

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»**
Институт электронной техники и приборостроения

«УТВЕРЖДАЮ»
проректор по учебной работе
СГТУ имени Гагарина Ю.А.
Мизякина О.Б.

ПРОГРАММА
вступительного испытания
междисциплинарный экзамен «Электронные приборы и устройства»
для поступающих на направление подготовки магистров
11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»
(магистерская программа «Промышленная электроника»)

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Раздел 1 Дисциплина «Электродинамика и микроволновая техника»

Особенности диапазона сверхвысоких частот. Применение электромагнитных колебаний СВЧ в науке и технике. Недостатки обычных передающих линий и колебательных контуров на сверхвысоких частотах. Понятия волновода и полого резонатора. Основные уравнения классической электродинамики. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Фазовая скорость и длина волны в линии. Дисперсия в передающих линиях СВЧ. Групповая скорость волн и скорость перемещения энергии. Типы волн, распространяющихся по передающей линии. Прямоугольный волновод. Критическая длина волны в прямоугольном волноводе. Волноводы круглого сечения. Структура поля для волн E_{01} , E_{02} , E_{11} в круглом волноводе. Типы волн в коаксиальной линии. Возбуждение волноводов. Элементы СВЧ тракта. Полосковые линии. Элементы соединения линий передач. Устройство волноводной нагрузки. Калориметрические нагрузки нерегулируемые. Предельные аттенюаторы. Фазовращатели. Полые резонаторы. Эквивалентная схема полого резонатора. Нагруженная и внешняя добротности резонаторов. Структуры поля. Цилиндрический полый резонатор. Структуры поля. Тороидальный резонатор. Связь резонаторов с нагрузкой. Возбуждение резонатора. Замедляющие системы. Характеристики и параметры замедляющих систем. Коэффициент замедления и длина замедленной волны. Дисперсионные характеристики замедляющих систем. Сопротивление связи замедляющей системы.

Раздел 2 Дисциплина «Физические основы электроники»

Процессы переноса зарядов в полупроводниках (дрейф, диффузия, генерация, рекомбинация). Зонные диаграммы полупроводников, p-n переходов, контактов металл-полупроводник. Выражение для полного тока (плотности тока) через p-n переход. Вольт-амперная характеристика p-n-перехода. Виды пробоев p-n перехода. Классификации полупроводниковых диодов (по назначению, по частотному диапазону, по размеру перехода, по конструкции). Выпрямительные диоды. Импульсные диоды. Туннельные диоды. Варикапы. Стабилитрон. Стабистор. Диоды Шоттки. Биполярный транзистор. Режимы работы биполярного транзистора. Физические процессы в биполярном транзисторе. Схемы включения транзистора (ОБ, ОЭ, ОК). Статические характеристики биполярного транзистора. Режимы работы усилительных каскадов (режим класса А; В; АВ; С; D). Влияние температуры на работу усилительных каскадов. АЧХ. Частотные свойства транзисторов.

Полевой транзистор. Структура полевого транзистора с управляющим p-n-переходом. Основные процессы переноса носителей заряда. Схемы включения полевых транзисторов. Статические характеристики полевых транзисторов (управляющие (сток-затворные) и выходные (сток-исток) характеристики). Полевые транзисторы с изолированным затвором со встроенным каналом, статические характеристики. Транзистор с индуцированным (инверсионным) каналом, статические характеристики. Тиристоры. Динистор. Триодный тиристор (тринистор). Запираемые тиристоры, структура и ВАХ. Симметричные тиристоры.

Раздел 3 Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация»

Физические свойства, величины и шкалы. Системы физических величин и их единиц. Международная система единиц (система СИ). Воспроизведение единиц физических величин и передача их размеров. Эталоны единиц системы СИ. Модель измерения и основные постулаты метрологии. Виды и методы измерений. Погрешности измерений. Качество измерений. Методы обработки результатов измерений. Динамические измерения и динамические погрешности. Основные понятия теории метрологической надежности. Принципы выбора средств измерений. Основы метрологического обеспечения. Норматив-

но-правовые основы метрологии. Метрологические службы и организации. Государственный метрологический надзор и контроль.

Основы государственной системы стандартизации. Работы, выполняемые при стандартизации. Научно-технические принципы и методы стандартизации. Категории и виды стандартов. Стандартизация отклонений геометрических параметров деталей. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов.

Раздел 4 Дисциплина «Микроэлектроника»

Гибридные интегральные схемы. Методы формирования тонких пленок. Методы формирования элементов гибридных интегральных схем. Полупроводниковые интегральные схемы. Основные технологические операции: травление, эпитаксия, окисление, литография, отжиг. Изоляция элементов полупроводниковой интегральной схемы обратносмещенным р-п-переходом. Изоляция элементов полупроводниковой интегральной схемы диэлектриком. Комбинированные способы изоляции элементов полупроводниковой интегральной схемы. Интегральная схема на основе биполярного транзистора. Распределение примесей в слоях биполярного интегрального транзистора. Конфигурации и рабочие параметры биполярного интегрального транзистора. Многоэмиттерный и многоколлекторный биполярные интегральные транзисторы. Интегральный транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды. Полевые интегральные транзисторы. Резисторы в полупроводниковых интегральных схемах. Конденсаторы в полупроводниковых интегральных схемах. Простейший биполярный ключ. Ключ с барьером Шоттки. Переключатель тока. МДП-транзисторные ключи. Интегральные логические элементы на биполярных и униполярных транзисторах. Транзисторно-транзисторная логика. Эмиттерно-связанная логика. КМОП-транзисторная логика. Основные этапы синтеза цифровых интегральных схем.

Раздел 5 Дисциплина «Физические основы электроники»

Особенности диапазонов высоких частот и сверхвысоких частот, их роль в развитии радиоэлектроники. Основные уравнения вакуумной СВЧ электроники. Особенности электронных процессов в ВЧ и СВЧ диапазонах. Время и угол пролета электронов. Классификация электровакуумных приборов СВЧ. Принципы квазистатического и динамического управления электронным потоком. Особенности отбора энергии. Основная компонентная база электронных приборов СВЧ. Наведенный ток. Скоростная модуляция. Использование понятий коэффициента взаимодействия и электронной проводимости для характеристики эффективности взаимодействия электронов с СВЧ полем. Триоды и тетроды микроволнового диапазона. Особенности конструкции. Пространственно-временная диаграмма движения электронов в СВЧ триоде и тетроде. Конструкции триодов и тетродов СВЧ. Новые типы мощных ЭВП СВЧ с сеточным управлением. Пролетные клистроны. Процессы в двухрезонаторном усилительном клистроне. Электронный коэффициент полезного действия (КПД). Многорезонаторные клистроны. Каскадная группировка электронов. Основные характеристики и параметры клистронов. Области применения многорезонаторных клистронов. Многолучевые клистроны. Типичные конструкции резонаторов и электронно-оптических систем. Клистронные генераторы и умножители частоты. Отражательный клистрон. Принцип действия. Электронная настройка. Конструкции и параметры отражательных клистронов. Лампы прямой и обратной волны типа О. Принцип действия. Основные характеристики и параметры. Конструкции и области применения ЛБВ. Лампы прямой и обратной волны типа М. Принцип действия. Коэффициент полезного действия, коэффициент усиления. Электронная настройка. Амплитрон. Основные характеристики и параметры. Конструкции и области применения усилителей и генераторов М-типа. Многорезонаторный магнетрон. Резонансная система магнетрона, виды колебаний. Движение электронов в магнетроне. Рабочие характеристики и параметры. Магнетроны, настраиваемые напряжением. Типичные конструкции, параметры и области применения магнетронов. Гибридные СВЧ приборы. Основные пути улучшения выходных характеристик при-

боров с комбинированным механизмом модуляции электронного потока. СВЧ – приборы с автоэмиссионными катодами и устройства на их основе.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основная литература

1. Григорьев А.Д., Иванов В.А., Молоковский С.И. Микроволновая электроника: Учебное пособие/Под ред. А.Д.Григорьева - СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 496с.
2. Григорьев, А. Д. Методы вычислительной электродинамики / Григорьев А.Д. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 432 с. - ISBN 978-5-9221-1450-9. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922114509.html>
3. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы- СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 480с.
4. Сергеев А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / А.Г. Сергеев, В.В. Терегеря. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт: ИД Юрайт, 2014.-838с.
5. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника. Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2011. — 320 с: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература)
6. Вакуумная и плазменная электроника: Учебное пособие для студентов направления «210100.62 – Электроника и нанoeлектроника» / Аксенов А. И., Злобина А. Ф., Окс Е. М. – 2013. 128 с.
7. Москатов Е. А. Основы электронной техники: учебное пособие / Е. А. Москатов. — Ростов н/Д: Феникс, 2010. — 378 с.
8. Марченко, А. Л. Электроника : учебное пособие / А.Л. Марченко. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 242 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1587595. - ISBN 978-5-16-017057-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2127940>
9. Ткалич В.Л., Макеева А.В., Оборина Е.Е. Физические основы нанoeлектроники». Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 83с.
10. Щука, А. А. Нанoeлектроника : учебное пособие / А. А. Щука ; под ред. А. С. Сигова. - 6-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2024. - 345 с. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-93208-768-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2178489>
11. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2010. – 464с.
12. Гугелев А.В. Стандартизация, метрология и сертификация: учеб. пособие / А.В. Гугелев. – М.: ИТК «Дашков и К», 2009. – 272с.
13. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. – СПб.: Лань, 2008.
14. Марголин В.И., Жабров В.А., Тупик В.А. Физические основы микроэлектроники. – М.: ИЦ «Академия», 2008.
15. Власов, А. Б. Электроника. Цифровые элементы и узлы электронной аппаратуры : учебное пособие / А. Б. Власов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 216 с. - ISBN 978-5-9729-1598-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2173600>
16. Ефимов И.Е., Козырь И.Я. Основы микроэлектроники. – СПб.: Лань, 2008.
17. Коваленко А.А. Основы микроэлектроники. – М.: ИЦ «Академия», 2008.
18. Аваев Н.А., Наумов Ю.Е., Фролкин В.Т. Основы микроэлектроники. – М.: Радио и связь, 2005.

19. Бабич Н.П. Основы цифровой схемотехники. – М.: МК-Пресс, 2007.
20. Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника : учебник / А. Д. Григорьев. - 2-е изд., доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2007. - 704 с. : ил.
21. Пименов Ю. В., Вольман В. И., Муромцев А. Д. Техническая электродинамика. М. «Радио и связь», 2000.
22. Петров Б. М. Электродинамика и распространение радиоволн. М. «Радио и связь», 2000.
23. Д.И. Воскресенский и др. Устройства СВЧ и антенны. изд. «Радиотехника», Москва, 2006.
24. Гилмор А. С.-мл. Лампы с бегущей волной / А.С.-мл. Гилмор // Мир радиоэлектроники. Москва: Техносфра, 2013. – 616 с.
25. Царев, В.А. Магнитные фокусирующие системы электровакуумных микроволновых приборов О-типа / В.А.Царев, Спиридонов Р.В. // Учебное пособие. Саратов: изд-во «Новый ветер», 2010. -352 с.
26. Сушков, А. Д. Вакуумная электроника. Физико-технические основы / А.Д. Сушков // СПб, Лань, 2004.
27. Агапов, М.В. Генераторы и усилители СВЧ / М. В. Агапов, В. М. Аникин, Ю. В. Анисимов и др. под ред. И. В. Лебедева. -М.: Радиотехника, 2005. - 352 с.: ил.
28. Электронные приборы СВЧ: Учеб. пособие для вузов / В.М. Березин, В.С. Буряк, Э.М. Гутцайт и др. – М. : Высшая школа, 1985. - 296 с.
29. Гутцайт, Э.М. Техника и приборы сверхвысоких частот [Текст] : Учеб. пособие / Э.М. Гутцайт. – М. : Радио и связь, 1994. - 225 с.

Дополнительная литература

30. Спиридонов О.П. Физические основы твердотельной электроники : учеб. пособие / О. П. Спиридонов. - М. : Высшая школа, 2008. - 191 с.
31. Соколов, С. В. Электроника: Учебное пособие для вузов / Соколов С.В., Титов Е.В., Соколов С.В. - Москва : Гор. линия-Телеком, 2013. - 204 с. (Специальность) ISBN 978-5-9912-0344-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/436971>
32. Гуртов В.А. Твердотельная электроника : учеб. пособие / В. А. Гуртов. - 3-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2008. - 512 с.
33. Щука А.А. Электроника: учеб. пособие / А. А. Щука ; под ред. А. С. Сигова. - СПб. : БХВ-Петербург, 2006. - 800 с.
34. Дудкин В.И. Квантовая электроника. Приборы и их применение : учеб. пособие / В. И. Дудкин, Л. Н. Пахомов. - М. : Техносфера, 2006. - 432 с. : ил.
35. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники : учеб. пособие / В. А. Малышев. - М. : Высш. шк., 2005.
36. Метрология, стандартизация, сертификация : учебник / Б.Я. Авдеев [и др.]; под ред. В.В. Алексеева. – М.: ИЦ «Академия», 2007. – 384с.
37. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. – СПб.: Лань, 2008.
38. Марголин В.И., Жабров В.А., Тупик В.А. Физические основы микроэлектроники. – М.: ИЦ «Академия», 2008.
39. Ефимов И.Е., Козырь И.Я. Основы микроэлектроники. – СПб.: Лань, 2008.
40. Коваленко А.А. Основы микроэлектроники. – М.: ИЦ «Академия», 2008.
41. Аваев Н.А., Наумов Ю.Е., Фролкин В.Т. Основы микроэлектроники. – М.: Радио и связь, 2005.
42. Д.А. Франк-Каменский. Лекции по физике плазмы. М.: Интеллект, 2008.
43. Кузнецов, Г. Д. Вакуумная и плазменная электроника : лабораторный практикум / Г. Д. Кузнецов, С. П. Курочка, И. В. Лобачев. - Москва : ИД МИСиС, 2005. - 83 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1239462>

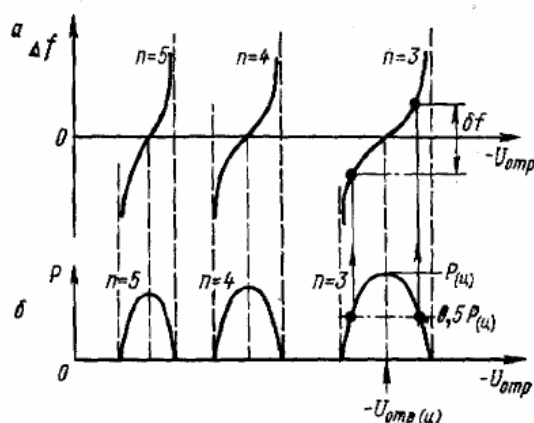
44. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. – Издаельство: Техносфера, 2010. – 336 с.
45. В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. Основы Нанoeлектроники. – Новосибирск: НГТУ, 2000. – 340 с.
46. Ю.Д. Третьяков. Нанотехнологии: Азбука для всех. Издательство:Физмалит, 2008. – 368 с.
47. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. – СПб.: Лань, 2008.
48. Марголин В.И., Жабров В.А., Тупик В.А. Физические основы микроэлектроники. – М.: ИЦ «Академия», 2008.
49. Ефимов И.Е., Козырь И.Я. Основы микроэлектроники. – СПб.: Лань, 2008.
50. Коваленко А.А. Основы микроэлектроники. – М.: ИЦ «Академия», 2008.
51. Аваев Н.А., Наумов Ю.Е., Фролкин В.Т. Основы микроэлектроники. – М.: Радио и связь, 2005.
52. Бабич Н.П. Основы цифровой схемотехники. – М.: МК-Пресс, 2007.
53. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. – М.: Лаб. Базовых Знаний, 2003.
54. Нефедов А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: справочник. – М.: ИП Радио Софт, 2003.
55. Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники. – М.: Лаб. базовых знаний: ФИЗМАТЛИТ, 2002.
56. Самостаева Ж.Г. Литография в микроэлектронике. – Владивосток: ДВГТУ, 2003.
57. Миловзоров О.В. Электроника. – М.: Высш.шк., 2006.
58. Пасынков В.В. Полупроводниковые приборы. – СПб.: Лань, 2003.
59. Давыдов, В. Н. Твердотельная электроника : учебное пособие / В. Н. Давыдов. - Томск : ТУСУР, 2013. - 175 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1850322> Вайнштейн Л. А., Солнцев В. А. Лекции по сверхвысокочастотной электронике. М: «Сов. Радио», 1973.
60. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ. М: «Высшая школа», 1972. Т. 1, 2.
61. Введение в приборно-технологическое моделирование устройств . Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2011. – 47.
62. Кукарин, С. В. Электронные СВЧ приборы [Текст] : Характеристика, применение, тенденции развития / С. В. Кукарин. - 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1981. - 271 с.
63. Фридрихов, С. А. Физические основы электронной техники [Текст] : Учебник для вузов по спец. "Электрон. приборы" / С.А. Фридрихов, С.М. Мовнин. – М.: Высшая школа, 1982. - 608 с.
64. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. М.: Солно-Пресс. 2003.
65. Нефедов Е.И. Техническая электродинамика. М.: Академия, 2008, 416 с.

Периодические издания

66. Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. - ISSN 1993-8985 (print), ISSN 2658-4794 (online).
67. Электронная техника. Серия 1. СВЧ-техника. – ISSN 1990-9012.
68. Электроника: наука, технология, бизнес. - ISSN 1992-4178 (print), ISSN 1992-4186 (online).
69. Журнал радиоэлектроники [электронный журнал] - ISSN 1684-1719

ПРИМЕР ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

1. Вопрос 1: Для какого прибора на рисунке показано изменение частоты и выходной мощности?



1. Многорезонаторный клистрон
2. Отражательный клистрон
3. Лампа обратной волны О-типа
4. Магнетрон
5. Лампа бегущей волны О-типа

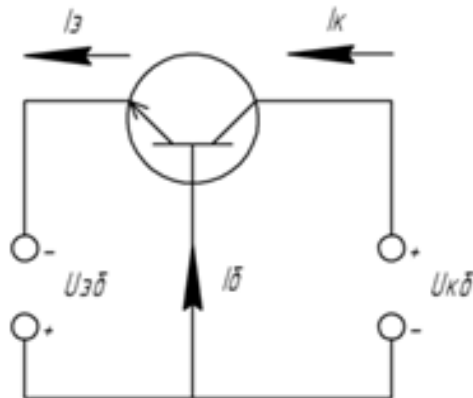
2. Вопрос 2: Волновое сопротивление (Z_c) коаксиальной линии определяется выражением (μ – относительная магнитная проницаемость; ε – относительная диэлектрическая проницаемость; d и D – внутренний и внешний диаметры полупроводника соответственно)

1. $Z_c = 138 \sqrt{\frac{1}{\varepsilon} \lg \frac{d}{D}}$
2. $Z_c = 166 \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon} \lg \frac{D}{d}}$
3. $Z_c = 146 \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon} \lg \frac{d}{D}}$
4. $Z_c = 138 \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon} \lg \frac{D}{d}}$
5. $Z_c = 138 \sqrt{\frac{1}{\varepsilon} \lg \frac{2d}{D}}$

3. Вопрос 3: Приведенная погрешность определяется выражением

1. $\delta = \pm \Delta/x 100\%$
2. $\gamma = \pm \Delta/x_N 100\%$
3. $\delta = \pm \Delta/x$
4. $\Delta = x - x_{и}$

4. Вопрос 4: На рисунке представлена схема включения биполярного транзистора. К характеристике схемы не относится:



1. Выходной сигнал инвертируется
2. Высокое допустимое напряжение
3. Малое входное сопротивление
4. Большое усиление по току
5. Высокое выходное сопротивление

5. Вопрос 5: Логическая схема «ИЛИ-НЕ» это

1. логическое сложение с отрицанием
2. логическое умножение с отрицанием
3. логическое деление с отрицанием
4. логическое вычитание с отрицанием
5. правильного ответа нет