**ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей кафедрой

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Войтович Н. И.
Пользователь: voitovichni
Дата подписания: 23.05.2022

Н. И. Войтович

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.П1.08.02 Физическая электроника
**для направления** 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств
**уровень** Бакалавриат
**профиль подготовки** Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств
**форма обучения** очная
**кафедра-разработчик** Конструирование и производство радиоаппаратуры

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 928

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Войтович Н. И.
Пользователь: voitovichni
Дата подписания: 23.05.2022

Н. И. Войтович

Разработчик программы,
доцент

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Бухарин В. А.
Пользователь: bukharinva
Дата подписания: 23.05.2022

В. А. Бухарин

Челябинск

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является формирование и развитие фундаментальных знаний и навыков в области электроники сверхвысоких частот (СВЧ). Основными задачами дисциплины являются следующие: изучение основных физических процессов в твёрдотельных и электровакуумных приборах СВЧ, принципов функционирования электронных устройств СВЧ; овладение математическим аппаратом, методами физического исследования, техническими и программными средствами; приобретение навыков измерения и анализа параметров активных полупроводниковых и электровакуумных приборов СВЧ; изучение физических процессов, с которыми связаны перспективы развития электроники СВЧ.

## Краткое содержание дисциплины

Макроскопические уравнения Максвелла и микроскопические уравнения движения электронов (уравнения Лоренца). Кинетические уравнения. Линии передачи СВЧ и электродинамические структуры. Особенности свойств материалов на сверхвысоких частотах. Особенности протекания токов СВЧ. Излучения Вавилова-Черенкова и Смита-Парселла, переходное и тормозное излучения. Возбуждение объёмных резонаторов. Высшие типы колебаний. Фильтрация типов колебаний, выведение из активной области и нагружение нежелательных типов колебаний. Оротрон. Электронное смещение частоты. Техническая нестабильность частоты. СВЧ приборы с электростатическим управлением. СВЧ триоды и тетроды. Особенности динамического управления электронным потоком. Электронно-пучковые приборы О-типа и приборы со смешанным управлением. Устройства со скрещенными полями магнетронного типа. Пролётные, отражательные и многорезонаторные клистроны. Автогенераторы резонансного типа (типа М). Магнетроны. Планотрон. Амплитрон. Лампы бегущей волны. Реализация широкополосного усиления сигналов в ЛБВ. Усреднённые поля и характеристическое уравнение. ЛБВ и ЛОВ М-типа. Твёрдотельные полупроводниковые приборы СВЧ электроники. Эффект сильного поля. Диод Ганна, туннельный диод.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|
| УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | Знает: основные положения, законы и методы естественных наук, тенденции развития электроники<br>Умеет: представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира, находить и анализировать информацию о электронных устройствах; пользоваться монографической и периодической научно-технической литературой<br>Имеет практический опыт: работы с информационными системами, физико-математическим аппаратом и физическими моделями электронных устройств |
| ПК-11 Способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе | Знает: естественнонаучную сущность физических проблем, возникающих при анализе |

| | |
|---|---|
| профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат | электронных приборов<br>Умеет: применять для решения адекватный по сложности физико-математический аппарат и применять физические модели для электронных приборов.<br>Имеет практический опыт: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих при анализе физических процессов в электронных приборах, привлекать для их решения адекватный физико-математический аппарат; проводить экспериментальные исследования электронных приборов и использовать информационные технологии |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---|---|
| Информатика и программирование,<br>Основы компьютерного моделирования,<br>Математический анализ,<br>Основы теории цепей и электротехника,<br>Специальные главы математики | Физико-химические основы технологии РЭС,<br>Устройства функциональной электроники |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина | Требования |
|---|---|
| Информатика и программирование | Знает: "основы теории информации; техническиеи программные средства реализацииинформационных технологий;глобальные илокальные компьютерные сети; современные языки программирования, программное обеспечение и технологии программирования; средства автоматизации математических расчетов. современные языки программирования, программное обеспечение и технологии программирования; средства автоматизацииматематических расчетов. ", основные свойства, формы представления алгоритмов, основные типы алгоритмических структур, современные языки программирования для разработки компьютерных программ, пригодных для практического применения.<br>Умеет: "использовать возможности вычислительной техники и программного обеспечения, решать простые задачи алгоритмизации, создавать программы на языкевысокого уровня. использовать возможности вычислительной техники и программного обеспечения, решать простые |

| | |
|---|---|
| | задачи алгоритмизации, создавать программы на языкевысокого уровня", разрабатывать компьютерные программы, реализующие линейные, разветвляющиеся и циклические алгоритмы, для решения прикладных задач. Имеет практический опыт: "Владеет основными методами работы на ПЭВМ с прикладными программными средствами,навыками программирования и математического моделирования. основными методами работы на ПЭВМ с прикладными программными средствами, навыками программирования и математическогомоделирования, способен к разработке текстовой, программной документации в соответствии с нормативными требованиями ЕСПД", разработки, отладки и тестирования алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения. |
| Математический анализ | Знает: основные понятия и методы дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных; основные методы решения стандартных задач, использующих аппарат математического анализа, основные понятия и методы дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных; основные методы решения стандартных задач, использующих аппарат математического анализа Умеет: использовать методы математического анализа для решения стандартных профессиональных задач; применять математический аппарат для аналитического описания процессов и явлений в профессиональных дисциплинах, использовать методы математического анализа для решения стандартных профессиональных задач; применять математический аппарат для аналитического описания процессов и явлений в профессиональных дисциплинах Имеет практический опыт: решения прикладных задач с использованием методов математического анализа; применения дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных в дисциплинах естественнонаучного содержания, решения прикладных задач с использованием методов математического анализа; применения дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных в дисциплинах естественнонаучного содержания |
| Основы компьютерного моделирования | Знает: основные понятия и команды пакетов графических программ (ПГП), позволяющие строить двух- и трехмерные изображения (в виде чертежей или рисунков) объектов и изделий;, основные способы работы с графическими изображениями; способы хранения и передачи |

| | |
|---|---|
| | информации; методику адаптации пакетов графических программ для конкретных областей применения; Умеет: выполнять чертежи при помощи пакетов графических программ; строить трехмерные модели объектов и изделий при помощи пакетов графических программ; создавать пользовательские приложения для пакетов графических программ, строить трехмерные модели объектов; создавать визуализированные презентации спроектированных объектов и изделий при помощи пакетов графических программ; создавать пользовательские приложения для пакетов графических программ Имеет практический опыт: выполнения двумерных чертежей; построения трехмерных объектов; работы в пакетах графических программ; приемами компьютерного дизайна; , компьютерного моделирования и визуализации; работы с цветом и использования всей палитры цветов; составления макросов и программ для адаптации графических пакетов. |
| Основы теории цепей и электротехника | Знает: "основные приемы эффективного управления собственным временем; основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования; принципы философии, относящиеся к самоконтролю, саморазвитию и самообразованию человека.", законы теории цепей и электротехники, "Основные режимы работы электрическихцепей.", "Основные элементы электрических цепейи их параметры. Топологию электрическихцепей. Основные методы анализа электрических цепей." Умеет: планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения; планировать этапы работы на основе цели и задач исследования, проводить экспериментальные исследования по теории цепей и электротехники, выполнять чертежи при помощи пакетов графических программ; строить трехмерные модели объектов и изделий при помощи пакетов графических программ; создавать визуализированные презентации спроектированных объектов и изделий при помощи пакетов графических программ; создавать пользовательские приложения для пакетов графических программ, "Объяснять физическое назначениеэлементов и влияние их параметров нафункциональные свойства и переходныепроцессы электрических цепей." Имеет практический опыт: "Имеет практический опыт: управления собственным временем;определения направления саморазвития и самообразования; составления плана работы и его реализации.", обработки и |

| | |
|---|---|
| | представления данных, полученных в результате экспериментальных исследований по теории цепей и электротехники, : работы в пакетах графических программ; приемами компьютерного дизайна; техникой работы с цветом и использования всей палитры цветов, Владением практическими методами измерения параметров и характеристик электрических цепей |
| Специальные главы математики | Знает: основные понятия векторного и комплексного анализа, теории рядов; основные математические методы специальных разделов математики, применяемые в исследовании профессиональных проблем, основные понятия векторного и комплексного анализа, теории рядов; основные математические методы специальных разделов математики, применяемые в исследовании профессиональных проблем Умеет: использовать в профессиональной деятельности базовые знания специальных разделов математики; применять математические модели простейших систем и процессов для решения профессиональных задач, использовать в профессиональной деятельности базовые знания специальных разделов математики; применять математические модели простейших систем и процессов для решения профессиональных задач Имеет практический опыт: использования средств и методов векторного и комплексного анализа, теории рядов в и основ математического моделирования в практической деятельности, использования средств и методов векторного и комплексного анализа, теории рядов в и основ математического моделирования в практической деятельности |

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 57,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|---|---|---|
| | | Номер семестра |
| | | 4 |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 108 | 108 |
| *Аудиторные занятия:* | 48 | 48 |
| Лекции (Л) | 16 | 16 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 16 | 16 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 16 | 16 |
| *Самостоятельная работа (СРС)* | 50,5 | 50,5 |

| | | |
|---|---|---|
| с применением дистанционных образовательных технологий | 0 | |
| Подготовка к практическим занятиям | 18 | 18 |
| Подготовка к экзамену | 10,5 | 10.5 |
| Подготовка к лабораторным работам | 22 | 22 |
| Консультации и промежуточная аттестация | 9,5 | 9,5 |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | экзамен,КР |

## 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Л | ПЗ | ЛР |
| 1 | Введение. Предмет СВЧ электроники. | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | Основные положения СВЧ электроники. Макроскопические уравнения Максвелла и микроскопические уравнения движения электронов (уравнения Лоренца). Кинетические уравнения. | 6 | 2 | 4 | 0 |
| 3 | Линии передачи СВЧ и электродинамические структуры. Особенности свойств материалов на сверхвысоких частотах. Волноводы, коаксиальные волноводы, элементы СВЧ трактов, резонаторы, замедляющие системы. Поля в электродинамических структурах, связь и согласование элементов СВЧ трактов. Способы описания потерь в диэлектриках. Характеристики потерь для типичных диэлектриков, используемых в СВЧ электронике. Скин-эффект, его природа и характеристики для используемых на практике проводников. | 6 | 2 | 4 | 0 |
| 4 | Особенности протекания токов СВЧ, излучение отдельных частиц и взаимодействия электронов с СВЧ полями. Излучение отдельных частиц, совершающих сложное движение и связь их с явлениями, используемыми в сверхвысокочастотной электронике. Излучения Вавилова-Черенкова и Смита-Парселла, переходное и тормозное излучения. Характеристики пролётных явлений. Наведённые заряды и наведённые токи. Связь наведённых токов с конвективными. | 6 | 2 | 4 | 0 |
| 5 | Возбуждение объёмных резонаторов. Возбуждение колебаний в объёмных резонаторах заданными токами фиксированной частоты. Редуцирование сложной задачи к более простой, построение приемлемых аппроксимаций. Разбиение поля на резонансную и нерезонансную части, связь с действием объёмного заряда. Высшие типы колебаний. Фильтрация типов колебаний, выведение из активной области и нагружение нежелательных типов колебаний. Оротрон. Энергетический баланс. Электронное смещение частоты. Техническая нестабильность частоты. | 8 | 4 | 4 | 0 |
| 6 | Основные типы СВЧ устройств: СВЧ приборы с электростатическим управлением. Особенности динамического управления электронным потоком. Электронно-пучковые приборы О-типа и приборы со смешанным управлением. Устройства со скрещенными полями магнетронного типа. СВЧ триоды и тетроды. Возможности миниатюризации СВЧ устройств с электростатическим управлением. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Отражательные клистроны. Особенности динамического управления электронным потоком в клистронах. Пролётные, отражательные и многорезонаторные клистроны. Клистрон — прибор с чертами триода и клистрона. | 4 | 0 | 0 | 4 |
| 8 | Магнетроны. Элементарная теория магнетрона. Автогенераторы | 6 | 2 | 0 | 4 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | резонансного типа (типа М). Магнетронный генератор. Планотрон. Дрейфовое приближение, пренебрежение пространственным зарядом. Фазировка. Метод усреднения. Дрейфовое приближение как частный результат метода усреднения. Влияние пространственного заряда на орбитальное движение электронов. Эскизный характер анализа сложных явлений, порождаемых пространственным зарядом. Усилитель магне-тронного типа-амплитрон. | | | | |
| 9 | Лампы бегущей волны. Замедляющие системы. Основные типы. Коэффициент замедления Реализация широкополосного усиления сигналов в ЛБВ. Линейная теория лампы с бегущей волной типа О. Общая линейная теория лампы с бегущей волной типа О, применимая для любых замедляющих систем и для электронных пучков любого поперечного сечения. Идеальный механизм фазировки, существенные возмущающие факторы. Электронные волны. Усреднённые поля и характеристическое уравнение. ЛБВ и ЛОВ М-типа. | 4 | 0 | 0 | 4 |
| 10 | Твёрдотельные полупроводниковые приборы СВЧ электроники: диод Ганна и туннельный диод. Эффект сильного поля. Эффект дрейфового насыщения, разогрев электронного газа, горячие электроны, термоэлектронная ионизация Френкеля, ударная ионизация, эффект Зинера или электростатическая ионизация. Эффект Ганна. Образование электростатического домена. Перемещение электростатического домена и возникновение колебаний тока. Вольтамперная характеристика: статическая и динамическая. Структура диода Ганна. Теория туннельного эффекта. Туннельный диод. Энергетические диаграммы, принцип действия, вольтамперная характеристика. | 6 | 2 | 0 | 4 |
| 11 | Развивающиеся современные приложения СВЧ электроники. Перспективы её развития. Рассматриваются наиболее современные и привлекательные приложения СВЧ электроники в науке и технике. Анализируются перспективы развития СВЧ электроники с учётом возможных ее приложений. | 1 | 1 | 0 | 0 |

## 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Введение. Предмет СВЧ электроники. Структура курса, предполагаемые виды и методы подготовки и итогового контроля. Рекомендуемая литература. | 1 |
| 2 | 2 | Основные положения СВЧ электроники. Макроскопические уравнения Максвелла и микроскопические уравнения движения электронов (уравнения Лоренца). Кинетические уравнения. | 2 |
| 3 | 3 | Линии передачи СВЧ и электродинамические структуры. Особенности свойств материалов на сверхвысоких частотах. Волноводы, коаксиальные волноводы, элементы СВЧ трактов, резонаторы, замедляющие системы. Поля в электродинамических структурах, связь и согласование элементов СВЧ трактов. Способы описания потерь в диэлектриках. Характеристики потерь для типичных диэлектриков, используемых в СВЧ электронике. Скин-эффект, его природа и характеристики для используемых на практике проводников. | 2 |
| 4 | 4 | Особенности протекания токов СВЧ, излучение отдельных частиц и взаимодействия электронов с СВЧ полями. Излучение отдельных частиц, совершающих сложное движение и связь их с явлениями, используемыми в сверхвысокочастотной электронике. Излучения Вавилова-Черенкова и Смита-Парселла, переходное и тормозное излучения. Характеристики пролётных явлений. Наведённые заряды и наведённые токи. Связь наведённых токов с конвективными. | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 | 5 | Возбуждение объёмных резонаторов. Возбуждение колебаний в объёмных резонаторах заданными токами фиксированной частоты. Редуцирование сложной задачи к более простой, построение приемлемых аппроксимаций. Разбиение поля на резонансную и нерезонансную части, связь с действием объёмного заряда. Высшие типы колебаний. Фильтрация типов колебаний, выведение из активной области и нагружение нежелательных типов колебаний. Оротрон. | 2 |
| 6 | 5 | Энергетический баланс. Электронное смещение частоты. Техническая нестабильность частоты. | 2 |
| 7 | 8 | Магнетроны. Элементарная теория магнетрона. Автогенераторы резонансного типа (типа М). Магнетронный генератор. Планотрон. Дрейфовое приближение, пренебрежение пространственным зарядом. Фазировка. Метод усреднения. Замедляющие системы. Основные типы. Коэффициент замедления. | 2 |
| 8 | 10 | Твёрдотельные полупроводниковые приборы СВЧ электроники: диод Ганна и туннельный диод. Эффект сильного поля. Эффект Ганна. Образование электростатического домена. Перемещение электростатического домена и возникновение колебаний тока. Вольтамперная характеристика: статическая и динамическая. Структура диода Ганна. Теория туннельного эффекта. Туннельный диод. Энергетические диаграммы, принцип действия, вольтамперная характеристика. | 2 |
| 9 | 11 | Развивающиеся современные приложения СВЧ электроники. Перспективы её развития. Рассматриваются наиболее совре-менные и привлекательные приложения СВЧ электроники в науке и технике. Анализируются перспективы развития СВЧ электроники с учётом возможных ее приложений. | 1 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | Макроскопические уравнения Максвелла и микроскопические уравнения движения электронов (уравнения Лоренца). | 2 |
| 2 | 2 | Кинетические уравнения. | 2 |
| 3 | 3 | Линии передачи СВЧ и электродинамические структуры. Особенности свойств материалов на сверхвысоких частотах. Волноводы, коаксиальные волноводы, элементы СВЧ трактов, резонаторы, замедляющие системы. | 2 |
| 4 | 3 | Поля в электродинамических структурах, связь и согласование элементов СВЧ трактов. | 2 |
| 5 | 4 | Особенности протекания токов СВЧ, излучение отдельных частиц и взаимодействия электронов с СВЧ полями. | 2 |
| 6 | 4 | Излучения Вавилова-Черенкова и Смита-Парселла, переходное и тормозное излучения. Характеристики пролётных явлений. Наведённые заряды и наведённые токи. Связь наведённых токов с конвективными. | 2 |
| 7 | 5 | Возбуждение объёмных резонаторов. Возбуждение колебаний в объёмных резонаторах заданными токами фиксированной частоты. | 2 |
| 8 | 5 | Высшие типы колебаний. Фильтрация типов колебаний, выведение из активной области и нагружение нежелательных типов колебаний. Энергетический баланс. Электронное смещение частоты. Техническая нестабильность частоты. | 2 |

## 5.3. Лабораторные работы

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание лабораторной работы | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 7 | Исследование характеристик и параметров отражательного клистрона. Изучается электровакуумный прибор — отражательный клистрон, его конструкция, принцип работы, возбуждение резонатора электронным потоком, группировка электронов, определяются основные параметры и характеристики отражательного клистрона. | 4 |
| 2 | 8 | Исследование характеристик и параметров митрона (магнетрон). Изучается электровакууный прибор СВЧ — митрон, его конструкция, принцип работы, возбуждение низкодобротного резонатора электронным потоком, группировка и фазировка электронов, определяются основные параметры и характеристики митрона. | 4 |
| 3 | 9 | Исследование характеристик и параметров лампы бегущей волны. Изучается электровакуумный прибор — ЛБВ-О, её конструкция, принцип работы, возбуждение замедляющей системы электронным потоком, группировка и фазировка электронов, пространственные гармоники, фазовые и групповые скорости, определяются основные параметры и харак-теристики ЛБВ. | 4 |
| 4 | 10 | Исследование характеристик и параметров автогенератора на диоде Ганна. Изучается твёрдотельный полупроводниковый прибор СВЧ — диод Ганна, его структура, конструкция генератора СВЧ на диоде Ганна, принцип работы, режимы работы, механизм образования домена, определяются основные параметры и характеристики диода Ганна. | 4 |

## 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС | | | |
|---|---|---|---|
| Подвид СРС | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс | Семестр | Кол-во часов |
| Подготовка к практическим занятиям | ПУМД, осн. лит. 1, гл. 13, с.239-257, 257-281, гл. 17, с. 328-369, гл. 18, с. 369-393. Вольман, В.И. Техническая электродинамика: учеб. для электротехн. ин-тов связи / В.И. Вольман, Ю.В. Пименов. — М.: Связь, 1971. — 487 с. ил. ЭУМД, доп. лит. 1, гл. 16, с.532-552, гл. 19, с. 568-581, гл. 20, с. 581-598. Ткаченко, Ф.А. Электронные приборы и устройства. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Минск : Новое знание, 2011. — 682 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2922 — Загл. с экрана. ЭУМД, доп. лит. 6, гл. 4, с. 146-205. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники : учебное пособие / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-2002-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168894. | 4 | 18 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | — Режим доступа: для авториз. пользователей. | | |
| Подготовка к экзамену | ЭУМД, осн. лит. 2, гл. 8, с.559-587. Белоус, А. И. СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. Техническая энциклопедия : энциклопедия : в 2 книгах / А. И. Белоус, М. К. Мерданов, С. В. Шведов. — Москва : Техносфера, 2016 — Книга 1 — 2016. — 688 с. — ISBN 978-5-94836-444-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/110947. — Режим доступа: для авториз. пользователей. ЭУМД, доп. лит. 4, гл. 16, с.532-552, гл. 19, с. 568-581, гл. 20, с. 581-598. Ткаченко, Ф.А. Электронные приборы и устройства. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Минск : Новое знание, 2011. — 682 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2922 — Загл. с экрана. ПУМД, осн. лит. 1, гл. 13, с.239-257, 257-281, гл. 17, с. 328-369, гл. 18, с. 369-393. Вольман, В.И. Техническая электродинамика: учеб. для электротехн. ин-тов связи / В.И. Вольман, Ю.В. Пименов. — М.: Связь, 1971. — 487 с. ил. | 4 | 10,5 |
| Подготовка к лабораторным работам | ЭУМД, доп. лит. 4, гл. 16, с.532-552, гл. 19, с. 568-581, гл. 20, с. 581-598. Ткаченко, Ф.А. Электронные приборы и устройства. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Минск : Новое знание, 2011. — 682 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2922 — Загл. с экрана. ПУМД, осн. лит. 1, гл. 13, с.239-257, 257-281, гл. 17, с. 328-369, гл. 18, с. 369-393. Вольман, В.И. Техническая электродинамика: учеб. для электротехн. ин-тов связи / В.И. Вольман, Ю.В. Пименов. — М.: Связь, 1971. — 487 с. ил. | 4 | 22 |

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов | Учи-тыва-ется в ПА |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4 | Текущий контроль | Расчетно-графическая работа 1 | 1 | 3 | Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры.<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>Критерии начисления баллов (за каждую расчетно-графическую работу):<br>- расчетная и графическая части выполнены верно – 3 балла;<br>- расчетная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла;<br>- в расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балла;<br>- работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов.<br>Максимальное количество баллов – 3.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчетно-графической работу) – 1. | экзамен |
| 2 | 4 | Текущий контроль | Расчетно-графическая работа 2 | 1 | 3 | Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры.<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>Критерии начисления баллов (за каждую расчетно-графическую работу):<br>- расчетная и графическая части выполнены верно – 3 балла;<br>- расчетная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла;<br>- в расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балла;<br>- работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов.<br>Максимальное количество баллов – 3.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | каждую расчетно-графической работу) – 1. | |
| 3 | 4 | Текущий контроль | Защита лабораторной работы 1 | 1 | 5 | Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчёт. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса).<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)<br>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей (за каждую лабораторную работу):<br>- приведены все измеряемые характеристики и рассчитанные параметры – 1 балл;<br>- выводы логичны и обоснованы – 1 балл;<br>- оформление работы соответствует требованиям – 1 балл;<br>- правильный ответ на один вопрос – 1 балл.<br>Максимальное количество баллов – 5.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую лабораторную работу) – 1. | экзамен |
| 4 | 4 | Текущий контроль | Защита лабораторной работы 2 | 1 | 5 | Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчёт. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса).<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)<br>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей (за каждую лабораторную работу):<br>- приведены все измеряемые характеристики и рассчитанные параметры – 1 балл;<br>- выводы логичны и обоснованы – 1 балл;<br>- оформление работы соответствует требованиям – 1 балл;<br>- правильный ответ на один вопрос – 1 балл.<br>Максимальное количество баллов – 5. | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Весовой коэффициент мероприятия (за каждую лабораторную работу) – 1. | |
| 5 | 4 | Текущий контроль | Защита лабораторной работы 3 | 1 | 5 | Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчёт. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса).<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)<br>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей (за каждую лабораторную работу):<br>- приведены все измеряемые характеристики и рассчитанные параметры – 1 балл;<br>- выводы логичны и обоснованы – 1 балл;<br>- оформление работы соответствует требованиям – 1 балл;<br>- правильный ответ на один вопрос – 1 балл.<br>Максимальное количество баллов – 5.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую лабораторную работу) – 1. | экзамен |
| 6 | 4 | Текущий контроль | Защита лабораторной работы 4 | 1 | 5 | Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчёт. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса).<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)<br>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей (за каждую лабораторную работу):<br>- приведены все измеряемые характеристики и рассчитанные параметры – 1 балл;<br>- выводы логичны и обоснованы – 1 балл;<br>- оформление работы соответствует требованиям – 1 балл;<br>- правильный ответ на один вопрос – 1 балл.<br>Максимальное количество баллов – 5. | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Весовой коэффициент мероприятия (за каждую лабораторную работу) – 1. | |
| 7 | 4 | Курсовая работа/проект | Курсовая работа | - | 100 | Техническое задание выдается в первую неделю семестра. За две недели до окончания семестра студент сдаёт преподавателю пояснительную записку. Преподаватель выставляет предварительную оценку и допускает студента к защите.<br>В последнюю неделю семестра проводится защита КР.<br>На защиту студент предоставляет:<br>1. Развернутое техническое задание.<br>2. Программный продукт.<br>3. Пояснительную записку на 20-25 страницах в отпечатанном виде, содержащую описание разработки и соответствующие иллюстрации.<br><br>Защита курсовой работы выполняется в форме устного собеседования.<br>На защите студент коротко (3-5 мин.) докладывает об основных проектных решениях, принятых в процессе разработки, и отвечает на вопросы преподавателя. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br><br>Показатели оценивания:<br>– Соответствие техническому заданию:<br>30 баллов – полное соответствие техническому заданию, работоспособность во всех режимах;<br>20 баллов – полное соответствие техническому заданию, работоспособность в подавляющем большинстве режимов;<br>10 баллов – не полное соответствие техническому заданию, работоспособность только в части режимов;<br>0 баллов – не соответствие техническому заданию, неработоспособность или работоспособность только в малой части режимов.<br><br>– Качество пояснительной записки:<br>30 баллов – пояснительная записка имеет логичное, последовательное изложение материала с | кур-совые работы |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | соответствующими выводами и обоснованными положениями;<br>20 баллов – пояснительная записка имеет грамотно изложенную теоретическую главу, в ней представлены достаточно подробный анализ и критический разбор практической деятельности, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако с не вполне обоснованными положениями;<br>10 баллов – пояснительная записка имеет теоретическую главу, базируется на практическом материале, но имеет поверхностный анализ, в ней просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные положения;<br>0 баллов – пояснительная записка не имеет анализа, не отвечает требованиям, изложенным в методических рекомендациях кафедры. В работе нет выводов либо они носят декларативный характер.<br><br>– Защита курсовой работы:<br>40 баллов – при защите студент показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, легко отвечает на поставленные вопросы;<br>30 баллов – при защите студент показывает знание вопросов темы, оперирует данными исследования, вносит предложения по теме исследования, без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы;<br>10 баллов – при защите студент проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не всегда дает исчерпывающие аргументированные ответы на заданные вопросы;<br>0 баллов – при защите студент затрудняется отвечать на поставленные вопросы по её теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки.<br><br>Максимальное количество баллов – 100. | |
| 8 | 4 | Бонус | Бонусное задание | - | 0,75 | Студент представляет копии документов, подтверждающие победу или участие в предметных олимпиадах | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | по темам дисциплины. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Максимально возможная величина бонус-рейтинга +15 %. | |
| 9 | 4 | Проме-жуточная аттестация | Промежуточная аттестация | - | 5 | Промежуточная аттестация проводится в форме ответов на вопросы, приведённые в билете. Контрольные мероприятия промежуточной аттестации проводятся во время экзамена. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>На экзамене за ответы начисляется:<br>5 баллов - 85-100% правильных ответов;<br>4 балла - 75-85% правильных ответов;<br>3 балла - 60-74% правильных ответов;<br>2 балла - 40-59% правильных ответов;<br>1 балл - менее 40% правильных ответов;<br>0 баллов - студент не явился на экзамен. | экзамен |

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|---|---|---|
| экзамен | Промежуточная аттестация проводится в форме ответов на вопросы, приведённые в билете. Контрольные мероприятия промежуточной аттестации проводятся во время экзамена. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). На экзамене за ответы начисляется: 5 баллов - 85-100% правильных ответов; 4 балла - 75-85% правильных ответов; 3 балла - 60-74% правильных ответов; 2 балла - 40-59% правильных ответов; 1 балл - менее 40% правильных ответов; 0 баллов - студент не явился на экзамен. | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| УК-1 | Знает: основные положения, законы и методы естественных наук, тенденции развития электроники | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| УК-1 | Умеет: представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира, находить и анализировать информацию о | | | + | + | + | + | + | + | + |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | электронных устройствах; пользоваться монографической и периодической научно-технической литературой | | | | | | | | | |
| УК-1 | Имеет практический опыт: работы с информационными системами, физико-математическим аппаратом и физическими моделями электронных устройств | + | + | + | + | + | + | | + | + |
| ПК-11 | Знает: естественнонаучную сущность физических проблем, возникающих при анализе электронных приборов | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ПК-11 | Умеет: применять для решения адекватный по сложности физико-математический аппарат и применять физические модели для электронных приборов. | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ПК-11 | Имеет практический опыт: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих при анализе физических процессов в электронных приборах, привлекать для их решения адекватный физико-математический аппарат; проводить экспериментальные исследования электронных приборов и использовать информационные технологии | | + | + | + | + | + | + | | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

**Печатная учебно-методическая документация**

*а) основная литература:*

1. Вольман, В. И. Техническая электродинамика Учеб. для электротехн. ин-тов связи Под ред. Г. З. Айзенберга. - М.: Связь, 1971. - 487 с. ил.

*б) дополнительная литература:*

1. Физика твердого тела Учеб. пособие для вузов, изучающих курс физики твердого тела И. К. Верещагин, С. М. Кокин, В. А. Никитенко и др.; Под ред. И. К. Верещагина. - 2-е изд, испр. - М.: Высшая школа, 2001. - 236,[1] с. ил.

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

Не предусмотрены

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Алексеев, С.Н. Электровакуумные приборы.: Учебное пособие / С. Н. Алексеев. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 158 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Алексеев, С.Н. Электровакуумные приборы.: Учебное пособие / С. Н. Алексеев. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 158 с.

**Электронная учебно-методическая документация**

| № | Вид литературы | Наименование ресурса в электронной форме | Библиографическое описание |
|---|---|---|---|
| 1 | Основная | Электронно- | Трубецков, Д.И. Лекции по сверхвысокочастотной |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | литература | библиотечная система издательства Лань | электронике для физиков. Том 2. [Электронный ресурс] / Д.И. Трубецков, А.Е. Храмов. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2004. — 648 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2383 — Загл. с экрана. |
| 2 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Белоус, А. И. СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. Техническая энциклопедия : энциклопедия : в 2 книгах / А. И. Белоус, М. К. Мерданов, С. В. Шведов. — Москва : Техносфера, 2016 — Книга 1 — 2016. — 688 с. — ISBN 978-5-94836-444-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/110947. — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 3 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Белоус, А. И. СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи : энциклопедия : в 2 книгах / А. И. Белоус, М. К. Мерданов, С. В. Шведов. — 3-е изд., испр. — Москва : Техносфера, 2021 — Книга 2 — 2021. — 702 с. — ISBN 978-5-94836-606-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/181221. — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 4 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Ткаченко, Ф.А. Электронные приборы и устройства. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Минск : Новое знание, 2011. — 682 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2922 — Загл. с экрана. |
| 5 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Данилов, В.Г. Математическое моделирование эмиссии из катодов малых размеров. [Электронный ресурс] / В.Г. Данилов, В.Ю. Руднев, Р.К. Гайдуков, В.И. Кретов. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2014. — 232 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/63225 — Загл. с экрана. |
| 6 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники : учебное пособие / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-2002-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168894 (дата обращения: 01.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
3. Autodesk-Eductional Master Suite (AutoCAD, AutoCAD Architecture, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Inventor Professional Suite, AutoCAD Raster Design, MEP, Map 3D, Electrical, 3ds Max Design, Revit Architecture, Revit Structure, Revit(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНИТИ РАН(бессрочно)
2. -Информационные ресурсы ФИПС(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---|---|---|
| Лабораторные занятия | 1017 (3б) | Компьютеры, подключенные к сети Интернет, с пакетом прикладных программ, специализированное программное обеспечение. Макеты лабораторных работ; источники питания постоянного тока GWINSTEK GPR-6030D и GPR-30H10D; цифровой запоминающий осциллограф TEKTRONIX TDS2024B, генератор Г4-83, вольтметры В7-21; измерители мощности, мост термисторный Я2М-64; мультиметр В7-80. Демонстрационные образцы элементов: Различные полупроводниковые и микроэлектронные приборы СВЧ, образцы радиоматериалов и изделия из них. |
| Лекции | 1012 (3б) | Компьютер, проекционный аппарат, интернет. |
| Практические занятия и семинары | 1017 (3б) | Компьютеры, интернет. Демонстрационные образцы элементов: Различные полупроводниковые и микроэлектронные приборы СВЧ. |