

В. И. ГВОЗДЕВ
Е. И. НЕФЁДОВ

Объемные интегральные схемы СВЧ



МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
1985

ББК 22.33
Г25
УДК 621.37

Гвоздев В. И., Нефёдов Е. И. **Объемные интегральные схемы СВЧ.**— М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985.— 256 с., ил.

В книге дано систематическое изложение теории и применений объемных интегральных схем (ОИС) СВЧ. Показана логичность и закономерность перевода СВЧ модулей радиоэлектронной аппаратуры на ОИС, представляющие качественно новый этап развития радиоэлектроники. Основное внимание уделено описанию физических процессов, созданию удобных и наглядных эквивалентных схем, методам расчета матриц рассеяния базовых элементов ОИС, используемых в системах автоматизированного проектирования ОИС СВЧ.

Для научных работников и инженеров-проектировщиков СВЧ техники, радиофизиков, специалистов по вычислительной математике и электродинамике, а также аспирантов и студентов старших курсов и радиофизических и радиотехнических специальностей.

Табл. 12. Ил. 180. Библиогр. 400 назв.

Рецензент

доктор физико-математических наук *Б. М. Болотовский*

Г $\frac{1704040000-122}{053(02)-85}$ 104-85

© Издательство «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1985

Оглавление

Предисловие	3
Введение	7
§ В.1. Интегральные структуры СВЧ и перспективы миниатюризации РЭА	7
1. Основные тенденции развития современной радиоэлектроники (7). 2. Общие соображения о переходе к ОИС СВЧ (13). 3. Некоторые предварительные общие результаты (18).	
§ В.2. Принципиальные основы подхода к автоматизированному проектированию ОИС СВЧ	21
1. Общие соображения (21). 2. Принцип декомпозиции (23). 3. Матрица рассеяния функционально-конструктивного узла РЭА (25). 4. Структура системы АП и режимы ее функционирования (26).	
Глава 1. Линии передачи для ОИС СВЧ	29
§ 1.1. Симметричная полосковая линия	29
1. Определение. Схема. Конструкция. Основные характеристики (29). 2. Учет реальных размеров СПЛ (30). 3. Потери в СПЛ (31). 4. Максимальная рабочая частота $f_{гр}$ СПЛ (32).	
§ 1.2. Несимметричная полосковая линия	33
1. Определение. Конструкция. Поле основной волны (33). 2. Квазистатическое приближение (34). 3. Учет реальных особенностей конструкции и материала проводника (35). 4. Электродинамическое приближение (36). 5. Дисперсия в НПЛ с широким проводником (39). 6. Сравнение НПЛ и прямоугольного волновода (39). 7. Учет анизотропных свойств подложки (40). 8. Поверхностные волны в НПЛ (43). 9. Варианты НПЛ для ОИС СВЧ (44).	
§ 1.3. Симметричная щелевая линия	45
1. Определение. Принцип действия. Волноводная модель СЩЛ (45). 2. Многослойная подвешенная СЩЛ (51). 3. СЩЛ типа «сэндвич» (53). 4. Экранированная СЩЛ (54).	
§ 1.4. Несимметричная щелевая линия	58
1. Определение. Особенности (58). 2. Интегральные уравнения для НЩЛ. Собственные волны (59). 3. Алгебраизация системы интегральных уравнений. Дисперсионное уравнение (62). 4. Структура поля в НЩЛ (65). 5. Экспериментальные исследования НЩЛ (67). 6. Модификация НЩЛ (69).	
§ 1.5. Копланарная линия передачи	70
1. Определение. Картины полей. Квазистатическое приближение (70). 2. Электродинамическое приближение в	

	теории КЛ. Метод Галеркина. Численные результаты (74). 3. Экранированные КЛ (77). 4. Модификации экраниро- ванных КЛ (77).	
§ 1.6.	Линии передачи магнитостатических волн 1. Общие соображения. Материалы. Вариационный метод (78). 2. Электромагнитные волны (80). 3. Магнитостати- ческие волны (81). 4. Потери в устройствах на МСВ (84). 5. Волноводы МСВ (85).	78
Глава 2.	Моделирование и расчет регулярных полосковых линий в не- однородностях в них	87
§ 2.1.	Метод Олинера и модели некоторых линий 1. Метод Олинера (87). 2. Модели некоторых полосковых линий передачи (89).	87
§ 2.2.	Неоднородности в ОИС СВЧ 1. Классификация неоднородностей ОИС СВЧ (91). 2. Не- однородности в H -плоскости (92). 3. Неоднородности в E -плоскости (98). 4. Неоднородности в копланарной ли- нии (104). 5. Т-соединения различных типов линий в ОИС СВЧ (106). 6. Некоторые примеры тройников для ОИС СВЧ (114).	91
Глава 3.	Переходы между различными типами направляющих струк- тур ОИС СВЧ	115
§ 3.1.	Сверхширокополосные переходы — переходы с непосред- ственным гальваническим контактом	116
§ 3.2.	Широкополосные шлейфовые переходы	120
§ 3.3.	Узкополосные резонансные переходы щелевого типа 1. Назначение, конструкции, принцип действия щелевых переходов (124). 2. Расчет щелевого перехода (126). 3. Со- гласование перехода (130). 4. Синтез перехода (131). 5. Ча- стотные характеристики переходов (133).	124
§ 3.4.	БЭ согласования ОИС СВЧ 1. Краткое введение в проблему (135). 2. Несинхронный трансформатор (136). 3. Шлейфовый трансформатор (137). 4. Подстройка шлейфов согласующих трансформато- ров (138).	135
Глава 4.	Гибридные мостовые устройства ОИС СВЧ	139
§ 4.1.	Балансные делители (сумматоры) мощности 1. Общие соображения (139). 2. Кольцевые БДМ (140). 3. БДМ на связанных линиях (144).	139
§ 4.2.	Кольцевые мосты 1. Общие соображения (146). 2. Гибридный кольцевой мост с обращением фазы (147). 3. Полуволновое гибрид- ное кольцо (153). 4. Гибридное кольцо периметра $3\lambda/2$ (160). 5. «Магические» Т-соединения (161).	146
§ 4.3.	Шлейфовый направленный ответвитель 1. Общие соображения (163). 2. Анализ ШНО (164). 3. Чи- сленные результаты. Эксперимент (167).	163
§ 4.4.	Квадратурные направленные ответвители 1. Общие соображения (171). 2. НО с распределенной связью (171). 3. НО на сосредоточенных элементах (174).	171
§ 4.5.	Связь двух полосковых линий с переменными парамет- рами и критическим сечением 1. Общие соображения (175). 2. Физические свойства волн (176). 3. Анализ связанных линий (177).	175

Глава 5. Объемные многослойные фильтры СВЧ	179
§ 5.1. Особенности фильтров для ОИС. Габаритный индекс	179
§ 5.2. Диэлектрические резонаторы	181
§ 5.3. Полосковые резонаторы	182
§ 5.4. Фильтры на ОИС СВЧ	183
Глава 6. СВЧ устройства на ОИС	188
§ 6.1. Многоканальные делители мощности	189
1. Типы многоканальных делителей мощности (189). 2. Многоканальные делители (сумматоры) мощности с разветвленной структурой (189). 3. Диаграммообразующие устройства (193).	
§ 6.2. Фазовые манипуляторы	195
§ 6.3. Широкополосные модуляторы	197
1. Общие соображения (197). 2. Балансный модулятор (198). 3. Однополосный модулятор (200). 4. Однополосный модулятор с повышенными динамическими характери- стиками (204).	
§ 6.4. Приемно-передающие модули	210
Глава 7. Применение ОИС СВЧ в измерительной технике	213
§ 7.1. Многозондовый датчик для измерения комплексных со- противлений	214
1. Методы измерений. Общие соображения (214). 2. Кон- струкция измерительного датчика комплексных сопро- тивлений ИС СВЧ (215). 3. Метод измерения. Погрешно- сти (216). 4. Экспериментальные исследования измери- тельного датчика (219).	
§ 7.2. Экспресс-метод контроля диэлектрических проницаемо- стей подложек ОИС СВЧ	220
1. Метод. Основные соотношения (220). 2. Погрешность измерения и область применимости метода (222).	
§ 7.3. Устройство дискретизации частотного масштаба	224
Заключение	227
Список литературы	230
Предметный указатель	245