

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.О.32 Электронные и квантовые приборы СВЧ

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль)

11.05.01.31 Радионавигационные системы и комплексы

Форма обучения

очная

Год набора

2019

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

Доцент, К.В. Лемберг

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является освоение принципов построения и работы электронных приборов СВЧ и оптического диапазонов для формирования базовой подготовки студентов, необходимой для успешного изучения специальных дисциплин, и последующего применения полученных знаний при решении производственных и исследовательских задач.

Дисциплина «Электронные и квантовые приборы СВЧ» в соответствии с учебным планом подготовки бакалавров по направлению 11.03.01 «Радиотехника» относится к дисциплинам вариативной части, обязательной к изучению в учебном плане подготовки бакалавров по программе 11.03.01. «Радиотехника».

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- сформировать у студентов необходимые знания физических основ явлений и принципов действия основных электронных и квантовых приборов, их устройства, параметров и характеристик, схем включения источников питания, условий безопасной работы, условных обозначений;

- научить студентов использовать полученные знания для правильного выбора приборов, нахождения параметров приборов по их характеристикам и определения влияния режимов на параметры;

- обеспечить навыками работы с приборами и аппаратурой для исследования характеристик и измерения параметров приборов.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-1: Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики</b>	
ОПК-1.1: Понимает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации	фундаментальные законы природы, основные физические и математические методы накопления, передачи и обработки применять фундаментальные законы природы, основные физические и математические методы накопления, передачи и обработки навыками применения фундаментальных законов природы, основных физических и математических методов накопления, передачи и обработки

ОПК-1.2: Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	способы применения физических законов и математических методов для решения задач теоретического и прикладного характера применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера
	навыками применения физических законов и математических методов для решения задач теоретического и прикладного характера
ОПК-1.3: Использует знания естественных наук и математики при решении практических задач	основы естественных наук и математики при решении практических задач применять знания естественных наук и математики при решении практических задач навыками основ естественных наук и математики при решении практических задач
<b>ОПК-4: Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных</b>	
ОПК-4.1: Применяет основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации	основные методы и средства проведения экспериментальных исследований применять основные методы и средства проведения экспериментальных исследований навыками применения основных методов и средств проведения экспериментальных исследований
ОПК-4.2: Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования	способы и средства измерений проводить экспериментальные исследования навыками выбора способов и средств измерений и навыками проведения экспериментальных исследований
ОПК-4.3: Обрабатывает и представляет полученные данные и оценивает погрешности результатов измерений	способы обработки и представления полученных данных и оценки погрешностей результатов измерений обрабатывать полученные данные и оценивать погрешности результатов измерений навыками обработки и представления полученных данных и оценки погрешностей результатов измерений

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1 (36)</b>	
занятия лекционного типа	0,5 (18)	
лабораторные работы	0,5 (18)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1 (36)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Введение. Электровакуумные приборы СВЧ.</b>									

<p>1. Введение</p> <p>Определение понятий электронные приборы СВЧ и квантовые приборы. Особенности диапазонов сверхвысоких частот и оптического, их роль в развитии радиоэлектроники. Краткий исторический очерк развития электроники СВЧ и квантовой электроники. Области применения электронных приборов СВЧ и квантовых приборов СВЧ и оптического диапазонов. Значение курса как одной из базовых дисциплин специальности, его связь с другими дисциплинами. Особенности устройства электронных приборов СВЧ: неразрывность электронной и колебательных систем, использование времени пролета электронов. Принцип динамического управления электронным потоком. Группирование электронов. Классификация, параметры и характеристики электронных приборов СВЧ. Особенности конструкций современных электровакуумных СВЧ диодов, триодов и тетродов. Влияние на их работу времени пролета электронов и распределенных реактивностей.</p>	2							
--	---	--	--	--	--	--	--	--

<p>2. Клистроны</p> <p>Двухрезонаторный усилительный клистрон, его свойство, модуляция электронного потока по скорости, группирование электронов, пространственно-временная диаграмма, закон изменения плотности тока, энергетическое взаимодействие электронных сгустков с полем резонатора. Параметры и характеристики.</p> <p>Частотно-умножительный клистрон, его устройство, принцип действия, параметры. Многорезонаторный усилительный клистрон: устройство, принцип действия, особенности группирования электронов, влияние настройки промежуточных резонаторов. Параметры и характеристики.</p> <p>Отражательный клистрон: устройство, принцип действия. Условия самовозбуждения, зоны генерации.</p> <p>Электронная перестройка частоты. Области применения клистронов.</p>	2							
---	---	--	--	--	--	--	--	--



<p>3. Электронные приборы СВЧ типа "О" с длительным взаимодействием</p> <p>Принцип группирования электронов в поле бегущей волны, условия взаимодействия с электромагнитным полем.</p> <p>Особенности и преимущества приборов с длительным взаимодействием. Необходимость уменьшения фазовой скорости волны. Замедляющие системы (ЗС). Принцип замедления, варианты конструкций ЗС. Понятие о пространственных гармониках, прямых и обратных волнах. Частотная дисперсия.</p> <p>Устройство усилителя на лампе бегущей волны (ЛБВ), принцип работы, основные параметры и характеристики. Области применения.</p> <p>Генератор на лампе обратной волны (ЛОВ), устройство и принцип действия. Условия самовозбуждения, режим регенеративного усиления, электронная перестройка частоты. Параметры и характеристики. Области применения.</p>	2							
---	---	--	--	--	--	--	--	--

<p>4. Электронные приборы СВЧ типа "М"  Движение электронов в скрещенных однородных электрическом и магнитном полях; парабола критического режима. Взаимодействие электронов с неоднородным СВЧ электрическим полем: влияние поперечной и продольной составляющих поля. Энергетическое взаимодействие электронов с волной. Лампы бегущей и обратной волны типа М. Усилитель на ЛБВ типа М, его устройство и принцип действия; параметры и характеристики: коэффициент усиления, полоса рабочих частот, электронный КПД, шумы, амплитудная характеристика. Генератор на ЛОВ типа М, его устройство, принцип действия, условия самовозбуждения, параметры и характеристики. Области применения ЛБВ и ЛОВ типа М. Многорезонаторный магнетрон, устройство и принцип действия; виды колебаний анодного блока. Спектр видов колебаний. Разделение видов колебаний. Образование и движение электронных спиц. Условия самовозбуждения. Параметры и характеристики. Разновидности магнетронов. Области применения.</p>	2							
5. Изучение лабораторного оборудования					2			
6. Исследование отражательного клистрона					4			
7. Исследование лампы обратной волны					4			
8. Исследование многорезонаторного магнетрона					4			
9. Исследование многорезонаторного магнетрона					2			
10. Введение. Электровакуумные приборы СВЧ.							20	
<b>2. Полупроводниковые приборы СВЧ.</b>								

<p>1. Полупроводниковые приборы СВЧ          Диод Ганна. Энергетическая диаграмма многодолинного полупроводника. Полескоростная и вольтамперная характеристики. Условия формирования домена высокого поля; форма тока через прибор. Пролетный режим. Физические процессы, определяющие работу диода Ганна в других режимах. Особенности конструкции генератора на диоде Ганна, основные параметры, области применения. Лавинно-пролетные диоды (ЛПД), варианты их устройства. Основные физические процессы в ЛПД: лавинное размножение носителей в базе. Пролетный режим ЛПД, его особенности. Основные параметры ЛПД. Примеры конструкций генератора ЛПД, области применения. Сравнительная оценка различных электронных приборов СВЧ. Краткие сведения о вновь разрабатываемых приборах. Перспективы развития электронных приборов СВЧ.</p>	4							
2. Исследование генератора на диоде Ганна				2				
3. Полупроводниковые приборы СВЧ.						10		
<b>3. Квантовые приборы.</b>								

<p>1. Физические основы работы квантовых приборов  Основные сведения. Определение терминов "квантовые приборы", "лазер", "мазер" и др. Классификация квантовых приборов по диапазону частот, рабочему веществу и другим признакам. Важность освоения радиоэлектроникой оптического диапазона волн. Основные особенности и области применения квантовых приборов.  Физические основы квантовых приборов.  Энергетические спектры атомов, молекул и твердых тел. Нормальное и возбужденное состояние системы; понятие о спонтанных переходах и спонтанном излучении. Метастабильное состояние, среднее время жизни частиц. Понятие об индуцированном (вынужденном) излучении и поглощении. Соотношение Эйнштейна. Понятие об инверсной населенности, ее характеристики: число активных частиц, температура перехода. Методы создания инверсии населенности: энергетическая накачка, метод сортировки и др.; насыщение перехода. Квантовое усиление; режим самовозбуждения.</p>	2							
--	---	--	--	--	--	--	--	--

<p>2. Квантовые приборы СВЧ  Особенности квантовых СВЧ приборов. Квантовый генератор на молекулах аммиака, его устройство, принцип действия, основные параметры.  Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР), спектры ЭПР в рубине и других твердых телах. Квантовые парамагнитные усилители (КПУ): резонаторные (“проходного” и “отражательного” типов), КПУ бегущей волны, их устройство; особенности резонаторных систем. Активные вещества, используемые в КПУ. Параметры и характеристики КПУ.  Квантовые стандарты частоты, их устройство, основные характеристики и параметры.</p>	2							
<p>3. Квантовые приборы оптического диапазона  Блок-схема оптического квантового генератора (лазера). Классификация. Оптический резонатор, его устройство, типы колебаний.  Газовые лазеры. Гелий-неоновый (атомный) лазер, его устройство и энергетическая диаграмма; принцип создания инверсной населенности; рабочие переходы; основные параметры. Аргоновый (ионный) лазер, его устройство, энергетическая диаграмма, основные параметры. Лазер на молекулах CO<sub>2</sub>, его устройство, принцип работы, параметры.  Сравнительная оценка квантовых приборов различных типов, области их применения. Перспективы развития квантовой электроники.</p>	2							
4. Квантовые приборы.						6		
5.								

Bcero	18				18		36	
-------	----	--	--	--	----	--	----	--

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Федоров Н.Д. Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы: учебник для радиотехнических специальностей вузов(Москва: Атомиздат).
2. Березин В.М., Буряк В.С., Гутцайт Э.М., Марин В.П. Электронные приборы СВЧ: учеб. пособие для вузов по спец. "Электронные приборы"(Москва: Высшая школа).
3. Дулин В. Н. Электронные и квантовые приборы СВЧ: учебник для радиотехн. спец. вузов(Москва: Энергия).
4. Изотов А. В., Сержантов А. М., Волошин А. С. Электронные и квантовые приборы СВЧ: лаб. практикум [для студентов спец. 160905.65, 200101.65, 210302.65, 210303.65 и напр. 200100.62, 210300.62](Красноярск: СФУ).
5. Изотов А. В., Сержантов А. М., Волошин А. С. Электронные и квантовые приборы СВЧ: лаб. практикум для студентов спец. 160905.65 "Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования", 200101.65 "Приборостроение", 210302.65 "Радиотехника", 210303.65 "Бытовая радиоэлектронная аппаратура", 200100.62 "Приборостроение", 210300.62 " Радиотехника"(Красноярск: СФУ).

**4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Научная библиотека СФУ <http://bik.sfu-kras.ru/>, располагающая следующими научными периодическими изданиями:
2. Антенны (Сборник статей).
3. Зарубежная радиоэлектроника.
4. Измерительная техника.
5. Изобретатель и рационализатор.
6. Микросистемная техника.
7. Известия вузов. Приборостроение.
8. Известия вузов. Радиофизика.
9. Известия вузов. Радиоэлектроника.
10. Известия вузов. Электроника.
11. Программные продукты и системы.
12. Радиотехника.
13. Радиотехника и электроника.

14. Приборы и техника эксперимента.

**5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Клистрон – 1 шт.

Лампа обратной волны – 1 шт.

Магнетрон – 1 шт.

Генератор на диоде Ганна – 1 шт.

Ваттметр – 4 шт.

Частотомер – 4 шт.

Источники питания низковольтные – 4 шт.

Источники питания высоковольтные – 5 шт.