

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ОРДENA ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

Е.И.НЕФЁДОВ , А.Т.ФИАЛКОВСКИЙ
**ПОЛОСКОВЫЕ
ЛИНИИ
ПЕРЕДАЧИ**

Электродинамические основы
автоматизированного проектирования
интегральных схем СВЧ

2-е издание



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА
1980

Б. И. Н е ф ё д о в, А. Т. Ф и а л к о в с к и й. Полосковые линии передачи. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Наука, 1980. 000 с.

Книга является вторым изданием вышедшей в 1974 г. монографии под тем же названием. Во втором издании полосковые линии рассматриваются как объект машинного проектирования интегральных структур СВЧ. Приведена строгая теория несимметричной полосковой линии. Даны обзор применяемых расчетных методов и их сравнительная характеристика.

Издание представляет интерес для специалистов по микроэлектронике, радиофизике, радиотехнике и вычислительной математике.

Ответственные редакторы:

доктор физ.-матем. наук Ю. Н. КАЗАНЦЕВ,
доктор физ.-матем. наук В. В. ШЕВЧЕНКО

Евгений Иванович Нефёдов
Александр Терентьевич Фиалковский
ПОЛОСКОВЫЕ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ

Утверждено к печати Ордена Трудового Красного Знамени
Институтом радиотехники и электроники Академии наук СССР

Редактор издательства С. С. Матвеев. Художник А. А. Шнаков.
Художественный редактор Г. П. Поленова. Технический редактор
Т. Д. Панасюк. Корректоры Н. И. Казарина, Т. С. Козлова

ИБ № 17027

Сдано в набор 19.05.80 Подписано к печати 28.11.80 Т-16489. Формат
60×90¹/₁₆. Бумага типографская № 2. Гарнитура обыкновенная. Печать
высокая. Усл. печ. л. 19,6. Уч.-изд. л. 21,9. Тираж 2100 экз.
Тип. зак. 3244. Цена 2 р. 50 к.

Издательство «Наука». 117864 ГСП-7. Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90
2-я типография издательства «Наука». 121099, Москва, Г-99, Шубинский
пер., 10

Н $\frac{30404-552}{055(02)-80}$ 751—80. 2402020000

© Издательство «Наука», 1980 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	6
§ В.1. Интегральные структуры СВЧ. Физические и математические модели. Задачи и цели машинного проектирования	6
§ В.2. Диэлектрические волноводы в интегральных схемах	11
§ В.3. Применение тонких монокристаллических пленок ферритов в устройствах микроэлектроники	18
§ В.4. Интегральные схемы миллиметрового диапазона	31
§ В.5. Микрополосковые антенны СВЧ	37
Г л а в а I.	
ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ И ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ МАШИННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СВЧ-СТРУКТУР	47
§ 1.1. Общие соображения.	47
§ 1.2. Теоретические основы построения системы машинного проектирования интегральных СВЧ-структур	51
§ 1.3. Структура системы машинного проектирования ИС СВЧ и режимы ее функционирования	53
§ 1.4. Система машинного проектирования гибридных интегральных схем СВЧ	56
Г л а в а II.	
ПОЛОСКОВЫЕ ЛИНИИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ. ТЕОРИЯ РЕГУЛЯРНЫХ МИКРОПОЛОСКОВОЙ И ЩЕЛЕВОЙ ЛИНИЙ	61
§ 2.1. Регулярные полосковые линии и типичные неоднородности	61
§ 2.2. Волны в несимметричной полосковой линии	75
§ 2.3. Теория несимметричной полосковой линии на основной, квази-TEM-волне. Вариационная формулировка и метод Релея	96
§ 2.4. Вариационный метод для открытой НПЛ	108
§ 2.5. Теория регулярной щелевой линии	120
§ 2.6. Щелевая линия с экранами конечной толщины	131
Г л а в а III.	
НЕОДНОРОДНОСТИ В СИММЕТРИЧНЫХ ПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЯХ	146
§ 3.1. Метод Олинера	146
§ 3.2. Разрыв в центральной полоске	148
§ 3.3. Отверстие в центральной полоске	153
§ 3.4. Скачок ширины центральной полоски	157

§ 3.5. Нагрузка симметричной полосковой линии на секторную полосковую линию	163
§ 3.6. Поворот полосковой линии на произвольный угол	166
§ 3.7. Т-образное разветвление полосковой линии	169
§ 3.8. Согласованный поворот полосковой линии на произвольный угол	178
§ 3.9. Плавное согласование волновых сопротивлений полосковых линий с разной шириной центральных проводников	180
§ 3.10. Методика измерения КСВ неоднородностей в полосковых линиях передачи	184
ГЛАВА IV.	
НЕОДНОРОДНОСТИ В НЕСИММЕТРИЧНЫХ ПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЯХ. ОТКРЫТЫЕ РЕЗОНАНСНЫЕ СТРУКТУРЫ НА ПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЯХ	186
§ 4.1. Поперечная щель в верхнем проводнике несимметричной полосковой линии. Метод Олинера	187
§ 4.2. Метод Олинера. Другие неоднородности в несимметричной полосковой линии	192
§ 4.3. Теория краевых эффектов. Некоторые приложения	206
§ 4.4. Разветвления в несимметричных полосковых линиях	211
§ 4.5. Диэлектрическое препятствие на скачке импеданса в линии поверхностной волны	218
Глава V.	
НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ТЕОРИИ РЕГУЛЯРНЫХ И НЕРЕГУЛЯРНЫХ ПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЙ	224
§ 5.1. Метод конформного отображения	225
§ 5.2. Вариационный метод	227
§ 5.3. Альтернирующий метод Шварца	230
§ 5.4. Метод поперечных сечений	233
§ 5.5. Применение R-функций	235
§ 5.6. Численные методы.	242
Глава VI.	
ДЕКОМПОЗИЦИОННЫЙ ПОДХОД И КОНЦЕПЦИЯ ПАРЦИАЛЬНЫХ ИМПЕДАНСОВ КАК ОСНОВА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛОСКОВЫХ И ЩЕЛЕВЫХ СТРУКТУР	248
§ 6.1. Декомпозиция полосковых устройств на автономные блоки	248
§ 6.2. Метод минимальных автономных блоков (МАБ)	253
§ 6.3. Импедансные и адmittансные интегральные уравнения	257
§ 6.4. Примеры математического моделирования	264
Дополнения 1—8	270
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	281
ЛИТЕРАТУРА	286
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	306