

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

25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования

Направленность (профиль)

25.05.03.31 Информационно-телекоммуникационные системы на
транспорте и их информационная защита

Форма обучения

очная

Год набора

2021

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.

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

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения по дисциплине |
|---|---|
| ОПК-1: Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики | |
| ОПК-1.1: Понимает фундаментальные законы природы и основные физические математические методы накопления, передачи и обработки информации | |
| ОПК-1.2: Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера | |
| ОПК-1.3: Использует знания естественных наук и математики при решении практических задач | |
| ОПК-5: Способен проводить измерения и инструментальный контроль, проводить обработку результатов и оценивать погрешности | |

| | |
|---|--|
| ОПК-5.1: Применяет | |
| основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации | |
| ОПК-5.2: Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования | |
| ОПК-5.3: Обрабатывает и представляет полученные данные и оценивает погрешности 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 |
| Контактная работа с преподавателем: | 1 (36) | |
| занятия лекционного типа | 0,5 (18) | |
| лабораторные работы | 0,5 (18) | |
| Самостоятельная работа обучающихся: | 1 (36) | |
| 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 |
| 1. Введение. Электровакуумные приборы СВЧ. | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <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 | | | | 1 | | | | |
| 6. Исследование отражательного клистрона | | | | 4 | | | | |
| 7. Исследование лампы обратной волны | | | | 4 | | | | |
| 8. Исследование многорезонаторного магнетрона | | | | 4 | | | | |
| 9. Введение. Электровакуумные приборы СВЧ. | | | | | | 17 | | |
| 2. Полупроводниковые приборы СВЧ. | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|--|--|---|--|---|--|--|
| <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 | | | | 5 | | | | |
| 3. Полупроводниковые приборы СВЧ. | | | | | | 7 | | |
| 3. Квантовые приборы. | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <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 CO₂, 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 | | | | 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: 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).
6. 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).
7. 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.