

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОГЛАСОВАНО**

**Заведующий кафедрой**

**Кафедра радиотехники (РТ\_ОР)**

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

**Заведующий кафедрой**

**Кафедра радиотехники (РТ\_ОР)**

наименование кафедры

**Саломатов Ю.П.**

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ЭЛЕКТРОННЫЕ И КВАНТОВЫЕ  
ПРИБОРЫ СВЧ**

Дисциплина Б1.Б.39 Электронные и квантовые приборы СВЧ

Направление подготовки /  
специальность 25.05.03 Техническая эксплуатация  
транспортного радиоборудования  
*Специализация 25 05 03 02*

Направленность  
(профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2016

Красноярск 2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по укрупненной группе

250000 «АЭРОНАВИГАЦИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВИАЦИОННОЙ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Специальность 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования

Специализация 25.05.03.02 Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита 2016г.

Программу  
составили

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

## **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 является вариативной элективной.

### **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

<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>
--

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Курс базируется на ранее изученных дисциплинах:

Электродинамика и распространение радиоволн

Физика

Электроника

Знания и умения, приобретенные в процессе изучения этой дисциплины, используются в дисциплинах:

Устройства генерирования и формирования сигналов

Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны

Радиолокационные системы

Подвижные системы связи

Радионавигационные системы

Телекоммуникационные системы

1.5 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)	Семестр
		7
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3 (108)</b>	<b>3 (108)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,5 (54)</b>	<b>1,5 (54)</b>
занятия лекционного типа	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия		
практикумы		
лабораторные работы	1 (36)	1 (36)
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1,5 (54)</b>	<b>1,5 (54)</b>
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

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

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение. Электровакуумные приборы СВЧ.	8	0	26	26	
2	Полупроводниковые приборы СВЧ.	4	0	10	14	
3	Квантовые приборы.	6	0	0	14	
Всего		18	0	36	54	

#### 3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	1	<p>Введение  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	0	0
---	---	---	---	---	---

2	1	<p>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.</p> <p>Многорезонаторный усилительный клистрон: устройство, принцип действия, особенности группирования электронов, влияние настройки промежуточных резонаторов. Параметры и характеристики.</p> <p>Отражательный клистрон: устройство, принцип действия.</p> <p>Условия самовозбуждения, зоны генерации. Электронная перестройка частоты. Области применения клистронов.</p>	2	0	0
---	---	---	---	---	---



3	1	<p>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.</p> <p>Необходимость уменьшения фазовой скорости волны.</p> <p>Замедляющие системы (ЗС). Принцип замедления, варианты конструкций ЗС.</p> <p>Понятие о пространственных гармониках, прямых и обратных волнах.</p> <p>Частотная дисперсия.</p> <p>Устройство усилителя на лампе бегущей волны (ЛБВ), принцип работы, основные параметры и характеристики.</p> <p>Области применения.</p> <p>Генератор на лампе обратной волны (ЛОВ), устройство и принцип действия. Условия самовозбуждения, режим регенеративного усиления, электронная перестройка частоты.</p> <p>Параметры и характеристики.</p> <p>Области применения.</p>	2	0	0
---	---	---	---	---	---

4	1	<p>Электронные приборы СВЧ типа "М"</p> <p>Движение электронов в скрещенных однородных электрическом и магнитном полях; парабола критического режима.</p> <p>Взаимодействие электронов с неоднородным СВЧ электрическим полем: влияние поперечной и продольной составляющих поля.</p> <p>Энергетическое взаимодействие электронов с волной.</p> <p>Лампы бегущей и обратной волны типа М.</p> <p>Усилитель на ЛБВ типа М, его устройство и принцип действия; параметры и характеристики: коэффициент усиления, полоса рабочих частот, электронный КПД, шумы, амплитудная характеристика.</p> <p>Генератор на ЛОВ типа М, его устройство, принцип действия, условия самовозбуждения, параметры и характеристики.</p> <p>Области применения ЛБВ и ЛОВ типа М.</p> <p>Многорезонаторный магнетрон, устройство и принцип действия; виды колебаний анодного блока. Спектр видов колебаний. Разделение видов колебаний.</p> <p>Образование и движение электронных спиц. Условия самовозбуждения.</p> <p>Параметры и характеристики. 10</p> <p>Разновидности магнетронов. Области применения.</p>	2	0	0
---	---	--	---	---	---

5	2	<p>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	0	0
---	---	---	---	---	---

6	3	<p>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.  Метаустойчивое 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	0	0
---	---	--	---	---	---

7	3	<p>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	0	0
---	---	--	---	---	---

8	3	<p>Квантовые приборы оптического диапазона</p> <p>Блок-схема оптического квантового генератора (лазера).</p> <p>Классификация.</p> <p>Оптический резонатор, его устройство, типы колебаний.</p> <p>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.</p> <p>Сравнительная оценка квантовых приборов различных типов, области их применения.</p> <p>Перспективы развития квантовой электроники.</p>	2	0	0
Всего			18	0	0

### 3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

### 3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

1	1	Изучение лабораторного оборудования	2	0	0
2	1	Исследование отражательного клистрона	8	0	0
3	1	Исследование лампы обратной волны	8	0	0
4	1	Исследование многорезонаторного магнетрона	8	0	0
5	2	Исследование генератора на диоде Ганна	10	0	0
Всего			26	0	0

#### **4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	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, 2012
Л1.2	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, 2012

#### **5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

#### **6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год

Л1.1	Федоров Н.Д.	Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы: учебник для радиотехнических специальностей вузов	Москва: Атомиздат, 1979
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	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, 1985
Л2.2	Дулин В. Н.	Электронные и квантовые приборы СВЧ: учебник для радиотехн. спец. вузов	Москва: Энергия, 1972
6.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	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, 2012
Л3.2	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, 2012
Л3.3	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, 2012
Л3.4	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, 2012

## 7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	Сайт библиотечно-издательского комплекса СФУ	<a href="http://bik.sfu-kras.ru">http://bik.sfu-kras.ru</a>
----	--	---



## **8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

- Слайдовое сопровождение к лекционным занятиям;
- Тематика, основные вопросы по проведению лабораторных занятий;
- Вопросы и задания для различных форм текущего контроля знаний, умений, навыков.

В часы, отведенные под самостоятельную работу, студент должен изучать теоретический курс и оформлять отчет о выполнении лабораторной работы. На самостоятельное изучение теоретического курса отводится 36 акад. часов. Самостоятельная работа выполняется студентами на основе учебно-методических материалов дисциплины.

## **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **9.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

9.1.1	№		
9.1.2	п/п	Разработчик программы	Название программного
9.1.3		продукта	
9.1.4	1	orCAD	orCAD
9.1.5	2	labcenter-electronics	Proteus
9.1.6	3	Carl Burch	Logisim

### **9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

9.2.1	Научная библиотека СФУ <a href="http://bik.sfu-kras.ru/">http://bik.sfu-kras.ru/</a> , располагающая следующими научными периодическими изданиями:
9.2.2	1. Антенны (Сборник статей).
9.2.3	2. Зарубежная радиоэлектроника.
9.2.4	3. Измерительная техника.
9.2.5	4. Изобретатель и рационализатор.
9.2.6	5. Микросистемная техника.
9.2.7	6. Известия вузов. Приборостроение.
9.2.8	7. Известия вузов. Радиоп физика.
9.2.9	8. Известия вузов. Радиоэлектроника.
9.2.1 0	9. Известия вузов. Электроника.
9.2.1 1	10. Программные продукты и системы.
9.2.1 2	11. Радиотехника.

9.2.1 3	12. Радиотехника и электроника.
9.2.1 4	13. Приборы и техника эксперимента.

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

1. Клистрон – 1 шт.
2. Лампа обратной волны – 1 шт.
3. Магнетрон – 1 шт.
4. Генератор на диоде Ганна – 1 шт.
5. Ваттметр – 4 шт.
6. Частотомер – 4 шт.
7. Источники питания низковольтные – 4 шт.
8. Источники питания высоковольтные – 5 шт.