

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ**  
**УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**  
**(ТУСУР)**



УТВЕРЖДАЮ  
Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Твердотельная электроника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**

Курс: **2**

Семестр: **3**

Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	52	52	часов
5	Из них в интерактивной форме	32	32	часов
6	Самостоятельная работа	56	56	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е.

Экзамен: 3 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчик:

доцент кафедры ФЭ \_\_\_\_\_ А. С. Сальников

Заведующий обеспечивающей каф.  
ФЭ

\_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ \_\_\_\_\_ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф.  
ФЭ

\_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Эксперты:

Доцент кафедры физической электроники (ФЭ)

\_\_\_\_\_ И. А. Чистоедова

Профессор кафедры физической электроники (ФЭ)

\_\_\_\_\_ Т. И. Данилина

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Получение знаний о методах моделирования и проектировании гетероструктурных СВЧ МИС, включая современные подходы к автоматизированному проектированию.

### 1.2. Задачи дисциплины

- 1. Получение знаний о текущем уровне состояния исследований и производства СВЧ МИС
- 2. Изучение основных видов проектирования гетероструктурных СВЧ МИС и их элементов
- 3. Получение навыков проектирования основных типовых СВЧ МИС
- 

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС» (Б1.В.ОД.2.3) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Гетероструктурные полупроводниковые приборы, Интегральные схемы СВЧ-диапазона, Методы математического моделирования.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты, Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (в том числе педагогическая практика) (рас-сред.), Физические основы надежности изделий твердотельной электроники.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-2 способностью разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию;
- ПК-5 способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения;
- ПК-10 способностью разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники;
- ПК-11 способностью проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства;
- ПСК-2 способностью самостоятельно разрабатывать модели наногетероструктур, активных и пассивных элементов, технологических операций изготовления гетероструктурных МИС СВЧ с использованием технологических систем моделирования и проектирования элементов и технологий полупроводниковых интегральных схем, в том числе МИС СВЧ, изготавливаемых на основе гетероструктур;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** основные виды элементов и функциональных блоков СВЧ МИС и их характеристики; параметры и принцип действия СВЧ транзисторов; алгоритмы моделирования элементов и цепей СВЧ; виды и основные подходы к построению моделей;
- **уметь** проводить построение математических моделей элементов СВЧ МИС; решать задачу согласования; рассчитывать транзисторные усилители;
- **владеть** навыками работы в программах моделирования и системах автоматизированного проектирования СВЧ МИС

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	52	52
Лекции	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные работы	16	16
Из них в интерактивной форме	32	32
Самостоятельная работа (всего)	56	56
Выполнение расчетных работ	4	4
Оформление отчетов по лабораторным работам	30	30
Подготовка к лабораторным работам	8	8
Проработка лекционного материала	3	3
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	11	11
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	4.0

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Основные элементы и функциональные блоков СВЧ	4	8	0	14	26	ПК-10, ПК-11, ПК-2, ПК-5, ПСК-2
2 Модели элементов СВЧ МИС	4	0	0	13	17	ПК-10, ПК-11, ПСК-2
3 Моделирование СВЧ цепей	4	10	8	15	37	ПК-11, ПК-2, ПК-5, ПСК-2
4 Проектирование транзисторных СВЧ усилителей	6	0	8	14	28	ПК-10, ПК-11, ПК-2, ПК-5, ПСК-2
Итого за семестр	18	18	16	56	108	
Итого	18	18	16	56	108	

## 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Основные элементы и функциональные блоков СВЧ	Характеристики гетероструктурных транзисторов. Делители и сумматоры мощности. СВЧ фильтры. Малошумящие усилители, усилители мощности.	4	ПК-10, ПК-5
	Итого	4	
2 Модели элементов СВЧ МИС	Виды моделей. Модели пассивных элементов. Модели линий передал. Модели активных элементов. Подходы к построению моделей элементов.	4	ПК-10, ПК-11, ПСК-2
	Итого	4	
3 Моделирование СВЧ цепей	Представление устройств в виде четырехполюсника. Методы анализа цепей. Электромагнитное моделирование СВЧ устройств.	4	ПК-2, ПК-5, ПСК-2
	Итого	4	
4 Проектирование транзисторных СВЧ усилителей	Задача широкополосного и узкополосного согласования. Проектирование малошумящих усилителей. Проектирование усилителей мощности.	6	ПК-11, ПК-5, ПСК-2
	Итого	6	
Итого за семестр		18	

## 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин			
	1	2	3	4
Предшествующие дисциплины				
1 Гетероструктурные полупроводниковые приборы		+		+
2 Интегральные схемы СВЧ-диапазона	+		+	
3 Методы математического моделирования		+	+	
Последующие дисциплины				
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты	+	+	+	+
2 Практика по получению профессиональных	+	+	+	+

умений и опыта профессиональной деятельности (в том числе педагогическая практика) (рас-сред.)				
3 Физические основы надежности изделий твердотельной электроники	+	+	+	+

#### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-2	+	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Отчет по практическому занятию
ПК-5	+	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Отчет по практическому занятию
ПК-10	+		+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию
ПК-11	+	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Отчет по практическому занятию
ПСК-2	+	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Отчет по практическому занятию

#### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

Методы	Интерактивные практические занятия, ч	Интерактивные лабораторные занятия, ч	Интерактивные лекции, ч	Всего, ч
3 семестр				
Case-study (метод конкретных ситуаций)	10			10

Презентации с использованием слайдов с обсуждением			12	12
IT-методы		10		10
Итого за семестр:	10	10	12	32
Итого	10	10	12	32

### 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
3 Моделирование СВЧ цепей	Основные элементы и функциональные блоки СВЧ МИС	4	ПК-11, ПК-2, ПК-5
	Построение моделей СВЧ МИС	4	
	Итого	8	
4 Проектирование транзисторных СВЧ усилителей	Проектирование пассивных СВЧ устройств	4	ПК-10, ПК-2, ПСК-2, ПК-11, ПК-5
	Методы моделирования схем	4	
	Итого	8	
Итого за семестр		16	

### 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Основные элементы и функциональные блоков СВЧ	Моделирование пассивных элементов СВЧ МИС	4	ПК-2, ПК-5, ПСК-2, ПК-11
	Электромагнитное моделирование	4	
	Итого	8	
3 Моделирование СВЧ цепей	Проектирование транзисторного СВЧ усилителя	6	ПК-11, ПК-2, ПК-5, ПСК-2
	Виды моделей элементов СВЧ МИС	4	
	Итого	10	
Итого за семестр		18	

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>3 семестр</b>				
1 Основные элементы и функциональные блоков СВЧ	Оформление отчетов по лабораторным работам	14	ПК-10, ПК-11, ПСК-2	Отчет по лабораторной работе, Тест
	Итого	14		
2 Модели элементов СВЧ МИС	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	5	ПК-10, ПК-11, ПСК-2	Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Подготовка к лабораторным работам	8		
	Итого	13		
3 Моделирование СВЧ цепей	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-11, ПК-2, ПК-5, ПСК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	15		
4 Проектирование транзисторных СВЧ усилителей	Проработка лекционного материала	2	ПК-11, ПК-5, ПСК-2, ПК-10, ПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа, Тест, Экзамен
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Выполнение расчетных работ	4		
	Итого	14		
Итого за семестр		56		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		92		

### 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

#### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр



3 семестр				
Опрос на занятиях	2	2	2	6
Отчет по лабораторной работе	6	10	6	22
Отчет по практическому занятию	10	6	4	20
Расчетная работа		5	5	10
Тест	4	4	4	12
Итого максимум за период	22	27	21	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	22	49	70	100

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
65 - 69		
3 (удовлетворительно) (зачтено)	60 - 64	E (посредственно)
	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Зыков Д.Д., Осипов К.Ю. Проектирование и технология электронной компонентной базы. Основы САПР Synopsys TCAD: Учебное пособие. — Томск: ТУСУР, 2012. — 76 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://yadi.sk/i/IOHF8mxy3YZxZG> (дата обращения: 29.06.2018).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Микроэлектронные устройства СВЧ : учебное пособие для вузов / Ю. Н. Алехин и др.,

ред. Г. И. Веселов. - М. : Высшая школа, 1988. - 279 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 29 экз.)

2. Гупта К. Машинное проектирование СВЧ устройств / К. Гупта, Р. Гардж, Р. Чадха // пер. с англ., ред. пер. В.Г. Шейнкман. - М. : Радио и связь, 1987. - 428 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 23 экз.)

3. Климачев И. И. СВЧ ГИС. Основы технологии и конструирования / И. И. Климачев, В. А. Иовдальский // ред. А.Н. Королев. - М. : Техносфера, 2006. - 351 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

### **12.3. Учебно-методические пособия**

#### **12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Сальников А.С. Моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС (метод. указ. по практ. зан. и сам. работе), ТУСУР, 2013.- 32 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://yadi.sk/i/344NBmor3YZxfC> (дата обращения: 29.06.2018).

2. Зыков Д.Д. Проектирование и технология электронной компонентной базы: Лабораторный практикум. Томск: ТУСУР, 2012. — 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://yadi.sk/i/wJZryDor3YZxj4> (дата обращения: 29.06.2018).

#### **12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

##### **Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

##### **Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

##### **Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>

2. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/>

3. библиографическая и реферативная база данных Scopus [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: <http://scopus.com/>

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

### **13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

#### **13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### **13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 124 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер персональный (13 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- LibreOffice
- Microsoft Windows 7
- PDF-XChange Viewer
- PascalABC

### **13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 124 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер персональный (13 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- LibreOffice
- Microsoft Windows 7
- PDF-XChange Viewer
- PascalABC

### **13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

## **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с нарушениями слуха предусмотрено использование звуко-

усиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с нарушениями зрения предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с нарушениями опорно-двигательного аппарата используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

#### **14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

##### **14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

###### **14.1.1. Тестовые задания**

1. Какое утверждение не относится к распределенным элементам:
  - a. размеры элемента более  $\lambda/10$
  - b. параметры элемента равномерно распределены по его длине
  - c. электрическое поле сосредоточено внутри элемента
  - d. электрическое поле вдоль элемента неоднородно
2. Какой элемент из приведенного списка лишний, с точки зрения классификации элементов:
  - a. тонкопленочный резистор
  - b. спиральная катушка индуктивности
  - c. диод с барьером Шоттки
3. Какой эффект не проявляется в катушках индуктивности:
  - a. вихревые токи в подложке;
  - b. скин-эффект;
  - c. эффект близости;
  - d. эффект Эрли
4. Какой из упомянутых видов моделей является наиболее медленным:
  - a. физико-технологические;
  - b. электромагнитные модели;
  - c. модели в виде ЭС;
  - d. поведенческие модели
5. В каком виде структура элемента не играет никакой роли, поэтому их называют ещё бесструктурными?
  - a. физико-технологические;
  - b. электромагнитные модели;
  - c. модели в виде ЭС;
  - d. поведенческие модели
6. Какие эффекты не могут быть описаны с помощью малосигнальных моделей транзисторов:
  - a. СВЧ параметры (матрица рассеяния);
  - b. влияние уровня сигнала на характеристики прибора;
  - c. шумовые параметры;
  - d. влияние температуры на транзистор.
7. Основное различие между теорией схем и теорией линий передачи:
  - a) элементы схемы
  - b) напряжение

- с) текущий  
 d) электрический размер
8. Линия передачи - это сеть параметров \_\_\_\_\_.
- а) сосредоточенный  
 б) распределены  
 с) активный  
 d) ни один из упомянутых
9. Для распространения поперечной электромагнитной волны нам нужно минимум:
- а) 1 проводник  
 б) 2 проводника  
 с) 3 проводника  
 г) куча проводников
10. Чтобы моделировать линию передачи бесконечно малой длины  $\Delta z$ , сосредоточенный элемент, который не используется, является:
- а) резистор  
 б) индуктор  
 с) конденсатор  
 d) транзистор
11. \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ вносят вклад в полное сопротивление линии передачи в представлении сосредоточенных элементов.
- а) резистор, индуктор  
 б) резистор, конденсатор  
 с) конденсатор, индуктор  
 d) транзистор, конденсатор
12. \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ вносят вклад в полное сопротивление линии передачи в представлении сосредоточенных элементов.
- а) резистор, индуктор  
 б) резистор, конденсатор  
 с) конденсатор, индуктор  
 d) транзистор, конденсатор
13. Характеристический импеданс линии передачи:
- а) импеданс  $Z$  линии передачи  
 б) импеданс, который является постоянным в любой точке линии передачи  
 в) взаимно пропускание линии передачи  
 d) ни один из упомянутых
14. Константа распространения  $\gamma$  равна:
- а) реальная стоимость  
 б) ни один из упомянутых  
 в) мнимое значение  
 d) комплексное значение
15. Константа затухания  $\alpha$  означает:
- а) действительная часть постоянной распространения  
 б) потери, вызванные линией передачи  
 с) ни один из упомянутых  
 г) все упомянутые
16. Постоянная распространения  $\gamma$  определяется по формуле:
- а)  $\alpha + j\beta$   
 б)  $\alpha - j\beta$   
 с)  $\alpha / j\beta$   
 d)  $\alpha \cdot j\beta$
17. Один из них, среди прочих, не является типом линии ТЕА, используемой в микроволновых сетях:
- а) Коаксиальный провод  
 б) Линия микрополосковой линии

- с) Линии полос
- д) Руководство по поверхностям

18. Ниже приведен единственный сетевой элемент микроволны, который является линией

ТЕА:

- а) Коаксиальный кабель
- б) Прямоугольный волновод
- с) Круговой волновод
- д) Поверхностный волновод

19. Связь между матрицами напряжения, тока и импеданса микроволновой сети:

- а)  $[V] = [Z] [I]$ .
- б)  $[Z] = [V] [I]$ .
- с)  $[I] = [Z] [V]$ .
- д)  $[V] = [Z] - [I]$ .

20. Матрицы пропускания и импеданса сети микроволн связаны как:

- а)  $[Y] = [Z]^{-1}$ .
- б)  $[Y] = [Z]$ .
- с)  $[V] = [Z] [Z]^{-1}$ .
- д)  $[Z] = [V] [V]^{-1}$ .

#### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Пассивные линейные элементы СВЧ МИС (технология, топология элемента, модель) .
2. СВЧ - транзисторы и диоды (технология, топология элемента, модель) .
3. Линейные и нелинейные модели СВЧ - транзисторов. Понятие экстракции моделей.
4. Функции САПР.
5. Библиотеки элементов САПР: назначение, состав, разработка.
6. Проектирование схем с учетом выхода годных.
7. Шумовые параметры СВЧ - транзистора
8. Мощностные параметры СВЧ - транзистора
9. Понятие многополюсника. Z, Y, S-параметры.
10. Задача согласования: назначение, способы решения
11. Электромагнитное моделирование СВЧ схем.
12. Проектирование усилителя: этапы и подходы.
13. Линии передачи СВЧ - энергии: параметры, виды, модель.
14. Диаграмма Вольперта-Смита.
15. СВЧ - фильтры. Виды, назначение, подходы к проектированию.
16. Малошумящие усилители. Виды, назначение, подходы к проектированию.
17. Атенюаторы. Виды, назначение, подходы к проектированию.
18. Фазовращатели. Виды, назначение, подходы к проектированию.
19. Детекторы мощности. Виды, назначение, подходы к проектированию.
20. Смесители. Виды, назначение, подходы к проектированию.

#### 14.1.3. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

Моделирование пассивных элементов СВЧ МИС

Электромагнитное моделирование

Проектирование транзисторного СВЧ усилителя

#### 14.1.4. Темы опросов на занятиях

Характеристики гетероструктурных транзисторов. Делители и сумматоры мощности. СВЧ фильтры. Малошумящие усилители, усилители мощности.

Виды моделей. Модели пассивных элементов. Модели линий передач. Модели активных элементов. Подходы к построению моделей элементов.

Представление устройств в виде четырехполюсника. Методы анализа цепей. Электромагнитное моделирование СВЧ устройств.

Задача широкополосного и узкополосного согласования. Проектирование малошумящих усилителей. Проектирование усилителей мощности.

### 14.1.5. Темы расчетных работ

Задание №1. Расположите монолитные резисторы в порядке возрастания их типичного удельного сопротивления:

1. Нихромовый тонкопленочный резистор
2. Диффузионный резистор
3. Поликремниевый резистор с высокой степенью легирования.

Задание №2. Трансформаторы, состоящие из двух индуктивно связанных катушек индуктивности (первичной и вторичной), используются в разных областях электро-техники для преобразования напряжений и сопротивлений. В том числе такие катушки могут быть выполнены по интегральной кремниевой технологии, имеющей более 4-х уровней металлизации. ЭС трансформатора представлена на рисунке ниже. На ЭС:  $L_1$  – индуктивность первичной катушки,  $L_2$  – индуктивность вторичной катушки, – взаимная индуктивность катушек,  $k$  – коэффициент связи. Приняв в качестве известных величин Z-параметры ( $Z_{11}$ ,  $Z_{12}$ ,  $Z_{21}$ ,  $Z_{22}$ ), выведите выражения для расчёта  $L_1$ ,  $L_2$  и  $k$ . В качестве ответа сопоставьте значения параметров и правильные выражения для их расчёта.

Задание №3. Требуемым образом доработав формулы, полученные в лекции, рассчитать значения элементов ЭС для резистора, структура которой приведена на рисунке ниже. Известны Y-параметры резистора, полученные на частоте 200 МГц:

$$\begin{bmatrix} 3.226e-3+j2.44e-4, & -3.226e-3+j2.615e-5 \\ -3.226e-3+j2.615e-5, & 3.226e-3+j2.503e-4 \end{bmatrix}$$

### 14.1.6. Темы лабораторных работ

- Основные элементы и функциональные блоки СВЧ МИС
- Построение моделей СВЧ МИС
- Проектирование пассивных СВЧ устройств
- Методы моделирования схем

## 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

## 14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;

- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.