

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ИФФВТ
от 17 мая 2022 г. протокол № 10
Председатель _____ (Рыбин В. В.)
(подпись, расшифровка подписи)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	СВЧ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОПАРАМЕТРОВ СВЧ-МОДУЛЕЙ
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Радиофизики и электроники (РФЭ)
Курс	4

Направление (специальность): **03.03.03 – радиофизика** (бакалавриат)

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

Форма обучения **очная**

Дата введения в учебный процесс УлГУ: «01» сентября 2022г.

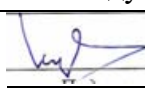
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20____ г.


Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20____ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20____ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Семенов А. Л.	РФЭ	д.ф.-м.н., доц.

	СОГЛАСОВАНО
	Заведующий выпускающей кафедрой
	 / Гурин Н.Т./
	Подпись ФИО
	« <u>10</u> » <u>05</u> 2022__г.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Цели освоения дисциплины: изучение физических явлений и процессов, происходящих в современных приборах диапазона СВЧ.

Задачи освоения дисциплины: формирование у студентов углубленных знаний об устройстве и принципе действия твердотельных (полупроводниковых) приборов диапазона СВЧ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина (ФТД.В.01) является факультативной и относится к дисциплинам вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (ОПОП), устанавливаемой вузом.

Дисциплина предлагается студентам в 7-ом семестре 4-ого курса очной формы обучения и базируется на следующих предшествующих учебных дисциплинах:

- «Математический анализ»;
- «Линейная алгебра»;
- «Дифференциальные уравнения»;
- «Электромагнитные явления».
- «Физика волновых процессов»;
- «Радиоэлектроника»;
- «Квантовая электроника»;

Для освоения дисциплины студент должен иметь следующие «входные» знания, умения, навыки и компетенции:

- знать основные законы электродинамики, принцип действия простейших электронных устройств;
- иметь представление о свойствах и характеристиках полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов;
- иметь способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности и самостоятельно приобретать новые знания с использованием современных образовательных и информационных технологий.

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении следующих специальных дисциплин:

- «Лабораторный практикум по интегральной и волоконной оптике»;
- «Материалы электронной техники»;
- «Конструкции гибридных интегральных схем и микросборок»;

а также при прохождении производственной и преддипломной практик, выполнении научно-исследовательской работы и государственной итоговой аттестации.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК-6. Разработка методик	ИД-1пк6

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

испытания электронных средств	<p>Знать основные методы радиофизических измерений и испытаний электронных средств</p> <p>ИД-2пкб Уметь использовать и модернизировать основные методы радиофизических измерений и испытаний электронных средств</p> <p>ИД-3пкб Владеть навыками эксплуатации радиофизических приборов и оборудования для испытания электронных средств</p>
ПК-7. Проведение испытаний электронных средств по разработанным методикам	<p>ИД-1пк7 Знать принципы работы современной радиоэлектронной измерительной и испытательной аппаратуры и оборудования для проведения испытаний электронных средств</p> <p>ИД-2пк7 Уметь проводить испытания электронных средств с использованием современной техники электро и радиоизмерений по существующим методикам</p> <p>ИД-3пк7 Владеть приемами и навыками эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования для испытаний электронных средств</p>

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) _____ 2 _____

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах)

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u>)			
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам		
		7	4	5
1	2	3	4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	54	54		
Аудиторные занятия:				
лекции	18	18		
Семинары и практические занятия				
Лабораторные работы, практикумы	36	36		
Самостоятельная ра-	18	18		

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

бота				
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, рефераты др. (не менее 2 видов)	0 устный опрос; проверка выполнения заданий	0 устный опрос; проверка выполнения заданий		
Курсовая работа				
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Зачет	Зачет		
Всего часов по дисциплине	72	72		

4.3. Содержание дисциплины (модуля.) Распределение часов по темам и видам учебной работы:
Форма обучения _____ очная _____

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний	
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа		
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы				
1	2	3	4	5	6	7		
1. Классификация приборов диапазона СВЧ	4	2					2	устный опрос; проверка выполнения заданий
2. СВЧ волноводы, резонаторы и замедляющие структуры	38	2		36			2	устный опрос; проверка выполнения заданий
3. Электронно-вакуумные СВЧ приборы типа О	4	2					2	устный опрос; проверка выполнения заданий
4. Электронно-вакуумные СВЧ приборы типа М	4	2					2	устный опрос; проверка выполнения

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

							ния зада- ний
5. СВЧ диоды	4	2				2	устный оп- рос; проверка выполне- ния зада- ний
6. СВЧ транзи- сторы	6	4				4	устный оп- рос; проверка выполне- ния зада- ний
7. СВЧ прибо- ры в инте- гральном ис- полнении	6	4				4	устный оп- рос; проверка выполне- ния зада- ний
Итого	72	18		36		18	36

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Введение.

Тема 1. Классификация приборов СВЧ.

СВЧ диапазон. Особенности СВЧ волн. Классификация электронно-вакуумных и полупроводниковых приборов СВЧ.

Тема 2. СВЧ волноводы, резонаторы и замедляющие структуры.

Виды и методы описания СВЧ волноводов, резонаторов и замедляющих структур. Эквивалентные схемы СВЧ волноводов, резонаторов и замедляющих структур.

Тема 3. Электронно-вакуумные СВЧ приборы типа О.

Принцип динамического управления электронным потоком. Принцип работы, параметры и характеристики двухрезонаторного пролётного клистрона. Отражательный клистрон.

Принцип работы приборов типа О с кратковременным взаимодействием. Замедляющие системы. Особенности устройства и применения лампы бегущей волны типа О. Лампа обратной волны типа О.

Тема 4. Электронно-вакуумные СВЧ приборы типа М.

Движение электрона в скрещенных электрическом и магнитном полях. Взаимодействие электронов и СВЧ поля в приборах типа М. Устройство, принцип работы и особенности применения многорезонаторного магнетрона. Лампы бегущей и обратной волны типа М.

Тема 5. СВЧ диоды.

Полупроводниковые активные и пассивные приборы для техники СВЧ. Диоды для СВЧ диапазона. Диоды с накоплением заряда и pin-диоды.

Лавинно-пролётный диод (ЛПД), пролётный режим его работы. Особенности устройства и применения ЛПД. Параметры и характеристики генераторов и усилителей на ЛПД.

Полупроводниковые СВЧ приборы с объёмной неустойчивостью. Диод Ганна, до-

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

менный режим его работы. Особенности устройства и применения СВЧ приборов на диодах Ганна.

Тема 6. СВЧ транзисторы.

Биполярные и полевые СВЧ транзисторы: их основные типы и характеристики (вольт-амперные, частотные). СВЧ транзисторы на гетероструктурах. Принципы конструирования генераторов и усилителей на СВЧ транзисторах.

Тема 7. СВЧ приборы в интегральном исполнении.

Микрополосковые, щелевые и копланарные линии. Полупроводниковые и диэлектрические волноводы и резонаторы, СВЧ устройства на их основе.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Данный вид работы не предусмотрен УП

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Тема 2. СВЧ волноводы, резонаторы и замедляющие структуры.

(Приложение – описание практикума (А.Л.Семенов «Волновод») на сайте кафедры РФЭ УлГУ)

Лабораторная работа №1

Распределение напряжения вдоль волновода.

Лабораторная работа №2

Зависимость входного сопротивления волновода от его относительной длины.

Лабораторная работа №3

Зависимость входного сопротивления волновода от сопротивления нагрузки.

Лабораторная работа №4

Закон дисперсии волновода.

Лабораторная работа №5

Зависимость коэффициента ослабления волновода от частоты.

Лабораторная работа №6

Зависимость времени задержки сигнала в волноводе от частоты.

Лабораторная работа №7


Коэффициент полезного действия волновода.

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. Классификация электронно-вакуумных и полупроводниковых приборов СВЧ.
2. Приборы типа О. Принцип динамического управления электронным потоком.
3. Принцип работы, параметры и характеристики двухрезонаторного пролётного клистрона.
4. Принцип работы, параметры и характеристики отражательного клистрона.
5. Принцип работы приборов типа О с кратковременным взаимодействием. Замедляющие системы.
6. Особенности устройства и применения лампы бегущей волны типа О.
7. Особенности устройства и применения лампы обратной волны типа О.
8. Движение электрона в скрещенных электрическом и магнитном полях.
9. Взаимодействие электронов и СВЧ поля в приборах типа М.
10. Устройство, принцип работы и особенности применения многорезонаторного магнетрона.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

11. Диоды для СВЧ диапазона. Диоды с накоплением заряда и pin-диоды.
12. Лавинно-пролётный диод, пролётный режим его работы.
13. Диод Ганна, доменный режим его работы.
14. Биполярные и полевые СВЧ транзисторы, СВЧ транзисторы на гетероструктурах.
15. Принципы конструирования генераторов и усилителей на СВЧ транзисторах.
16. Микрополосковые, щелевые и копланарные линии.
17. СВЧ волноводы и резонаторы в микрополосковом исполнении.
18. Принципы конструирования СВЧ устройств в интегральном исполнении.

10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Форма обучения _____ очная _____

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (<i>проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.</i>)	Объем в часах	Форма контроля (<i>проверка решения задач, реферата и др.</i>)
1. Классификация приборов диапазона СВЧ	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; • Подготовка к сдаче экзамена 	2	устный опрос; проверка выполнения заданий
2. СВЧ волноводы, резонаторы и замедляющие структуры	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; • Подготовка отчетов по лабораторным работам; Подготовка к сдаче зачета	2	устный опрос; проверка выполнения заданий
3. Электронно-вакуумные СВЧ приборы типа О	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; Подготовка к сдаче зачета	2	устный опрос; проверка выполнения заданий
4. Электронно-вакуумные СВЧ приборы типа М	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; Подготовка к сдаче зачета	2	устный опрос; проверка выполнения заданий
5. СВЧ диоды	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; • Подготовка к сдаче зачета 	2	устный опрос; проверка выполнения заданий
6. СВЧ транзисторы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины;	4	устный опрос; проверка выполнения заданий

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

	Подготовка к сдаче зачета		
7. СВЧ приборы в интегральном исполнении	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; Подготовка к сдаче зачета	4	устный опрос; проверка выполнения заданий

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы

основная

1. Петрушанский, М. Г. Электронные приборы СВЧ [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. Г. Петрушанский. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 107 с. — 978-5-7410-1838-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78927.html>
2. Соколова, Ж. М. Приборы и устройства СВЧ, КВЧ и ГВЧ диапазонов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ж. М. Соколова. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 283 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13961.html>
3. Куц, Г. Г. Приборы и устройства оптического и СВЧ диапазонов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. Г. Куц, Ж. М. Соколова, Л. И. Шангина. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 414 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14020.html>

дополнительная

4. Антенны и устройства СВЧ: расчет и измерение характеристик : учеб. пособие для вузов / Ю. Е. Мительман, Р. Р. Абдуллин, С. Г. Сычугов, С. Н. Шабунин ; под общ. ред. Ю. Е. Мительмана. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 138 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-08002-5. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/book/antenny-i-ustroystva-svch-raschet-i-izmerenie-harakteristik-438606>
5. Яковенко, В. А. Мощные широкополосные усилительно-преобразовательные тракты СВЧ на полупроводниковых приборах : монография / В. А. Яковенко. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 366 с. — ISBN 978-5-7782-1972-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/45115.html>
6. Приборы сверхвысоких частот и оптического диапазона в вопросах и ответах. Часть 2. Полупроводниковые приборы СВЧ : учебное пособие / составители Г. М. Аристархов, А. А. Елизаров, В. И. Николотов. — М. : Московский технический университет связи и информатики, 2012. — 48 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/63353.html>

учебно-методическая

7. Семенов А. Л. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «СВЧ полупроводниковые приборы и методы автоматизированного контроля электропараметров СВЧ модулей» студентов бакалавриата по направлению 03.03.03 «Радиофизика» очной формы обучения / А. Л. Семенов; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - Ульяновск : УлГУ, 2019. - Загл. с экрана; Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл :

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе, указывается в соответствии со сведениями о материально-техническом обеспечении и оснащённости образовательного процесса, размещёнными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации».

12. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

Разработчик



подпись

профессор

должность

Семенов А.Л.

ФИО