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
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Микроволновые приборы и устройства

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	14	14	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	50	50	часов
5	Самостоятельная работа	58	58	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е.

Экзамен: 8 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.12.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск 2018

Согласована на портале № 35622

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 9 от «24» 5 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

доцент каф. СВЧиКР	_____	А. С. Запасной
Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР	_____	С. Н. Шарангович

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ	_____	А. И. Воронин
Заведующий выпускающей каф. ЭП	_____	С. М. Шандаров

Эксперты:

Доцент кафедры электронных приборов (ЭП)	_____	Л. Н. Орликов
Доцент кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)	_____	А. Ю. Попков

Согласована на портале № 35622

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью освоения дисциплины «Основы СВЧ электроники» является формирование представлений по основам работы генераторов и усилителей диапазона СВЧ, КВЧ и ГВЧ, получение навыков практического применения приборов и устройств этого диапазона частот.

1.2. Задачи дисциплины

– Формирование знаний по вопросам теории и практики успешного использования приборов и устройств СВЧ диапазона.

– Представление о физических процессах в приборах и устройствах СВЧ диапазона, а с другой стороны, свободно владеть методами и средствами анализа процессов в них.

– Выработка понимания конструктивных особенностей, параметров, характеристик и режимов работы приборов, а также навыков применения СВЧ приборы на практике.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Микроволновые приборы и устройства» (Б1.В.ОД.8) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Вакуумные и плазменные приборы и устройства, Введение в электронику, Компоненты электронных схем, Микроволновая электроника, Схемотехника, Твердотельная электроника, Твердотельные приборы и устройства, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

– ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

– ПК-3 готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций;

– ПК-5 готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

– ПК-6 способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы;

– ПК-7 готовностью осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** физические принципы преобразования энергий, лежащие в основе микроволновой электроники; основные характеристики и параметры микроволновых приборов и особенности настройки схем, их использующих; принципы работы устройств, использующих активные микроволновые приборы.

– **уметь** использовать методы и средства анализа процессов в микроволновых приборах; обосновывать применение микроволновых приборов в практической деятельности; разрабатывать схемы установок для проведения экспериментальных исследований.

– **владеть** навыками выбора из множества микроволновых приборов единственного необходимого для экспериментальной установки; навыками обработки и оценки экспериментальных результатов; умением разрабатывать технические требования для

Согласована на портале № 35622

использования микроволновых приборов в практике; знаниями параметров и характеристик, режимов работы микроволновых приборов.

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
		8 семестр
Аудиторные занятия (всего)	50	50
Лекции	20	20
Практические занятия	14	14
Лабораторные работы	16	16
Самостоятельная работа (всего)	58	58
Оформление отчетов по лабораторным работам	16	16
Проработка лекционного материала	21	21
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	21	21
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	ра к. за	б. ра б.,	м. ра б.,	в (б ез	уе м ые ко м
8 семестр						
1 Основы физических процессов в СВЧ приборах	6	4	0	8	18	ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-5
2 Электродинамические системы в приборах СВЧ электроники	4	4	0	8	16	ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-5
3 Резонансные приборы в электронике	3	2	8	18	31	ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7
4 Не резонансные приборы в электронике	3	2	4	12	21	ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7
5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	4	2	4	12	22	ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7
Итого за семестр	20	14	16	58	108	
Итого	20	14	16	58	108	

Согласована на портале № 35622

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	ое мк ос	м ые ко
8 семестр			
1 Основы физических процессов в СВЧ приборах	Определение диапазона СВЧ, КВЧ, ГВЧ. Особенности и классификация приборов. Уравнения, характеризующие взаимодействие заряженных частиц с электромагнитными полями. Пролетные явления как фактор, ограничивающий быстродействие приборов и определяющий конструкцию электродинамической системы приборов.Наведенные токи во внешней цепи при движении свободных зарядов. Методы управления потоками заряженных частиц. Метод динамического управления.Отбор энергии от потока заряженных частиц. Преобразование энергий в микроволновых приборах. Основные параметры микроволновых приборов.Эквивалентные схемы СВЧ приборов.	6	ОПК-1, ПК-1, ПК-3
	Итого	6	
2 Электродинамические системы в приборах СВЧ электроники	Электродинамические системы резонансных и не резонансных приборов. Конструкции, параметры, методы расчета параметров.Резонаторы для микроволновых приборов. Резонаторная система магнетронов.Замедляющие системы для не резонансных приборов.	4	ОПК-1, ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
3 Резонансные приборы в электронике	Пролетные и отражательные клистроны: принцип действия. Применение клистрона в качестве усилителя, умножителя частоты, генератора. Характеристики и параметры. Конструкции клистронов.Группировка электронов в пространстве взаимодействия и условия самовозбуждения магнетрона. Режимы работы и условия самовозбуждения магнетрона. Основные характеристики и параметры. Конструкции магнетронов.	3	ОПК-1, ПК-1, ПК-3
	Итого	3	
4 Не резонансные приборы в электронике	Схема устройства ЛБВ и ЛОВ типа О. Миниатюризация ламп. Основные конструктивные особенности ЛБВ и ЛОВ типа - О. Конструкции ЛБВО и ЛОВО, ЛБВ и ЛОВ типа М. Принцип действия. Основные характеристики и параметры приборов. Конструкции ЛБВМ и ЛОВМ.	3	ОПК-1, ПК-1, ПК-3
	Итого	3	
5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	Полупроводниковые диоды с положительным и отрицательным динамическим сопротивлением. Генераторы на полупроводниковых СВЧ диодах (ЛПД и ДГ).Условия возбуждения. Режимы	4	ОПК-1, ПК-1, ПК-3

Согласована на портале № 35622

	работы, рабочая частота и выходная мощность. Эквивалентные схемы.		
	Итого	4	
Итого за семестр		20	

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	5
Предшествующие дисциплины					
1 Вакуумные и плазменные приборы и устройства	+	+	+		
2 Введение в электронику	+				
3 Компоненты электронных схем		+			+
4 Микроволновая электроника	+	+			+
5 Схемотехника	+	+			
6 Твердотельная электроника					+
7 Твердотельные приборы и устройства					+
8 Физика	+	+			
Последующие дисциплины					
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	+	+	+	+	+

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.	Практ. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-1	+			+	Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Тест
ПК-1	+	+		+	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Тест
ПК-3	+			+	Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Тест

Согласована на портале № 35622

ПК-5		+	+	+	Контрольная работа, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-6			+	+	Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-7			+	+	Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Формируемые компетенции
8 семестр			
3 Резонансные приборы в электронике	Исследование магнетрона	4	ПК-5, ПК-6, ПК-7
	Исследование отражательного клистрона	4	
	Итого	8	
4 Не резонансные приборы в электронике	Исследование усилительной ЛБВ типа О	4	ПК-5, ПК-6, ПК-7
	Итого	4	
5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	Исследования генератора на диоде Ганна	4	ПК-5, ПК-6, ПК-7
	Итого	4	
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 (часы)	Формируемые компетенции
8 семестр			
1 Основы физических процессов в СВЧ приборах	Углы пролета, наведенные токи, проводимость приборов, эквивалентные схемы приборов.	4	ПК-1, ПК-5
	Итого	4	
2 Электродинамические системы в приборах СВЧ электроники	Резонаторы. Замедляющие системы. Выводы энергии на линии передачи (волноводы, коаксиальные линии, полосковые).	4	ПК-1, ПК-5
	Итого	4	
3 Резонансные приборы в электронике	Расчет выходных параметров клистронов и магнетронов.	2	ПК-1, ПК-5
	Итого	2	
4 Не резонансные приборы в электронике	Расчет выходных параметров ЛБВ и ЛОВ.	2	ПК-1, ПК-5
	Итого	2	

Согласована на портале № 35622

5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	Расчет выходных параметров ГДГ и ГЛПД.	2	ПК-1, ПК-5
	Итого	2	
Итого за семестр		14	

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,	Формируемые компетенции	Формы контроля
8 семестр				
1 Основы физических процессов в СВЧ приборах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПК-5, ОПК-1, ПК-3	Выступление (доклад) на занятии, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	8		
2 Электродинамические системы в приборах СВЧ электроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПК-5, ОПК-1, ПК-3	Выступление (доклад) на занятии, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	8		
3 Резонансные приборы в электронике	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	5	ПК-1, ПК-5, ОПК-1, ПК-3, ПК-6, ПК-7	Выступление (доклад) на занятии, Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	5		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	18		
4 Не резонансные приборы в электронике	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПК-5, ОПК-1, ПК-3, ПК-6, ПК-7	Выступление (доклад) на занятии, Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	12		
5 Приборы с квазистатическим управлением электронным потоком	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПК-5, ОПК-1, ПК-3,	Выступление (доклад) на занятии, Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях,
	Проработка лекционного	4		

Согласована на портале № 35622

	материала		ПК-6, ПК-7	Отчет по лабораторной работе, Тест
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	12		
Итого за семестр		58		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		94		

10. Курсовая работа (проект)

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
8 семестр				
Выступление (доклад) на занятии	3	4	3	10
Защита отчета		10	10	20
Контрольная работа	5	5	5	15
Опрос на занятиях	3	4	3	10
Отчет по лабораторной работе		5	10	15
Итого максимум за период	11	28	31	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	11	39	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.

Согласована на портале № 35622

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

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Приборы и устройства СВЧ, КВЧ и ГВЧ диапазонов: Учебное пособие / Соколова Ж. М. - 2012. 283 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/634 (дата обращения: 21.06.2018).

2. Приборы и устройства оптического и СВЧ диапазонов: Учебное пособие / Кущ Г. Г., Соколова Ж. М., Шангина Л. И. - 2012. 414 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/716 (дата обращения: 21.06.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Бобровский Ю.Л. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника: Учебное пособие для вузов // ред. Н.Д. Федоров. – М.: Радио и связь, 2002. – 560 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 61 экз.)

2. Григорьев А.Д. Электродинамика и микроволновая техника: [Электронный ресурс]: Учебник для вузов. – СПб.: Издательсво «Лань», 2007. – 704 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://e.lanbook.com/view/book/118 (дата обращения: 21.06.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Оновы СВЧ электроники: Сборник задач, вопросов и упражнений (учебно-методическое пособие по практическим занятиям) / Соколова Ж. М. - 2013. 124 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3713 (дата обращения: 21.06.2018).

2. Исследование отражательного клистрона: Руководство к лабораторной работе / Падусова Е. В., Соколова Ж. М. - 2011. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/104 (дата обращения: 21.06.2018).

3. Исследование усилительной лампы бегущей волны: Руководство к лабораторной работе / Соколова Ж. М., Никифоров А. Н. - 2011. 27 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/108 (дата обращения: 21.06.2018).

4. Исследование СВЧ генератора на диоде Ганна: Руководство к лабораторной работе / Соколова Ж. М., Никифоров А. Н. - 2011. 23 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/110 (дата обращения: 21.06.2018).

5. Исследование многорезонаторного магнетрона: Руководство к лабораторной работе / Падусова Е. В., Соколова Ж. М. - 2011. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/109 (дата обращения: 21.06.2018).

6. Микроволновые приборы и устройства: учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов / Соколова Ж. М. - 2010. 97 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/16 (дата обращения: 21.06.2018).

Согласована на портале № 35622

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. Рекомендуется использовать информационные, справочные и нормативные базы данных, расположенные по адресу: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

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

Лаборатория Микроволновой техники

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

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 328 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютерные рабочие станции (14 шт.);
- Демонстрационное оборудование для презентаций (проек-тор 1 шт., экран 1 шт.);
- Осциллограф GDS – 71022 (1 шт.);
- Измеритель Р2М-18 (1 шт.);
- Генератор сигнала 33522А (1 шт.);
- Вольтметр циф. GDM 8145 (1 шт.);
- Измеритель Р2М-04 (1 шт.);
- Анализатор спектра СК4М-04 (1 шт.);
- Осциллограф цифровой MS07104 (1 шт.);
- Мультиметр цифровой 34405А (1 шт.);
- Источник питания GPD-73303S (1 шт.);
- Генератор Г3-14 (2 шт.);
- Генератор Г4-126 (1 шт.);
- Измеритель Р2-60 (2 блока);
- Измеритель Р5-12 (1 шт.);

Согласована на портале № 35622

- Измерительная линия Р1-27 (1 шт.);
- Векторный анализатор сигналов Р4М-18 (1 шт.);
- Опорно-поворотное устройство (1 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– Microsoft Office 2010 и ниже

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория «Электронных, квантовых и СВЧ приборов»

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

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 329а ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Генератор Г5-54 (1 шт.);
- Генератор Г4-126 (1 шт.);
- Осциллограф С1-112А (1 шт.);
- Измерительная линия Р1-4 (2 шт);
- Источник питания УИП-1 (2 шт);
- Оптическая скамья ОСК-3 (3 шт.);
- Лазер ЛГН-105 (1 шт.);
- Осциллограф С1-65 (1 шт.);
- Генератор сигналов Г4-102 (1 шт.);
- Милливаттметр В3-36 (1 шт.);
- Измерительная волноводная линия ИВЛ-140 (2 шт.);
- Усилитель У2-4 (1 шт.);
- Осциллограф С1-5 (1 шт.);
- Генератор Г4-109 (1 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

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.

Согласована на портале № 35622

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 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 которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** 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

Волновое сопротивление свободного пространства равно	500 (Ом)
	120π (Ом)
	200 (См)
	130π (Ом)
Волновое число определяется формулой	k=f/c
	k=ω/c
	k=2π/λ
	k=ωc
Закона Ома в дифференциальной форме	$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \oint_S rot\vec{H} d\vec{S}$
	$\vec{B} = rot\,\vec{A}$
	$\int_V rot\,grad\varphi dV = 0$
	$\vec{j} = \sigma\vec{E}$
Укажите связь векторов магнитного поля в материальной среде:	$\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$
	$\vec{B} = \varepsilon\vec{H}$
	$\vec{B} = \mu\vec{H}$
	$\vec{D} = \mu\vec{E}$
Чему равна скорость света в вакууме:	3×10^8 (м/с)
	330 (м/с)
	100 (км/ч)
	3×10^8 (км/с)
Какую тройку векторов	быструю
	всенаправленную

Согласована на портале № 35622

составляют вектора $\vec{П}$, $\vec{E}$ и $\vec{H}$.	правую
	левую
Закон полного тока:	$\oint_L \vec{H}d\vec{l} = \oint_S rot\vec{H}d\vec{S}$
	$\vec{B} = rot\,\vec{A}$
	$\oint_L \vec{H}d\vec{l} = \int_S \vec{j}d\vec{S} + \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}d\vec{S}$
	$\vec{j} = \sigma\vec{E}$
Вектор Умова-Пойнтинга определяется выражением:	$\vec{\Pi} = \frac{1}{2}\left[\vec{E} \times \vec{H}\right]$
	$\vec{\Pi} = \frac{1}{2}\left[\vec{E} \times \vec{H}^*\right]$
	$\vec{\Pi} = \frac{1}{2}\left[\vec{B} \times \vec{H}^*\right]$
	$\vec{\Pi} = \frac{1}{2}\left[\vec{H} \times \vec{E}^*\right]$
Чему равна диэлектрическая проницаемость вакуума:	$8{,}85\times10^{-12}$ (Ф/м)
	$6{,}28\times10^{-10}$ (Ф/м)
	$10^7 / 4\pi\,C^2$ (Ф/м)
	$4\pi\times10^{-7}$ (Гн/м)
Основной тип волны в волноводе прямоугольного сечения?	E_{00}
	E_{10}
	H_{11}
	H_{10}
Закон электромагнитной индукции Фарадея-Ленца:	$\oint_L \vec{E}d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\int_S \vec{B}d\vec{S}$
	$\vec{B} = rot\,\vec{A}$
	$\int_V rot\,grad\varphi dV = 0$
	$\vec{j} = \sigma\vec{E}$
Укажите связь векторов электрического поля в материальной среде:	$\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$
	$\vec{B} = \varepsilon\vec{H}$
	$\vec{B} = \mu\vec{H}$
	$\vec{D} = \mu\vec{E}$
Чему равна магнитная проницаемость вакуума:	$8{,}85\times10^{-12}$ (Ф/м)
	$6{,}28\times10^{-10}$ (Гн/м)
	$10^7 / 4\pi\,C^2$ (Ф/м)
	$4\pi\times10^{-7}$ (Гн/м)
Критическая длина волны в волноводе прямоугольного сечения определяется формулой:	$\lambda_{кр} = \frac{f}{c}$
	$\lambda_{кр} = \frac{c}{f}$
	$\lambda_{кр} = \frac{2}{\sqrt{(\frac{m}{a})^2 + (\frac{n}{b})^2}}$

Согласована на портале № 35622

	$\lambda_{кр} = \frac{\sqrt{(\frac{m}{a})^2 + (\frac{n}{b})^2}}{2}$
Закон Гаусса:	$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \oint_S rot\vec{H} d\vec{S}$
	$\vec{B} = rot\,\vec{A}$
	$\int_V rot\,grad\varphi dV = 0$
	$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = Q$
Какой формулой связаны частота и длина волны:	$c = f \times \lambda$
	$\lambda = f \times c$
	$f = \lambda \times c$
	$c = f / \lambda$
Коэффициент стоячей волны и коэффициент отражения связаны выражением:	$КСВ = \frac{\lvert\Gamma\rvert + 1}{\lvert\Gamma\rvert - 1}$
	$КСВ = \frac{\lvert\Gamma\rvert - 1}{\lvert\Gamma\rvert + 1}$
	$КСВ = \frac{1 + \lvert\Gamma\rvert}{1 - \lvert\Gamma\rvert}$
	$КСВ = \frac{1 - \lvert\Gamma\rvert}{1 + \lvert\Gamma\rvert}$
В прямоугольном волноводе одна из скоростей, связанных с электромагнитной волной, может быть больше скорости света. Какая это скорость?	фазовая скорость
	групповая скорость
	погонная скорость
	быстрая скорость
Какой (какие) прибор (ы) является (-ются) резонансными	клистрон
	магнетрон
	генератор на диоде Ганна
	лампа бегущей волны
Какой (какие) прибор (ы) имеет (-ют) в своем составе замедляющую структуру	клистрон
	магнетрон
	генератор на диоде Ганна
	лампа бегущей волны
Условие синхронизации в ЛБВ	фазовая скорость ВЧ волны меньше или равна скорости движения электронов
	фазовая скорость ВЧ волны больше или равна скорости движения электронов
	фазовая скорость ВЧ волны равна скорости света
	скорость движения электронов равна скорости света

Согласована на портале № 35622

14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Основные уравнения для анализа процессов.
2. Время и угол пролета.
3. Пространственно-временные диаграммы.
4. Ток во внешней цепи МВП. Уравнение и форма наведенного тока.
5. Наведенный ток модулированным потоком.
6. Отбор энергии от движущихся носителей заряда.
7. Управление электронным потоком.
8. Резонаторы.
9. Замедляющие системы, параметры и характеристики.
10. Типы замедляющих систем.
11. Применение СВЧ-нагрева.
12. Требования к электронной пушке.
13. Поперечно ограничивающая система.
14. Эквивалентная схема генераторов и усилителей с резонансной колебательной системой.
15. Пролетный клистрон.
16. Воздействие поля первого резонатора на электронный поток.
17. Электронный КПД пролетного клистрона.
18. Усилительный пролетный клистрон.
19. Многорезонаторные пролетные клистроны.
20. Отражательные клистроны.
21. Схема устройства и принцип действия ЛБВО.
22. Взаимодействия поля волны с электронами в «горячем» режиме ЛБВО (линейное приближение).
23. Характеристики ЛБВО.
24. Лампа обратной волны типа О (ЛОВО).
25. Устройство магнетрона.
26. Движение электронов в скрещенных полях.
27. Формирование электронных сгустков. Условие синхронизма в магнетроне.
28. Рабочие характеристики магнетрона.
29. Диоды Ганна.

14.1.3. Темы контрольных работ

Общие вопросы генераторов и усилителей СВЧ.

Клистроны.

Лампы бегущей волны и обратной волны О - типа.

Приборы М – типа.

Полупроводниковые приборы.

14.1.4. Темы докладов

Платинотроны (амплитрон, стабилотрон). Устройство, принцип действия, параметры. Области применения.

Конструкция ЛБВ типа "М", принцип действия. Основные характеристики: коэффициент усиления, амплитудная характеристика, электронный КПД, полоса рабочих частот, коэффициент шума. Области применения.

Особенность конструкции и принцип действия ЛОВ типа "М". Характеристики и параметры: выходная мощность, электронный КПД, электронная перестройка частоты. Области применения.

Особенности смесительных и детекторных диодов СВЧ. ВАХ, эквивалентная схема, параметры смесительных и детекторных диодов.

Лавинно-пролетный диод (ЛПД). Структура диода, физические процессы, статический и динамический режимы работы.

14.1.5. Темы опросов на занятиях

Определение диапазона сверхвысоких частот.

Согласована на портале № 35622

Свойства и особенности электромагнитных колебаний диапазона СВЧ.

Классификация приборов СВЧ.

Характеристики и параметры приборов СВЧ.

Особенности работы и конструкции электронных ламп со статическим управлением электронным потоком в диапазоне СВЧ.

Влияние инерционных свойств электронного потока на работу электронных ламп.

Особенности электронных приборов СВЧ с динамическим управлением электронным потоком.

Общий принцип действия электровакуумных приборов СВЧ О-типа.

Узкополосные колебательные системы электровакуумных приборов СВЧ.

14.1.6. Темы лабораторных работ

Исследование магнетрона

Исследование отражательного клистрона

Исследование усилительной ЛБВ типа О

Исследования генератора на диоде Ганна

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;

Согласована на портале № 35622

– 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.

Согласована на портале № 35622