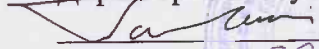


**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УТВЕРЖДАЮ

Директор института


« 1 » 09

А.А. Галкин

2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
"Микроволновые генераторы и усилители" (МВГУ)**

Направление подготовки
11.04.01 «Радиотехника»

Профиль/программа подготовки
Радиотехнические и телекоммуникационные системы

Владимир
2022

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины

Дисциплина "Микроволновые генераторы и усилители" (МВГУ) обеспечивает подготовку специалиста в области разработки, производства и эксплуатации радиотехнических средств диапазона СВЧ.

Задачи:

1. Подготовка в области физики работы генераторов и усилителей радиосигналов в микроволновом диапазоне.
2. Подготовка в области применения широко используемых и перспективных электронных приборов СВЧ с учетом их основных характеристик.
3. Формирование практических навыков работы с электронными приборами СВЧ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина "Микроволновые генераторы и усилители" относится к базовым вариативным дисциплинам: Код – Б1.В.05

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1. Знает этапы жизненного цикла проекта, принципы формирования концепции проекта в рамках обозначенной проблемы, основные требования, предъявляемые к проектной работе и критерии оценки результатов проектной деятельности. УК-2.2. Умеет разрабатывать концепцию проекта, формулируя цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения УК-2.3 Владеет навыками	Знает этапы разработки приборов СВЧ, основные требования, предъявляемые к проектной работе и критерии оценки результатов проектной деятельности. Умеет формулировать цель, задачи, актуальность, ожидаемые результаты и возможные сферы применения приборов СВЧ. Владеет навыками составления плана реализации проекта и контроля его выполнения	Тестовые вопросы Контрольная работа Практико-ориентированное задание

	составления плана реализации проекта и контроля его выполнения		
ПК-1 Способен самостоятельно осуществлять постановку задачи исследования	ПК-1.1. Знает принципы подготовки и проведения научных исследований и технических разработок ПК-1.2. Умеет планировать порядок проведения научных исследований. ПК-1.3 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования	Знает принципы подготовки и проведения исследований и технических разработок Умеет планировать и выполнять порядок проведения теоретических и экспериментальных исследований	Тестовые вопросы Контрольная работа Практико-ориентированное задание
ПК-2 Способен выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ	ПК-2.1. Знает физические и математические модели и методы моделирования сигналов, процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиотехнических устройств и систем ПК-2.2. Умеет формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и моделирования радиотехнических устройств и систем ПК-2.3. Владеет математическим аппаратом для решения задач теоретической и прикладной радиотехники. методами исследования и моделирования объектов радиотехники	ПК-2.1. Знает физические и математические модели и методы моделирования сигналов, процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия приборов СВЧ Владеет математическим аппаратом для решения задач исследования и моделирования приборов СВЧ	Тестовые вопросы Контрольная работа Практико-ориентированное задание
ПК-3. Способен разрабатывать и обеспечивать программную реализацию эффективных алгоритмов решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования	ПК-3.1. Знает методы разработки эффективных алгоритмов решения научно- исследовательских задач ПК-3.2. Умеет применять алгоритмы решения исследовательских задач с использованием современных методов программирования ПК-3.3. Владеет навыками разработки стратегии и	Знает методы разработки и эффективные алгоритмы решения научно-исследовательских задач с использованием современных методов программирования. Владеет навыками разработки стратегии и методик	Тестовые вопросы Контрольная работа Практико-ориентированное задание

	методологии исследования радиотехнических устройств и систем	исследования приборов СВЧ	
--	--	---------------------------	--

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 часов.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежут. аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Значение микроволновой электроники в современном мире	1	1	2					
2			2				1	1	
3	Классификация и возможности приборов микроволновой электроники		3	2					
4			4				1	1	
5	Колебательные системы электронных приборов СВЧ		5	2					
6			6				1	1	Рейтинг контроль №1
7	Физика работы приборов с электростатическим управлением		7	2					
8			8				1	1	
9	Физика работы электронных приборов СВЧ		9	2					
10			10			4	1	1	
11	Физика работы приборов типа "О" с длительным взаимодействием		11	2					
12			12			4	1	1	Рейтинг контроль №2
13	Физика работы электронных приборов типа "М"		13	2					
14			14			4	1	1	
15	Физика работы полупроводниковых приборов СВЧ		15	2					
16			16			4	1	1	
17	Лавинно-пролетные диоды (ЛПД)		17	2					
18			18			2	1	1	Рейтинг контроль №3
Всего				18		18		9	Экзамен (27)
Наличие в дисциплине КП/КР									-
Итого по дисциплине				18		18		9	Экзамен (27)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Тема 1 . Значение микроволновой электроники в современном мире

Цели преподавания и содержание дисциплины. Основные требования и объем. Рекомендуемая литература. Рекомендации МККР (Международного консультативного комитета по радио) по делению спектра электромагнитных колебаний на диапазоны ВЧ, ОВЧ, УВЧ, СВЧ, КВЧ, УСВЧ.

Особенности диапазона СВЧ. Техника СВЧ в системах связи и радиопротиводействия, радиовещания и телевидения, радиолокации и радионавигации, телеметрии и радиоуправления, радиоастрономии и метеорологии, медицине и метрологии и др. СВЧ и развитие космической техники. Применение СВЧ в технологических целях (для нагрева, сварки, резки и т.д.).

Тема 2. Классификация и возможности приборов микроволновой электроники

Классификация и возможности современных приборов СВЧ и квантовых приборов. Краткий исторический очерк развития электроники СВЧ и квантовой электроники. Проблемы освоения СВЧ диапазона. Сравнительные возможности приборов разного вида: приборы с электростатическим и с динамическим управлением; полупроводниковые приборы. Тенденции развития электроники СВЧ. Квантовые приборы СВЧ.

Тема 3. Колебательные системы электронных приборов СВЧ

Требования к резонаторам. Тороидальный и цилиндрический объемные резонаторы. Коаксиальные четвертьволновый и полуволновый резонаторы. Прямоугольный объемный резонатор. Магнетронные резонаторные системы. Связь резонаторных систем с нагрузкой.

Требования к замедляющим системам. Замедление фазовой скорости электромагнитного поля с целью приближения ее к скорости электронного потока. Типы и особенности замедляющих систем. Принцип геометрического замедления.

Конструкции ЗС, входных и выходных устройств. Замедляющие системы типа спираль (однозаходные, двухзаходные), меандрового типа (встречные штыри, гребенка, цепочка резонаторов или щель-отверстие). Дисперсия ЗС (зависимость фазовой скорости от частоты) нормальная и аномальная. Пространственные гармоники прямые и обратные. Нулевая пространственная гармоника.

Тема 4. Физика работы приборов с электростатическим управлением

Ограничения, связанные с влиянием времени пролета электронов, наличием паразитных реактивностей выводов, а также с потерями в диэлектрических изоляторах. Уменьшение внутриламповых реактивностей. Принцип органического слияния триода с полыми резонаторами, схемы с общим катодом и с общей сеткой.

Коаксиальные металлокерамические триоды. Современные достижения в технологии изготовления мелкоструктурных сеток и сближения электродов ламп. Применение триодов и тетродов СВЧ. Достоинства приборов с электростатическим управлением электронным потоком. Особенности электронных СВЧ-приборов: неразрывность электронной и колебательной систем, использование времени пролета электронов. Обмен энергией между электронными потоком и электрическим полем.

Тема 5. Физика работы электронных приборов СВЧ

Принципы действия приборов типа "О" с кратковременными взаимодействием электронного потока с полем СВЧ. Двухрезонаторный усилительный клистрон, его принцип действия. Пространственно-временная диаграмма группирования электронов, параметр группирования. Параметры и характеристики двухрезонаторного клистрона: выходная мощность, коэффициент усиления, полоса рабочих частот, электронный КПД, амплитудная характеристика. Умножительные клистроны. Применение. Многорезонансный усилительный клистрон, его устройство и принцип действия. Влияние настройки промежуточных резонаторов. Параметры и характеристики: выходная мощность, коэффициент усиления, полоса рабочих частот, амплитудные характеристики, КПД. Применение. Отражательный клистрон, его устройство и принцип действия. Условия самовозбуждения. Зоны генерации. Электронная и механическая перестройка

частоты. Основные параметры и области применения.

Тема 6. Физика работы приборов типа "О" с длительным взаимодействием

Принципы действия приборов типа "О" с длительным взаимодействием электронного потока с полем СВЧ. Устройство усилительной лампы бегущей волны (ЛБВ) и принцип действия. Основные параметры и характеристики ЛБВ: коэффициент усиления, КПД, полоса рабочих частот, шумы, амплитудная характеристика. Области применения.

Генераторы на ЛОВ. Устройство и принцип действия. Условия самовозбуждения, электронная перестройка частоты. Параметры и характеристики: выходная мощность, КПД, диапазон рабочих частот. Области применения ЛОВ.

Тема 7. Физика работы электронных приборов типа "М"

Физические основы работы электронных приборов типа "М". Движение электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях, парабола критического режима. Взаимодействие электронов с переменным СВЧ полем. Энергообмен.

Лампы бегущей и обратной волны типа "М". ЛБВМ, ее устройство и принцип действия. Параметры и характеристики: коэффициент усиления, КПД, полоса рабочих частот, шумы, амплитудная характеристика.

Генераторы на ЛОВМ. Устройство и принцип действия. Условия самовозбуждения. Параметры и характеристики: выходная мощность, КПД, электронная перестройка частоты. Многорезонаторные магнетроны, устройство и принцип действия, виды колебаний. Образование и движение электронных спиц. Параметры и характеристики: выходная мощность, КПД, рабочая частота и рабочие характеристики. Области применения приборов типа "М".

Тема 8. Физика работы полупроводниковых приборов СВЧ

Диоды СВЧ, их функции. Диоды Ганна. Энергетическая диаграмма, вольтамперная характеристика. Условия формирования домена. Режимы работ генератора на диоде Ганна (ГДГ): пролетный, с задержкой формирования домена, с гашением домена, ОНОЗ, гибридные. Области применения ГДГ.

Тема 9. Лавинно-пролетные диоды (ЛПД)

Физические процессы в ЛПД, включенном в резонатор. Пролетный режим ЛПД и его особенности. Режим с захваченной плазмой. Области применения. Диодные усилители проходного и отражательного типов. Возможности и области применения.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Тема 5. Физика работы электронных приборов СВЧ

Лабораторная работа 1.

Исследование генератора на отражательном клистроне.

Лабораторная работа 2.

Исследование усилителя на пролетном клистроне.

Тема 6. Физика работы приборов типа "О" с длительным взаимодействием

Лабораторная работа 3.

Исследование усилителя на ЛБВО.

Лабораторная работа 4.

Исследование генератора на ЛОВО.

Тема 8. Физика работы полупроводниковых приборов СВЧ

Лабораторная работа 5.

Исследование генератора на диоде Ганна.

Тема 9. Лавинно-пролетные диоды (ЛПД)

Лабораторная работа 6.

Исследование генератора на ЛПД.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Контрольные вопросы для проведения рейтинг-контроля 1

1. Какие приборы СВЧ работают только в усилительном режиме?
2. Какие приборы СВЧ работают как в генераторы и усилители?
3. Какие приборы СВЧ работают только в генераторном режиме?
4. Какие приборы СВЧ работают как широкополосные генераторы?
5. Какие приборы СВЧ работают как широкополосные усилители?
6. Какие приборы СВЧ работают в умножительном режиме?
7. Какие приборы СВЧ работают как узкополосные генераторы?
8. Какие приборы СВЧ работают как узкополосные усилители?
9. Приведите примеры использования приборов СВЧ.
10. Каковы преимущества диапазона СВЧ?
11. Каковы проблемы освоения диапазона СВЧ?

Контрольные вопросы для проведения рейтинг-контроля 2

1. Как в ОК энергия питания преобразуется в колебательную энергию?
2. Как в ЛБВО и ЛОВО энергия питания преобразуется в колебательную энергию?
3. Поясните принцип геометрического замедления в ЗС.
4. Поясните работу ЗС типа цепочка резонаторов.
5. Что такое пространственные гармоники, и каковы их особенности?
6. Почему в центре зоны генерации ОК мощность максимальна?
7. Поясните частотную характеристику ОК?
8. Почему генерируемая мощность ОК неодинакова в разных зонах?
9. Поясните принцип действия ЛБВО (энергообмен).
10. Поясните характеристику взаимодействия ЛБВО.
11. Поясните АЧХ ЛБВО и ее неравномерность.

Контрольные вопросы для проведения рейтинг-контроля 3

1. Поясните возникновение автогенерации и энергообмен в ЛОВО.
2. Поясните амплитудную характеристику ЛБВМ.
3. Поясните энергообмен в ЛОВМ.
4. Поясните изменение частоты колебаний от ускоряющего напряжения ЛОВМ.
5. Как возникает отрицательная дифференциальная проводимость ДГ?
6. Как образуется домен, и что он собой представляет?
7. Поясните пролетный режим работы ГДГ.
8. Поясните работу ГДГ в режиме с задержкой образования домена.
9. Каковы основные отличия работы и параметров ЛПД с разной структурой?
10. Поясните режим IMPATT.
11. Поясните TRAPATT режим.

5.2. Промежуточной аттестации (экзамена)

Вопросы

1. Особенности диапазона СВЧ, его роль в развитии радиоэлектроники.
2. Классификация и возможности приборов микроволновой электроники (узкополосные и широкополосные усилители и генераторы, умножители частоты, мощные и маломощные приборы).
3. Основы электроники СВЧ: Уравнение движения зарядов. Уравнение скорости электронов в потенциальном электрическом поле. Время пролета электронов. Угол пролета электронов. Пространственно-временные диаграммы движения электронов. Наведенный ток.
4. Колебательные системы электронных приборов СВЧ. Резонаторы.

5. Замедляющие системы. Дисперсия, пространственные гармоники прямые и обратные.
6. Физика работы приборов типа "О" с кратковременными взаимодействием электронного потока с полем СВЧ, энергообмен.
7. Физика работы приборов типа "О" с длительным взаимодействием, энергообмен.
8. Физика работы электронных приборов типа "М", энергообмен.
9. Двухрезонаторный усилительный клистрон, его принцип действия (энергообмен). Основные параметры и области применения.
10. Умножительные клистроны, устройство и энергообмен. Основные параметры и области применения.
11. Многорезонансный усилительный клистрон, его устройство и принцип действия (энергообмен). Основные параметры и области применения.
12. Отражательный клистрон, его устройство и принцип действия (энергообмен). Условия самовозбуждения. Зоны генерации. Электронная перестройка частоты. Основные параметры и области применения.
13. Устройство и принцип действия (энергообмен) усилительной лампы бегущей волны (ЛБВ). Основные параметры и характеристики ЛБВ. Области применения.
14. Генераторы на ЛОВО. Устройство и принцип действия (энергообмен). Параметры и характеристики, области применения.
15. Усилители на ЛОВО. Устройство и принцип действия (энергообмен). Параметры и характеристики, области применения.
16. Лампа бегущей волны типа "М". Устройство и принцип действия (энергообмен). Параметры и характеристики.
17. Лампа обратной волны типа "М". Устройство и принцип действия (энергообмен). Параметры и характеристики.
18. Многорезонаторные магнетроны, устройство и принцип действия (энергообмен). Параметры и характеристики. Области применения приборов типа "М".
19. Физика работы генератора на диоде Ганна (ГДГ). Области применения ГДГ.
20. Лавинно-пролетные диоды (ЛПД). Физические процессы в ЛПД. Области применения. Возможности и области применения.
21. Диодные усилители проходного и отражательного типов. Возможности и области применения.

Задачи

1. Какой частоте соответствует длина волны в воздухе N см? Каковы примерные размеры прямоугольного резонатора для этой длины волны?
2. Какой длине волны в воздухе соответствует частота N ГГц? Каковы примерные размеры коаксиального резонатора для этой частоты?
3. Вычислите скорость электрона, приобретенную им в потенциальном электрическом поле при $U=N$ кВ. Какую часть от скорости света она составляет?
4. Пусть $U=N$ кВ. Во сколько раз необходимо уменьшить $V\Phi$ по сравнению со скоростью ЭМП в свободном пространстве, чтобы обеспечить условие горячего синхронизма?
5. Пусть $U=2N$ кВ. Во сколько раз необходимо уменьшить $V\Phi$ по сравнению со скоростью ЭМП в свободном пространстве, чтобы обеспечить условие холодного синхронизма?
6. Чему равны время и угол пролета, а также коэффициент взаимодействия при нулевой начальной скорости электрона, если $F=N$ ГГц, расстояние между электродами (катод – сетка) 3 мм и $U=N$ кВ?
7. Частота $F=N/2$ ГГц. Чему равны время и угол пролета электрона между электродами (сетка – сетка) с зазором 5 мм, если он предварительно ускорен напряжением $U=N$ кВ? Какова величина коэффициента взаимодействия?
8. Каковы примерные габариты маломощного ОК для $F=N/2$ ГГц?
9. Каковы примерные габариты маломощного ПК с 5 резонаторами для $F=N$ ГГц?
10. Какой должна быть полная длина ЗС, если вдоль нее укладывается 30 длин волн на частоте $F=N$ ГГц при $K_{\text{зам}}=10$?
11. Какими должны быть диаметр и шаг квазиоднородной ЗС, если $F=N$ ГГц $K_{\text{зам}}=10$?

12. Обоснуйте выбор напряжения питания и расстояния между сетками резонаторов ПК для $F=N$ ГГц.
13. Какой нужен коэффициент замедления фазовой скорости в ЛБВО для $U=N/2$ кВ?
14. Какой должна быть полная длина ЗС ЛБВО, если вдоль нее укладывается 20 длин волн на частоте $F=N$ ГГц при $K_{зам}=5$?
15. Какой должна быть длина окружности и КЗАМ 8-резонаторной ЗС для $F=N$ ГГц и $U=3 + N/2$ кВ?
16. Оцените габариты 8-резонаторного магнетрона без магнита и с магнитом для $F=N$ ГГц.
17. Чему равна скорость движения домена, и какова частота колебаний в пролетном режиме дл образца $L=3N$ мкм?
18. Каковы примерные габариты ЛОВО для $F=N$ ГГц?
19. Каковы примерные габариты ГДГ для $F=N$ ГГц?
20. Каковы примерные габариты генератора на ЛПД для $F=N$ ГГц?
21. Каковы примерные габариты ЛОВМ для $F=N$ ГГц?

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению и защите лабораторных заданий, а также при выполнении индивидуальных заданий к практическим занятиям и СРС. Основа самостоятельной работы изучение теории по рекомендованным источникам и конспекту лекций, а также решение задач:

1. Для частоты сигнала $4N$ МГц, имеющего 2-ю гармонику, выбрать частоту дискретизации АЦП для работы в ДНС. Нарисовать временную последовательность выборочных точек, а также взаимное расположение спектров сигнала и стробирующего импульса.
2. Для частоты пилообразного сигнала $4N$ МГц с 40 гармониками выбрать частоту дискретизации АЦП для работы в ДИС с допустимой погрешностью восстановления до 1%. Нарисовать временную последовательность выборочных точек и спектр сигнала.
3. Выбрать частоту дискретизации АЦП и нарисовать временное представление, а также частотное расположение в области ПЧ 4-х гармоник пилообразного сигнала с частотой N МГц для ДВК.
4. Для частоты сигнала $4N$ МГц, имеющего 2-ю гармонику, выбрать частоту дискретизации АЦП для работы в ДСС. Нарисовать временную последовательность выборочных точек, а также взаимное расположение спектров сигнала и стробирующего импульса.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Библиотека электронных компонентов. Выпуск 7: ВЧ и СВЧ компоненты фирмы MITSUBISHI ELECTRIC [Электронный ресурс] / В.В. Фриск - М. : ДМК Пресс, 2016.	2016	ЭБС Консультант студента http://www.studentlibrary.ru/book/I/SBN9785878350464.html
2. Повышение выходной мощности усилителей радиопередающих устройств [Электронный ресурс] / Титов А.А. - М. : Горячая линия - Телеком, 2013/	2013	ЭБС Консультант студента http://www.studentlibrary.ru/book/I/SBN9785991203494.html
3. Все о радиолампах [Электронный ресурс] / Гендин Г.С. - 2-е изд., испр. - М. : Горячая линия - Телеком, 2014. - (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1283).	2014	ЭБС Консультант студента http://www.studentlibrary.ru/book/I/SBN9785991203913.html
Дополнительная литература		
1. Устройства формирования СВЧ-сигналов и их компоненты [Электронный ресурс] : учеб.пособ. / Л.А. Белов - М. : Издательский дом МЭИ, 2010. – 320 с.	2010	ЭБС Консультант студента http://www.studentlibrary.ru/book/I/SBN9785383004975.html
2. Линейные индукционные ускорители для релятивистских СВЧ-приборов [Электронный ресурс] / Винтизенко И.И. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2012.	2012	ЭБС Консультант студента http://www.studentlibrary.ru/book/I/SBN9785991202558.html
3. Виноградов А.Ю., Кабетов Р.В., Сомов А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Под ред. А.М. Сомова. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. - 440 с.	2012	ЭБС Консультант студента http://www.studentlibrary.ru/book/I/SBN9785991202558.html

6.2. Периодические издания

Отечественные журналы:

- Радиотехника;
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента;
- Цифровая обработка сигналов.

Реферативные журналы:

- Радиотехника;
- Электроника.

Зарубежные журналы:

- IEEE Transactions on Communications;
- IEEE Transactions on Signal Processing;
- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.

6.3. Интернет-ресурсы

1. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785878350464.html>
2. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203494.html>
3. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203913.html>
4. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383004975.html>
5. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113786.html>
6. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202558.html>


7.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 301-3 и 335-3);
- слайды по всем лекциям (от 25 до 40 слайдов по каждой лекции);
- оборудование специализированной лаборатории (504-3);
- компьютеры со специализированным программным обеспечением виртуальных СВЧ приборов.

Примечания:

1. Общее число подготовленных слайдов более 250, они ежегодно редактируются и модернизируются в соответствии с развитием технической и методической базы.
2. Общее число компьютеров в лаборатории 504-3 со специализированным программным обеспечением составляет 7 единиц.

Рабочую программу составил Поздняков А.Д., профессор каф. РТ и РС 

Рецензент АО "Конструкторское опытное бюро радиоаппаратуры", руководитель проектной группы к.т.н. Кучин С.И. 


Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС _____

Протокол № 1 от 29.08.22 года

Заведующий кафедрой РТ и РС к.т.н. Корнеева Н.Н. 

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 11.04.01 «Радиотехника»

Протокол № 1 от 30.08.22 года

Председатель комиссии зав. кафедрой РТ и РС к.т.н. Н.Н.Корнеева 

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____ Н.Н. Корнеева

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____ Н.Н. Корнеева

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____ Н.Н. Корнеева

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ
в рабочую программу дисциплины
"Микроволновые генераторы и усилители" (МВГУ)
образовательной программы направления подготовки 11.04.01 «Радиотехника»
направленность: Радиотехнические и телекоммуникационные системы

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой _____ / Н.Н. Корнеева
Подпись *ФИО*