧ ИМС, где важна стабильность диэлектрической проницаемости, используют подложку из:

- а) сапфира;
- б) титаната магния;
- в) феррита.

16. Подложки из кремния и арсенида галлия применяют на частотах:

- а) < 20 ГГц;
- б) > 20 ГГц;

в) 10 – 12 ГГц.

17. Для изготовления узкополосных фильтров в диапазоне частот до 2 ГГц используются подложки из монокристаллического:

- а) кремния;
- б) сапфира;
- в) кварца.

18. При проектировании СВЧ ИМС рабочая частота микрополосковой линии должна быть:

- а) выше критической частоты;
- б) равна критической частоте;
- в) ниже критической частоты.

19. Затухание в микрополосковой линии передачи определяется:

- а) потерями в проводнике, диэлектрике и на излучение;
- б) потерями в проводнике;
- в) потерями в диэлектрике.

20. При использовании подложки с $\varepsilon > 10$ потери в микрополосковой линии определяются в основном:

- а) потерями в проводнике;
- б) потерями в диэлектрике;
- в) потерями в проводнике и в диэлектрике.

21. В несимметричной микрополосковой линии часть энергии находится:

- а) в диэлектрике;
- б) в пространстве над проводником;
- в) в проводнике.

22. Эффективная диэлектрическая проницаемость микрополосковой линии типа «сэндвич»:

- а) меньше диэлектрической проницаемости диэлектрика;
- б) равна диэлектрической проницаемости диэлектрика;
- в) выше диэлектрической проницаемости диэлектрика.

23. Микрополосковые линии, у которых большие потери на излучение:

- а) типа «сэндвич»;
- б) типа «сэндвич», щелевая;
- в) щелевая, компланарная, односторонняя.

24. Толсто пленочную технологию создания проводящих слоев используют для частот:

- а) > 20 ГГц;
- б) > 2 ГГц;
- в) < 2 ГГц.

25. Материалы проводников, обладающие хорошей адгезией к подложкам:
- а) алюминий, хром, тантал, титан;
 - б) золото, серебро, платина, родий;
 - в) олово, свинец, сурьма, висмут.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

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

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Принцип работы полевого СВЧ транзистора с затвором Шоттки. Статические характеристики. Эквивалентные схемы.
2. Двухзатворные полевые транзисторы.
3. Особенности изготовления и применения мощных полевых СВЧ транзисторов с затвором Шоттки (ПТШ).
4. Линии с распределенными параметрами.
5. Связанные микрополосковые линии.
6. Плоские катушки индуктивности.
7. Конденсаторы. Сосредоточенные резисторы.
8. Технология изготовления пассивных элементов.
9. Цепи согласования и смещения.
10. Элементы конструкции полупроводниковых СВЧ микросхем.
11. Контроль параметров СВЧ микросхем.
12. Типы корпусов для СВЧ микросхем.
13. Усилители с непосредственными связями.
14. Согласование с помощью активных приборов.
15. Усилители с распределенным усилением.
16. Микросхемы линейных усилителей.
17. Усилители мощности.
18. Предельные характеристики транзисторных СВЧ усилителей.
19. Автогенераторы с фиксированной частотой генерации.
20. Полупроводниковые микросхемы автогенераторов.
21. Смесители на полевых СВЧ транзисторах с затвором Шоттки.
22. Смесители на полевых СВЧ транзисторах с двумя затворами Шоттки.
23. Функциональные узлы микросхем повышенной степени интеграции.
24. Полупроводниковые материалы для реализации СВЧ микросхем.
25. Изоляция элементов микросхем.

26. Особенности технологии создания СВЧ микросхем на арсениде галлия.
27. Физические принципы работы монокристаллических ферритовых и диэлектрических резонаторов.
28. Базовые схемы переключателей и фазовращателей.
29. Представление фазовращателей и переключателей в виде соединения $2N$ -полюсников.
30. Конструкции фазовращателей малой и средней мощности.
31. Теоретическая модель p-i-n диода.
32. Вольтамперная характеристика p-i-n диода.
33. Характеристики p-i-n диода при большой мощности СВЧ.
34. Технология изготовления и конструкция p-i-n диода.
35. Эквивалентные схемы СВЧ транзисторов.
36. Измерение параметров СВЧ транзисторов.
37. Согласующие цепи на микрополосковых линиях.
38. Направленные ответвители на двух связанных микрополосковых линиях.
39. Тандемные направленные ответвители.
40. Направленные ответвители на многосвязных микрополосковых линиях.
41. Многозвенные направленные ответвители на связанных линиях.
42. Шлейфные направленные ответвители.
43. Амплитудно-частотные характеристики линейных балансных усилителей СВЧ.
44. Основные характеристики ГИС линейных балансных усилителей СВЧ.
45. Практические схемы балансных усилителей.
46. Параметры диодных генераторов СВЧ.
47. Применение диодных генераторов СВЧ.
48. Режимы работы диодных генераторов.
49. Полосковые диодные генераторы.
50. Коаксиальные диодные генераторы.
51. Волноводные диодные генераторы.
52. Перестраиваемые диодные генераторы.
53. Стабилизированные диодные генераторы.
54. Диодные генераторы миллиметрового диапазона.
55. Общие принципы действия полупроводникового диодного промежутка.
56. Конструкция, эквивалентная схема и полное сопротивление диода.
57. Лавинно-пролетный диод.
58. Диоды с междолинным переносом электронов.
59. Лавинно-ключевой диод.
60. Инжекционно-пролетный диод.

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

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход

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

Лист изменений и дополнений

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