

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



УТВЕРЖДЕНО
 решением Ученого совета ИФФВТ
 от 18 июня 2023 г. протокол № 9
 (Рыбин В.В.)
 (Подпись, расшифровка подписи)
 «30» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Электроника СВЧ
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Радиофизики и электроники (РФЭ)
Курс	2

Направление (специальность) 03.04.02 “Физика”, магистерская программа
код направления (специальности), полное наименование

Направленность (профиль/специализация) _____
Физика полупроводников. Микрорэлектроника
полное наименование

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

Дата введения в учебный процесс УлГУ: « 1 » _____ сентября _____ 2023 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 _____ 2023 г.	« 23 » _____ июня _____ 2023 г.

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Цели освоения дисциплины: формирование у студентов комплекса теоретических и практических навыков, необходимых для решения современных расчетных задач по движению электронов в электрическом и магнитном полях и взаимодействию электронов с СВЧ полем.

Задачи освоения дисциплины: усвоение основных принципов анализа электронных СВЧ устройств, изучение методов их проектирования, овладение методикой расчета и измерения выходных параметров.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина (Б1.В.02) «Электроника СВЧ» относится к базовой части профессионального цикла образовательной программы магистров по направлению 011200 «Физика». Курс предполагает подготовку студентов по предметам блоков «Математика» и «Физика» в объеме предусмотренной программой бакалавриата по физико-математическим наукам. Дисциплина «Электроника СВЧ» закладывает основы знаний для научно-исследовательской и инженерной деятельности магистра.

Дисциплина читается в 3-ом семестре 2-ого курса студентам очной формы обучения и базируется на следующих предшествующих учебных дисциплинах:

- «Математический анализ»;
- «Линейная алгебра»;
- «Дифференциальные уравнения»;
- «Электромагнитные явления».
- «Микро- и нано электроника»;

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

- Владеть техникой дифференцирования и интегрирования функций,
- уметь работать с матрицами и векторами,
- владеть основными методами решения дифференциальных уравнений.

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

- «Оптоэлектронные устройства»;
- «СВЧ приборы и интегральные микросхемы»;

а также для прохождения учебной, производственной и преддипломной практик, государственной итоговой аттестации.

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

Код компетенции и	Наименование компетенции	Описание компетенции
ПК-1	Научно-исследовательская деятельность	способность оформлять научно-техническую документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и представлять научно-

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

ПК-3	Организационно-инновационная педагогическая деятельность	исследовательские результаты на семинарах и конференциях. 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) _____ 3 _____

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

По каждой форме обучения: очная/заочная/очно-заочная заполняется отдельная таблица.

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения __ очная __)			
	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	36/36*	36/36*		
Аудиторные занятия:				
лекции	18/18*	18*/18*		
Семинары и практические занятия				
лабораторные работы, практикумы	18*/18*	18/18*		
Самостоятельная работа	72/72*	72/72*		
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, рефераты др. (не менее 2 видов)	устный опрос; проверка выполнения заданий	устный опрос; проверка выполнения заданий		
Курсовая работа				

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

Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	зачет	зачет		
Всего часов по дисциплине	108/108*	108/108*		

** 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				Самостоятельная работа	Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме		
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	
Электродинамические устройства, обеспечивающие взаимодействие электромагнитного поля с электронными потоками и передачу СВЧ энергии	69	4		13		52	устный опрос; проверка выполнения заданий
Создание неоднородных электронных потоков и возбуждение электромагнитного поля неоднородным электронным потоком	13	3				10	устный опрос; проверка выполнения заданий
Взаимодействие продольного	13	3				10	устный опрос;

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

СВЧ электрического поля с неоднородным электронным потоком							проверка выполнения заданий
Взаимодействие электромагнитного поля с электронным потоком, движущимся по криволинейной траектории	13	3				10	устный опрос; проверка выполнения заданий
Итого	108	13		13		82	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Раздел 1. Электродинамические устройства, обеспечивающие взаимодействие электромагнитного поля с электронными потоками и передачу СВЧ энергии.

Волноводы СВЧ поля. Коаксиальная линия. Эквивалентная схема коаксиальной линии. Объемные резонаторы СВЧ поля. Эквивалентные схемы объемного резонатора. Расчет резонансных частот и добротности объемного резонатора. Замедляющие структуры. Эквивалентные схемы замедляющих структур. Пространственные гармоники. Фазовые и групповые скорости пространственных гармоник. Волны в структурах с нормальной и аномальной дисперсией.

Раздел 2. Создание неоднородных электронных потоков и возбуждение электромагнитного поля неоднородным электронным потоком.

Модуляция электронного потока по скорости в продольном управляющем электрическом поле. Группировка электронов в промодулированном по скорости электронном потоке. Наведенный ток. Возбуждение электромагнитного поля потоком, пронизывающим плоскоэлектродный промежуток. Пролетный и отражательный клистрон.

Раздел 3. Взаимодействие продольного СВЧ электрического поля с неоднородным электронным потоком.

Волны пространственного заряда. Закон дисперсии и энергия волн пространственного заряда. Взаимодействие волны пространственного заряда с продольным СВЧ электромагнитным полем бегущей волны. Лампа бегущей волны. Лампа обратной волны.

Раздел 4. Взаимодействие электромагнитного поля с электронным потоком, движущимся по криволинейной траектории.

Движение электрона в скрещенных электрическом и магнитном полях. Отбор энергии из потока, движущегося в скрещенных полях. Магнетрон. Релятивистский электрон в скрещенных электрическом и магнитном полях. Ускорители электронов для релятивистских СВЧ приборов.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Данный вид работы не предусмотрен УП

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Раздел 1. Электродинамические устройства, обеспечивающие взаимодействие электромагнитного поля с электронными потоками и передачу СВЧ энергии.

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

1. Коэффициент полезного действия волновода.
2. Коэффициент бегущей волны.
3. Резонансные частоты резонатора.
4. Форма резонансной кривой резонатора

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ (ЗАЧЕТУ)

Вопросы к зачету

1. Уравнения электромагнитного поля и уравнения движения электрона.
2. Коаксиальный волновод. Волны в волноводе.
3. Отражение волн от границы коаксиального волновода.
4. Входное сопротивление коаксиального волновода.
5. Объемные резонаторы СВЧ поля.
6. Замедляющие структуры СВЧ поля.
7. Пространственные гармоники замедляющих структур СВЧ поля.
8. Волновое уравнение для пространственных гармоник замедляющих структур СВЧ поля.
9. Модуляция электронного потока по скорости в продольном управляющем электрическом поле.
10. Группировка электронов в промодулированном по скорости электронном потоке.
11. Пролетный клистрон.
12. Отражательный клистрон.
13. Лампа бегущей волны.
14. Магнетрон.
15. Волны пространственного заряда в одномерном электронном потоке.
16. Энергия волн пространственного заряда.
17. Электронный поток в электромагнитном поле.

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.)
Электродинамические устройства, обеспечивающие взаимодействие электромагнитного поля с электронными потоками и передачу	<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	52	устный опрос; проверка выполнения заданий

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

СВЧ энергии			
Создание неоднородных электронных потоков и возбуждение электромагнитного поля неоднородным электронным потоком	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; Подготовка к сдаче зачета	10	устный опрос; проверка выполнения заданий
Взаимодействие продольного СВЧ электрического поля с неоднородным электронным потоком	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; Подготовка к сдаче зачета	10	устный опрос; проверка выполнения заданий
Взаимодействие электромагнитного поля с электронным потоком, движущимся по криволинейной траектории	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; • Подготовка к сдаче зачета 	10	устный опрос; проверка выполнения заданий

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы

основная:

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. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08002-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492640>
2. Микрорезонаторы и СВЧ-устройства на их основе : учебное пособие / Р. Г. Галеев, А. С. Волошин, И. В. Говорун, А. М. Сержантов. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2020. — 166 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165883>

дополнительная:

18. Шебалкова, Л. В. Электродинамика, антенны и СВЧ-устройства СБЛ : учебно-методическое пособие / Л. В. Шебалкова, В. Б. Ромодин. — Новосибирск : НГТУ, 2020. — 75 с. — ISBN 978-5-7782-4142-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152203>
19. Собенин, Н. П. Практикум по курсу "Техника СВЧ : учебное пособие / Н. П. Собенин, М. В. Лалаян, М. А. Гусарова. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. — 128 с. — ISBN 978-5-7262-1358-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75754>
20. Приборно-технологическое проектирование элементной базы мощной свч-электроники : учебно-методическое пособие / составители Р. П. Алексеев [и др.]. — Воронеж : ВГУ, 2016. — 70 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165379>
21. Афанасьев С. А. Введение в электродинамику СВЧ : учеб. пособие / С. А.

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

Афанасьев, Д. Г. Санников; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2012. - 60 с. – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/644>

22. Афанасьев С. А. Электродинамика СВЧ: лабораторный практикум / С. А. Афанасьев, А. П. Гераскин; ИФФВТ. - Ульяновск: УлГУ, 2007. - 72 с. – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/642>

учебно-методическая:

1. Семенов А. Л. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Электроника СВЧ» студентов магистратуры по направлению 03.04.02 «Физика» очной формы обучения / А. Л. Семенов; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - 2019. - Загл. с экрана; Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 267 КБ). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6617>

Согласовано:

ДИРЕКТОР НБ / БУРХАНОВА М.М. / 2023
Должность сотрудника научной библиотеки / *ФИО* / *Подпись* / *дата*

б) Программное обеспечение

Лицензионные математические пакеты: Maple, пакет программ Мой Офис Стандартный, ОС Альт Рабочая станция 8.

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2023]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство «ЮРАЙТ». – Москва, [2023]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Политехресурс». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир.

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

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