КОМПЛЕКСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ СВЧ

Учебное пособие

Москва
Российский университет дружбы народов
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

1. Новые подходы к разработке модулей СВЧ в интегральных исполнениях 6

2. Комплексная технологическая оптимизация – инструмент комплексного проектирования микроэлектронных устройств СВЧ 19

2.1. Граф-схема алгоритма создания нового изделия 19

2.2. Математическая модель эффективного производства изделий требуемого качества 32

2.3. Неопределенности технологической оптимизации 44

2.4. Структурная схема комплексной технологической оптимизации 50

2.5. Комплексная технологическая оптимизация как фактор повышения эффективности проектирования электронных изделий 56

2.6. Постановка задачи комплексной технологической оптимизации 63

2.7. Первый принцип комплексной технологической оптимизации. Конструкционно-технологический принцип 66

2.8. Второй принцип комплексной технологической оптимизации. Принцип соответствия 78

2.9. Третий принцип комплексной технологической оптимизации. Принцип перехода (инновационный принцип) 84

2.10. Четвертый принцип комплексной технологической оптимизации. Принцип эволюционной самоорганизации 92

3. Особенности комплексной технологической оптимизации при проектировании микроэлектронных устройств 101

3.1 Анализ показателей для достижения требуемого уровня параметров изделий в процессе их создания 101

3.2. Математическая модель иерархии технологий предприятия 108

3.3. Трансфер технологий в приборостроении при комплексной технологической оптимизации 117

3.4. Наследуемость свойств в технологическом процессе 127

3.5. Методика повышения эффективности создания изделий 132

3.6. Анализ и моделирование технологических инноваций 136

3.7. Трансфер технологий – важнейший фактор конкурентоспособности высокотехнологичных предприятий 156

4. Гибридные интегральные схемы СВЧ 165
4.1. Вероятностные математические модели ГИС СВЧ 165
4.1.1. Потери в несимметричной микрополосковой линии 166
4.1.2. Эффективная диэлектрическая проницаемость НМПЛ 167
4.1.3. Совокупное влияние конструктивно-технологических погрешностей на волновое сопротивление 184
4.1.4. Исследование параметров эквивалентных схем неоднородностей конструкции 192
4.2. Комплексная технологическая оптимизация ГИС СВЧ 204
4.2.1. Гибридные устройства 204
4.2.2. Комплексная технологическая оптимизация дискретных фазовращателей 207
4.2.3. Комплексная технологическая оптимизация дискретных фазостабильных аттенюаторов 223

5. Основные элементы устройств МИС СВЧ 234
5.1. Общие сведения об элементах МИС СВЧ 234
5.2. Монолитные интегральные схемы СВЧ-диапазона 246
5.3. Перспективы применения твердотельных GaN СВЧ-переключателей 247
5.4. Шестиразрядные КМОП-драйверы с параллельным и последовательным интерфейсом для управления GaAs-транзисторами 250

6. Приборно-технологическое моделирование (TCAD) 254
6.1. Разновидности моделей и параметров при проектировании 254
6.2. Математические модели на микро- и макроуровне 255
6.3. Математическое моделирование на микроуровне 256
6.4. Методы конечных элементов. Сущность. Основные этапы 257
6.5. Построение сетки конечных элементов 259
6.6. Роль приборно-технологического моделирования в разработке полупроводниковых приборов 260
6.7. Описание пакета приборно-технологического моделирования 262

7. Пример применения приборно-технологического моделирования при подготовке производства мощных транзисторов СВЧ-диапазона 267
7.1. Описание специфического явления пробоя исток–сток 267
7.2. Влияние утечки исток–сток на КПД транзистора 270

7.3. Исследование зависимости тока утечки исток–сток
от глубины залегания примеси 271
7.4. Исследование зависимости тока утечки исток–сток
от длины затвора транзистора 280
8. Методология обеспечения качества гетероструктурных приборов на основе ускоренных испытаний 289

9. Практические занятия и лабораторные работы 297

10. Определение надежности ГИС и МИС СВЧ 363
10.1. Планирование ускоренных испытаний ГИС и МИС СВЧ
в устройствах и приборах с высокими показателями безотказности 363
10.2. Оценка минимального объема выборки устройств на ГИС и МИС.
Программная реализация оценки результатов ускоренных испытаний 391

11. Проектное управление в реализации научно-технических исследований 403
11.1. Формирование системы научно-технического задела 403
11.2. Проектная организация работ в научных исследованиях 412
11.3. Разработка формальной модели взаимодействия
проектной команды 421
11.4. Система мониторинга и оценки проектов и программ
высокотехнологичных предприятий 434

Заключение 446