

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

Б1.Б.38 Электронные и квантовые приборы СВЧ

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования

Направленность (профиль)

25.05.03 специализация N 2 "Инфокоммуникационные системы на  
транспорте и их информационная защита":

Форма обучения

очная

Год набора

2017

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ кандидат физико-математических наук, доцент, Изотов А.В.

\_\_\_\_\_ 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.

### 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>ОК-7: способностью к самоорганизации и самообразованию</b>	
<b>ПК-4: готовностью участвовать в модернизации транспортного радиоэлектронного оборудования, формировать рекомендации по выбору и замене его элементов и систем</b>	
ПК-4: готовностью участвовать в модернизации транспортного радиоэлектронного оборудования, формировать рекомендации по выбору и замене его элементов и систем	физические основы явлений и принцип действия основных электронных и квантовых приборов, их устройство, параметры и характеристики, схемы включения источников питания, условия безопасной работы, условные обозначения использовать полученные знания для правильного выбора приборов, нахождения параметров приборов по их характеристикам и определения влияния режимов на параметры навыками работы с приборами и аппаратурой для исследования характеристик и измерения параметров приборов.

### 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>1,5 (54)</b>	
занятия лекционного типа	0,5 (18)	
лабораторные работы	1 (36)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1,5 (54)</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					8			
7. Исследование лампы обратной волны					8			
8. Исследование многорезонаторного магнетрона					8			
9. Введение. Электровакуумные приборы СВЧ.							28	
<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					10			
3. Полупроводниковые приборы СВЧ.							14	
<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. Аргонный (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.							12	
Всего	18				36		54	

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

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

1. Соркин А.Р., Саломатов Ю.П., Исаенко Л.С. Измерительные приборы СВЧ. Устройства СВЧ и антенны: учебное пособие(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
2. Андрушко Л. М., Федоров Н. Д. Электронные и квантовые приборы СВЧ: учебник для вузов по специальностям "Многоканальная электросвязь", "Радиосвязь и радиовещание"(Москва: Радио и связь).
3. 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).
4. Федоров Н.Д. Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы: учебник для радиотехнических специальностей вузов(Москва: Атомиздат).
5. Дулин В. Н. Электронные и квантовые приборы СВЧ: учебник для радиотехн. спец. вузов(Москва: Энергия).
6. Изотов А.В. Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы: лабораторный практикум(Красноярск: СФУ).
7. 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).
8. Изотов А. В., Сержантов А. М., Волошин А. С. Электронные и квантовые приборы СВЧ: учеб.-метод. пособие для самостоят. работы [для студентов спец. 160905.65, 200101.65, 210302.65, 210303.65 и напр. 200100.62, 210300.62](Красноярск: СФУ).
9. 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).
10. Изотов А. В., Сержантов А. М., Волошин А. С. Электронные и квантовые приборы СВЧ: учеб.-метод. пособие для самостоят. работы студентов направлений 160905.65 "Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования", 200101.65 "Приборостроение", 210302.65 "Радиотехника", 210303.65 "Бытовая радиоэлектронная аппаратура", 200100.62 "Приборостроения", 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):**

1. №

2.	п/п	Разработчик программы	Название программного
3.		продукта	
4.	1	orCAD	orCAD
5.	2	labcenter-electronics	Proteus
6.	3	Carl Burch	Logisim

#### **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.