

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

А. С. Бугаев, В. Ф. Дмитриев, С. В. Кулаков

УСТРОЙСТВА НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по образованию в области радиотехники,
электроники, биомедицинской техники и автоматизации
в качестве учебного пособия для студентов высших
учебных заведений, обучающихся по специальности
210302 «Радиотехника»*

Санкт-Петербург
2009

УДК 621.385.6

ББК 22.32

Б90

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *В. В. Новиков*;

доктор технических наук, профессор *Е. Р. Милютин*

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

Бугаев А. С., Дмитриев В. Ф., Кулаков С. В.

Б90 **Устройства на поверхностных акустических волнах:**
учеб. пособие / А. С. Бугаев, В. Ф. Дмитриев, С. В. Кулаков. – СПб.: ГУАП, 2009. – 188 с.: ил.

ISBN 978-5-8088-0449-4

Кратко изложены физические основы акустоэлектронных устройств на поверхностных акустических волнах, а также общие сведения об акустоэлектронных устройствах, широко используемых в современной радиоэлектронике; рассмотрены принципы их функционирования, конструкция, основные характеристики и методы расчета. Уделено внимание последним достижениям в области конструирования резонансных фильтров для систем мобильной связи и современным методам их расчета.

Учебное пособие может служить хорошим руководством при выполнении практических расчетов в ходе курсового и дипломного проектирования.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Радиотехника» в рамках дисциплин «Акустоэлектронные устройства», «Проектирование акустоэлектронных устройств», «Элементы акустоэлектронных устройств».

УДК 621.385.6

ББК 22.32

ISBN 978-5-8088-0449-4

© ГУАП, 2009

© А. С. Бугаев,

В. Ф. Дмитриев,

С. В. Кулаков., 2009

Содержание

Введение.....	3
ГЛАВА 1. Основные типы акустоэлектронных устройств...	7
1.1. Линии задержки.....	7
1.2. Полосовые фильтры на ПАВ.....	14
1.3. Резонаторы на ПАВ.....	18
1.4. Устройства формирования и сжатия сложных сигналов на ПАВ.....	21
ГЛАВА 2. Акустические волны в упругих твердых телах...	25
2.1. Основные определения.....	25
2.2. Основные уравнения для пьезоэлектрических материалов.....	27
2.3. Акустические волны в изотропных материалах.....	30
2.3.1. Плоские волны в неограниченном изотропном упругом теле.....	30
2.3.2. Рэлеевские волны в изотропном полупространстве.....	31
2.4. Волны в анизотропных средах.....	37
2.4.1. Плоские волны в неограниченной анизотропной среде.....	37
2.4.2. Волны в пьезоэлектрическом полупространстве.....	38
2.4.3. Типы волн в анизотропных однородных средах.....	40
ГЛАВА 3. Методы расчета устройств на ПАВ.....	46
3.1. Возбуждение ПАВ.....	47
3.2. Функция Грина пьезоэлектрического полупространства.....	48
3.3. Входная проводимость преобразователя в приближении слабых отражений от электродов.....	51
3.3.1. Однородный преобразователь.....	53
3.3.2. Неоднородный преобразователь.....	54
3.4. Проектирование устройств на ПАВ.....	56
3.5. Отражательные структуры для устройств на ПАВ.....	61
3.5.1. Отражательные элементы.....	61
3.5.2. Отражательные структуры.....	64
3.6. Подавление отраженных волн в преобразователях.....	69
3.7. Расчет устройств на ПАВ на основе уравнений связанных волн.....	72
ГЛАВА 4. Фильтры на ПАВ.....	79
4.1. Трансверсальные фильтры на ПАВ.....	79
4.1.1. Фильтры с аподизацией $\text{sinc}(x)$	80
4.1.2. Конструкции трансверсальных фильтров.....	84

4.2. Резонансные фильтры на ПАВ	87
4.2.1. Лестничные фильтры на основе резонаторов на ПАВ	88
4.2.2. Резонансный фильтр, использующий продольные типы колебаний	97
4.2.3. Фильтры на акустически связанных волноводных модах в резонаторах на ПАВ.....	101
ГЛАВА 5. Многополосковый ответвитель и устройства на его основе.....	107
5.1. Принцип работы МПО	107
5.2. Частотные характеристики МПО	109
5.3. ПАВ устройства на основе МПО.....	117
5.3.1. Трансверсальный фильтр на основе МПО с полной передачей мощности	117
5.3.2. Однонаправленный преобразователь на основе МПО	119
5.3.3. Многополосковое «зеркало» для одноходовой линии задержки	121
5.3.4. Многополосковое «зеркало» для линии задержки с отдельными входом и выходом	122
5.3.5. МПО с уменьшением апертуры акустического луча для акустоэлектронного конвольвера	124
ГЛАВА 6. Устройства формирования и сжатия сложных сигналов на ПАВ	127
6.1. Основные соотношения и принцип работы устройств формирования и сжатия ФКМ-сигналов.....	127
6.1.1. Сжатие ФКМ-сигнала.....	130
6.1.2. Прохождение ФКМ-сигналов через фильтр, который является несогласованным по отношению к входному сигналу.....	131
6.1.3. Алгоритм Бернфельда	132
6.2. Свойства кодов	132
6.3. МЧМ-сигналы	135
6.4. Устройства формирования и сжатия ЛЧМ-сигналов....	136
6.5. Принцип работы РЛС со сжатием импульса	137
6.5.1. Формирование и сжатие ЛЧМ-сигнала.....	140
6.5.2. Методы формирования ЧМ-сигналов.	143
6.6. Основные характеристики ЛЧМ-сигнала.....	144
6.7. Сжатие ЛЧМ-сигнала	147
6.8. Типы весовых функций	152

6.9. Конструкции дисперсионных фильтров	156
6.10. Конструкции дисперсионных фильтров на ВШП	156
6.11. Конструкции дисперсионных фильтров на отража- тельных структурах	160
ГЛАВА 7. Устройства корреляционной обработки сигнала на ПАВ.....	167
7.1. Нелинейные взаимодействия в упругой среде.....	167
7.2. Коррелятор с внутренней нелинейностью	168
7.3. Рабочие характеристики коррелятора.....	173
7.4. Волноводный конвольвер	175
7.5. Корреляторы с внешней нелинейностью.....	177
7.6. Конвольвер как согласованный фильтр	180
Заключение	183
Рекомендуемая литература	184