

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## ВВЕДЕНИЕ ..... 3

<b>Глава 1</b> <b>СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МСБ</b> <b>И ГИС СВЧ-ДИАПАЗОНА НА ПЕРИОД НАЧАЛА РАБОТЫ</b> ..... 5
1.1. Иерархия РЭА и место ГИС и МСБ в ней ..... 5
1.2. Компоновочные структуры микроэлектронной аппаратуры ..... 7
1.3. Определения и классификация ..... 10
1.4. Материалы конструктивов ..... 15
1.5. Гибридно-интегральные модули СВЧ ..... 19
1.5.1. Введение ..... 19
1.5.2. Конструкторско-технологическая часть ..... 19
1.5.3. Заключение ..... 25
1.6. Надежность ГИС и МСБ ..... 26
1.7. Анализ существующих конструкторско-технологических решений СВЧ ГИС и МСБ ..... 27
1.7.1. Теплопроводность материалов для ГИС СВЧ ..... 27
1.7.2. Конструкции СВЧ ГИС И МСБ с размещением кристаллов ПП на поверхности платы ..... 29
1.7.3. Конструкции ГИС И МСБ с размещением кристаллов ПП на металлических основаниях или металлических подложках ..... 30
1.7.4. Конструкции ГИС и МСБ с теплопроводящими столбиками в плате под тепловыделяющими элементами ..... 32
1.7.5. Конструкции ГИС и МСБ с принудительным охлаждением и непосредственным контактом тепловыделяющих элементов с хладоагентом ..... 36
1.7.6. Конструкции ГИС и МСБ с размещением кристаллов ПП в сквозных отверстиях платы ..... 37
1.7.7. Конструкции ГИС и МСБ с размещением кристаллов полупроводниковых приборов в углублениях плат ..... 39
1.7.8. Конструкции многослойных СВЧ ГИС, МСБ и микроблоков ..... 41
1.7.9. Объемные ГИС СВЧ-диапазона ..... 48
1.8. Анализ влияния конструктивного исполнения на параметры СВЧ-устройств ..... 57
1.8.1. Конструкции генераторов СВЧ ..... 57

1.8.2. Конструкции ГИС и МСБ усилителей мощности ..... 63
1.9. Влияние производственных процессов на характеристики СВЧ-устройств ..... 66
1.9.1. Анализ производства микрополосковых плат (МПП) для ГИС и МСБ СВЧ ..... 66
1.9.2. Анализ технологических потерь и видов брака при сборке СВЧ-устройств ..... 67
1.9.3. Состояние разработки структуры металлизации МПП ГИС СВЧ ..... 68
1.9.4. Перспективы оптимизации структуры металлизации МПП ..... 71
1.9.5. Заключение ..... 75
Контрольные вопросы ..... 76

## Глава 2

### ФОРМИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ ГИС СВЧ-ДИАПАЗОНА ..... 78

2.1. Направление корпусирования ГИС СВЧ-диапазона ..... 78
2.1.1. Корпус-крышка для корпусирования ГИС ..... 78
2.1.2. Корпусирование ГИС СВЧ-диапазона ..... 85
2.2. Направление совершенствования конструкции и технологии ГИС выводов энергии электронных устройств ..... 91
2.2.1. Оптимизация конструкции окон вывода энергии ..... 91
2.2.2. Технология окон вывода энергии ..... 104
2.2.3. Экспериментальная оценка характеристик окна вывода энергии электронных СВЧ и КВЧ-приборов ..... 115
2.2.4. Выводы ..... 118
2.3. Направление применения новых материалов в технике ГИС СВЧ-диапазона ..... 118
2.3.1. Перспективы применения новых материалов в ГИС СВЧ ..... 118
2.3.2. Конструкция фильтра СВЧ с элементами из высокотемпературных сверхпроводящих материалов ..... 120
2.3.3. Заключение и выводы ..... 123
Контрольные вопросы ..... 124

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ..... 125

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ ..... 130

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ..... 131