МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью
Сертификат: 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Владелец: Троян Павел Ефимович
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Микроволновая электроника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**
Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**
Факультет: **ФДО, Факультет дистанционного обучения**
Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Самостоятельная работа под руководством преподавателя	8	8	часов
2	Контроль самостоятельной работы	2	2	часов
3	Всего контактной работы	10	10	часов
4	Самостоятельная работа	94	94	часов
5	Всего (без экзамена)	104	104	часов
6	Подготовка и сдача зачета	4	4	часов
7	Общая трудоемкость	108	108	часов
			3.0	З.Е.

Контрольные работы: 8 семестр - 1
Зачет: 8 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 41998

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 66 от «20» 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент каф. ТЭО _____ Ю. В. Морозова

доцент каф. ЭП _____ В. И. Быков

Заведующий обеспечивающей каф. ЭП _____ С. М. Шандаров

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФДО _____ И. П. Черкашина

Заведующий выпускающей каф. ПрЭ _____ С. Г. Михальченко

Эксперты:

Доцент кафедры технологий электронного обучения (ТЭО) _____ Ю. В. Морозова

Профессор кафедры электронных приборов (ЭП) _____ Л. Н. Орликов

Согласована на портале № 41998

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Цели изучения дисциплины состоят в подготовке к разработке, исследованию и эксплуатации приборов и устройств микроволновой электроники на основе изучения базовых физических принципов функционирования основных элементов микроволновой электроники.

1.2. Задачи дисциплины

– Задачи изучения дисциплины заключаются в освоении студентами современных подходов и методов, используемых для анализа, описания и расчета электромагнитных полей в микроволновых направляющих и колебательных системах, проектирования микроволновых устройств.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Микроволновая электроника» (ФТД.2) относится к блоку ФТД.2.

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Материалы электронной техники, Схемотехника ключевых устройств, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Электронные промышленные устройства.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

– ПК-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;

– ПК-5 готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах микроволновой электроники; особенности конструкции, параметры, характеристики и методы моделирования приборов микроволновой электроники.

– **уметь** применять методы расчета параметров и характеристик приборов микроволновой электроники; применять методы моделирования и проектирования приборов и устройств микроволновой электроники; анализировать информацию о новых типах микроволновых приборов.

– **владеть** методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств микроволновой электроники; современными программными средствами моделирования и проектирования приборов микроволновой электроники; методикой расчета основных узлов приборов микроволновой электроники.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		8 семестр
Контактная работа (всего)	10	10
Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)	8	8
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
Самостоятельная работа (всего)	94	94

Согласована на портале № 41998

Подготовка к контрольным работам	16	16
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	78	78
Всего (без экзамена)	104	104
Подготовка и сдача зачета	4	4
Общая трудоемкость, ч	108	108
Зачетные Единицы	3.0	

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	СРП, ч	КСР, ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
8 семестр					
1 Общие физические процессы в приборах СВЧ-, КВЧ-, ГВЧ-диапазонов	1	2	14	15	ПК-1, ПК-2, ПК-5
2 Электродинамические системы приборов СВЧ-, КВЧ- и ГВЧ-диапазонов	1		10	11	ПК-1, ПК-2, ПК-5
3 Электроннооптические системы приборов	1		10	11	ПК-1, ПК-2, ПК-5
4 Общие вопросы генераторов и усилителей	1		12	13	ПК-1, ПК-2, ПК-5
5 Клистроны	1		12	13	ПК-1, ПК-2, ПК-5
6 Лампы бегущей волны и лампы обратной волны — типа О	1		10	11	ПК-1, ПК-2, ПК-5
7 Резонансные и нерезонансные приборы типа М	1		16	17	ПК-1, ПК-2, ПК-5
8 Микроволновые полупроводниковые приборы и устройства различного назначения	1		10	11	ПК-1, ПК-2, ПК-5
Итого за семестр	8	2	94	104	
Итого	8	2	94	104	

Согласована на портале № 41998

5.2. Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
1 Общие физические процессы в приборах СВЧ-, КВЧ-, ГВЧ-диапазонов	Основные уравнения для анализа процессов. Время и угол пролета. Пространственно-временные диаграммы. Ток во внешней цепи прибора. Уравнение и форма наведенного тока. Наведенный ток модулированным потоком. Отбор энергии от движущихся носителей заряда. Управление электронным потоком	1	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	1	
2 Электродинамические системы приборов СВЧ-, КВЧ- и ГВЧ-диапазонов	Резонаторы. Замедляющие системы, параметры и характеристики их. Типы замедляющих систем. Применение СВЧ-нагрева.	1	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	1	
3 Электронооптические системы приборов	Требования к электронной пушке. Обзор пушек ЭОС. Поперечно ограничивающая система.	1	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	1	
4 Общие вопросы генераторов и усилителей	Анализ работы генераторов и усилителей с резонансной колебательной системой. Влияние электронной проводимости на работу генераторов с резонансной колебательной системой. Влияние внешней нагрузки на мощность и частотугенерации. Нагрузочные характеристики приборов. Основные параметры и характеристики приборов.	1	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	1	
5 Клистроны	Пролетный клистрон. Воздействие поля первого резонатора на электронный поток. Конвекционный ток в пространстве дрейфа. Гармонический состав конвекционного тока. Электронный КПД пролетного клистрона. Усилительный пролетный клистрон. Пролетные генераторные клистроны. Двухрезонаторный клистрон-умножитель частоты. Многорезонаторные пролетные клистроны. Отражательные клистроны.	1	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	1	
6 Лампы бегущей волны и лампы обратной волны — типа О	Схема устройства и принцип действия ЛБВО. Взаимодействия поля волны с электронами в «горячем» режиме ЛБВО (линейное приближение). Коэффициент усиления ЛБВ. Коэффициент полезно-	1	ПК-1, ПК-2, ПК-5

Согласована на портале № 41998

	го действия ЛБВО. Характеристики ЛБВО. Лампа обратной волны типа О (ЛОВО).		
	Итого	1	
7 Резонансные и нерезонансные приборы типа М	Устройство магнетрона. Движение электронов в скрещенных полях. Виды колебаний в магнетроне. Формирование электронных сгустков. Условие синхронизма в магнетроне. Электронный КПД магнетрона. Рабочие характеристики магнетрона. Платинотроны. Усилители на ЛБВ типа М (ЛБВМ). Генератор на ЛОВМ.	1	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	1	
8 Микроволновые полупроводниковые приборы и устройства различного назначения	Полупроводниковые СВЧ-диоды с положительным дифференциальным сопротивлением. Диоды с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Полупроводниковые СВЧ-транзисторы.	1	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	1	
Итого за семестр		8	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Предшествующие дисциплины								
1 Материалы электронной техники	+							
2 Схемотехника ключевых устройств	+	+		+				+
3 Физика	+							
Последующие дисциплины								
1 Электронные промышленные устройства	+	+	+	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	СРП	КСР	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	Контрольная работа, Проверка контрольных работ, Зачет, Тест

Согласована на портале № 41998

ПК-2	+	+	+	Контрольная работа, Проверка контрольных работ, Зачет, Тест
ПК-5	+	+	+	Контрольная работа, Проверка контрольных работ, Зачет, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

8. Контроль самостоятельной работы

Виды контроля самостоятельной работы приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Виды контроля самостоятельной работы

№	Вид контроля самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
8 семестр			
1	Контрольная работа с автоматизированной проверкой	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5
Итого		2	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
8 семестр				
1 Общие физические процессы в приборах СВЧ-, КВЧ-, ГВЧ-диапазонов	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	12	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	14		
2 Электродинамические системы приборов СВЧ-, КВЧ- и ГВЧ-диапазонов	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	10		
3 Электронооптические системы приборов	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	10		

Согласована на портале № 41998

4 Общие вопросы генераторов и усилителей	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	10	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	12		
5 Клистроны	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	10	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	12		
6 Лампы бегущей волны и лампы обратной волны — типа О	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	10		
7 Резонансные и нерезонансные приборы типа М	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	14	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	16		
8 Микроволновые полупроводниковые приборы и устройства различного назначения	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	10		
	Выполнение контрольной работы	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Контрольная работа
Итого за семестр		94		
	Подготовка и сдача зачета	4		Зачет
Итого		98		

10. Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется.

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Соколова Ж.М. Приборы и устройства СВЧ-, КВЧ- и ГВЧ-диапазонов [Электронный ресурс]: Учебное пособие. — Томск Факультет дистанционного обучения ТУСУР, 2012. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/ (дата обращения:

Согласована на портале № 41998

03.08.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Шангина Л. И., Замотринский В. А. - 2012. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/ (дата обращения: 03.08.2018).
2. Электромагнитные поля и волны [Электронный ресурс]: Сборник задач и упражнений / Боков Л. А., Мандель А. Е., Шангина Л. И., Соколова Ж. М. - 2013. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/ (дата обращения: 03.08.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Быков В. И. Микроволновая электроника : электронный курс / В. И. Быков. – Томск ТУСУР, ФДО, 2018. Доступ из личного кабинета студента.
2. Быков В.И. Микроволновая электроника [Электронный ресурс]: методические указания по организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения технических направлений, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий / В. И. Быков, С. М. Шандаров. – Томск ФДО, ТУСУР, 2018. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/ (дата обращения: 03.08.2018).

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Рекомендуется использовать информационные, справочные и нормативные базы данных, доступ к которым открыт через сайт библиотеки ТУСУР https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazydannyh (со свободным доступом).

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Кабинет для самостоятельной работы студентов

учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Коммутатор MicroTeak;
- Компьютер PENTIUM D 945 (3 шт.);
- Компьютер GELERON D 331 (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Согласована на портале № 41998

Программное обеспечение:
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
- Microsoft Windows
- OpenOffice

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

Тестовые задания

1. Усилительный прибор работает в полосе частот 2 ГГц и должен иметь наибольший коэф-

Согласована на портале № 41998

фициент шума 10дБ. Какой величины может быть мощность собственных шумов в этом приборе?

1) 0,72 мкВт

2) 0,8 мкВт

3) 0,72 мВт

4) 0,8 мВт

2. Определить допустимую температуру нагрева элементов усилительного МВП, работающего при комнатной температуре, чтобы обеспечить коэффициент шума 10 дБ.

1) 2610 К

2) 9 К

3) 2900 градусов Цельсия

4) 11 К

3. Что произойдет с рабочей частотой прибора, если уменьшать величину конвекционного тока в резонансном микроволновом генераторном приборе с “мягким” самовозбуждением?

1) Частота будет плавно увеличиваться.

2) Частота будет плавно уменьшаться.

3) Будут наблюдаться перескоки частоты.

4) Изменение частоты не будет.

4. Какой из ниже указанных параметров не является основным параметром генераторов микроволнового диапазона?

1) диапазон изменения частоты;

2) коэффициент шума;

3) коэффициент усиления;

4) выходная мощность.

5. В режиме умножения частоты какие основные три параметра характеризуют работу микроволнового прибора?

1). Выходная мощность, коэффициент полезного действия, коэффициент преобразования мощности;

2). Перестройка частоты, коэффициент преобразования мощности, потери преобразования;

3) Уровень собственных шумов, коэффициент полезного действия, срок службы прибора;

4). Коэффициент преобразования мощности, потери преобразования, выходная мощность.

6. При каком виде дисперсии в замедляющей системе фазовая скорость увеличивается с увеличением длины волны?

1) При нормальной дисперсии;

2) При аномальной дисперсии;

3) При прямой (положительной) дисперсия;

4) При обратной (отрицательной) дисперсии;

7. В чем состоит отличие методов электронного смещения частоты и электронной настройки?

1.Метод электронного смещения частоты предполагает изменение частоты генерируемых или усиливаемых колебаний механическим способом, а метод электронной настройки - изменением одного из постоянных напряжений, приложенных к лампе.

2.Нет никаких отличий между этими методами.

3.Электронное смещение частоты осуществляется изменением конвекционного тока, проходящего через прибор, а метод электронной настройки - механическим изменением геометрии резонатора.

4. В одном случае изменяется частота за счет изменения постоянного тока прибора, в другом − за счет изменения постоянного напряжения.

8. Как изменяются номера зон генерации в отражательном клистроне при уменьшении напряжения на отражательном электроде от максимального тормозящего до минимального тормозящего?

1) увеличиваются

2) остаются без изменения

3) уменьшаются

4) от напряжения на отражателе номера зон не зависят

Согласована на портале № 41998

9. Какой режим будет наблюдаться в пролетном клистроне при значении параметра группирования X<1?

1) режим перегруппировки электронов;

2) режим оптимальной группировки электронов;

3) режим линейного усиления сигнала;

4) режим отсутствия группировки электронов;

10. Учет полей пространственного заряда в пролётном клистроне какие накладывает ограничения на геометрию или конструкцию, а также на режим питания?

1. Следует ограничить или уменьшить длину пространства дрейфа, но не ограничиваются значения напряжений;

2. Не ограничивается длина пространства дрейфа, но ограничиваются значения тока и напряжения;

3. Уменьшается длина дрейфового пространства, а также уменьшает значения тока и напряжения;

4. Не накладывает никаких ограничений на эти параметры.

11. Для чего в многорезонаторных клистронах используются промежуточные резонаторы, не связанные с нагрузкой и настроенные на собственные частоты, не совпадающие с выходной частотой прибора?

1) для усиления процесса модуляции по скорости последующими резонаторами;

2) для увеличения КПД и коэффициента усиления;

3) для увеличения диапазона частот характеристики АЧХ;

4) для увеличения коэффициента усиления, за счет дополнительной группировки конвекционного тока, за счет неправильно фазных электронов в первом резонаторе, и увеличения амплитуды наведенного тока, и для увеличения диапазона рабочих частот.

12. Какие физические процессы из указанных не происходят в любом пролетном клистроне при его работе?

1. Формирование электронного потока электронно-оптической системой;

2. Модуляция электронного потока по скорости.

3. Отбор энергии у электронного потока СВЧ полем.

4. Удаление отработанных электронов с использованием режима рекуперации.

13. Укажите причину уменьшения выходной мощности в усилительных пролетных клистронах при увеличении входной мощности?

1). Не правильно подобраны размеры пространства дрейфа, при вы- бранном режиме эксплуатации прибора, и величина тока катода;

2). Сильная связь с нагрузкой выходного резонатора приведет к падению выходной мощности в данном приборе;

3). При увеличении входной мощности, с одной стороны, увеличивается параметр группировки до величин больших оптимальной; с другой стороны, оптимальная группировка электронного потока происходит в пространстве дрейфа, а не во втором резонаторе, а дальше пучок перегруппировывается.

4) Параметр группировки становится больше оптимальной величины, отчего уменьшается добротность выходного резонатора, это приводит к падению мощности.

14. За счет каких элементов, использующихся в генераторном приборе под названием «Митрон» обеспечивается широкая полоса электронной настройки?

1). Митрон - перестраиваемый по чистоте прибор, работающий по принципу многорезонаторного магнетрона, но отличающийся от него устройством колебательной системы и эмитирующего электроны катода;

2). За счет использования низкодобротного резонатора;

3). За счет использования широкополосной замедляющей системы, вмонтированной в резонатор;

4). За счет использования широкополосной замедляющей системы, вмонтированной в «тороидальный» экранирующий резонатор и выделения эмитирующего катода из области взаимодействия.

15. Определить предельную частоту туннельного диода на основе Ge, имеющего емкость

Согласована на портале № 41998

перехода 8 пФ, модуль отрицательного сопротивления 30 Ом, сопротивление потерь 1,5 Ома. Как изменяется предельная частота туннельного диода при увеличении емкости перехода?

1). 2890 МГц; уменьшается;

2). 300 МГц; частота растет;

3). 28 ГГц; частота не изменяется;

4). 2,65 ГГц; уменьшается

16. При каком номере гармоники m и заданном виде колебания волна в замедляющей системе магнетрона имеет наибольшую фазовую скорость в случае N=12?

1). m=2;

2). m=4;

3). m=6 ;

4). m=0;

17. Укажите утверждение, касающееся физики работы ЛБВО, но не соответствующее действительности.

1). групповая скорость не зависит от номера гармоники;

2) фазовая скорость нулевой гармоники равна скорости света, деленной на коэффициент замедления;

3) электрическая длина замедляющей системы определяется отношением тока на выходе из пушки к плотности тока в электронном потоке, движущемся вдоль замедляющей системы;

4). групповая скорость определяет скорость переноса энергии вдоль оси лампы.

18. Укажите основное отличие ЛБВ типа О от ЛБВ типа М, позволяющее получать в последних большие мощности и высокие КПД.

1) равенство средней скорости электронов и фазовой скорости волны в приборах типа- М, в лампах типа - О электроны должны двигаться чуть быстрее волны;

2) Приборы типа М работают при высоких ускоряющих напряжениях. Поэтому их выходные параметры выше.

3) Кинетическая энергия электронов, не изменяется, а изменяется в обеих приборах потенциальная энергия, преобразующаяся в энергию СВЧ поля. Кроме того, наиболее благоприятное взаимодействие потока электронов и СВЧ поля происходит при точном равенстве средней скорости электронов и фазовой скорости волны.

4). В ЛБВО электроны отдают только избыточную кинетическую энергию, соответствующую разности скоростей электронов и волны. КПД ограничен допустимой разностью этих скоростей. В ЛБВМ кинетическая энергия электронов не меняется, а полю передается потенциальная энергия ;

19. Как называют область в генераторе на ЛПД, в которой происходит движение электронов с постоянной скоростью?

1) область лавинного умножения;

2) плазменной областью;

3) аномальная область пробега носителей;

4) область дрейфа;

20. Величина пороговой напряженности электрического поля для арсенида галлия 3,5 кВ/см. На диод Ганна подано напряжение питания 8,3В. Каких размеров должна быть длина диода L, чтобы характеристика V(E) имела отрицательный участок?

1). Длина L>24 мкм;

2). Длина L<24 мкм;

3). Любая длина 5<L<100 мкм .

4). Длина L=24 мкм

14.1.2. Зачёт

1. Укажите правильное определение для конвекционного тока, используемых в диапазоне СВЧ.

1) Ток, создаваемый движущимися свободными носителями заряда в межэлектродном пространстве

2) Ток в межэлектродном пространстве, вызываемый изменением во времени вектора электрического смещения в среде с проводимостью 3) Ток во внешней цепи, вызванный перемещением

Согласована на портале № 41998

носителей заряда в межэлектродном пространстве

4) Ток во внешней цепи зазоров, вызванный изменением во времени напряжения, в отсутствии свободных зарядов в межэлектродном пространстве

2. Как называется параметр, применяемый в усилительных приборах СВЧ, для которого дается следующее определение: Интервал частот, в котором заданные параметры и характеристики прибора сохраняются в установленных пределах при работе в заданном режиме.

1) Оптимальный коэффициент усиления по мощности

2) Рабочий диапазон частот

3) Коэффициент полезного действия прибора СВЧ

4) Время готовности прибора СВЧ

3. Что произойдёт с рабочей частотой прибора, если пропорционально уменьшать величины ускоряющего напряжения и конвенционного тока в резонансных МВП с мягким самовозбуждением?

1) Частота будет плавно уменьшаться.

2) Частота будет плавно увеличиваться.

3) Будут наблюдаться перескоки частоты.

4) Изменение частоты не будет.

4. Какой из ниже указанных параметров не является основным параметром генераторов микроволнового диапазона?

1) диапазон изменения частоты;

2) коэффициент шума;

3) коэффициент усиления;

4) выходная мощность.

5. При каком виде дисперсии в замедляющей системе фазовая скорость увеличивается с увеличением длины волны?

1) При нормальной дисперсии;

2) При аномальной дисперсии;

3) При прямой (положительной) дисперсия;

4) При обратной (отрицательной) дисперсии;

6. Как называется процесс изменения частоты генератора при изменении реактивной проводимости внешней нагрузки ?

1). Затягивание частоты генератора;

2). Степень затягивания;

3). Уход частоты под действием нагрузки;

4). Перестройка частоты внешней нагрузкой.

7. Какие изменения произойдут в электронном потоке в пространстве тормозящего поля при уменьшении амплитуды модулирующего напряжения U1 на зазоре?

1). Ничего существенного с электронным потоком не произойдет, так как небольшие изменения амплитуды переменного напряжения на зазоре не влияют на энергию электронов и на время пролета.

2). Уменьшится скорость электронов V0, уменьшится их кинетическая энергия, и возврат группы электронов будет наблюдаться в другой период СВЧ поля.

3). Уменьшится амплитуда переменной составляющей скорости электронов, изменится характер группировки и возвращающиеся электроны будут не оптимально сгруппированы, уменьшится выходная мощность.

4). Уменьшится кинетическая энергия электронов и мощность СВЧ поля.

8. Какой режим будет наблюдаться в пролетном клистроне при значении параметра группирования X<1?

1) режим перегруппировки электронов;

2) режим оптимальной группировки электронов;

3) режим линейного усиления сигнала;

4) режим отсутствия группировки электронов;

5) режим максимального КПД.

9. Определить КПД усилительного двух резонаторного клистрона, работающего в режиме

Согласована на портале № 41998

максимальной выходной мощности при токе электронного луча 100 мА, ускоряющем напряжении 1кВ и выходной мощности 20 Вт.

1) 2%;

2) 20%;

3) 5%;

4) 50%

10. Учет полей пространственного заряда в пролётном клистроне какие накладывает ограничения на геометрию или конструкцию, а также на режим питания?

1. Следует ограничить или уменьшить длину пространства дрейфа, но не ограничиваются значения напряжений;

2. Не ограничивается длина пространства дрейфа, но ограничиваются значения тока и напряжения ;

3. Уменьшается длина дрейфового пространства, а также уменьшает значения тока и напряжения ;

4. Не накладывает никаких ограничений на эти параметры.

11. Чем руководствуются при определении длины и радиуса трубы пространства дрейфа в пролётном клистроне при заданных значениях частоты, ускоряющего и переменного напряжений на резонаторе?

1) длина дрейфового пространства определяется оптимальной величиной параметра группировки, радиус трубы определяется условиями не возбуждения волны основного типа в круглом волноводе в рабочем диапазоне частот;

2) величиной угла пролета невозмущенного электрона определяется длина пространства дрейфа, радиус трубы определяется условиями не возбуждения волны основного типа в круглом волноводе

3) длина дрейфового пространства определяется величиной параметров усиления и выходной мощности, радиус трубы – условиями возбуждения волны основного типа в круглом волноводе ;

4). Не накладывает никаких ограничений на эти параметры.

12. Определить коэффициент замедления для нулевой и первой гармоник π-вида колебания в восьми резонаторном магнетроне на частоте 3 ГГц, если радиус анода равен 3 мм.

1). 42,46; 63,69;

2). 21,23; 31,845;

3). 21,23; 63,69;

4). 42,46; 31,845.

13. Чем определяется полоса рабочих частот магнетрона и как ее можно увеличить при разработке прибора?

1). Количеством резонаторов в анодном блоке. Разделением частот рабочего и ближайшего видов колебаний. Использованием связок в анодном блоке.

2). Высотой анодного блока, числом резонаторов и магнитной связью между резонаторами. Укорачивать высоту анода;

3). Рабочей длиной волны и количеством резонаторов в блоке. Число резонаторов не должно быть больше 18.

4). Размерами радиусов анода и катода. Чтобы увеличить полосу рабочих частот необходимо увеличивать отношение C’/C (т.е. увеличение сосредоточенной емкости и (или) уменьшении эквивалентной емкости одиночного резонатора).

14. На каком номере гармоники и какой величине n при минимальных затратах энергии возможны колебания -вида в магнетронах?

1). m=0 номере гармоники;

2). n=N/2; основном номере гармоники;

3). и m=0 номере гармоники;

4). при всех номерах гармоник и виде колебания n=N/2.

15. Какой характер имеют активное и реактивное сопротивления в ГЛПД на частотах меньших лавинной частоты (f<fл),?

1)Активное сопротивление отрицательное, реактивное сопротивление имеет емкостной ха-

Согласована на портале № 41998

рактер;

2) Активное сопротивление положительное, реактивное сопротивление имеет емкостной характер;

3) Активное сопротивление положительное, реактивное сопротивление имеет индуктивный характер;

4) Активное сопротивление отрицательное, реактивное сопротивление имеет индуктивный характер;

16. Чему равна в генераторе на ЛПД оптимальная длина области, в которой происходит движение электронов с постоянной скоростью, если частота СВЧ колебаний 100ГГц, а скорость домена 10^7 см/с.

1). 100 мкм

2). 50 мкм

3). 200 мкм

4) 150 мкм

17. Если увеличивать площадь сечения диода Ганна, оставляя длину образца неизменной, то какие изменения произойдут в режиме работы генератора на этом диоде (назовите не менее двух)?

1). Увеличится ток диода, а соответственно и мощность генератора;

2). Увеличится статическая ёмкость диода и уменьшится частота генератора;

3). Уменьшится пороговое напряжение;

4). Выходная мощность уменьшится.

5). Увеличится статическая ёмкость диода и уменьшится частота генератора; Уменьшится пороговое напряжение;

18. При конструировании генераторной волноводной камеры для диода Ганна, где необходимо помещать диод и почему?

1). Местоположение диода в камере любое, т.к. можно использовать элементы настройки;

2). Диод следует поместить там, где сумма входных проводимостей схемы слева и справа равна нулю;

3). Диод следует поместить там, где активное сопротивление диода и волновода одинаковы;

4). Диод помещается в центре волновода (x=a/2), в максимуме напряжённости поля E, а уж потом предусматривается настройка поршнем, чтобы получать максимальные параметры генератора.

19. Какие основные выходные характеристики, входящие в справочники, присущи генератору на ЛПД?

1). Зависимости КПД от напряжения питания.

2). Зависимости мощности в нагрузке и КПД от частоты.

3). Зависимости выходной мощности и частоты от напряжения питания.

4). Зависимость тока диода от напряжения питания.

20. Почему греются диэлектрики в СВЧ полях и отчего будет зависеть температура образцов при одних и тех же условиях, т.е. в одной и той же СВЧ печи?

1). Присутствует энергия СВЧ поля. Температура образца зависит от времени нагрева и массы образца

2). Когда диэлектрики имеют конечную величину удельной проводимости , они греются. Температура образца зависит от времени нагрева и величины напряженности электрического поля.

3). Если диэлектрики обладают конечной удельной проводимостью, то это вызывает протекание в них токов проводимости в полях СВЧ и нагрев. От веса, объема, удельной теплоемкости, времени разогрева и проводимости вещества зависит температура образца.

4). Так как диэлектрики обладают удельной теплоемкостью, то в полях СВЧ происходит их нагрев. Температура будет зависеть от веса, объема и времени разогрева вещества.

14.1.3. Темы контрольных работ

1. При расчете каких узлов или элементов конструкции (указать не менее двух) пролетных клистронов, предназначенных для работы в режиме умножения частоты, учитывается коэффициент умножения «n» ?

1). Длина пространства дрейфа;

2). Выходной резонатор;

Согласована на портале № 41998

3) Входной резонатор;

4). Ввод – вывод энергии;

5) Коллектор и электронная пушка;

6). Магнитная фокусирующая система.

7). Диаметр трубы пространства дрейфа.

2. К чему приводит использование трех и более резонаторов в пролетных клистронах , работающих в режиме умножения частоты?

1). К повышению коэффициента усиления за счет увеличения числа резонаторов ;

2). Дает снижение мощности источников питания благодаря использованию одного и того же электронного потока;

3). Позволяет увеличить выходную мощность клистрона;

4). Снимает ограничения по величине тока с катода;

5). Позволяет расположить коллектор, отдельно от высокочастотной цепи, что устраняет затруднения, связанные с рассеянием больших токов;

6) Дает возможность использования любой величины ускоряющего напряжения;

7). К увеличению к. п. д. прибора и коэффициента преобразования.

3. В каких узлах или элементах конструкций пролетных генераторных клистронов учитывается предназначенность их режиму работы?

1). пространство дрейфа;

2). Выходной резонатор;

3) Входной резонатор;

4). Ввод – вывод энергии;

5) Коллектор и электронная пушка;

6) Магнитная фокусирующая система;

7). Диаметр пространства дрейфа;

8). Наличие системы обратной связи.

4. Часть микроволновых приборов, существующие в настоящее время, использует электростатическое управления носителями заряда, которое определяется как

1) Механизм, использующий конечное время пролета электронов в электрическом высокочастотном поле для получения модуляции электронного потока по скорости, которая затем переходит в модуляцию плотности, сгустки электронов следуют с частотой воздействующего переменного сигнала

2) Механизм, используемый для получения переменной составляющей конвекционного электронного тока на высоких и сверх высоких частотах.

3) Механизм, использующий конечное время пролета электронов через узкий зазор с электрическим высокочастотным полем, для получения модулированного по плотности электронного потока и получения сгустков электронов, следующих с частотой воздействующего переменного сигнала;

4) Механизм, в основе которого лежит процесс получения из электронного потока с помощью высокочастотного электрического поля коротких сгустков в моменты времени, когда ускоряющее переменное напряжение превышает постоянное отрицательное поле; сгустки электронов следуют с частотой воздействующего переменного сигнала.

5. Какие изменения будут происходить в электронном потоке при движении его в пространстве постоянного тормозящего поля, если уменьшать амплитуду переменного напряжения на зазоре резонатора, стоящего перед пространством тормозящего поля, оставляя все остальные параметры постоянными?

1) Ничего с электронным потоком происходить не будет, так как эти области пространственно разделены и выполняют разные функции;

2) Изменение амплитуды переменного напряжения на зазоре не может влиять на энергию электронов и выходную мощность;

3) Уменьшиться скорость электронов V0, уменьшится их кинетическая энергия и возврат группы электронов будет наблюдаться в другой период СВЧ поля.

4) Уменьшение амплитуды переменного напряжения приведет к уменьшению амплитуды переменной составляющей скорости электронов и к уменьшению параметра группировки, и следо-

Согласована на портале № 41998

вательно, к уменьшению выходной мощности .

5) Уменьшится кинетическая энергия электронов и колебательная мощность СВЧ поля.

6) Уменьшится скорость электронов, уменьшится их кинетическая энергия, нарушится условие возврата группы электронов в СВЧ поле.

6. В резонансную камеру может вводится варакторный диод, на котором напряжение питания может регулироваться. Это для генератора дает:

1) возможность изменять частоту;

2) возможность получить большую мощность на выходе ГДГ; возможность увеличить КПД генератора;

3) возможность сделать широкополосный генератор;

4) возможность работы в режиме генерации и усиления);

7. В диоде Ганна в процессе работы изменяется подвижность носителей заряда, что приводит к появлению различных характерных свойств прибора, позволяющих использовать его в режиме генерации.

Что такое подвижность носителей?

1)подвижность носителей заряда - отношение скорости направленного движения носителей заряда в веществе под действием электрического поля к напряженности этого поля;

2) отношение скорости движения носителей заряда к напряженности электрического поля;

3) скорость носителей при единичной напряженности электрического поля - подвижность;

4) подвижность – скорость электронов и дырок в зависимости от процессов их рассеяния на дефектах и колебаниях решетки);

8. Какие основные конструктивные и принципиальные требования (укажите не менее двух) следует учитывать при разработке камеры для СВЧ печи?

1). Необходимость видеть продукт и отсутствие излучения СВЧ мощности при этом.

2). Равномерность разогрева диэлектрических образцов и оптимальное использование энергии.

3). Возможность регулировки времени разогрева.

4). Удовлетворение санитарным нормам.

5). Согласование сопротивлений волноводного тракта и камеры на входе в неё СВЧ энергии.

6). Минимальные размеры камеры разогрева.

7). Удаление влажного воздуха.

8). Предотвращение попадания влажного воздуха в волноводный тракт.

9). Снабжение камеры вращающимся столиком или лопастями для изменения частоты в камере.

9. При разработке микроволновых печей какие требования техники безопасности и санитарии, из ниже приведенных, являются первостепенными, т.е. их необходимо выполнить обязательно в первых экземплярах изделия (укажите не менее двух)?

1). Удовлетворение микроволновой камеры санитарным нормам.

2). Предотвращение попадания влажного воздуха в волноводный тракт.

3). Необходимость видеть продукт и отсутствие излучения СВЧ мощности при этом.

4). Пленочное фторопластовое (тефлоновое) покрытие внутренних поверхностей камеры.

5). Изготовления деталей камеры из материалов, допустимых для использования в пищевой промышленности.

6). Отсутствие излучения СВЧ мощности от всего устройства.

7). Удаление влажного воздуха из камеры в процессе нагрева.

8). Наличие диэлектрического вращающегося столика.

10. Волноводный тракт СВЧ печи это линия от магнетрона до камеры, как правило, работает в режиме не согласованной нагрузки.

Как можно оценить величину мощности, поступившей от генератора СВЧ в камеру в процессе отладки рабочего режима печи?

1). По температуре разогрева в камере вещества с заданными размерами .

2). По измеренным величинам мощности в тракте и коэффициенту отражения.

3). По скорости и температуре разогрева в камере веществ с заданными тепловыми параметрами и размерами

Согласована на портале № 41998

4). Проверить согласование камеры и тракта в холодном режиме.

14.1.4. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала необходимо осуществлять медленно, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;
- если в тексте встречаются термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;
- необходимо осмысливать прочитанное и изученное, отвечать на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия в форме вебинаров. Расписание вебинаров публикуется в кабинете студента на сайте Университета. Запись вебинара публикуется в электронном курсе по дисциплине.

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

Согласована на портале № 41998

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 41998