

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»



ПОЛИТЕХ

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по образовательной
деятельности

Е.М. Разинкина

«30» сентября 2019 г.



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА
СПЕЦИАЛЬНАЯ ДИСЦИПЛИНА
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ**

11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность (профиль):

- 1. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения*
- 2. Системы, сети и устройства телекоммуникаций*
- 3. Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов*

И.о. директора Института физики,
нанотехнологий и телекоммуникаций

В.А. Сороцкий

Директор Института
машиностроения, материалов и транспорта

А.А. Попович

г. Санкт-Петербург
2019

ВВЕДЕНИЕ

Программа вступительного экзамена по направлению 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи» включает разделы по профилям «Радиотехника, в том числе системы и устройства», «Системы, сети и устройства телекоммуникаций», «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов».

1. РАДИОТЕХНИКА, В ТОМ ЧИСЛЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Свойства сигналов, используемых в радиосистемах

Модели сигналов и помех в радиотехнических системах. Представление сигналов. Спектральные представления. Аналитический сигнал. Дискретизация непрерывных сигналов. Дискретное преобразование Фурье.

Разрешение сигналов

Проблема разрешения сигналов и двумерная функция автокорреляции по времени и частоте. Функция неопределенности. Диаграммы неопределенности простых и сложных сигналов. Взаимнокорреляционные свойства сигналов.

Основы теории обнаружения, и оценивания параметров сигналов

Оптимальные стратегии принятия решений при обработке сигналов. Прием сигналов как статистическая задача проверки гипотез. Оптимальная Байесова стратегия. Выбор порога принятия решения. Критерий идеального наблюдателя. Критерий минимума средней вероятности ошибок. Критерий максимума апостериорной вероятности. Критерий максимума правдоподобия. Минимаксная стратегия. Критерий Неймана-Пирсона. Последовательный анализ.

Сложные гипотезы. Проблема преодоления априорной неопределенности. Параметрические и непараметрические задачи. Обобщенный критерий максимального правдоподобия. Функционал отношения правдоподобия. Функционал отношения правдоподобия для случая гауссового шума.

Оптимальные алгоритмы обнаружения и различения сигналов

Оптимальная когерентная обработка сигналов. Алгоритм оптимальной когерентной обработки на фоне "белого" гауссового шума. Обнаружение одиночного сигнала. Обнаружение пачки сигналов. Алгоритм оптимального когерентного различения сигналов. Корреляционные устройства обнаружения и различения сигналов. Обработка с выделением низкочастотных квадратурных составляющих. Реализация устройств обнаружения и различения сигналов на основе согласованных фильтров. Сравнение с корреляционной обработкой в случаях использования простых и сложных сигналов.

Помехоустойчивость оптимального когерентного обнаружителя. Потенциальная помехоустойчивость при различении сигналов. Эффективность различных методов модуляции при поэлементном приеме в системах передачи дискретных сообщений. Противоположные сигналы. Ортогональные сигналы. Геометрическая интерпретация.

Относительная фазовая манипуляция. Сигналы с непрерывной фазой. Модуляция с минимальным сдвигом частоты. Гауссова модуляция с минимальным сдвигом частоты.

Оптимальные методы обнаружения и различения сигналов на фоне коррелированных гауссовых помех.

Обнаружение и различение сигналов со случайными параметрами. Оптимальная некогерентная обработка сигналов. Алгоритм оптимального некогерентного обнаружения и его реализация. Квадратурно-корреляционная обработка. Обработка с помощью согласованных фильтров. Обработка с выделением низкочастотных квадратурных составляющих.

Рабочие характеристики оптимального обнаружителя. Оптимальная некогерентная обработка пачек импульсов. Влияние флуктуаций амплитуды импульсов.

Алгоритм оптимального некогерентного различения сигналов и его реализация. Квадратурно-корреляционная обработка. Обработка с помощью согласованных фильтров. Обработка с выделением низкочастотных квадратурных составляющих.

Выбор оптимальных сигналов. Помехоустойчивость поэлементного приема ортогональных в усиленном смысле сигналов.

Энергетическая и спектральная эффективность систем передачи дискретных сообщений

Информационные характеристики систем передачи дискретных сообщений. Количество информации, содержащееся в сообщении. Скорость передачи информации. Производительность источника сообщений.

Дискретный канал. Дискретный канал без шума. Основные характеристики. Теорема Шеннона для дискретного канала без шума. Кодирование источника. Дискретный канал с шумом. Основные характеристики. Теорема Шеннона для дискретного канала с шумом.

Непрерывный канал. Формула Шеннона для пропускной способности непрерывного канала. Предельные показатели эффективности. Граница Шеннона.

Многопозиционные системы передачи дискретных сообщений. Средняя вероятность ошибочного приема. Оптимальные системы сигналов. Сигналы на основе матриц Адамара. Достижение наивысшей энергетической эффективности. Сравнение с границей Шеннона.

Проблема компромисса между энергетической и спектральной эффективностью. Составные сигналы. Прием «в целом». Канальное кодирование. Блочные коды. Минимальное хэммингово расстояние. Возможность обнаружения и исправления ошибок. Эффективность помехоустойчивого кодирования. Энергетический выигрыш кодирования. Линейные блочные коды. Порождающая матрица. Проверочная матрица. Синдром. Каскадные коды. Сверточные коды. Длина кодового ограничения. Решетчатая диаграмма кодера. Понятие декодирования сверточных кодов на основе алгоритма Витерби. Понятие турбо-кодов. Понятие сигнально-кодовых конструкций.

Особенности передачи дискретных сообщений в каналах с замираниями и многолучевых каналах. Методы борьбы с межсимвольной интерференцией. Эквалайзеры. Перекрытие кодовых символов. Многочастотная модуляция на ортогональных поднесущих.

Проблема достижения высокой спектральной эффективности. Методы повышения спектральной эффективности. Квадратурная фазовая модуляция. Многопозиционная фазовая модуляция. Амплитудно-фазовая модуляция.

Основы статистической теории измерения параметров сигналов

Измерение параметров сигналов. Оптимальные стратегии статистического оценивания параметров сигналов. Байесовы оценки. Минимаксные оценки. Оценки по максимальному правдоподобию.

Характеристики качества оценок. Неравенство Крамера-Рао. Оптимальный алгоритм оценки времени прихода, амплитуды и начальной фазы сигнала и его реализация. Потенциальная точность оценки параметров сигнала. Потенциальная точность оценки времени прихода сигнала. Оптимальный алгоритм оценки частоты сигнала и его реализация. Оценка доплеровского смещения частоты.

Общие сведения о линейной и нелинейной фильтрации меняющихся во времени параметров. Фильтры Винера и Калмана.

Прием непрерывных сообщений как реализация статистической оценки параметров сигнала. Потенциальная точность оценки параметров сигналов в системах передачи непрерывных сообщений. Обобщенный выигрыш метода модуляции. Сравнение различных методов модуляции (амплитудная, однополосная, частотная, импульсно-кодовая).

Специальные вопросы помехоустойчивого кодирования и декодирования

Граница Хэмминга. Плотнупакованные коды. Верхняя граница минимального расстояния (граница Синглтона) для линейного блочного кода. Дуальные коды. Код Хэмминга. Эквивалентные коды Хэмминга. Спектр кода Хэмминга. Синдромный алгоритм декодирования. Граница Варшавова-Гильберта. Код Галлагера. Итеративные алгоритмы декодирования кодов с низкой плотностью проверок на четность.

Циклические коды. Порождающий и проверочные полиномы. Методы кодирования. Циклические коды Хэмминга. Коды БЧХ. Коды для обнаружения пачек ошибок. Недвоичные коды. Код Рида-Соломона. Код Файера. Укороченные коды Файера. Коды Абрамсона (CRC). Свёрточный линейный код. Нерекursивный и рекурсивный свёрточные кодеры. Систематическая и несистематическая формы кодирования. Описание свёрточного кода в пространстве состояний. Алгоритм максимального правдоподобия Витерби. Энергетический выигрыш от мягкого декодирования. Каскадные конструкции свёрточных кодов и кодов Рида-Соломона. Турбо-код как блочный код на основе свёрточных кодеров.

Принципы построения сигнально-кодовых конструкций. Классификация. Решетчатая-кодовая модуляция. Многоуровневая кодовая модуляция. Модуляция с битовым перемежением.

Специальные типы радиотехнических систем

Классификация радиотехнических систем (РТС). Параметры и показатели качества для каждого из типов РТС.

Оценка характеристик РТС. Дальность действия как основная характеристика РТС. Влияние характеристик канала преобразования информации на дальность действия РТС (атмосферные явления, замирания сигналов, влияние Земли на дальность действия, чувствительность приемного устройства, параметры антенных систем, мощность передающего устройства).

Методы поиска сигналов в радиолокационных и радионавигационных системах. Радиолокационная селекция и распознавание объектов. Точность и разрешающая способность измерений координат. Методы определения координат объектов. Методы измерения дальности, скорости и угловых координат.

Методы оценивания параметров сигналов. Алгоритмы оценивания амплитуды, фазы, частоты, времени задержки радиосигнала. Точность оценки параметра. Особенности совместной оценки параметров. Выбор сигналов для повышения точности оценки. Системы слежения за параметрами сигнала.

Виды радионавигационных систем (РНС). Системы позиционной навигации. Фазовые и импульсно-фазовые РНС. Многозначность измерений. Спутниковые РНС.

Системы радиопротиводействия и защита от активных помех.

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

Цифровые устройства и микропроцессоры

Синтез цифровых устройств на основе комбинационных и последовательностных устройств. Устройства преобразования информации. Схемотехника базовых элементов различных типов логик. Формирователи и генераторы импульсов. Универсальные микропроцессоры. Архитектура однокристальных микропроцессоров (МП). Программирование МП. Интерфейс микропроцессорных систем. Микроконтроллеры. Цифровые сигнальные процессоры.

Аналоговые электронные устройства

Основные показатели и характеристики аналоговых электронных устройств. Обратная связь и ее влияние на показатели и характеристики аналоговых устройств. Обеспечение и стабилизация режима работы транзисторов по постоянному току. Каскады предварительного усиления. Оконечные усилительные каскады. Операционные усилители. Активные резистивно-емкостные фильтры. Компараторы.

Устройства приема и обработки сигналов

Основные характеристики устройств приема сигналов (УПС). Входные цепи и устройства. Усилители сигналов радиочастоты. Усилители сигналов промежуточной частоты. Преобразователи частоты. Детекторы сигналов. Ручные и автоматические регулировки. Частотно-избирательные устройства. Помехоустойчивость УПС по отношению к помехам различного вида. Применение цифровой обработки сигналов в УПС. Прием сигналов с амплитудной модуляцией (АМ). Приемники сигналов с однополосной модуляцией (ОМ) и подавленной несущей. Прием сигналов с частотной модуляцией (ЧМ). Сравнение помехоустойчивости приемников АМ, ЧМ и ОМ.

Устройства генерирования и формирования сигналов

Основы теории и расчета высокочастотных резонансных генераторов с внешним возбуждением (ГВВ). Широкополосные усилители мощности и ключевые ГВВ. Сложение мощностей в ГВВ. Умножители частоты. Автогенераторы (АГ) гармонических колебаний и синтезаторы сетки частот. Формирование радиосигналов высоких частот с амплитудной, частотной и фазовой модуляциями. Устройства генерирования колебаний сверхвысоких частот (СВЧ).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Сотовые системы мобильной радиосвязи: учебное пособие для вузов / В.Ю. Бабков, И.А. Цикин; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 425 с.

2. Радиотехнические системы: Учеб. пособие для вузов / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов и др.; под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: Высшая школа, 1990.
3. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации. –М.: Радио и связь, 1992.
4. Радиотехнические системы передачи информации: Учеб.пособие для вузов / В.А.Борисов, В.В.Калмыков, Я.М.Ковальчук и др.; под ред.В.В.Калмыкова. - М.: Радио и связь, 1990.
5. Бунтов В.Д., Макаров С.Б. Микропроцессорные системы: учебное пособие для вузов/ Ч.1: Цифровые устройства. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.– СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 257 с.
6. Бунтов В.Д., Макаров С.Б. Микропроцессорные системы: учебное пособие для вузов/Ч.2: Микропроцессорные устройства. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.– СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 227 с.
7. Микушин А.В., Сажнев А.М., Сединин В.И. Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. пособие – СПб.: БХВ- Петербург, 2010.
8. Фомин Н.Н. , Буга Н.Н.. Радиоприемные устройства. Учебник для ВУЗов, 3-е изд., – М.: Горячая линия - Телеком, 2007. – 520 с.
9. Румянцев К.Е. Прием и обработка сигналов, – М.: Академия, 2007. – 528 с.
10. Павлов В.Н., Ногин И.Н Схемотехника аналоговых электронных устройств: учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Радиотехника" / В. Н. Павлов.– М.: Академия, 2008. – 287 с.
11. Радиопередающие устройства: Учебник для вузов / В. В. Шахгильдян, В. Б. Козырев, А. А. Ляховкин и др.; Под ред. В. В. Шахгильдяна.– 4-е изд. – М.: Радио и связь, 2003.–560 с.

СПИСОК ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Преобразование Гильберта вещественного сигнала. Аналитический сигнал.
2. Спектр сигнала при амплитудно-импульсной модуляции. Дискретное преобразование Фурье.
3. Разрешение сигналов. Двумерная функция автокорреляции по времени и частоте.
4. Функция неопределенности сигнала. Примеры для «простых» и «сложных» сигналов.
5. Взаимнокорреляционные свойства сигналов.
6. Оптимальные стратегии принятия решений при обработке сигналов.
7. Функционал отношения правдоподобия для случая гауссового шума.
8. Алгоритмы оптимальной когерентной обработки на фоне "белого" гауссового шума (обнаружение и различение сигналов).
9. Реализация алгоритмов оптимальной когерентной обработки на фоне "белого" гауссового шума (обнаружение и различение сигналов).
10. Помехоустойчивость оптимального когерентного обнаружителя (одиночный сигнал, пачка сигналов).
11. Помехоустойчивость при оптимальном когерентном различении сигналов (поэлементный прием). Выбор оптимальных сигналов.
12. Относительная фазовая манипуляция. Формирование и прием сигналов. Помехоустойчивость.
13. Модуляция с минимальным сдвигом частоты (MSK).
14. Гауссова модуляция с минимальным сдвигом частоты (GMSK).

15. Оптимальные методы когерентного обнаружения и различения сигналов на фоне коррелированных гауссовых помех.
16. Обнаружение и различение сигналов со случайными параметрами. Оптимальная некогерентная обработка сигналов. Функционал отношения правдоподобия.
17. Алгоритм оптимального некогерентного обнаружения (одионочный сигнал, пачки сигналов).
18. Реализация алгоритма оптимального некогерентного обнаружения сигналов (одионочный сигнал, пачки сигналов).
19. Помехоустойчивость алгоритма оптимального некогерентного обнаружения сигналов (одионочный сигнал, пачки сигналов).
20. Алгоритм оптимального некогерентного различения сигналов.
21. Реализация алгоритма оптимального некогерентного различения сигналов.
22. Помехоустойчивость при оптимальном некогерентном различении сигналов (позэлементный прием). Выбор оптимальных сигналов.
23. Количество информации, содержащейся в дискретном сообщении. Скорость передачи информации. Производительность источника дискретных сообщений.
24. Основные характеристики дискретного канала без шума (ДКБШ). Терма кодирования для ДКБШ. Кодирование источника.
25. Основные характеристики дискретного канала с шумом (ДКШ). Основной результат теоремы кодирования для ДКШ.
26. Количество информации, содержащейся в непрерывном сообщении. Скорость передачи информации.
27. Пропускная способность непрерывного канала. Предел Шеннона.
28. Предельные показатели эффективности систем цифровой радиосвязи. Граница Шеннона.
29. Многопозиционные системы передачи дискретных сообщений. Средняя вероятность ошибочного приема.
30. Многопозиционные системы передачи. Потенциальная энергетическая эффективность цифровой радиосвязи.
31. Ансамбли составных ортогональных сигналов. Достижение наивысшей энергетической эффективности. Сравнение с границей Шеннона.
32. Компромисс между энергетической и спектральной эффективностью. Составные сигналы. Прием «в целом». Канальное кодирование.
33. Возможность обнаружения и исправления ошибок в кодовых комбинациях.
34. Оценка энергетической эффективности помехоустойчивого кодирования
35. Линейные блочные коды. Порождающая матрица. Проверочная матрица. Синдромное декодирование.
36. Сверточное кодирование.
37. Турбо-коды.
38. Методы повышения спектральной эффективности. Квадратурная фазовая модуляция (QPSK, OQPSK, $\pi/4$ -QPSK). Многократная фазовая модуляция (MPSK). Амплитудно-фазовая модуляция (QAM).
39. Передача в условиях замираний сигнала. Перемежение передаваемых символов. Многопозиционное кодирование. Код Рида-Соломона.
40. Передача в условиях замираний сигнала. Каскадное кодирование.

41. Передача в условиях межсимвольной интерференции. Модуляция с одновременной передачей на ортогональных поднесущих частотах (OFDM).
42. Принципы построения сигнально-кодовых конструкций. Классификация. Решетчато-кодовая модуляция. Многоуровневая кодовая модуляция. Модуляция с битовым перемежением.
43. Оптимальные стратегии статистического оценивания параметров сигналов (байесовы оценки; минимаксные оценки; оценки по максимальному правдоподобию).
44. Оптимальный алгоритм оценки времени прихода, амплитуды и начальной фазы сигнала и его реализация.
45. Потенциальная точность оценки параметров сигнала. Потенциальная точность оценки времени прихода сигнала.
46. Прием непрерывных сообщений как реализация статистической оценки параметров сигнала. Потенциальная точность оценки параметров сигналов в системах передачи непрерывных сообщений.
47. Обобщенный выигрыш метода модуляции.
48. Помехоустойчивость аналоговых методов модуляции (АМ, БМ, ОМ, ЧМ).
49. Помехоустойчивость цифровых методов передачи непрерывных сообщений (на примере КИМ).
50. Основные характеристики и показатели качества радиотехнических систем (РТС)
51. Дальность действия РТС. Влияние характеристик канала распространения радиоволн, чувствительности приемного устройства, параметров антенных систем, мощности передающего устройства.
52. Методы поиска сигналов в радиолокационных и радионавигационных системах.
53. Методы измерений координат объектов. Точность и разрешающая способность измерений.
54. Методы измерения дальности, скорости и угловых координат.
55. Системы позиционной навигации.
56. Фазовые и импульсно-фазовые радионавигационные системы.
57. Глобальные спутниковые радионавигационные системы.
58. Системы радиопротиводействия и защита от активных помех.
59. Современные системы дальней радиосвязи. Наземные радиорелейные системы. Системы спутниковой связи.
60. Синтез цифровых устройств на основе комбинационных и последовательностных устройств.
61. Схемотехника базовых элементов различных типов логик.
62. Формирователи и генераторы импульсов.
63. Универсальные микропроцессоры.
64. Архитектура однокристальных микропроцессоров.
65. Микроконтроллеры.
66. Цифровые сигнальные процессоры.
67. Обратная связь и ее влияние на показатели и характеристики аналоговых устройств.
68. Обеспечение и стабилизация режима работы транзисторов по постоянному току в аналоговых устройствах.
69. Каскады предварительного усиления.
70. Оконечные усилительные каскады.
71. Операционные усилители.

72. Активные резистивно-емкостные фильтры.
73. Компараторы.
74. Основные характеристики радиоприемных устройств. Входные цепи.
75. Усилители сигналов радиочастоты.
76. Усилители сигналов промежуточной частоты.
77. Преобразователи частоты.
78. Детекторы сигналов.
79. Ручные и автоматические регулировки.
80. Частотно-избирательные устройства.
81. Помехоустойчивость устройств приема сигналов по отношению к помехам различного вида.
82. Применение цифровой обработки сигналов в устройствах приема сигналов.
83. Прием сигналов с амплитудной модуляцией.
84. Приемники сигналов с однополосной модуляцией и подавленной несущей.
85. Прием сигналов с частотной модуляцией.
86. Расчет высокочастотных резонансных генераторов с внешним возбуждением.
87. Широкополосные усилители мощности.
88. Ключевые генераторы с внешним возбуждением.
89. Сложение мощностей в генераторах с внешним возбуждением.
90. Умножители частоты.
91. Автогенераторы гармонических колебаний и синтезаторы сетки частот.
92. Формирование радиосигналов высоких частот с амплитудной, частотной и фазовой модуляциями.
93. Устройства генерирования колебаний сверхвысоких частот.

2. СИСТЕМЫ, СЕТИ И УСТРОЙСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

МЕТОДЫ ОБРАБОКИ СИГНАЛОВ

1. Свойства сигналов, используемых в телекоммуникационных системах

Модели сигналов и помех в радиотехнических системах. Временное и спектральное представление сигналов. Комплексное представление сигналов, аналитический сигнал. Геометрическое представление сигналов.

2. Вероятностные модели сигналов и систем

Вероятностное пространство, случайные величины и их числовые характеристики. Функциональные преобразования случайных величин. Моделирование случайных величин с заданным законом распределения. Статистический анализ случайных процессов, статистические оценки и их характеристики.

Случайные процессы, их свойства и разновидности. Корреляционные и энергетические характеристики случайного процесса, их изменение при линейном и нелинейном преобразованиях. Статистический анализ случайных процессов. Критерии эргодичности процессов по отношению к числовым характеристикам. Экспериментальное определение характеристик случайных процессов, корреляционные и спектральные окна. Цифровые методы анализа случайных процессов.

3. Оптимальная обработка сигналов в линейных устройствах

Оптимальная винеровская фильтрация: нереализуемый и реализуемый фильтры Колмогорова–Винера. Согласованная фильтрация для белого и коррелированного шумов. Калмановская фильтрация. Адаптивные фильтры.

4. Цифровая фильтрация

Дискретизация непрерывных сигналов. Цифровые фильтры, их разновидности и свойства. Z-преобразование. Дискретное преобразование Фурье. Основные модели случайных последовательностей. Моделирование случайных последовательностей. Цифровые винеровские, согласованные и калмановские фильтры.

ОПТИМАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

1. Обнаружение и различение сигналов

Задачи проверки статистических гипотез. Критерий среднего риска. Оптимальная байесовская стратегия для двоичной и многоальтернативной задач. Стратегия, оптимальная по критерию Неймана–Пирсона. Алгоритм оптимального обнаружения и его помехоустойчивость. Алгоритмы оптимального различения двоичных и многопозиционных сигналов, их помехоустойчивость. Потенциальная помехоустойчивость, энергетический выигрыш. Помехоустойчивость некоторых многопозиционных ансамблей: ортогональные сигналы, сигналы с фазовой манипуляцией, сигналы с квадратурной амплитудной манипуляцией.

2. Измерение параметров сигналов

Методы получения статистических оценок: оценки по максимуму апостериорной вероятности, оценки максимального правдоподобия, байесовские оценки, оценки по методу наименьших квадратов. Оценивание энергетических и неэнергетических параметров сигналов. Алгоритмы и структурные схемы оценивания амплитуды, частоты, начальной фазы, момента прихода сигналов, точность оценивания. Разрешение сигналов: тело

неопределённости, диаграммы неопределённости для простых и сложных сигналов. Авто- и взаимно корреляционные свойства сигналов. Последовательности Баркера, m-последовательности, последовательности Задова–Чу.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

1. Количество информации в сообщении

Количество информации, содержащееся в дискретном и непрерывном сообщениях. Энтропия и избыточность источника. Марковские модели источников. Взаимная информация между источниками. Эпсилон-энтропия источника.

2. Каналы передачи информации

Дискретные каналы и их классификация. Пропускная способность для различных моделей дискретного канала. Неравенство Фона, неравенство Файнштейна. Теорема Шеннона для дискретного канала. Принципы помехоустойчивого кодирования. Функция Галлагера. Непрерывные каналы. Пропускная способность непрерывного канала с аддитивным белым гауссовским шумом. Теорема Шеннона для непрерывного канала. Граница Шеннона.

3. Сжатие источников информации

Идеальный дискретный канал и его пропускная способность. Принципы неравномерного кодирования, неравенство Крафта. Префиксные коды, алгоритм Хаффмана оптимального префиксного кодирования. Потенциальные возможности неравномерного кодирования (теорема Шеннона для идеального дискретного канала). Арифметическое кодирование. Словарные методы сжатия, кодирование Зива–Лемпеля.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

1. Системы цифрового телевизионного и радиовещания

Принципы сжатия речевых и звуковых данных, психоакустические эффекты, маскировка звука, оптимальное скалярное и векторное квантование, полосный вокодер, импульсно кодовая модуляция. Стандарты кодирования AAC, CELP и HVSC. Вопросы оценки качества передачи звуковых вещательных сигналов. Система DRM цифрового радиовещания.

Принципы сжатия неподвижных и подвижных изображений. Цифровое форматирование и кодирование телевизионного сигнала, формирование программных и транспортных потоков. Стандарт кодирования MPEG телевизионного изображения. Система DVB/DVB2 цифрового телевизионного вещания.

2. Системы мобильной связи

Принципы организации мобильной связи. Стандарты мобильной связи различных поколений, пользовательские услуги. Архитектура сотовых систем мобильной связи. Технология кодового разделения сигналов и её реализация в системе UMTS. Технология многочастотных сигналов с ортогональным разнесением (OFDM) и её реализация в системе LTE.

3. Системы широкополосного доступа

Стеки протоколов в системах широкополосного доступа Wi-Fi и WiMAX. Физический уровень сетей Wi-Fi и WiMAX. Эквалайзинг для систем с OFDM-сигналами. Принципы формирования и приёма сигналов в системах с множественными антеннами (MIMO-системы), схема Аламоути.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гельгор А.Л. Моделирование в инфокоммуникационных системах. Методы моделирования случайных величин и случайных процессов : учеб. пособие / А.Л. Гельгор, А.И. Горлов, Е.А. Попов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 219 с.
2. Гельгор А.Л. Общая теория связи. Винеровская фильтрация : учеб. пособие / А.Л. Гельгор, Т.Е. Гельгор, А.И. Горлов, Е.А. Попов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 187 с.
3. Гельгор А.Л. Общая теория связи. Проверка статистических гипотез. Оценивание параметров. Оптимальный приём сигналов : учеб. пособие / А.Л. Гельгор, А.И. Горлов, Е.А. Попов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 227 с.
4. Гельгор А.Л. Теоретико-информационные основы телекоммуникационных систем : учеб. пособие / А.Л. Гельгор, Е.А. Попов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 288 с.
5. Гельгор А.Л. Система цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T/ А.Л. Гельгор, Е.А. Попов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 208 с.
6. Гельгор А.Л. Сотовые сети мобильной связи стандарта UMTS / А.Л. Гельгор, Е.А. Попов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 227 с.
7. Гельгор А.Л. Технология LTE мобильной передачи данных/ А.Л. Гельгор, Е.А. Попов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 206 с.
8. Рашич А.В. Сети беспроводного доступа WiMAX: учеб. пособие / Рашич А.В. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 179 с.
9. Рашич А.В. Сетевые телекоммуникационные протоколы: учеб. пособие / А. В. Рашич, В. О. Рашич, В.М. Фуртиков. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 224 с.

Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники

1. Полупроводники и материалы электронной техники

Основы кристаллографии. Симметрия кристаллов и анизотропия их свойств. Атомные и ионные радиусы. Химическая связь. Соотношение ионных радиусов и структура кристаллов. Типы структур кристаллов. Структура и симметрия идеальных и реальных кристаллов; основные типы дефектов кристаллической структуры. Политипизм и полиморфизм. Диэлектрические и магнитные свойства твердых тел, оптические свойства, ферромагнетизм, сегнетоэлектричество, сверхпроводимость.

Электрические свойства металлов, диэлектриков и полупроводников. Зонная теория идеальных и реальных полупроводников. Распределение Ферми-Дирака. Электропроводность металлов, полупроводников и диэлектриков и их физическая природа. Собственные и примесные полупроводники. Доноры, акцепторы, глубокие центры. Диффузия и дрейф носителей, генерация и рекомбинация, электронно-дырочный переход; поверхностные электронные состояния, эффект поля.

Элементарные полупроводники и их основные физико-химические, электрофизические и оптические свойства. Полупроводниковые соединения A^nB^v и их основные физико-химические, электрофизические и оптические свойства. Применение соединений $A^{III}B^V$ в СВЧ-технике, оптоэлектронике, квантовой электронике. Полупроводниковые соединения A^nB^{vI} и $A^{IV}B^{VI}$ и их основные физико-химические, электрофизические и оптические свойства. Области применения кристаллов A^nB^{VI} : лазеры, оптические модуляторы, акустоэлектронные приборы, ИК- фотоприемники. Аморфные полупроводники. Аморфный кремний и сплавы на его основе. Магнитные материалы. Металлы и сплавы, ферриты, магнитодиэлектрики, магнитные полупроводники, аморфные интерметаллические соединения.

Методы измерения электрических параметров полупроводников (подвижности, удельного сопротивления, концентрации носителей).

Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках. Поглощение и отражение света. Эффект Фарадея. Фотопроводимость. Фотоэффект. Эмиссия света из полупроводников. Межзонная излучательная, безизлучательная и ударная рекомбинация. Катодо-, фото- и электролюминесценция. Излучательная рекомбинация.

Поляризация диэлектриков и ее физическая сущность. Диэлектрические материалы, используемые в микроэлектронике. неполярные и полярные диэлектрики. Проводимость диэлектриков и ее физическая природа. Диэлектрические потери и их природа.

Углеродные наноматериалы. Стабильные и метастабильные формы углерода. Фуллерены, их строение. Методы получения фуллеренов.

Химическая связь в фуллеренах.

Углеродные нанотрубки. Структура трубок. Одностенные и многостенные трубки. Физико-химические основы методов получения нанотрубок: электродуговое испарение графита, лазерная абляция, каталитическое химическое осаждение из газовой фазы,

плазмохимическое осаждение.

2. Технологические процессы получения полупроводников и материалов электронной техники

Физико-химические основы процессов глубокой очистки веществ. Технологии глубокой очистки газов и жидкостей. Вещества особой степени чистоты.

Теоретические основы кристаллизационных методов очистки и выращивания монокристаллов. Элементарные процессы зародышеобразования и роста кристаллов. Существующие теории роста на атомно-гладкой и атомно-шероховатой поверхности, теории нормального и послойного роста.

Методы выращивания объемных монокристаллов из жидкой фазы: метод Чохральского, зонная плавка, бестигельная зонная плавка, метод А. Бриджмена-Стокбаргера метод Киропулоса, метод Вернейля, гидротермальный метод. Методы выращивания объемных кристаллов из газовой фазы: кристаллизация из пара, процессы химического осаждения из газовой фазы, метод химических транспортных реакций.

Анализ Р-Т-Х диаграмм состояния систем, содержащих летучий компонент. Технологии выращивания монокристаллов полупроводниковых соединений, содержащих летучий компонент.

Наноккомпозиты. Классификация наноккомпозитов (по химической природе матрицы, по химической природе, форме и характеру укладки наполнителей из наночастиц и др.). Методы получения наноккомпозитов *in situ* и *ex situ*.

Наноккомпозитные материалы на основе полимеров. Приготовление наноккомпозитов из нанопорошков. Взаимодействие между наночастицами и матрицей. Примеры наноккомпозитов: глина-полимер, углеродные нанотрубки-полимер и металл-полимер.

Керамические материалы и наноккомпозиты. Зависимость свойств керамики от размера зерен. Получение керамики спеканием. Особенности спекания нанопорошков, связанные со снижением температуры фазовых превращений в наносистемах. Прессование с последующим спеканием, горячая экструзия и др. Использование взрывного и магнитно-импульсного прессования.

Получение наноккомпозитов путем заполнения пустот в нанопорошках материалом матрицы. Приготовление наноккомпозитов путем одновременного или многократного последовательного осаждения фаз. Сверхтвердые композиционные нанопокртия. Магнитные жидкости.

3. Технологии и оборудование, используемые в производстве изделий электронной техники

Процессы формирования наноструктур на подложках методами нанолитографии, ионными и атомными пучками, зондовыми методами.

Фоторезисты. Типы фоторезистов. Требования к фоторезистам. Разрешающая способность и химическая стойкость. Основные фототехнические характеристики фоторезистов. Позитивные и негативные фоторезисты. Фотохимические реакции в процессе фотолитографии. Материалы, используемые для производства фоторезистов и проведения процессов литографии. Резистивные материалы, используемые в электронной и рентгеновской литографии и их характеристики.

Оптическая литография (фотолитография). Оборудование оптической литографии (генераторы изображений, фотоповторители, установки совмещения и экспонирования и др.). Влияние дифракции и аберраций оптических систем на качество изображения. Методы

машинного расчета влияния aberrаций. Прецизионные системы координатных перемещений. Алгоритмы и программы расчета оптических систем и систем координатных перемещений. DUV-литография (литография глубокого ультрафиолета). EUV литография. Источники излучения, используемые в современной фотолитографии. Способы увеличения разрешающей способности (внеосевое освещение, коррекция эффекта близости, использование фазосдвигающих масок, двухслойных фоторезистов, двойного экспонирования и др.). Основные операции, осуществляемые при проведении фотолитографий.

Электронная и ионная литографии. Сущность и сравнительная характеристика электронно-лучевой и ионно-лучевой вариантов литографии. Классификация и принципиальные схемы электронно-лучевых и проекционных установок электронной литографии. Влияние различных факторов на качество изображения: aberrаций, рассеяния электронов, эффектов близости и т. д. Конструкции, методы проектирования, расчета и моделирования основных узлов ТО электронной литографии: электронных пушек, систем формирования, переноса и отклонения пучков, систем совмещения, систем перемещения и позиционирования пластин. Современные проблемы и тенденции развития ТО электронной литографии.

Механическая литография. Литография на основе переноса рисунка путем механического впрессовывания в термопластичный резист (imprint-литография). Основные проблемы метода и пути их решения.

Использование сканирующей зондовой микроскопии для создания поверхностных упорядоченных наноструктур. Основы процессов окисления, испарения, адсорбции, десорбции, осаждения, и травления, локализованных под зондами туннельного и атомно-силового микроскопов.

Методы получения материалов в виде тонких пленок.

Основы физических методов и технологий получения тонких пленок. Получение металлических пленок вакуумно-термическим осаждением. Уравнение Кнудсена. Испарение сплавов. Методы получения и измерения вакуума. Основные принципы метода получения пленок металлов испарением и конденсацией. Методы катодного, магнетронного, электронно-лучевого, ионно-лучевого осаждения распыления с последующим осаждением. Механизм распыления неорганических материалов.

Физико-химические основы химических методов осаждения тонких пленок. Химическое осаждение из газовой фазы. Кинетические режимы протекания процессов химического осаждения из газовой фазы. Химическое осаждение из газовой фазы при пониженных давлениях. Методы получения наноконпозиционных материалов химическим осаждением из газовой фазы. Осаждение в наноструктурированные матрицы. Плазмохимическое осаждение, в том числе в установках с удаленной плазмой. Эпитаксиальное химическое осаждение из газовой фазы.

Методы молекулярного наслаивания. Сущность и закономерности процессов молекулярного наслаивания. Получение сверхтонких пленок различных материалов и наноструктур методом молекулярного наслаивания. Синтетические возможности метода, способы и примеры осуществления.

Молекулярно-лучевая эпитаксия.

Золь-гель технология. Теоретические основы золь-гель метода. Получение наноматериалов золь-гель методом.

Основы электрохимических методов осаждения пленок.

Методы травления материалов электронной техники. Жидкостное травление и его применение в производстве приборов электронной техники.

Основы процессов низкотемпературного плазмохимического и ионно-плазменного травления. Получение этими методами поверхностных структур с высоким аспектным отношением.

Системы контроля и управления процессами обработки в технологическом оборудовании нанесения и травления материалов.

Физико-химические основы и технологические особенности процессов легирования полупроводников. Диффузионное легирование, особенности применения различных источников диффузانتов. Технология ионной имплантации.

Технологии формирования омических контактов к Si, Ge и GaAs.

Методы механической обработки полупроводниковых материалов.

Технологии корпусирования.

Обеспечение и поддержание в чистых помещениях среды с заданными параметрами. Типы "чистых" помещений. Экологические аспекты субмикронной и нанотехнологии. Принципы организации чистых производственных помещений. Создание средств технологической гигиены при производстве материалов и приборов электронной техники. Кластерный принцип организации полупроводникового производства.

4. Методы исследования и контроля материалов и приборов

Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ моно- и поликристаллов.

Методы исследования поверхностной морфологии материалов.

Методы исследования фазового и химического состава материалов

Оптические методы исследования. Инфракрасная спектрометрия. Эллипсометрия. Современная оптическая микроскопия.

Электронная растровая и просвечивающая электронная микроскопия. Ионный микроскоп.

Туннельная и атомно-силовая микроскопия.

Инструментальные методы анализа материалов: Оже-спектроскопия, рентгено-флуоресцентный анализ, рентгеновский спектральный микроанализ, лазерная и вторично-ионная масс-спектрометрия.

Основная литература

1. Чистяков Ю.Д., Райнова Ю.П. Физико-химические основы технологии микроэлектроники. М.: Металлургия, 1979.
2. Раскин А.А., Картушина А.А., Баровский Н.В. Технология материалов электронной техники. М.: МИЭТ, 1999.

3. Будагян Б.Г., Шерченков А.А. Материалы твердотельной электроники. М.: МИЭТ, 1999.
4. Броудай И., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии. М.: Мир, 1985.
5. Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок. М.: Энергоатомиздат, 1989.
6. Данилин Б.С., Киреев В.Ю. Применение низкотемпературной плазмы для травления и очистки материалов. М.: Энергоатомиздат, 1987.
7. Кардона М. Основы физики полупроводников. М.: Физматлит, 2002.
8. Чистые помещения / Под ред. И. Хаякавы. М.: Мир, 1990.
9. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф.. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов. М.: Высшая школа, 1983, 270 с.
10. Уфимцев В.Б., Лобанов А.А.. Гетерогенные равновесия в технологии полупроводниковых материалов. М.: Металлургия, 1981, 215 с.
11. Михайлов М. Д. Современные проблемы материаловедения. Нанокompозитные материалы: учеб, пособие. СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2010. 207 с.
12. В.Л. Балкевич. Техническая керамика. Учеб, пособие для втузов. М.: Стройиздат. 1984. 256 с.
13. Картер С., Нортон М. Керамические материалы. Свойства, технологии, применения, пер. с англ. Издательский Дом «Интеллект». 2011
14. Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г. Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология. Издательский Дом «Интеллект». 2010. 352 с.
15. Dielectric Polymer Nanocomposites. Editor J. Keith Nelson. Springer Science+Business Media, LLC. 2010. 368 p.