

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)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной
деятельности


А.А.Панфилов
« 27 » 06 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
"Микроволновые генераторы и усилители"
(наименование дисциплины)

Направление подготовки 11.04.01 «Радиотехника»

Профиль/программа подготовки: Радиотехнические и телекоммуникационные системы

Уровень высшего образования Магистратура

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, Час.	Форма промежуточной аттестации (экз./зачет)
2	2/72	18	-	18	9	Экзамен (27)
Итого	2/72	18	-	18	9	Экзамен (27)

Владимир
2019

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

Пререквизиты дисциплины: Курс "Микроволновые генераторы и усилители" основывается на знании дисциплин бакалавриата: "Высшей математики", "Физики", "Электродинамики и распространения радиоволн".

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
УК-2:	Частичный	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла <i>Уметь</i> управлять проектированием РЭА на этапе выбора приборов СВЧ
ОПК-1:	Частичный	Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора <i>Уметь</i> оценивать эффективность сделанного выбора
ОПК-2:	Частичный	Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы <i>Знать</i> современные методы исследования, <i>Уметь</i> аргументировано защищать результаты выполненной работы
ОПК-3:	Частичный	Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач <i>Знать</i> источники информации в своей предметной области <i>Уметь</i> приобретать и использовать новую информацию в области выбора приборов СВЧ
ПК-1:	Частичный	Способен самостоятельно осуществлять постановку задачи исследования, формирование плана его реализации, выбор методов исследования и обработку результатов

		<i>Знать</i> методы исследования и обработки результатов <i>Уметь</i> самостоятельно осуществлять постановку задачи исследования приборов СВЧ, формирование плана его реализации
ПК-2:	Частичный	Способен выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ <i>Знать</i> методы математического моделирования приборов СВЧ <i>Уметь</i> выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований
ПК-3:	Частичный	Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов <i>Уметь</i> организовать и проводить экспериментальные исследования с применением современных средств и методов <i>Владеть</i> навыками экспериментальных исследований с применением современных средств и методов

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежут. аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич. занятия	Лаборат. работы	СРС		
1	Значение микроволновой электроники в современном мире	2	1	2			0,5	1/50%	
			2						
2	Классификация и возможности приборов микроволновой электроники	3	3	2			0,5	1/50%	
			4						
3	Колебательные системы электронных приборов СВЧ	5	5	2			0,5	1/50%	
			6						Рейтинг контроль 1
4	Физика работы приборов с электростатическим управлением	7	7	2			0,5	1/50%	
			8						
5	Физика работы электронных приборов СВЧ	9	9	2		4	1	3/50%	
			10						
6	Физика работы	11	2		4	1	3/50%		

	приборов типа "О" с длительным взаимодействием		12						Рейтинг контроль 2
7	Физика работы электронных приборов типа "М"		13	2		4	2	3/50%	
			14						
8	Физика работы полупроводниковых приборов СВЧ		15	2		4	2	3/50%	
			16						
9	Лавинно-пролетные диоды (ЛПД)		17	2		2	1	2/50%	
			18						Рейтинг контроль 3
Всего			18		18	9		18/50%	Экзамен
Наличие в дисциплине КП/КР									-
Итого по дисциплине			18		18	9		18/50%	Экзамен

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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.).

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.

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.

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 электронным потоком и электрическим полем.

5. Физика работы электронных приборов СВЧ

Принципы действия приборов типа "О" с кратковременным 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.

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.

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".

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.

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. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины "Микроволновые генераторы и усилители" используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные формы обучения

С целью формирования и развития профессиональных навыков в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (лабораторные работы, контрольные аудиторские работы, индивидуальные СРС). Объем занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 18 часов, т.е. 50% от аудиторных часов.

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала и подготовку к выполнению лабораторных. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций, а также выполнение заданий к лабораторным работам.

Изучив дисциплину, студент должен уметь подбирать электронные приборы СВЧ для решения конкретных задач. Поэтому в типовых заданиях по СРС студентам предложены упрощенные структурные схемы радиотехнических систем, для которых необходимо обоснованно выбрать электронные приборы СВЧ.

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

6.1. 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

12. Как в ОК энергия питания преобразуется в колебательную энергию?
13. Как в ЛБВО и ЛОВО энергия питания преобразуется в колебательную энергию?
14. Поясните принцип геометрического замедления в ЗС.
15. Поясните работу ЗС типа цепочка резонаторов.
16. Что такое пространственные гармоники, и каковы их особенности?
17. Почему в центре зоны генерации ОК мощность максимальна?
18. Поясните частотную характеристику ОК?
19. Почему генерируемая мощность ОК неодинакова в разных зонах?
20. Поясните принцип действия ЛБВО (энергообмен).
21. Поясните характеристику взаимодействия ЛБВО.
22. Поясните АЧХ ЛБВО и ее неравномерность.

Контрольные вопросы для проведения рейтинг-контроля 3

23. Поясните возникновение автогенерации и энергообмен в ЛОВО.
24. Поясните амплитудную характеристику ЛБВМ.
25. Поясните энергообмен в ЛОВМ.
26. Поясните изменение частоты колебаний от ускоряющего напряжения ЛОВМ.
27. Как возникает отрицательная дифференциальная проводимость ДГ?
28. Как образуется домен, и что он собой представляет?
29. Поясните пролетный режим работы ГДГ.
30. Поясните работу ГДГ в режиме с задержкой образования домена.
31. Каковы основные отличия работы и параметров ЛПД с разной структурой?
32. Поясните режим IMPATT.
33. Поясните TRAPATT режим.

6.2. Контрольные вопросы и задачи для проведения 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 (N – номер по списку группы)

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 $K_{зам}=10$?
11. Какими должны быть диаметр и шаг квазиоднородной ЗС, если $F=N$ ГГц $K_{зам}=10$?
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 $K_{ЗАМ}$ 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 для 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?

6.3. Индивидуальное задание для СРС

1. Выбрать и обосновать применение конкретных приборов СВЧ в схемах усилителя мощности (УМ), возбуждателя, малошумящего усилителя (МШУ), УПЧ и гетеродина. Понимать недостатки применения других приборов. Результаты сравнения представить в виде таблиц, в клетках которых могут быть условные знаки: - не годится; + годен на пределе; ++ годен; +++ годен с запасом.
2. Оценить габаритные размеры и массу для усилителей на транзисторе, триоде, ЛБВО, ПК, ЛБВМ, ЛПД (для заданной частоты).
3. Оценить минимальные габаритные размеры генераторов на транзисторе, триоде, ЛОВО, ОК, магнетроне, диоде Ганна (для заданной частоты).
4. Пояснить, каким образом реализуется АМ (четные номера по списку) или ЧМ (нечетные номера по списку) в возбуждателе (на какой электрод прибора подается модулирующее напряжение).

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
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	Электронное издание	ЭБС Консультант студента http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785878350464.html
2. Повышение выходной мощности усилителей радиопередающих устройств [Электронный ресурс] / Титов А.А. - М. : Горячая линия - Телеком, 2013. - http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203494.html	2013	Электронное издание	ЭБС Консультант студента http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203494.html
3. Все о радиолампах [Электронный ресурс] / Гендин Г.С. - 2-е изд., испр. - М. : Горячая линия - Телеком, 2014. - (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1283). -	2014	Электронное издание	ЭБС Консультант студента http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203913.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	Электронное издание	ЭБС Консультант студента http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383004975.html

2. Линейные индукционные ускорители для релятивистских СВЧ-приборов [Электронный ресурс] / Винтизенко И.И. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2012.	2012	Электронное издание	ЭБС Консультант студента http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202558.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	Электронное издание	ЭБС Консультант студента http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202558.html

7.2. 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.

7.3. 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>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

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 (506-3);
- 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 506-3 со специализированным программным обеспечением составляет 7 единиц.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению по направлению «Радиотехника».

Рабочую программу составил
профессор каф. РТ и РС _____ А.Д. Поздняков
(ФИО, подпись)

Рецензент: ген. директор ВКБ «Радиосвязь» к.т.н. _____ А.Е. Богданов
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС
Протокол № 13 от 26.06.19 года
Заведующий кафедрой _____ О.Р. Никитин
(ФИО, подпись)

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

Протокол № 4 от 24.06.19 года
Председатель комиссии зав. кафедрой РТ и РС _____ О.Р. Никитин
(ФИО, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на 2020/2021 учебный год
Протокол заседания кафедры № 1 от 11.01.20 года
Заведующий кафедрой _____ О.Р. Никитин

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____ О.Р. Никитин

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____ О.Р. Никитин

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

"Микроволновые генераторы и усилители" (МВГУ)

(наименование дисциплины)

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 _____ /Никитин О.Р.

Подпись

ФИО