

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

ОПТИЧЕСКИЕ И АКУСТООПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления «Электроника и микроэлектроника»

2012

Башкиров Александр Иванович

Оптические и акустооптические системы обработки информации: Методические указания по самостоятельной работе для студентов направления «Электроника и микроэлектроника» / А.И. Башкиров. Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2012. – 14 с.

Оптические методы обработки информации находят широкое применение при решении задач, связанных с обработкой больших объёмов информации. Актуальность таких задач возрастает, а решение их с помощью традиционных ЭВМ встречает ряд трудностей.

Целью преподавания дисциплины является подготовка студентов к разработке, расчету, эксплуатации и исследованию оптических, голографических, акустооптических устройств и систем обработки, хранения и передачи информации.

Предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению «Электроника и микроэлектроника» по курсу «Квантовая и оптическая электроника».

© Башкиров Александр Иванович, 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров
«__» _____ 2012 г.

ОПТИЧЕСКИЕ И АКУСТООПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления «Электроника и микроэлектроника»

Разработчик
канд. физ.-мат. наук, доц.
каф.ЭП
_____ А.И. Башкиров
«__» _____ 2012 г.

Содержание

Введение.....	5
Раздел 1 Математический анализ линейных оптических систем	5
1.1 Содержание раздела	5
1.2 Методические указания по изучению раздела	6
1.3 Вопросы для самопроверки	6
Раздел 2 Скалярная теория дифракции. Дифракция Френеля и Фраунгофера.....	6
2.1 Содержание раздела	6
2.2 Методические указания по изучению раздела	6
2.3 Вопросы для самопроверки	7
Раздел 3 Пространственная фильтрация.....	7
3.1 Содержание раздела	7
3.2 Методические указания по изучению раздела	7
3.3 Вопросы для самопроверки	7
Раздел 4 Голографические корреляторы	8
4.1 Содержание раздела	8
4.2 Методические указания по изучению раздела	8
4.3 Вопросы для самопроверки	8
Раздел 5 Волоконно-оптические системы передачи информации. Волноводно-оптические структуры	9
5.1 Содержание раздела	9
5.2 Методические указания по изучению раздела	9
5.3 Вопросы для самопроверки	9
Раздел 6 Акустооптические устройства обработки информации	10
6.1 Содержание раздела	10
6.2 Методические указания по изучению раздела	10
6.3 Вопросы для самопроверки	10
7 Лабораторные работы	10
8 Темы для самостоятельного изучения	11
Заключение	12

Введение

Оптические методы обработки информации находят широкое применение при решении задач, связанных с обработкой больших объёмов информации. Актуальность таких задач возрастает, а решение их с помощью традиционных ЭВМ встречает ряд трудностей.

Целью преподавания дисциплины является подготовка студентов к разработке, расчету, эксплуатации и исследованию оптических, голографических, акустооптических устройств и систем обработки, хранения и передачи информации.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные принципы построения, расчета и реализации оптических, акустооптических устройств и систем обработки информации, приобрести способность оценки их основных характеристик и определения параметров

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные принципы Фурье - оптики, акустооптики, голографии;
- основные схемы построения систем оптической обработки

информации и методы их описания;

уметь:

- применять методы расчета параметров и характеристик устройств, используемых для оптической и акустооптической обработки информации;
- анализировать информацию о новых типах систем оптической и акустооптической обработки информации;

владеть:

- методами экспериментальных исследований параметров и характеристик устройств оптической и акустооптической обработки информации;
- методикой расчета основных узлов систем оптической и акустооптической обработки информации.

Для изучения данной дисциплины необходимо усвоение следующих дисциплин: «Квантовая и оптическая электроника», «Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства».

Раздел 1 Математический анализ линейных оптических систем

1.1 Содержание раздела

Двумерный оптический сигнал и его информационная структура. Двумерное преобразование Фурье. Прямое и обратное преобразование Фурье в оптической системе. Преобразование сигнала линейной системой. Теорема выборки.

1.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Математический анализ линейных оптических систем» следует обратить внимание на способ описания оптического сигнала, применение двумерного преобразования Фурье для анализа оптических сигналов, понятие передаточной функции оптической системы.

1.3 Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение линейной оптической системы.
2. Запишите прямое двумерное преобразование Фурье. Поясните все обозначения.
3. Запишите обратное двумерное преобразование Фурье. Поясните все обозначения.
4. Запишите теорему подобия для двумерного преобразования Фурье. Поясните все обозначения.
5. Запишите теорему свертки для двумерного преобразования Фурье. Поясните все обозначения.
6. Дайте определение инвариантной линейной оптической системы.
7. Что такое импульсный отклик оптической системы?
8. Запишите передаточную функцию оптической системы. Поясните все обозначения.
9. Приведите пример записи выборочной функции.
10. Сформулируйте теорему выборки.
11. Запишите максимальные значения выборочной сетки для точного восстановления функции.

Раздел 2 Скалярная теория дифракции. Дифракция Френеля и Фраунгофера.

2.1 Содержание раздела

Задача о дифракции на плоском экране. Граничные условия Кирхгофа. Приближения Френеля. Приближения Фраунгофера. Примеры дифракционных картин Фраунгофера

2.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Скалярная теория дифракции. Дифракция Френеля и Фраунгофера» следует обратить внимание на постановку задачи дифракции, граничные условия Кирхгофа, приближения Френеля и Фраунгофера.

2.3 Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается явление дифракции электромагнитных волн?
2. Сформулируйте граничные условия Кирхгофа.
3. Запишите интеграл Френеля – Кирхгофа для случая дифракции на отверстии в непрозрачном экране.
4. Сформулируйте принцип Гюйгенса – Френеля.
5. В чем заключаются дифракционные приближения Френеля?
6. В чем заключаются дифракционные приближения Фраунгофера?
7. Нарисуйте распределение интенсивности в дифракционной картине Фраунгофера на прямоугольном отверстии.
8. Чем отличаются дифракционные картины для круглого и прямоугольного отверстий?

Раздел 3 Пространственная фильтрация

3.1 Содержание раздела

Эксперименты Аббе — Портера. Фазово-контрастный метод Цернике. Когерентный оптический процессор, использующий методы пространственной фильтрации. Многоканальная фильтрация. Синтез пространственных фильтров. Фильтры Вандер-Люгта. Распознавание образов.

3.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Пространственная фильтрация» следует обратить внимание на когерентные оптические системы, выполняющие фильтрацию в частотном пространстве, понимание работы их оптических схем, на методы создания пространственных фильтров, фильтры Вандер Люгта.

3.3 Вопросы для самопроверки

1. Нарисуйте оптическую схему эксперимента Аббе –Портера.
2. Назовите методы наблюдения мелких бесцветных объектов, объясните их недостатки.
3. Поясните сущность метода фазового контраста.
4. Нарисуйте схему когерентной оптической системы для фильтрации в частотном пространстве.
5. Проследите прохождение оптического сигнала в когерентном оптическом процессоре.
6. Что такое передаточная функция фильтра?
7. Запишите модифицированную передаточную функцию фильтра.
8. Нарисуйте схему когерентной оптической системы для многоканальной фильтрации в частотном пространстве.

9. Нарисуйте оптическую схему для записи фильтров методом Вандер Люгта.

10. Нарисуйте оптическую схему для записи фильтров с использованием интерферометра Маха - Цендера.

11. Нарисуйте оптическую схему для записи фильтров с использованием интерферометра Рэлея.

12. Дайте определение согласованного фильтра.

Раздел 4 Голографические корреляторы

4.1 Содержание раздела

Коррелятор Вандер Люгта. Корреляторы с взаимно модулированными Фурье-образами. Гетеродинный оптический коррелятор. Динамический голографический коррелятор.

4.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Голографические корреляторы» следует обратить внимание на понимание физического смысла корреляционных полей, получение информации о распознаваемых образах из структуры корреляционных полей, понимание принципов работы различных типов корреляторов.

4.3 Вопросы для самопроверки

1. Каким образом на выходе голографического коррелятора Вандер Люгта возникает яркостное корреляционное поле?

2. Что определяет координаты распознаваемого объекта в голографическом корреляторе Вандер Люгта?

3. За счет чего при использовании телевизионной трубки в корреляторе Вандер Люгта корреляционное поле на ней остается неподвижным при вращении фильтра?

4. Перечислите способы перемножения Фурье – образов анализируемого и эталонного изображений в корреляторе Вандер Люгта.

5. Куда помещаются транспаранты с записью анализируемого и эталонного изображений в корреляторе с взаимно модулированными Фурье – образами?

6. Какими способами выполняется спектральный анализ взаимно модулированных спектров?

7. Назовите преимущества коррелятора с взаимно модулированными Фурье – образами.

8. Нарисуйте оптическую схему гетеродинного оптического коррелятора.

9. Объясните принцип работы динамического голографического коррелятора.

10. Поясните физические процессы, происходящие в реверсивной регистрирующей среде?

Раздел 5 Волоконно-оптические системы передачи информации. Волноводно-оптические структуры

5.1 Содержание раздела

Типовая модель волоконно-оптической системы передачи. Типы оптических волокон. Затухание и дисперсия в оптическом волокне. Планарные оптические волноводы. Методы формирования оптических волноводов в электрооптических кристаллах. Пространственные солитоны в планарных фоторефрактивных волноводах.

5.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Волоконно-оптические системы передачи информации. Волноводно-оптические структуры» следует обратить внимание на физические принципы каналирования света в оптических волокнах и оптических волноводах, особенности функционирования волоконно-оптических систем передачи.

5.3 Вопросы для самопроверки

1. Назовите преимущества волоконно-оптических систем передачи по сравнению с электрическими.

2. Нарисуйте структурную схему волоконно-оптической системы передачи.

3. Перечислите основные типы оптических волокон.

4. Назовите условия распространения оптического излучения в оптическом волокне.

5. Что такое числовая апертура оптического волокна?

6. Запишите выражение для нормированной частоты распространяющегося излучения в оптическом волокне.

7. Перечислите механизмы, приводящие к затуханию оптического сигнала в волокне.

8. Что такое косые лучи в оптическом волокне?

9. Какие виды дисперсии существуют в оптических волокнах?

10. Поясните методику формирования оптических волноводов диффузией титана в ниобат лития.

11. Назовите особенности оптических волноводов, формируемых диффузией железа в ниобат лития.

12. Назовите основные особенности распространения пространственных солитонов в оптических волноводах на основе SBN.

Раздел 6 Акустооптические устройства обработки информации

6.1 Содержание раздела

Акустооптическое взаимодействие. Акустооптическое преобразование сигналов. Акустооптические устройства обработки радиосигналов.

6.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Акустооптические устройства обработки информации» следует обратить внимание на понимание физического смысла акустооптического взаимодействия, умение строить векторные диаграммы для акустооптического взаимодействия, технические особенности акустооптических устройств.

6.3 Вопросы для самопроверки

1. Какие основные операции выполняются акустооптическими процессорами?
2. Поясните механизм акустооптического взаимодействия.
3. Изобразите на рисунке с позиции геометрической оптики дифракцию Рамана - Ната.
4. Назовите основные отличия дифракции Рамана – Ната от дифракции Брэгга.
5. Запишите условие Брэгга для угла падения световой волны на акустическую.
6. Нарисуйте векторную диаграмму акустооптического взаимодействия для дифракции Брэгга.
7. Каким образом добиваются широкополосной дифракции Брэгга?
8. Как связана частота дифрагированного светового пучка с частотой падающего света?
9. Опишите работу акустооптического анализатора спектра радиосигналов.
10. Чем ограничено быстродействие акустооптического анализатора спектра.

7 Лабораторные работы

В процессе выполнения лабораторных занятий студент не только закрепляет теоретические знания, но и пополняет их. Вся работа при выполнении лабораторной работы разбивается на следующие этапы: вступительный, проведение эксперимента и обработка результатов.

В процессе домашней подготовки студент проверяет качество усвоения проработанного материала по вопросам для самоконтроля,

относящимся к изучаемой теме. Без проведения такой предварительной подготовки к лабораторной работе студент не допускается к выполнению эксперимента.

Помимо домашней работы студенты готовятся к выполнению эксперимента также на рабочем месте: они знакомятся с установкой, уточняют порядок выполнения работы, распределяют рабочие функции между членами бригады. В ходе аудиторной подготовки преподаватель путем собеседования выявляет и оценивает степень готовности каждого студента к проведению эксперимента и знание им теоретического материала. Студенты, не подготовленные к выполнению работы или не представившие отчеты по предыдущей работе, к выполнению новой работы могут быть не допущены и все отведенное время для лабораторной работы должны находиться в лаборатории, изучать по рекомендованной литературе тот материал, с которым они не познакомились дома. К выполнению работы они могут быть допущены только после собеседования и в часы сверх расписания по договоренности с преподавателем. Все пропущенные лабораторные работы по уважительным или неуважительным причинам могут быть выполнены в конце семестра на дополнительных занятиях.

Второй этап работы – проведение эксперимента в лаборатории. На этом этапе очень важно, чтобы студент выполнил самостоятельно и грамотно необходимые измерения и наблюдения, укладываясь в отведенное для этого время. При организации своей работы для проведения эксперимента целесообразно исходить из рекомендаций, изложенных в руководствах для выполняемой лабораторной работы.

На последнем этапе работы студент производит обработку данных измерений и анализ полученных результатов.

Отчет студента по работе должен быть индивидуальным. Анализ результатов является важной частью отчета.

Ниже приведены названия лабораторных работ.

1. Исследование дифракции Фраунгофера
2. Исследование фильтра Вандер Люгта
3. Исследование планарного акустооптического модулятора
4. Пространственная фильтрация оптических изображений:

8 Темы для самостоятельного изучения

Темы для самостоятельного изучения обобщают приобретенные знания и позволяют студенту самостоятельно решать задачи. Тематика самостоятельных работ предполагает углубленное изучение ниже предложенных тем.

1. Теорема выборки.
2. Граничные условия Кирхгофа.
3. Многоканальная фильтрация
4. Распознавание образов.

5. Пространственные солитоны в планарных фоторефрактивных волноводах.

Заключение

В итоге изучения тем студент должен твердо, как минимум знать следующие вопросы:

1. Определение линейной оптической системы.
2. Прямое двумерное преобразование Фурье.
3. Обратное двумерное преобразование Фурье.
4. Теорема свертки для двумерного преобразования Фурье.
5. Импульсный отклик оптической системы.
6. Передаточная функция оптической системы.
7. Теорема выборки.
8. Граничные условия Кирхгофа.
9. Интеграл Френеля – Кирхгофа для случая дифракции на отверстии в непрозрачном экране.
10. Дифракционные приближения Френеля.
11. Дифракционные приближения Фраунгофера.
12. Метод фазового контраста.
13. Когерентная оптическая система для фильтрации в частотном пространстве.
14. Передаточная функция фильтра.
15. Модифицированная передаточная функция фильтра.
16. Схема когерентной оптической системы для многоканальной фильтрации в частотном пространстве.
17. Оптическая схема для записи фильтров методом Вандер Люгта.
18. Определение согласованного фильтра.
19. Каким образом на выходе голографического коррелятора Вандер Люгта возникает яркостное корреляционное поле?
20. Способы перемножения Фурье – образов анализируемого и эталонного изображений в корреляторе Вандер Люгта.
21. Какими способами выполняется спектральный анализ взаимно модулированных спектров?
22. Оптическая схема гетеродинного оптического коррелятора.
23. Принцип работы динамического голографического коррелятора.
24. Преимущества волоконно-оптических систем передачи по сравнению с электрическими.
25. Структурная схема волоконно-оптической системы передачи.
26. Основные типы оптических волокон.
27. Числовая апертура оптического волокна.
28. Механизмы, приводящие к затуханию оптического сигнала в волокне.

29. Виды дисперсии в оптических волокнах.
30. Методика формирования оптических волноводов диффузией титана в ниобат лития.
31. Особенности распространения пространственных солитонов в оптических волноводах на основе SBN.
32. Механизм акустооптического взаимодействия.
33. Дифракция Рамана - Ната.
34. Векторная диаграмма акустооптического взаимодействия для дифракции Брэгга.
35. Принцип работы акустооптического анализатора спектра радиосигналов.

Учебное пособие

Башкиров А.И.

Оптические и акустооптические системы
обработки информации

Методические указания по самостоятельной работе

Усл. печ. л. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40