

Махачкала 2014

«Антенны, СВЧ – устройства и их технологии»

Настоящая программа базируется на кратком паспорте специальности 05.12.07 и на вузовских дисциплинах, соответствующих государственному образовательному стандарту по направлению «Радиотехника»: электродинамика и распространение радиоволн; устройства СВЧ и антенны; радиотехнические цепи и сигналы; устройства генерирования и формирования сигналов; устройства приема и преобразования сигналов; электроника; схемотехника аналоговых электронных устройств; вычислительные устройства и системы; радиотехнические системы.

1. Общая теория антенн и СВЧ-устройств

Уравнения Максвелла для нестационарных и монохроматических полей. Материальные уравнения и типы сред. Векторные и скалярные потенциалы электромагнитного поля. Волновые уравнения и уравнения Гельмгольца. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля. Теорема Умова–Пойнтинга.

Постановка задач электродинамики, методы их решения. Внутренние и внешние задачи электродинамики. Теорема единственности.

Свободные электромагнитные волны как решения однородных уравнений электродинамики в разных системах координат. Плоские однородные волны в изотропных средах с потерями и без потерь и в гиротропных средах (плазма и феррит при наличии подмагничивания). Вращение плоскости поляризации, резонансное поглощение. Немонохроматические волны в диспергирующих средах. Волны в активных средах; представление о волновых процессах в нелинейных средах. Падение плоской однородной волны на плоскую границу раздела однородных изотропных сред. Двойное преломление на границе раздела с гиротропной средой.

Локально-плоские волны и геометрическая оптика. Влияние неоднородности среды на распространение радиоволн. Уравнения эйконала и переноса. Уравнение луча. Сопровождающий трехгранник Френеля на луче. Изменение поляризации вдоль луча. Возникновение каустик. Рефракция в неоднородных средах.

Распространение радиоволн в природных условиях. Влияние земной поверхности, тропосферы, ионосферы, космического пространства на распространение радиоволн. Распространение радиоволн в урбанизированных зонах.

Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Теорема эквивалентности, эквивалентные поверхностные источники.

Электромагнитное поле заданного распределения возбуждающих токов в свободном пространстве. Принципы взаимозаменяемости полей, электрических и магнитных токов, принцип двойственности. Принцип электродинамического подобия. Сведение задачи об излучении антенн к интегральным и интегродифференциальным уравнениям.

Явления и задачи дифракции. Строгая постановка дифракционных задач. Дифракция на цилиндре, шаре и клине. Интегральные уравнения в задачах дифракции и возбуждения тел сложной формы. Асимптотические методы в

квазиоптической области: приближение Гюйгенса-Кирхгофа и геометрическая теория дифракции.

Численные методы электродинамики. Постановка задачи, представление полей, алгоритмизация задач возбуждения, излучения и дифракции электромагнитных полей и волн.

Проекционные методы. Процесс Бубнова–Галёркина. Проекционное наложение граничных условий. Сведение задачи к рассмотрению граничных условий.

Дискретизационные методы. Декомпозиционный принцип. Математическое моделирование сложных структур.

2. Теория и техника СВЧ-устройств

Уравнения электродинамики для направляемых волн. Теория и классификация свободных волн в продольно-регулярных направляющих системах.

Типы направляющих систем. Полые и коаксиальные волноводы. Диэлектрические волноводы и линии поверхностных волн. Полые волноводы с частичным диэлектрическим и гиротропным заполнением. Полосковые и микрополосковые линии, щелевые и копланарные волноводы. Оптические волноводы, световоды. Замедляющие структуры. Искусственные диэлектрики. Квазиоптические направляющие системы.

Технические характеристики и особенности конструирования фидеров различных диапазонов. Конструктивно-технологические особенности микрополосковых линий.

Теория электромагнитных резонаторов. Полые резонаторы. Диэлектрические и ферритовые резонаторы. Резонаторы на основе планарных структур. Открытые квазиоптические резонаторы.

Технические характеристики и особенности конструирования резонаторов различных типов.

Теория сложных волноводных устройств. Многомодовые матрицы рассеяния, проводимости и сопротивления. Основные свойства одномодовых матриц.

Эквивалентные схемы волноводных устройств. Элементы теории цепей СВЧ. Круговые диаграммы полных сопротивлений и проводимостей.

Применение общей теории сложных волноводных устройств и теории цепей СВЧ при использовании различных направляющих систем.

Фидерные устройства и их элементы. Методы согласования. Узкополосное и широкополосное согласование. Ограничения на полосу согласования. Согласующие элементы для линий разных типов.

Элементы возбуждения волноводов и резонаторов. Соединения линий передачи, переходные элементы, вращающиеся сочленения. Разветвления, мостовые соединения. Направленные ответвители.

Устройства регулирования амплитудных, фазовых и поляризационных характеристик. Атенюаторы, фазовращатели, поляризаторы.

Устройства с применением ферритов. Волноводные, коаксиальные, полосковые и микрополосковые фазовращатели, вентили, циркуляторы и ограничители.

Коммутационные устройства, применение ферритов и полупроводниковых элементов. Антенные переключатели.

Частотные фильтры, элементы теории и классификация. Реализация фильтров в виде волноводных, коаксиальных, полосковых и микрополосковых конструкций. Перестраиваемые фильтры.

Принципы построения и методы проектирования приёмо – передающих устройств СВЧ. Особенности активных СВЧ-устройств на основе полупроводниковых и миниатюрных вакуумных приборов (генераторы, умножители частоты, малoshумящие усилители). Применение биполярных и полевых транзисторов, лавинно-пролетных диодов, туннельных диодов и диодов Ганна.

Особенности мощных СВЧ-устройств (клистронные усилители, магнетронные генераторы и генераторы на ЛБВ и ЛОВ).

Пассивные нелинейные СВЧ устройства на полупроводниковых приборах. Транзисторные и диодные преобразователи частоты.

Теория и техника передачи сигналов по волоконно-оптическим линиям связи.

Применение СВЧ-устройств и систем в технологии производства, биологии и медицине.

Численный электродинамический расчёт основных типов СВЧ-устройств.

3. Теория и техника антенных устройств и систем

Теория антенн. Приёмная и передающая антенны, их основные параметры и технические характеристики. Соотношение режимов приёма и передачи, теорема взаимности. Эффективная поверхность антенны. Обратное излучение приемной антенны. Приближение заданных токов и применение сведений об элементарных излучателях в теории антенн. Учет влияния земной поверхности и экранов.

Система однотипных излучателей. Теорема перемножения диаграмм. Эквивалентные решётки. Непрерывные распределения. Влияние амплитудно-фазового распределения поля и конфигурации апертуры на основные характеристики антенн. Статистические характеристики антенн.

Многоэлементные антенны (решётки). Взаимодействие элементов, метод наводимых э.д.с. в приближении заданных токов.

Фазированные антенные решетки (ФАР). Частотное, фазовое и фазочастотное сканирование. Дискретный и дискретно-коммутационный методы. Приближение бесконечной решетки, теорема Флоке. Многолучевые антенные решетки.

Вопросы синтеза антенн. Сверхнаправленность. Типы антенн и их реализация в различных диапазонах волн.

Антенны длинных, средних и коротких волн. Вибраторные антенны для диапазонов КВ и УКВ. Антенны бегущей волны дискретного и непрерывного типов.

Спиральные, диэлектрические и ребристо-стержневые антенны. Частотно-независимые антенны. Рупорные, зеркальные, линзовые, щелевые и другие антенны СВЧ.

Антенные решётки с электронным сканированием. Системы управления ФАР, применение ферритов и полупроводниковых элементов. Активные

решётки (АФАР). Приемо-передающие модули. Самофокусирующиеся антенные системы. Малошумящие антенные системы. Антенны с моделируемыми параметрами. Адаптивные антенны. Антенны для широкополосных сигналов. Антенные системы с регулируемыми поляризационными характеристиками. Моноимпульсные антенные системы.

Диаграммообразование ФАР с помощью оптических методов. Волоконно-оптические и гибридные диаграммообразующие схемы (ДОС) ФАР. Радиооптические антенны.

Учёт особенностей распространения радиоволн и расположения антенны. Вопросы надёжности антенно-фидерных устройств.

Измерение параметров антенно-фидерных устройств.

Применение антенных устройств и систем в технологии производства, биологии и медицине.

Численный электродинамический расчёт основных типов антенных устройств и систем.

4. Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ-устройств, а также технология их производства

Современные компьютерные технологии проектирования, расчёта и оптимизации антенных и СВЧ – устройств широкого применения. Модели базовых элементов разных уровней. Составление модели сложного объекта.

Технология изготовления антенн и СВЧ-устройств.

Методы технологии конструирования антенн и СВЧ-устройств.

Методы технологии конструирования интегральных схем СВЧ.

«Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Настоящая программа базируется на кратком паспорте специальности 05.12.13 и на вузовских дисциплинах, соответствующих государственному образовательному стандарту по направлению «Телекоммуникации»: математические модели сообщения, сигналов, помех и потоков событий; основы теории модуляции и демодуляции; каналы связи; основы теории передачи информации; основы теории кодирования; прием непрерывных сообщений; цифровые методы передачи непрерывных сообщений; цифровая обработка сигналов; теория многоканальной передачи сообщений; основы построения телекоммуникационных систем и сетей; сети связи.

1. Математические модели сообщений, сигналов, помех и потоков событий

1.1. Сообщения, сигналы, помехи, потоки событий как случайные процессы. Нестационарные и гауссовские модели. Преобразование случайных величин и случайных процессов.

1.2. Спектральные представления детерминированных и случайных процессов.

1.3. Корреляционные и энергетические характеристики детерминированных и случайных процессов Модель случайного синхронного двоичного сигнала без памяти Модель речевого источника.

1.4. Огибающая и фаза процесса, аналитический (комплексный) сигнал, квадратурные компоненты Распределение огибающей и фазы гауссовского случайного процесса.

1.5. Линейные пространства представления сигналов, пространство Евклида, Гильберта и Хемминга Представление детерминированных и случайных процессов через обобщенный ряд Фурье. Базис Фурье и Котельникова. Дискретизация функций непрерывного аргумента.

1.6. Общие сведения о случайных точечных процессах. Модель однолинейной системы обслуживания.

1.7. Пуассоновский процесс Распределение Пуассона и Эрланга. Обобщенный пуассоновский процесс.

1.8. Профильтрованный пуассоновский процесс.

1.9. Простейшие операции над пуассоновским процессом линейное преобразование суммирование пуассоновских потоков, разрежение потока, рандомизация.

2. Основы теории модуляции и демодуляции

2.1 Виды модуляции при гармонической несущей. АМ, ФМ, ЧМ. Особенности балансной и однополосной модуляции Получение модулированных сигналов в параметрических и нелинейных схемах Спектры модулированных сигналов. Корреляционные и энергетические характеристики модулированных сигналов при случайном первичном сигнале. Аналитическая запись сигнала на выходе передатчика при изохронной передаче дискретных сообщений при линейных и нелинейных видах модуляции Последовательный и параллельный (многочастотный) метод скоростной передачи дискретных сообщений.

2.2 Демодуляция (детектирование) при помощи параметрических и нелинейных схем Отношение сигнал/шум на выходе "линейного" детектора АМ сигнала, отношение сигнал, шум на выходе фазового (частотного) детектора.

2.3 Цифровая модуляция и демодуляция.

3. Каналы связи

3.1 Классификация каналов связи по используемым частотным диапазонам, по характеру сигналов на входе и выходе канала

3.2 Прохождение детерминированных и случайных процессов через линейные стационарные каналы (цепи). Особенность прохождения сигналов через узкополосные каналы, метод низкочастотного эквивалента. Метод комплексной огибающей при расчете прохождения узкополосных воздействий.

3.3 Прохождение сигналов через линейные случайные каналы, многолучевые каналы связи.

3.4 Адаптивные помехи в каналах связи флуктуационные шумы, сосредоточенные по спектру и импульсные помехи Квантовые шумы в оптических каналах.

3.5 Математические модели непрерывных, дискретных и непрерывно-дискретных каналов.

3.6 Модели непрерывных каналов с учетом доплеровского смещения частоты.

3.7 Эффект отражения, поглощения и рассеяния в радиоканалах и их математические модели Эффективная площадь рассеяния объектов.

3.8 Модели пространственно-временных каналов.

3.9 Метод переменных состояния для описания источников сообщений, каналов связи (сигналов) Марковские модели.

4. Основы теории передачи информации

4.1 Информационные параметры сообщений и сигналов. Информация дискретного источника.

4.2 Взаимная информация. Дифференциальная энтропия для непрерывного источника (сигнала).

4.3 Эффективное кодирование дискретных сообщений.

4.4 Пропускная способность канала связи.

4.5 Основная теорема кодирования Шеннона для канала с помехами.

5. Основы теории кодирования

5.1 Назначение и классификация кодов.

5.2 Неравномерные эффективные коды.

5.3 Принципы помехоустойчивого кодирования.

5.4 Линейные двоичные блочные коды.

5.5 Некоторые разновидности систематических кодов.

5.6 Эквивалентная вероятность ошибки при сравнении различных систем, эквивалентное отношение сигнал/шум.

6. Теория приема дискретных сообщений.

6.1 Прием сигналов как статистическая задача различения гипотез.

6.2 Критерии качества и правила приема дискретных сообщений минимума среднего риска, минимума средней вероятности ошибки, Неймана-Пирсона. Правило максимального правдоподобия. Правило обобщенного максимального правдоподобия.

6.3 Оптимальный алгоритм поэлементного приема в детерминированном однолучевом канале с аддитивным гауссовским белым шумом (когерентный прием).

6.4 Реализация алгоритма оптимального приема на основе согласованных фильтров.

6.5 Потенциальная помехоустойчивость поэлементного приема в детерминированном однолучевом канале с аддитивным гауссовским белым шумом. Энергетический выигрыш перехода от одной системы передачи сообщений к другой.

6.6 Прием сигналов с неопределенной фазой (некогерентный прием), алгоритм обобщенного максимального правдоподобия.

6.7 Прием дискретных сообщений в каналах с замираниями, разнесенный прием. Понятие об оптимальном приеме дискретных сообщений в пространственно-временных каналах.

6.8 Прием дискретных сообщений в каналах с сосредоточенными и импульсными помехами.

6.9 Алгоритм оптимального приема в целом и поэлементного приема в детерминированном многолучевом канале (канале с памятью) и аддитивным гауссовским белым шумом. Использование обратной связи по решению.

6.10 Алгоритм поэлементного приема Кловского-Николаева и Витерби в многолучевом детерминированном канале. Оценка их помехоустойчивости при использовании двоичных сигналов в детерминированном канале с аддитивным гауссовским белым шумом.

6.11 Анализ помехоустойчивости приема дискретных сообщений. Рабочая характеристика обнаружителя. Вероятность ошибки при когерентном и некогерентном различении.

6.12 Особенности передачи дискретных сообщений по оптическим каналам связи. Расчет помехоустойчивости приема двоичных сигналов в оптическом канале при модуляции интенсивности.

7. Прием непрерывных сообщений

7.1 Критерий оптимальности оценивания отдельных непрерывных параметров сигнала и приема непрерывных сообщений.

7.2 Оптимальное когерентное и некогерентное оценивание отдельных параметров сигнала. Анализ качества оценок.

7.3 Оптимальная демодуляция непрерывных сигналов.

7.4 Помехоустойчивость систем передачи непрерывных сообщений при слабых помехах Пороговый эффект при сильной помехе.

7.5 Оптимальная линейная фильтрация непрерывных сообщений. Фильтр Калмана.

7.6 Элементы теории нелинейной фильтрации.

8. Цифровые методы передачи непрерывных сообщений

8.1 Общие сведения о цифровой передаче непрерывных сообщений.

8.2 Помехоустойчивость ИКМ.

8.3 Передача непрерывных сообщений с предсказанием: ДИКМ и дельта-модуляция.

9. Цифровая обработка сигналов

9.1 Модели дискретных сигналов. Модулированные импульсные последовательности, их спектральные плотности. Восстановление непрерывного сигнала по модулированной импульсной последовательности. Определение спектра аналогового сигнала по совокупности отсчетов.

9.2 Дискретизация периодических сигналов. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье. Алгоритм быстрого преобразования Фурье Дискретная свертка.

9.3 Теория z-преобразования. Прямое и обратное z-преобразование Связь с преобразованием Лапласа и Фурье. Свойства z-преобразования.

9.4 Цифровые фильтры. Квантование сигнала в ЦФ. Алгоритм линейной цифровой фильтрации. Частотный коэффициент передачи ЦФ. Системная функция ЦФ.

9.5 Реализация алгоритмов цифровой фильтрации. Трансверсальный ЦФ, системная функция, импульсная и частотная характеристики. Рекурсивные ЦФ. Системная функция, ее реализация. Устойчивость рекурсивных ЦФ Импульсная характеристика рекурсивного ЦФ.

9.6 Синтез линейных цифровых фильтров. Метод инвариантных импульсных характеристик. Синтез ЦФ на основе дискретизации дифференциального уравнения аналоговой цепи. Метод инвариантных частотных характеристик.

9.7 Влияние квантования сигнала на работу ЦФ

10. Теория многоканальной передачи сообщений

10.1 Основы теории разделения сигналов.

10.2 Частотное, временное и фазовое разделение сигналов.

10.3 Разделение сигналов по форме.

10.4 Способы разделения сигналов в асинхронных адресных системах связи.

10.5 Комбинационное разделение сигналов.

11. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей

11.1 Система электросвязи Российской Федерации и ее подсистемы.

11.2 Системы связи общего пользования: телефонной связи, документальной электросвязи, распределения программ звукового вещания, распределения телевизионных программ, подвижной радиосвязи

11.3 Средства систем связи: технические, программные, методические, информационные, организационные.

11.4 Системные требования к взаимоувязанной сети связи (ВСС).

11.5 Первичные сети ВСС: классификация, принципы построения, характеристики типовых каналов передачи и групповых трактов.

11.6 Системы передачи: с частотным и временным разделением каналов, волоконно-оптические, радиорелейные, спутниковые.

11.7 Аналоговые и цифровые системы коммутации.

11.8 Принципы построения коммутационных сетей: коммутации каналов, сообщений, пакетов

11.9 Интеграция вторичных сетей.

11.10 Интерфейсы

11.11 Цифровые сети интегрального обслуживания (широкополосная коммутация на основе технологии АТМ, архитектура PDH и SDH)

11.12 Интеллектуальные сети

11.13 Перспективы развития телекоммуникационных сетей в Российской Федерации

12. Сети связи

12.1 Классификация и принципы построения сетей связи различного назначения, коммутируемые и некоммутируемые сети.

12.2 Семиуровневая модель взаимодействия открытых систем, системы сигнализации, интерфейсы, протоколы.

12.3 Сети доступа (технологии xDSL, CDMA)

12.4 Сети передачи данных (технологии X-25, FrameRelay)

12.5 Эволюция цифровых интегральных сетей связи, интеллектуальные сети

12.6 Новые информационные технологии (Internet, электронная почта, IP-телефония)

12.7 Сотовые сети связи, стандарты сотовых сетей

12.8 Методы анализа, синтеза и оптимизации структуры сетей связи

12.9 Системы управления сетями связи (концепция TMN)

12.10 Моделирование сетей связи на ЭВМ

«Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро-и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах» компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах "

1. Основы кинетической теории материи. Закон распределения частиц по скоростям и его опытная проверка. Средняя длина свободного пробега, среднее число столкновений. Экспериментальное определение скоростей частиц,

2. Проблема переноса. Диффузия, теплопроводность и внутреннее трение газов.

3. Классическая теория теплоёмкостей газов. Теплоёмкости твёрдых тел. Основы квантовой теории теп теплоёмкости.

4. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критическая температура. Критическое состояние. Основные вопросы физики низких температур. Сверхтекучесть гелия (исследования Капицы). Теория Ландау.

5. Первое и второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Цикл Карно. Энтропия. Примеры применения первого и второго начал термодинамики. Статистическое толкование второго начала.

6. Электрическое поле. Теорема Остроградского-Гаусса в интегральной и дифференциальной формах. Пограничные условия. Потенциал. Распределение потенциалов поля при наличии пространственного заряда и без него. Энергия электрического поля.

7. Диэлектрики. Модель диэлектрика. Среднее действующее поле. Количественное соотношение между диэлектрической проницаемостью и молекулярной поляризацией. Влияние температуры. Идеи методов определения дипольных моментов. Диэлектрики в переменных высокочастотных полях. Дисперсия диэлектрической проницаемости и поглощение.

8. Металлическая проводимость. Классическая теория проводимости. Закон Ома и Джоуля-Ленца. Связь электро- и теплопроводности. Термоэлектричество Затруднения классической электронной теории и основные идеи квантовой теории.

9. Электронная эмиссия. Работа выхода. Термоэлектронный заряд. Формула Богуславского-Ленгмюра. Вторичная электронная эмиссия. Автоэлектронная эмиссия.

10. Электрические токи в вакууме. Электронные лампы. Усиление электрических сигналов, электрические флуктуации. Статические и динамические характеристики. Усилительное действие ламп.

11. Электрический ток в газах. Несамостоятельная проводимость. Прибор с газовым разрядом. Самостоятельная электропроводимость. Разряд в разряженных газах.

12. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Сила Лоренца. Магнитное поле движущегося заряда. Эффект Холла. Определение заряда электрона. Основные идеи электронной оптики. Электронный осциллограф.

13. Основы электродинамики. Расчёт магнитного поля тока в общем и основных частных случаях. Магнитное поле движущихся зарядов. Опыт Эйхевальда. Магнетизм. Природа магнетизма. Молекулярные токи. Парамагнетизм. Теория Ланжевена. Диамагнетизм. Зависимость магнитной проницаемости от частоты. Работы Аркадьева. Теорема Лярмора. Работы Столетова. Современные представления о природе ферромагнетизма.

14. Электромагнитная индукция. Возникновение ЭДС при движении проводника в магнитном поле. ЭДС индукции и ponderomotive силы. Переменный ток. Взаимная индукция токов. Самоиндукция. Ток в цепи с омическим сопротивлением, ёмкостью и индуктивностью.

15. Квазистационарные токи. Замкнутый колебательный контур. Дифференциальное уравнение колебательного контура. Свободные колебания. Явление резонанса. Энергия колебаний.

16. Собственные электрические колебания. Затухание колебаний. Уравнение собственных электрических колебаний. Автоколебательные системы. Ламповые генераторы. Обратная связь. Условие самовозбуждения. Релаксационные колебания.

17. Вынужденные электрические колебания. Случай чисто периодической вынуждающей электродвижущей силы. Условие резонанса. Комплексные сопротивления.

18. Электромагнитные волны. Гипотеза Максвелла и её опытная проверка (опыты Эйхенвалльда). Уравнение Максвелла. Теорема Умова-Пойтинга. Работы Лебедева. Изобретение радио Поповым. Основы электромагнитной теории света.

19. Электромагнитные волны вдоль проводов. Распределение системы. Уравнение длинной линии. Бегущие и стоячие волны. Волноводы и их применение.

20. Свободные электромагнитные волны. Образование свободных электромагнитных волн. Элементарный диполь. Светящийся электрон. Давление электромагнитных волн.

21. Применение электромагнитных волн для целей связи. Принцип радиосвязи. Радиоприёмник. Гетеродинный приёмник. Супергетеродинный приёмник. Понятие о радиолокации.

22. Интерференция света. Когерентность. Экспериментальное осуществление интерференции света. Интерференционные приборы и их применение в спектроскопии, в точных измерениях, метрологии. Опыт Майкельсона-специальный принцип относительности.

23. Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френкеля. Дифракция Френеля (круглое отверстие). Дифракция от щели в параллельных лучах. Дифракционная решетка. Разрешающая способность оптических приборов. Дифракция рентгеновских лучей. Основные методы структурного анализа.

24. Поляризация света. Двойное лучепреломление. Поляризационные приборы. Пластинки в четверть волны и полволны. Конденсоры.

25. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия. Методы наблюдения. Связи между аномальной дисперсией и адсорбцией. Электронная теория дисперсии. Молекулярное рассеяние света. Теория квантов и классическая теория Тепловое излучение и его законы. Классическая и квантовая формулы излучения и опыт Столетова. Опыт Вавилова по обнаружению фотонной природы света.

26. Эффект Комптона. Опыты Франка и Герца. Дифракция электронов. Двойственная природа частиц.

27. Теория Бора. Линейные спектры. Формула Бальнера. Теория Зоммерфельда. Понятие о молекулярных спектрах. Основные положения квантовой теории лучистой энергии. Комбинированное рассеяние и его открытие Ландсбергом, Мандельштамом и Романом.

28. Основы волновой механики. Уравнение Шредингера и решение задачи об осцилляторе и атоме водорода. Принцип Паули и периодическая система элементов.

29. Основы учения об атомном ядре. Радиоактивные явления. Изотопия нерадиоактивных элементов масс-спектрограф. Прохождение через потенциальный барьер и теория радиоактивного распада. Методы получения быстрых частиц. Циклотрон. Бетатрон. Искусственное расщепление ядер. Строение ядра. Космические лучи. Новые элементы. Самопроизвольное деление ядра. Практическое использование атомной энергии.

Дополнительные вопросы по специальности

1. Основы квантовой теории твердого тела. Постановка задачи. Адиабатическое приближение. Сведение задачи к одноэлектронной (метод Хартри-Фока). Волновая функция (функция Блоха) для электрона в трехмерном кристалле. Решение задачи о спектре энергии электрона в кристалле: приближение слабой связи, приближение сильной связи. Понятие о зонах Бриллюэна. Построение зон Бриллюэна. Понятие эффективной массы носителей. Перенормировка масс.

Условия Борна-Кармана, дискретность энергии в дозволённых зонах. Выражения спектра энергии носителей для случая простой грани- и объемноцентрированной кубических решеток. Энергетическая зона германия и кремния (без вывода). Влияние нарушений в кристалле на энергетическую схему. Примеси чужеродных атомов в полупроводниках. Примеси 3 и 4 групп в германии и кремнии. Уровни Тамма (решение для одномерной модели). Поверхностная проводимость. Локализованные состояния электронов (экситоны, поляроны).

2. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Распределение Ферми. Уровни Ферми. Фазовый объем. Число состояний. Эффективная масса по плотности состояний. Равновесная концентрация носителей в невырожденном полупроводнике. Уровень Ферми для невырожденного случая. Случай вырождения. Критерий вырождения.

3. Кинетические процессы в атомных полупроводниках. Кинетическое уравнение Больцмана. Время релаксации. Электропроводность. Теплопроводность. ТермоЭДС.

4. Неравновесные носители в полупроводниках. Релаксация неравновесных носителей в случае линейной и квадратической рекомбинаций. Время релаксации неравновесных носителей. Время жизни носителей.

Уравнение непрерывности для неравновесных носителей. Решение задачи о неравновесных носителях в стационарном случае при отсутствии вырождения (получение системы уравнений). Методы получения неравновесных носителей. Роль неравновесных носителей в полупроводниковых приборах.

5. Контактные явления (невырожденный случай). Образование объемного заряда в области контакта, его расчет.

Диодная и диффузионная теория выпрямления в контакте полупроводника с металлом. Вольтамперная характеристика идеального тонкого гомоперехода.

Квантовый размерный эффект Холла.

6. Туннельные эффекты в контактах (металл-полупроводник, вакуум-твердое тело, полупроводник-полупроводник) и области использования явлений туннелирования при создании устройств и исследованиях свойств материалов.

7. Биполярные транзисторы. МДП транзисторы. Полевые транзисторы с барьером Шоттки.

8. Основы твердотельной электроники СВЧ. Полупроводниковые активные и пассивные приборы для техники СВЧ.

СВЧ-приборы на основе эффекта Ганна. Малосигнальная теория эффекта Ганна. Критерий Кремера. Малосигнальный импеданс диода Ганна (в бездиффузионном приближении). Влияние диффузии на характеристики диода Ганна. Режимы работы диодов Ганна.

СВЧ-приборы на лавинно-пролетных диодах (ЛПД). Лавинно-пролетный диод. Оптимальный угол пролета. Малосигнальный импеданс ЛПД. Лавинно-ключевые (TRAPPAT) диоды.

СВЧ-приборы на туннельных диодах. Физический механизм возникновения отрицательного сопротивления в туннельном диоде.

СВЧ-приборы на биполярных и полевых транзисторах. Эквивалентные схемы биполярного и полевого СВЧ-транзисторов. Факторы, ограничивающие рабочий диапазон частот СВЧ-устройств на транзисторах. Характеристики СВЧ-транзисторов в режиме большого сигнала.

9. Нанoeлектроника. Методы формирования квантово-размерных структур. Энергетическая структура квантово-размерных полупроводниковых кристаллов. Энергетическая структура 3-х и 2-мерных полупроводниковых кристаллов. Энергетическая структура 1- и 0-мерных полупроводниковых кристаллов. Статистика равновесных электронов и дырок в квантово-размерных полупроводниковых кристаллах. Плотность состояний, распределение носителей заряда по энергиям.

10. Явления переноса в квантово-размерных структурах. Квантовый эффект Холла. Туннелирование электронов через двухбарьерную квантовую структуру. Механизм последовательного туннелирования. Сечение Ферми. Механизм резонансного туннелирования. Энергетический спектр электрона в квантовой яме. Время жизни электрона в квантовой яме. “Естественная” ширина уровня энергии в квантовой яме ДБКС. Влияние рассеяния носителей заряда на время жизни электрона и ширину уровня энергии в квантовой яме ДБКС. Прохождение электронной волны через ДБКС вблизи резонанса. Зонные диаграммы и вольт-амперные характеристики РТД на основе ДБКС с прямоугольной квантовой ямой.

11. Оптические свойства квантово-размерных структур. Спектры поглощения квантово-размерных структур. Экситонный механизм поглощения оптического излучения в квантово-размерных гетероструктурах.

12. Полупроводниковые лазеры с квантово-размерными структурами. Лазеры на квантовых ямах, ограниченных короткопериодными сверхрешетками. Инжекционные лазеры на квантовых точках. Основные преимущества лазера на квантовых точках. Фотоприемники ИК-диапазона на основе квантово-размерных структур.

13. Сверхпроводимость. Высокотемпературная сверхпроводимость.

ЛИТЕРАТУРА

«Антенны, СВЧ – устройства и их технологии»

1. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика / Под ред. Ю.В. Пименова. М.: Радио и связь, 2000.
2. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Радио и связь, 2000.
3. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Высш. шк., 1992.
4. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1989.
5. Григорьев А.Д. Электродинамика и техника СВЧ. М.: Высш. шк., 1990.
6. Черенкова Е.Л., Чернышов О.В. Распространение радиоволн. М.: Радио и связь, 1988.
7. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решёток / Под ред. Д.И. Воскресенского. М.: Радио и связь, 1994.
8. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов/ Под ред. Д.И. Воскресенского. М.: МАИ, 1999.
9. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высш. шк., 2000.
10. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991.
11. Крылов К.И., Прокопенко В.Т., Тарлыков В.А. Основы лазерной техники. Л.: Машиностроение, 1990.
12. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. М.: Радио и связь, 1991.
13. Кугушев А.М., Голубева Н.С., Митрохин В.И. Основы электроники.
14. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.

«Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Основная литература

1. Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л.М. Теория передачи сигналов. Учебник для ВУЗов. М., Радио и связь, 1986 г., 304 с.
2. Макаров А.А. Статистическая теория радиотехнических систем. Учеб.пособие/СибГУТИ, Новосибирск, 2007 г., 114 с.
3. Гроднев И.И., Верник СМ. Линии связи.М., Радио и связь, 1988, 544 с.
4. Лагутин В.С., Степанов С.Н. Телетрафикмультисервисных сетей связи. М., Радио и связь, 2000 г., 320 с.
- 5.Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. М., Эко-Трендз, 2000 г., 239 с.
- 6.Спутниковая связь и вещание. Справочник. Под ред. Л.Я. Кантора., М., Радио и связь, 1998 г., 344 с.
7. Радиопередающие устройства./Под ред. В.В. Шахгильдяя, М.: Радио и связь, 1996 г. 540 с.
8. Радиоприемные устройства. Под ред. Н.Н. Фомина. М., Радио и связь, 1996 г., 510 с.
9. Фокин В.Г. Оптические системы передачи и транспортные сети. М., Эко-Трендз, 2008 г., 288 с.

10. Фриман Р. Волоконно-оптические сети. 3-е издание, М., Техносфера, 2007 г., 496 с.
11. Заславский К.Е. Волоконно-оптические системы передачи со спектральным уплотнением. Учебное пособие УМО, Новосибирск, СибГУТИ, 2005 г., 136 с.
12. Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В. Оптические волокна для линий связи. М., ЛЕСАР арт, 2003 г., 288 с.
13. Бакланов И.Г. SDH-NGSDH: практический взгляд на развитие транспортных сетей., М., Метротек, 2006 г., 736 с.
14. Ершов В.А., Кузнецов Н.А. Мультисервисные телекоммуникационные сети., М., Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003 г., 432 с.
15. Давыдкин П.Н., Колтунов М.Н., Рыжков А.В. Тактовая сетевая синхронизация. М., Эко-Трендз, 2004 г., 205 с.

Дополнительная

1. Руководство по технологиям объединенных сетей, 4-е издание. Пер. с англ. М., Издательский дом «Вильямс», 2005 г., 1040 с.
2. Никульский И.Е. Оптические интерфейсы цифровых коммутационных станций и сети доступа., М., Техносфера, 2006 г., 251 с.
3. Телекоммуникационные системы и сети. Том 3. Мультисервисные сети./Величко В.В, Субботин Е.А., Шувалов В.П., Ярославцев А.Ф. Учебное пособие УМО., М., Горячая линия - Телеком, 2005 г., 592 с.
4. Бакланов И.Г. Технология ADSL/ADSL2+: теория и практика применения. М., Метротек, 2007 г., 384 с.
5. Гребешков А.Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи., М., Эко-Трендз, 2003 г., 288 с.
6. Дымарский Я.С., Крутякова Н.П., Яновский Г.Г. Управление сетями связи: принципы, протоколы, прикладные задачи., М., ИТЦ «Мобильные коммуникации», 2003 г., 384 с.
7. Гольдштейн Б.С, Соколов. В.А.. Автоматическая коммутация. «Академия», 2007 г., 272 с.
8. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации., М., Эко-Трендз, 2008 г., 399 с.
9. Макаров А.А. Прибылов В.П. Помехоустойчивое кодирование: Моногр./СибГУТИ - г. Новосибирск, 2005 г., 186 с.
10. Справочник по радиорелейной связи./под ред. Бородича С.В., изд. 2-е перераб. и доп., М, Радио и связь, 1981 г., 416 с.
11. Носов В.И. Радиорелейные линии синхронной цифровой иерархии. Основы цифровой передачи сигналов и построения РРЛ: Учеб.пособие. Умо по спец. Связь/СибГУТИ., Новосибирск, 2006 г., 223 с.
12. Спутниковая связь и вещание: Справочник (под ред. Кантора Л.Я.). 3-е изд. М.:Радио и связь, 1998 г., 528 с.
13. Битнер В.И., Попов Г.Н. Нормирование качества телекоммуникационных услуг. М.: Горячая линия-Телеком. 2004 г., 306 с.
14. Крук Б.И., Попантопуло В.Н., Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети. Том 1., М.: Горячая линия-телеком, 2004 г., 647 с.
15. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. Технология и протоколы MPLS., «БХВ - Санкт-Петербург», 2005 г., 301 с.

" Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах "

1. Ч. Киттель "Введение в физику твердого тела: М., "Наука", 1978. 791 с.
2. Дж. Най "Физические свойства кристаллов и их описание при помощи тензоров и матриц". М. "Мир", 1967.
3. А.И. Ансельм. Введение в теорию полупроводников. М.: Наука, 1978.
4. В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. Физика полупроводников. Изд. Наука, М., 1977.
5. Конуэлл Э. Кинетические свойства полупроводников в сильных электрических полях. М.: Мир, 1970.
6. Т. Мосс, Г. Барелл, Б. Эллис. Полупроводниковая оптоэлектроника. М.: Мир, 1976.
7. Г.А. Смоленский, Н.Н. Крайник. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики. М.: Наука, 1968.
8. Уханов Ю.И. Оптические свойства полупроводников. М.: Наука, 1977.
9. Филипс Дж. Оптические спектры твердых тел в области собственного поглощения. М., "Мир", 1968.
10. Бонч-Бруевич В.Л., Звягин И.П., Миронов А.П. Доменная электрическая неустойчивость в полупроводниках. М., Наука, 1972.
11. Ф. Дж. Блатт. Физика электронной проводимости в твердых телах. М. Мир, 1971.
12. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 1985.
13. Фистуль В. И. Введение в физику полупроводников. М.: Высшая школа. 1984. 351 с.
14. Ч. Киттель. Квантовая теория твердых тел. Изд-во. Наука., 1967 г.
15. Анималу А. Квантовая теория кристаллических твердых тел. М.: Мир, 1981.
16. Шур М. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х книгах. Пер. с англ. М.: Мир, 1992. 479 с.
17. Блекмор Дж. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.
18. Фистуль В.И. Физика и химия твердого тела: В 2-х т.: Т.1. 480 с. Т.2. 320 с. М.: Металлургия, 1995.
19. Блекмор Дж. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.
20. Гиббс Х. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света. М.: Мир, 1988.
21. С. Зи. Физика полупроводниковых приборов (в 2-х т.). М.: Мир, 1984.
22. В.А. Васильев, Ю.М. Романовский, В.Г. Яхно. Автоволновые процессы. М.: Наука, 1987.
23. Шелль Э. Самоорганизация в полупроводниках. Неравновесные фазовые переходы в полупроводниках, обусловленные генерационно-рекомбинационными процессами. М.: Мир, 1991.
24. Е.В. Бузанева. Микроструктуры интегральной электроники. М.: Радио и связь, 1990. 304 с.

25. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. М.: Сов. радио, 1980. 423 с.
26. Аваев Н.А., Наумов Ю.Е., Фролкин В.Т. Основы микроэлектроники. М.: Радио и связь, 1991. 288 с.
27. Епифанов Г.И., Мома Ю.А. Твердотельная электроника. М.:Высш.шк., 1986. 304с.
28. Сугано Т., Икома Т., Такэиси Е. Введение в микроэлектронику. М.Мир,1988. 320с.
29. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. М.: Высш. школа, 1986.-367 с.
30. Солимар Л., Уолш Д. Лекции по электрическим свойствам материалов. М.: Мир, 1991.-504 с.
31. Струков Б.А. Сегнетоэлектричество. М.: Наука, 1979.
32. Н. Мотт, Э. Дэвис. Электронные процессы в некристаллических веществах. В 2-х т. М.: 'Мир, 1982.
33. Ю.Р. Носов. Оптоэлектроника. М.: Радио и связь, 1989.
34. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки/Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 240 с.
35. Х. Гиббс. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света. М.: Мир, 1988.
36. Ю.В. Гуляев, В.Б. Сандомирский и др. Физические ограничения минимальных размеров элементов современной микроэлектроники. УФН. 1984. Т. 144. Вып. 3. С. 475-495.
37. Д. Ферри, Л. Эйкерс, Э. Гринич. Электроника ультрабольших интегральных схем. М.: Мир, 1991.
38. С. Зи. Физика полупроводниковых приборов (в 2-х т.). М.: Мир, 1984.
39. Шелль Э. Самоорганизация в полупроводниках. Неравновесные фазовые переходы в полупроводниках, обусловленные генерационно-рекомбинационными процессами. М.: Мир, 1991.
40. Е.В. Бузанева. Микроструктуры интегральной электроники. М.: Радио и связь, 1990.
41. В.М. Заварыкин, В.Г. Житомирский, М.П. Лапчик. Численные методы. М.: Просвещение, 1991.
42. Э.Л. Нагаев. Физика магнитных полупроводников. М.; Наука, 1979.
43. Ю.М. Ципенюк. Физические основы сверхпроводимости, М.: Изд-во МФТИ, 1996.
44. Проблема высокотемпературной сверхпроводимости. Под ред. В.Л. Гинзбурга и Д.А. Киржница. М.. Наука, 1977.
45. Названов В.Ф. Основы оптоэлектроники.– Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1980. 232 с..
46. Климов Б.Н., Цукерман Н.И. Гетеропереходы в полупроводниках. Изд-во. СГУ, 1976.
47. Усанов Д.А., Скрипаль А.В. Физика полупроводников (явления переноса в структурах с туннельно-тонкими полупроводниковыми слоями). Изд-во Саратов. ун-та, г.Саратов, 1996 г. 236 с.
48. Усанов Д.А., Скрипаль Ал.В., Скрипаль Ан.В. Вычислительные методы в физике твердого тела. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1999. С.108.

49. Тагер А.С., Вальд-Перлов В.М. Лавинно-пролетные диоды и их применение в технике СВЧ. М.: Сов. радио, 1968. 480 с.
50. Усанов Д.А., Скрипаль А.В. Физика работы полупроводниковых приборов в схемах СВЧ. Саратов: Изд-во Сарат. Ун-та, 1999. 376 с.
51. Шур М. Современные приборы на основе арсенида галлия /Пер. с англ. М.: Мир, 1991. 632 с.
52. Микроэлектронные устройства СВЧ /Г.И. Веселов, Е.Н. Егоров, Ю.Н. Алехин и др. М.:Высш. шк., 1988. 280 с.