МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«13» _____12_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Антенные системы и сверхвысокочастотные устройства**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	36	36	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	12	12	часов
Самостоятельная работа	78	78	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет с оценкой	7

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 13.12.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 79203

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Формирование научной основы и навыков, необходимых для разработки СВЧ монолитных интегральных схем.

1.2. Задачи дисциплины

1. Получение необходимых знаний по технологическим основам микроэлектроники СВЧ.
2. Изучение методов расчёта пассивных и активных элементов интегральных схем.
3. Приобретение навыков проектирования интегральных схем.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль специализации (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.03.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		
ПК-2. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением САПР и пакетов прикладных программ	ПК-2.1. Знает принципы проектирования радиоэлектронных систем и комплексов	Знает принципы проектирования радиоэлектронных систем и комплексов
	ПК-2.2. Умеет проводить расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, радиоэлектронных систем и комплексов	Умеет проводить расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, радиоэлектронных систем и комплексов
	ПК-2.3. Владеет навыками разработки принципиальных схем радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	Владеет навыками разработки принципиальных схем радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ

Согласована на портале № 79203

ПК-3. Способен осуществлять проектирование конструкций электронных средств с применением САПР и пакетов прикладных программ	ПК-3.1. Знает принципы проектирования конструкций радиоэлектронных средств	Знает методы исследования радиоэлектронных средств и технологий передачи, обработки и приема информации, в том числе с использованием микроэлектроники
	ПК-3.2. Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации	Умеет эксплуатировать радиоэлектронные средства в соответствии с инструкциями и типовыми методиками работы с оборудованием
	ПК-3.3. Владеет навыками оформления проектноконструкторской документации в соответствии со стандартами	Владеет навыками проведения исследований характеристик радиоэлектронных средств и технологий, в том числе микроэлектроники

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	66	66
Лекционные занятия	36	36
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	78	78
Подготовка к тестированию	30	30
Подготовка к зачету с оценкой	18	18
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	15	15
Написание отчета по лабораторной работе	15	15
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						
1 Полупроводники в радиотехнике. Структура и физические процессы.	4	2	-	5	11	ПК-2, ПК-3

Согласована на портале № 79203

2 Полупроводниковые переходы и контакты.	4	-	-	5	9	ПК-2, ПК-3
3 Технологические основы микроэлектроники	4	-	-	4	8	ПК-2, ПК-3
4 Элементы интегральных схем.	4	4	-	5	13	ПК-2, ПК-3
5 Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.	4	1	4	16	25	ПК-2, ПК-3
6 Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	4	4	-	7	15	ПК-2, ПК-3
7 Пассивные устройства СВЧ. Нагрузки, аттенюаторы, делители мощности, сплиттеры.	4	2	4	17	27	ПК-2, ПК-3
8 Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	3	3	4	15	25	ПК-2, ПК-3
9 Компьютерное моделирование интегральных схем	5	2	-	4	11	ПК-2, ПК-3
Итого за семестр	36	18	12	78	144	
Итого	36	18	12	78	144	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.
Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Полупроводники в радиотехнике. Структура и физические процессы.	Полупроводники, применяемые в высокочастотной электронике. Носители заряда, энергетические уровни и зоны. Распределение носителей в зонах проводимости.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
2 Полупроводниковые переходы и контакты.	Электронно-дырочные переходы. Контакт полупроводник-металл, граница полупроводникдиэлектрик.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
3 Технологические основы микроэлектроники	Подготовительные операции. Литография, эпитаксия, легирование. Техника масок, нанесение тонких плёнок.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
4 Элементы интегральных схем.	Способы изготовления активных и реактивных нагрузок в интегральных схемах СВЧ. Краткие сведения по созданию нелинейных элементов.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	

Согласована на портале № 79203

5 Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.	Применение диаграммы Вольперта-Смита к расчёту, проектированию и анализу СВЧ устройств. Способы расчёта и построения согласующих цепей.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
6 Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	Основы расчётов согласующих цепей. Фильтры нижних и верхних частот, режекторные и полосовые фильтры.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
7 Пассивные устройства СВЧ. Нагрузки, аттенюаторы, делители мощности, сплиттеры.	Пассивные нагрузки. Основы проектирования аттенюаторов Т- и П-типов, резистивных делителей мощности и сплиттеров.	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
8 Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	Применение нелинейных элементов в микроэлектронике. Полупроводниковые диоды, биполярные и полевые транзисторы разных типов.	3	ПК-2, ПК-3
	Итого	3	
9 Компьютерное моделирование интегральных схем	Обзор систем автоматизированного проектирования радиотехнических устройств СВЧ. Применение методов электромагнитного анализа.	5	ПК-2, ПК-3
	Итого	5	
Итого за семестр		36	
Итого		36	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Полупроводники в радиотехнике. Структура и физические процессы.	Переход металл-полупроводник, p-n-переход. Энергетические уровни и зоны.	2	ПК-3
	Итого	2	
4 Элементы интегральных схем.	Матрица рассеяния и её применение в СВЧ электротехнике. Выполнение расчётных заданий по реактивным цепям.	2	ПК-3
	Микрополосковые, щелевые и копланарные линии передачи. Выполнение расчётных заданий.	2	ПК-3
	Итого	4	

Согласована на портале № 79203

5 Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.	Решение задач с применением диаграммы Вольперта-Смита. Примеры широкополосного согласования устройств.	1	ПК-3
	Итого	1	
6 Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	Выполнение индивидуальных заданий по расчёту и моделированию фильтров СВЧ.	4	ПК-3
	Итого	4	
7 Пассивные устройства СВЧ. Нагрузки, аттенюаторы, делители мощности, сплиттеры.	Решение задач построения пассивных цепей. Работа в малых группах по расчёту и моделированию пассивных устройств.	2	ПК-3
	Итого	2	
8 Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	Схемы с применением диодов и транзисторов. Расчётные задания.	3	ПК-3
	Итого	3	
9 Компьютерное моделирование интегральных схем	Работа по индивидуальным заданиям в САПР	2	ПК-3
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
5 Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.	Методы узкополосного согласования линии передачи с нагрузкой	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
7 Пассивные устройства СВЧ. Нагрузки, аттенюаторы, делители мощности, сплиттеры.	Фильтры СВЧ	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
8 Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	Волноводные ферритовые устройства	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		12	
Итого		12	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Согласована на портале № 79203

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Полупроводники в радиотехнике. Структура и физические процессы.	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Итого	5		
2 Полупроводниковые переходы и контакты.	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Итого	5		
3 Технологические основы микроэлектроники	Подготовка к тестированию	2	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Итого	4		
4 Элементы интегральных схем.	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Итого	5		
5 Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	5	ПК-2, ПК-3	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	5	ПК-2, ПК-3	Отчет по лабораторной работе
	Итого	16		
6 Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	Подготовка к тестированию	5	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Итого	7		

Согласована на портале № 79203

7 Пассивные устройства СВЧ. Нагрузки, аттенюаторы, делители мощности, сплиттеры.	Подготовка к тестированию	5	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	5	ПК-2, ПК-3	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	5	ПК-2, ПК-3	Отчет по лабораторной работе
	Итого	17		
8 Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	5	ПК-2, ПК-3	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	5	ПК-2, ПК-3	Отчет по лабораторной работе
	Итого	15		
9 Компьютерное моделирование интегральных схем	Подготовка к тестированию	2	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к зачету с оценкой	2	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Итого	4		
Итого за семестр		78		
Итого		78		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-2	+		+	+	Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование
ПК-3	+	+	+	+	Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Согласована на портале № 79203

Формы контроля	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
7 семестр				
Зачёт с оценкой	0	15	15	30
Лабораторная работа	0	5	10	15
Тестирование	10	10	10	30
Отчет по лабораторной работе	0	10	15	25
Итого максимум за период	10	40	50	100
Нарастающим итогом	10	50	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Электроника. Часть 1: Учебное пособие / В. М. Ицкович, В. А. Шалимов - 2016. 209 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7278.

2. Электроника. Часть 2: Учебное пособие / В. М. Ицкович, В. А. Шалимов - 2016. 120 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7279.

3. Ефимов, И. Е. Основы микроэлектроники : учебник / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 384 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/210218.

4. Богачков, И. В. Устройства СВЧ : учебное пособие : в 4 частях / И. В. Богачков. — Омск : ОмГТУ, 2022 — Часть 1 : Матричные методы анализа СВЧ-устройств — 2022. — 116 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/343841.

Согласована на портале № 79203

7.2. Дополнительная литература

1. Данилин В.Н. Аналоговые полупроводниковые интегральные схемы СВЧ / Валентин Николаевич Данилин, А.И. Кушниренко, Гарри Васильевич Петров. - М. : Радио и связь, 1985. - 192 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 21 экз.).

2. Устройства сверхвысоких частот и антенны : учебное пособие / Ю. П. Саломатов, В. С. Панько, К. В. Лемберг [и др.]. — Красноярск : СФУ, 2020. — 180 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/181573.

3. Маттей Д. Л. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи / Д. Л. Маттей, Л. Янг, Е. М. Т. Джонс // пер с англ.,ред.: Л. В. Алексеев, Ф. В. Кушнир. - М. : Связь, 1972. - Т. 1. - 438 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.).

4. Старосельский, В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : учебное пособие для вузов / В. И. Старосельский. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 463 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/509181.

5. Проектирование СВЧ устройств и систем: Практикум / Е. Ф. Певцов, В. В. Крутов, А. О. Казачков, В. А. Рогачев. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 75 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/239960.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Антенны и устройства (СВЧ): расчет и измерение характеристик : учебное пособие для вузов / Ю. Е. Мительман, Р. Р. Абдуллин, С. Г. Сычугов, С. Н. Шабунин ; под общей редакцией Ю. Е. Мительмана. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 138 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/492640.

2. Применение ПО CST Microwave Studio для расчёта микроволновых антенн и устройств СВЧ: Учебное пособие / А. В. Фатеев - 2017. 115 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7145.

3. Агеев, И. М. Физические основы электроники и наноэлектроники : учебное пособие / И. М. Агеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 324 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/131007.

4. Петров, М. Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем : учебное пособие для вузов / М. Н. Петров, Г. В. Гудков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 464 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/175507.

5. Певцов, Е. Ф. Проектирование СВЧ устройств в САПР ADS : учебно-методические пособия / Е. Ф. Певцов, В. В. Крутов, А. О. Казачков. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 69 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/226700.

7.3.2. 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.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Согласована на портале № 79203

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебно-исследовательская лаборатория "Микроволновая техника": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 328 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Проектор;
- Проекционный экран;
- Осциллограф GDS–71022;
- Измеритель Р2М-18;
- Генератор сигнала 33522А;
- Вольтметр циф. GDM 8145;
- Измеритель Р2М-04;
- Анализатор спектра СК4М-04;
- Осциллограф цифровой MS07104;
- Мультиметр цифровой 34405А;
- Источник питания GPD-73303S;
- Генератор Г4-126;
- Измеритель Р2-60 - 2 блока;
- Измеритель Р5-12;
- Измерительная линия Р1-27;
- Векторный анализатор сигналов Р4М-18;
- Опорно-поворотное устройство;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Adobe Acrobat Reader;
- Keysight Advanced Design System (ADS);
- Keysight Electromagnetic Professional (EMPro);
- Keysight SystemVue;
- Microsoft Office 2010;
- Microsoft Windows 8;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебно-исследовательская лаборатория "Микроволновая техника": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская

Согласована на портале № 79203

область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 328 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор;
- Проекционный экран;
- Осциллограф GDS–71022;
- Измеритель Р2М-18;
- Генератор сигнала 33522А;
- Вольтметр циф. GDM 8145;
- Измеритель Р2М-04;
- Анализатор спектра СК4М-04;
- Осциллограф цифровой MS07104;
- Мультиметр цифровой 34405А;
- Источник питания GPD-73303S;
- Генератор Г4-126;
- Измеритель Р2-60 - 2 блока;
- Измеритель Р5-12;
- Измерительная линия Р1-27;
- Векторный анализатор сигналов Р4М-18;
- Опорно-поворотное устройство;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat Reader;
- Keysight Advanced Design System (ADS);
- Keysight Electromagnetic Professional (EMPro);
- Keysight SystemVue;
- Microsoft Office 2010;
- Microsoft Windows 8;

8.4. 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, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

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

8.5. 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 звукоусиливающей 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

Согласована на портале № 79203

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.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Полупроводники в радиотехнике. Структура и физические процессы.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Полупроводниковые переходы и контакты.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Технологические основы микроэлектроники	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Элементы интегральных схем.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
6 Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 79203

7 Пассивные устройства СВЧ. Нагрузки, аттенюаторы, делители мощности, сплиттеры.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
8 Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
9 Компьютерное моделирование интегральных схем	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков

Согласована на портале № 79203

5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. К диапазону сверхвысокочастотного излучения относятся радиоволны с диапазоном:
   а) от 3 ГГц до 3 ТГц
   б) от 300 МГц до 300 ГГц
   в) от 30 МГц до 30 ГГц
   г) от 100 МГц до 100 ГГц

2. Литография – это:
   а) процедура переноса изображения на подложку
   б) уменьшение толщины подложки
   в) способ соединения подложек
   г) способ травления

3. Коэффициент стоячей волны определяется:
   а) отношением модулей коэффициентов отражения и передачи
   б) длиной линии передачи
   в) максимальной допустимой мощностью линии передачи
   г) качеством согласования нагрузки с линией передачи

4. Вольт-амперная характеристика диода – это зависимость:
   а) тока пробоя от напряжения на катоде
   б) напряжения на выводах диода от тока смещения
   в) тока, протекающего через диод, от приложенного напряжения

Согласована на портале № 79203

г) напряжения на выводах диода от тока утечки

5. На круговой диаграмме комплексных сопротивлений Вольперта-Смита на горизонтальной линии отмечены:
   а) уровни нормированного реактивного сопротивления
   б) уровни нормированного активного сопротивления
   в) значение модуля комплексного коэффициента отражения
   г) значение модуля комплексного коэффициента передачи

6. Коэффициент стоячей волны может принимать значения:
   а) от -1 до 1
   б) от 0 до ∞
   в) от 1 до ∞
   г) от 0 до 1

7. Аттенюаторы СВЧ сигналов применяют для:
   а) коррекции частотной характеристики в узкой полосе частот
   б) усиления мощности сигналов СВЧ
   в) ослабления мощности сигналов СВЧ
   г) изменения фазы сигналов СВЧ

8. Фотошаблон – это:
   а) пластина из полупроводника, на которой выполняют выращивание компонентов микросхем
   б) процедура удаления изображения
   в) пластина либо полимерная пленка со сформированным на её поверхности рисунком элементов схем
   г) процедура нанесения изображения

9. Какой формулой связаны частота и длина волны:
   а) $c= f\cdot \lambda$
   б) $\lambda= f\cdot c$
   в) $c= f/ \lambda$
   г) $f= \lambda\cdot c$

10. Легирование - это:
    а) процедура несения примесей в материал
    б) способ травления
    в) нанесение изображения на поверхность материала
    г) способ резки полупроводника

11. Коэффициент стоячей волны и коэффициент отражения связаны выражением:
    а) КСВ= (|Г|+1)/(|Г|-1)
    б) КСВ= (|Г|-1)/(|Г|+1)
    в) КСВ= (1+|Г|)/(1-|Г|)
    г) КСВ= (1-|Г|)/(1+|Г|)

12. Валентная зона это:
    а) самая верхняя полностью заполненная энергетическая зона;
    б) самая нижняя полностью заполненная энергетическая зона;
    в) самая верхняя полностью свободная энергетическая зона;
    г) самая нижняя полностью свободная энергетическая зона.

13. У каких кристаллов ширина запрещённой зоны наибольшая?
    а) полупроводники
    б) диэлектрики
    в) металлы

Согласована на портале № 79203

г) у всех кристаллов одинаковая ширина запрещённой зоны

14. Что занимает промежуточную область между проводниками и диэлектриками?
    а) катод
    б) анод
    в) проводник
    г) полупроводник

15. Сколько p-n переходов имеет биполярный транзистор
    а) 1
    б) 2
    в) 3
    г) 4

16. Полупроводниковый диод, работа которого основана на зависимости барьерной ёмкости p-n-перехода от обратного а) напряжения называется:
    а) диод Шоттки
    б) варикап
    в) стабилитрон
    г) вариконд

17. Элемент S21 матрицы рассеяния четырехполюсника означает: коэффициент передачи от первого порта на второй
    а) при согласованной нагрузке коэффициент отражения от второго порта
    б) при согласовании первого порта коэффициент передачи от второго порта на первый
    в) при согласованной нагрузке коэффициент отражения от первого порта при согласовании второго порта
    г) при полном рассогласовании коэффициент отражения

18. Коэффициент бегущей волны может принимать значения:
    а) от -1 до 1
    б) от 1 до ∞
    в) от 0 до 1
    г) от -1 до 0

19. Элемент S11 матрицы рассеяния четырехполюсника означает:
    а) коэффициент передачи от первого порта на второй при согласованной нагрузке
    б) коэффициент отражения от второго порта при согласовании первого порта
    в) коэффициент передачи от второго порта на первый при согласованной нагрузке
    г) коэффициент отражения от первого порта при согласовании второго порта

20. Фильтр высоких частота используется для :
    а) для подавления сигнала на частотах ниже частоты среза
    б) для подавления сигнала на частотах выше частоты среза
    в) для изменения амплитуды сигнала
    г) для переноса сигнала на другую частоту

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Пояснить смысл понятия «микроэлектроника».
2. Основные преимущества приборов, выполненных на интегральных схемах по сравнению с приборами, выполненными на дискретных компонентах.
3. Каковы особенности схемотехнических решений в микроэлектронике.
4. Что такое интегральная схема?
5. Что такое основные и неосновные носители?
6. Нарисуйте энергетические зоны металла, полупроводника и диэлектрика. В чём их отличие?

Согласована на портале № 79203

7. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках.
8. Нарисуйте ВАХ идеализированного p-n-перехода.
9. Охарактеризуйте виды пробоя p-n-перехода.
10. Что такое барьер Шоттки?
11. Основные качества диода Шоттки и преимущества по сравнению с обычным p-n-переходом.
12. Основные схемы включения биполярных транзисторов.
13. Входная и выходная вольт-амперные характеристики биполярного транзистора.
14. Усилительный каскад с общим эмиттером. Пояснить причину инвертирования входного сигнала.
15. Усилительный каскад с общим эмиттером. Нарисовать схему и пояснить назначение каждого элемента.
16. Почему для изготовления большинства полупроводниковых приборов используются монокристаллические материалы?
17. Основные операции технологического процесса изготовления интегральных схем.
18. Какие типы корпусов интегральных схем вам знакомы? Основные отличия.
19. Что такое шариковые и балочные выводы?
20. Литография. Определение, назначение. Какие виды литографии вам знакомы
21. Эпитаксия. Гетероэпитаксия и гомоэпитаксия. Определения.
22. Фотошаблон. Для чего применяется, способы изготовления.
23. Легирование. Травление. Определения, назначение.
24. Термическое окисление. Основные функции.
25. Матрица рассеяния четырехполюсника. Определения элементов матрицы.
26. С чем связаны сложности построения радиотехнических устройств сверхвысоких частот.
27. Прямоугольные волноводы. Коаксиальная линия передачи. Рисунки, назначение, отличия.
28. Диаграмма комплексных сопротивлений Вольперта Смита. Пояснение основных составляющих диаграммы.
29. Структура биполярного транзистора. Рисунок, пояснения принципа работы транзистора.
30. Структуру полевого транзистора. Рисунок, пояснения принципа работы транзистора.

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Методы узкополосного согласования линии передачи с нагрузкой
2. Фильтры СВЧ
3. Волноводные ферритовые устройства

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

Согласована на портале № 79203

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. 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;

Согласована на портале № 79203

– 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.

Согласована на портале № 79203

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР
протокол № 4 от «20» 11 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. СВЧиКР	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe
Доцент, каф. СВЧиКР	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. СВЧиКР	А.С. Загородний	Разработано, f91f21ca-5b0d-47a2-a329-d42601b9da4e
Доцент, каф. СВЧиКР	В.П. Костелецкий	Разработано, fd9585c1-8638-4147-85b5-0fb2b58a8a56
Доцент, каф. СВЧиКР	Е.Б. Черникова	Разработано, 40d310a8-926e-409e-9809-0655f6021c79

Согласована на портале № 79203