

В.А. ЯКОВЕНКО

МОЩНЫЕ ШИРОКОПОЛОСНЫЕ
УСИЛИТЕЛЬНО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ
ТРАКТЫ СВЧ
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ

Монография

НОВОСИБИРСК
2012

УДК 621.375.4
Я 471

Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.П. Разинкин*

Яковенко В.А.

Я 471 Мощные широкополосные усилительно-преобразовательные тракты СВЧ на полупроводниковых приборах : монография / В.А. Яковенко. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2012. – 366 с.

ISBN 978-5-7782-1972-4

УДК 621.375.4

ISBN 978-5-7782-1972-4

© Яковенко В.А., 2012

© Новосибирский государственный
технический университет, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ УСИЛИТЕЛЬНО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ- НЫХ ТРАКТОВ СВЧ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ	7
2. СОГЛАСУЮЩИЕ ЦЕПИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ПОЛУПРОВОД- НИКОВЫХ УСТРОЙСТВ СВЧ.....	19
2.1. Общие сведения о широкополосном согласовании комплексных нагрузок.....	19
2.1.1. Принципы согласования	20
2.1.2. Энергетические соотношения на входе согласующей цепи	22
2.1.3. Нормирование элементов цепи.....	24
2.1.4. Частотные преобразования электрических цепей.....	24
2.1.5. Этапы разработки согласующих цепей широкополосных устройств СВЧ.....	25
2.2. Построение электрического эквивалента нагрузки.....	27
2.3. Оценка потенциальных возможностей согласования комплекс- ных нагрузок	33
2.4. Типы согласующих цепей и их сравнительная характеристика	37
2.5. Определение структуры и параметров элементов СЦ.....	41
2.5.1. Квазиполосовая согласующая цепь.....	42
2.5.2. Полиномиальная согласующая цепь	44
2.5.3. Оптимальная согласующая цепь	46
2.6. Расчет согласующих цепей с помощью теории колебательных контуров	48
2.6.1. Краткие сведения из теории колебательных систем.....	49
2.6.2. Потенциальные возможности согласования комплексной нагрузки	52
2.6.3. Определение параметров элементов СЦ.....	56

2.7. Аналитический расчет согласующих цепей лестничной структуры	64
2.8. Расчет конструктивной реализации цепей СВЧ в гибридном интегральном исполнении	70
Элементная база ГИС СВЧ	71
2.9. Расчет конструктивной реализации цепи в целом	87
2.9.1. Конструктивная реализация цепей с лестничной структурой	87
2.9.2. Конструктивная реализация полосовых цепей	105
3. УМНОЖИТЕЛИ ЧАСТОТЫ ПЕРЕДАЮЩИХ ТРАКТОВ СВЧ ДИАПАЗОНА	116
3.1. Общие вопросы теории и техники умножения частоты на полупроводниковых диодах	116
3.2. Расчет режимов диодов в умножителях частот	125
3.2.1. Расчет режима точечного диода в умножителе частоты	125
3.2.2. Расчет режима варакторного диода в умножителе частоты	135
3.2.3. Расчет режима диода с накоплением заряда в умножителе частоты	140
3.3. Особенности построения и расчета согласующих цепей широкополосных диодных умножителей частоты	156
3.3.1. Входные и выходные электрические эквиваленты диода в режиме умножения частоты	156
3.3.2. Ограничения на полосу пропускания диодного умножителя частоты	160
3.3.3. Типовые схемы согласующих цепей широкополосных диодных умножителей частоты	162
3.3.4. Расчет согласующих цепей широкополосных диодных умножителей частоты	165
4. МОЩНЫЕ ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДАХ	183
4.1. Общие вопросы теории и техники преобразования частоты на полупроводниковых диодах	183

4.2. Определение импедансных и энергетических характеристик диода в режиме преобразования частоты.....	187
4.2.1. Расчет режима точечного диода в преобразователе частоты	187
4.2.2. Расчет режима варактора в преобразователе частоты.....	190
4.2.3. Расчет режима диода с накоплением заряда в преобразователе частоты.....	193
4.3. Построение и расчет согласующих цепей широкополосных преобразователей частоты на полупроводниковых диодах.....	195
4.3.1. Расчет согласующих цепей параллельного диодного преобразователя частоты.....	197
4.3.2. Расчет согласующих цепей последовательного диодного преобразователя частоты.....	204
5. ТРАНЗИСТОРНЫЕ УСИЛИТЕЛИ МОЩНЫХ ШИРОКОПОЛОСНЫХ УСИЛИТЕЛЬНО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАКТОВ СВЧ.....	212
5.1. Общие вопросы теории и техники широкополосных транзисторных усилителей СВЧ.....	212
5.2. Расчет режимов транзисторов СВЧ.....	218
5.2.1. Анализ и расчет режимов биполярных транзисторов СВЧ	219
5.2.2. Анализ и расчет режимов полевых транзисторов СВЧ.....	264
5.3. Входные и выходные цепи широкополосных транзисторных усилителей СВЧ.....	281
5.3.1. Коррекция частотной характеристики усилителя методом отражения.....	282
5.3.2. Коррекция частотной характеристики усилителя методом поглощения.....	314
5.4. Мощные линейные усилительные тракты СВЧ на транзисторах	322
5.5. Цепи питания и стабилизации режима транзистора по постоянному току.....	336
6. ДЕЛИТЕЛИ И СУММАТОРЫ ШИРОКОПОЛОСНЫХ УСИЛИТЕЛЬНО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАКТОВ СВЧ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ	343
Библиографический список.....	355