

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	<b>Электроника СВЧ</b>
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. Микроэлектроника  
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 № 10 от 16.06 2024 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.

<b>СОГЛАСОВАНО</b>	
Заведующий выпускающей кафедрой РФЭ	
 Подпись	// Гурин Н.Т. / ФИО
« 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 <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	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		

СВЧ энергии			
Создание неоднородных электронных потоков и возбуждение электромагнитного поля неоднородным электронным потоком	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины;</li> <li>Подготовка к сдаче зачета</li> </ul>	10	устный опрос; проверка выполнения заданий
Взаимодействие продольного СВЧ электрического поля с неоднородным электронным потоком	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины;</li> <li>Подготовка к сдаче зачета</li> </ul>	10	устный опрос; проверка выполнения заданий
Взаимодействие электромагнитного поля с электронным потоком, движущимся по криволинейной траектории	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины;</li> <li>• Подготовка к сдаче зачета</li> </ul>	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. Микрополосковые резонаторы 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, [2024]. – 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, [2024]. - 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, [2024]. – 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, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.



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

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

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

### ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

вводится для регистрации изменений РПД в соответствии с отметкой на титульном листе об актуализации документа на заседании кафедры радиофизики и электроники

№ пп	Содержание изменений или ссылка на прилагаемый текст изменения	ФИО заведующего кафедрой, реализующей дисциплину	Подпись	Дата
1.	Программа актуализирована на заседании кафедры радиофизики и электроники (протокол №10 от 16 июня 2024 г.)	Гурин Н.Т.		16 июня 2024 г.
2	Обновлен перечень профессиональных баз данных, информационно-справочные системы	Гурин Н.Т.		16 июня 2024 г.