
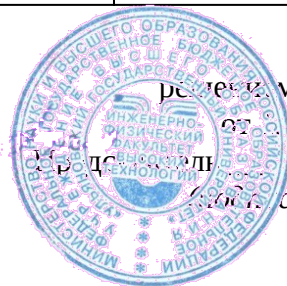


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		



УТВЕРЖДЕНО
резолюцией Ученого совета ИФФВТ
от 23 мая 2022 г. протокол № 8
(Рыбин В.В.)
Секретарь, расшифровка подписи)
«30» июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	СВЧ ПРИБОРЫ И ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Радиофизики и электроники (РФЭ)
Курс	2

Направление (специальность) 03.04.02 – физика (магистратура)

код направления (специальности), полное наименование

Направленность (профиль/специализация) Физика полупроводников.

Микроэлектроника

полное наименование

Форма обучения очная

очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)

Дата введения в учебный процесс УлГУ: « 1 » _____ сентября _____ 2022 г.

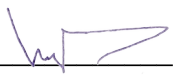
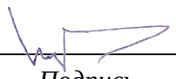
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20 _____ г.


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	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой РФЭ, реализующей дисциплину	Заведующий выпускающей кафедрой РФЭ
 Подпись // Гурин Н.Т. / ФИО	 Подпись // Гурин Н.Т. / ФИО
« 23 » июня 2022 г.	« 23 » июня 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 электронно-вакуумных и твердотельных (полупроводниковых) приборов диапазона СВЧ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина "СВЧ приборы и интегральные микросхемы" (Б1.В.ДВ.03.01) является обязательной и относится к дисциплинам вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (ОПОП), устанавливаемой вузом. Данная дисциплина является одной из профилирующих дисциплин в системе подготовки магистра по направлению 03.04.02 «Физика».

Дисциплина «СВЧ приборы и интегральные микросхемы» предлагается студентам во 2-ом семестре 2-ого курса очной формы обучения и базируется на следующих предшествующих учебных дисциплинах:

- Специальный физический практикум»;
- «Современные проблемы физики»;
- «Микро- и наноэлектроника»;
- «Электроника СВЧ»;
- «Оптоэлектронные устройства»;
- «Методы контроля и диагностики полупроводниковых приборов»;
- «Радиофизика».


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 оптоэлектронным устройствам»;
- «Материалы электронной техники»;

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

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

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


Код компетенции	Наименование компетенции	Описание компетенции
ПК-1	Научно-исследовательская деятельность	способность оформлять научно-техническую документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и представлять научно-исследовательские результаты на семинарах и конференциях.
ПК-3	Организационно-инновационная педагогическая деятельность	способность свободно владеть разделами и физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.
ПК-4	Опытно-конструкторская деятельность	способность моделировать научные задачи и новые технологические процессы в области физики полупроводников, микроэлектроники и радиофизики.

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) _____ 6 _____

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		
		3	4	5
1	2	3	4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	54/54*	54/54*		
Аудиторные занятия:				
лекции	18/18*	18/18*		
Семинары и практические занятия				

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


Лабораторные работы, практикумы	36/36*	36/36*		
Самостоятельная работа	126/126*	126/126*		
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, рефераты др. (не менее 2 видов)	36 устный опрос; проверка выполнения заданий	36 устный опрос; проверка выполнения заданий		
Курсовая работа				
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Зачет, экзамен	Зачет, экзамен		
Всего часов по дисциплине	216/216*	216/216*		

- В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения

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	7	1				6	устный опрос; проверка выполнения заданий
2. СВЧ волноводы, резонаторы и замедляющие структуры	125	2		26		99	устный опрос; проверка выполнения заданий

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

3. Электронно-вакуумные СВЧ приборы типа О	8	2				6	устный опрос; проверка выполнения заданий
4. Электронно-вакуумные СВЧ приборы типа М	8	2				6	устный опрос; проверка выполнения заданий
5. СВЧ диоды	8	2				6	устный опрос; проверка выполнения заданий
6. СВЧ транзисторы	8	2				6	устный опрос; проверка выполнения заданий
7. СВЧ приборы в интегральном исполнении	8	2				6	устный опрос; проверка выполнения заданий
Итого	216	18		36		124	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

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

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 рпн-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, доменный 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 ЭКЗАМЕНУ (ЗАЧЕТУ)

Вопросы к экзамену

1. Классификация электронно-вакуумных и полупроводниковых приборов СВЧ.
2. Приборы типа О. Принцип динамического управления электронным потоком.


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

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.
11. Диоды для СВЧ диапазона. Диоды с накоплением заряда и рип-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 (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
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 	6	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 	99	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 	6	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 	6	устный опрос; проверка выполнения заданий
5. СВЧ диоды	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно- 	6	устный опрос; проверка

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

	методического и информационного обеспечения дисциплины; • Подготовка к сдаче зачета		выполнения заданий
6. СВЧ транзисторы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; Подготовка к сдаче зачета	6	устный опрос; проверка выполнения заданий
7. СВЧ приборы в интегральном исполнении	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; Подготовка к сдаче зачета	6	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. Сычуглов, 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>
7. **Электродинамика** и техника **СВЧ** : учебник по спец."Электрон. приборы и устройства" / Григорьев Андрей Дмитриевич. - Москва : Высшая школа, 1990. - 335 с.

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

(выбрать необходимое).

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе, указывается в соответствии со сведениями о материально-техническом обеспечении и оснащенности образовательного процесса, размещенными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации».

13. 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.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик


подпись

профессор

должность

Семенов А.Л.

ФИО