

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛОСКОВЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СВЧ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Развитие техники многолучевых антенных решеток в значительной мере определяется уровнем разработок многоканальных СВЧ переключателей, предназначенных для коммутирования диаграммообразующих или фазирующих устройств. В связи с этим представляет несомненный интерес разработка многоканальных переключателей и исследование их параметров.

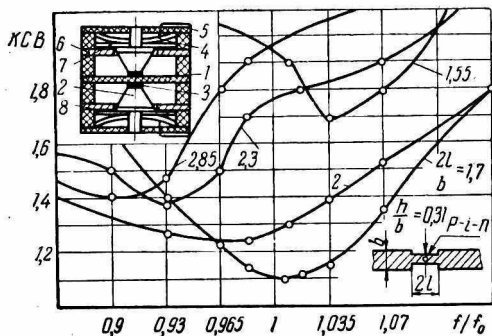
В [1] приведены предъявляемые к ним общие требования и указаны основные параметры: потери в открытых каналах, развязка между выводами, к. с. в. в диапазоне частот, длительности фронтов СВЧ импульсов и др. Далее описываются результаты разработки и экспериментальных исследований малогабаритных полосковых восьмиканального и двухканального переключателей, а также одноканального выключателя, на базе которого были разработаны переключатели. Переключатели составлены по схеме типа $1 \rightarrow n$ и позволяют соединять ввод с одним из выводов.

Одноканальный СВЧ выключатель выполнен на симметричной полосковой линии [4] с воздушным заполнением и размерами поперечного сечения $2H = b = 3,5$ мм, $t/b = 0,145$, где $2H$ — расстояние между основаниями; b и t , — соответственно, ширина и толщина центрального проводника. Волновое сопротивление линии около 50 ом.

К центральной плате 1 полосковой линии при помощи конусо-диододержателей 2 прижимаются с обеих сторон безкорпусные $p-i-n$ диоды 3 типа 2А503Б (рис.). Электрический контакт $p-i-n$ диода с платой 1 обеспечивается за счет давления, создаваемого пластинчатой пружиной 4. Провод 5 служит для подачи управляющего тока к диодам. При открытом диоде СВЧ токи замыкаются по цепи: центральная плата 1— $p-i-n$ -диод 3 — диододержатель 2 — емкость между диододержателем и экранирующей пластиной 6 — экранирующие пластины. Для увеличения этой емкости диододержатель снабжен диском 7, изолированным от экранирующих пластин при помощи слюдяной прокладки 8.

Двухканальный СВЧ переключатель построен на базе T -образного полоскового делителя мощности, в каждом из симметричных каналов которого на расстоянии примерно в четверть длины волны от разветвления включен одноканальный выключатель. Если управляющий ток пропускается через диоды, например левого плеча, и не пропускается через диоды правого,

то для токов СВЧ входная проводимость левых диодов большая, а правых — малая. Поскольку расстояние от диодов до разветвления равно четверти длины волны, большая входная проводимость открытых левых диодов трансформируется в малую входную проводимость левого плеча, а правых — в большую входную проводимость правого плеча.



Частотные зависимости к. с. в. при различных длинах заужения и эскиз одноканального СВЧ выключателя.

Поэтому мощность не ответвляется в левое плечо и проходит в правое.

Восьмиканальный СВЧ переключатель составлен из двухканальных по двоичной схеме. Для подачи СВЧ мощности с ввода на один из выводов восьмиканального переключателя должны быть закрыты три пары диодов из четырнадцати.

Размеры двухканального СВЧ переключателя в высоту определяются расстоянием между экранирующими пластинами и элементами крепления диододержателя, в ширину и длину — размерами T-образного разветвления и диаметром пластинчатой пружины. Размеры экспериментального образца двухканального переключателя $10 \times 28 \times 44$ мм, вес при латунных экранирующих пластинах толщиной 0,5 мм не более 35 г. Размеры восьмиканального переключателя с учетом полей для подключения разъемов $10 \times 50 \times 224$ мм.

Установка для исследований параметров переключателей состояла из СВЧ генератора, полосковой измерительной линии, переменного аттенюатора, измерительного усилителя. Открытые выводы СВЧ переключателей нагружались согласованными полосковыми нагрузками при помощи полосковых разъемов с малым к. с. в.

Для снижения потерь и к. с. в. одноканального выключателя реактивная проводимость *p-i-n*-диодов скомпенсирована при помощи заужения центральной платы [2]. Длина заужения, рассчитанная, согласно [1], на средней частоте была равна $2l = 1,64b$. Наилучшая компенсация реактивности диода получена при длине заужения $2l = 1,7b$. К с. в. выключателя с таким заужением больше 0,7 в 15-процентной полосе частот. На рисунке показаны частотные характеристики выключателя при разноразной длине заужения. Увеличение ширины заужения *h* приводит к ослаблению потерь в закрытом канале, уменьшение *h* — к возрастанию потерь в открытом канале (табл.).

Частота, мгц	h , мм	$0,99f_0$	f_0	$1,01f_0$
Потери в режиме пропускания L_p , дб	1,1 0,8	1,1	0,35 0,7	1,0
Потери в режиме запираания L_3 , дб	1,1 0,8	22 24	21,2 23,3	21,4 23,5

Из-за наличия сосредоточенной емкости T -образного разветвления двухканальный переключатель, составленный из двух выключателей, имел большой входной к. с. в. Компенсация этой реактивности проводилась подбором глубины треугольного выреза между каналами. После компенсации реактивности (получение минимального к. с. в.) центральная частота сдвинулась. Для смещения полосы пропускания в область рабочих частот была проведена корректировка расстояния от диода до T -образного разветвления. Полоса пропускания составляла 8% при к. б. в. $\geq 0,7$.

После замены диодов частотная характеристика переключателя не искажалась.

Ослабление L_3 в режиме запираания измерялось при различных величинах тока. При изменении тока одного диода от 100 до 25 ма ослабление уменьшалось с 26,5 до 20,4 дб. Дальнейшее уменьшение тока диода приводило к резкому уменьшению L_3 закрытого канала. Потери в открытом канале переключателя составляли 0,7 дб.

После объединения двухканальных переключателей в восьмиканальный не требовалось дополнительной доработки его полоскового тракта. По сравнению с двухканальным у восьмиканального переключателя полоса пропускания уменьшилась с 8 до 4,6% при к. б. в. $\geq 0,7$. Частотные зависимости к. с. в. переключателя при различных открытых каналах хорошо совпали.

Потери в закрытых каналах составляли более 20,3 дб при токе одного диода 50 ма и более 23,3 дб при 100 ма. Для повышения потерь в закрытых каналах переключателя необходимо включить дополнительные диоды в этих каналах.

Потери в открытых каналах переключателя со стеклотекстолитовой платой при полной длине полосковой линии каждого канала 0,25 м составляли около 2,8 дб. В случае исполнения центральной платы из материала ФАФ-4 потери уменьшатся, согласно расчету, на 0,5 дб.

Мощность управления диодами не превышала 0,6 вт.

Была измерена форма протектированных СВЧ импульсов при модуляции переключателя управляющими импульсами прямоугольной формы. Длительность переднего фронта составила

20, заднего — 8 мксек. Длительность заднего фронта СВЧ импульса значительно меньше длительности заднего фронта импульса тока, проходящего через диод, так как задолго до достижения амплитудного значения тока потери в закрытом канале становятся близкими к максимальным.

Восьмиканальный переключатель управлялся электронным устройством, которое позволяло осуществлять полный цикл переключений его выводов с частотой до 5 кГц.

Разработанные полосковые малогабаритные переключатели имеют значительно меньшие вес, габариты, чем волноводные, они технологичнее и проще, а их полоса пропускания шире или такого же порядка [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. СВЧ-устройства на полупроводниковых диодах. Проектирование и расчет. Под ред. И. В. Мальского, Б. В. Сестрорецкого. М., «Советское радио», 1969. 579 с.
2. Дзехцер Г. Б., Орлов О. С. $P-i-n$ -диоды в широкополосных устройствах СВЧ. М., «Советское радио», 1969. 200 с.
3. Сестрорецкий Б. В. Полупроводниковые коммутаторы для высокочастотных трактов.—Сб. «Современные проблемы антенно-волноводной техники». Под ред. чл.-кор. АН СССР А. А. Пистолькорса. М., «Наука», 1966. 215 с.
4. Фельдштейн А. Д., Явич Л. Р. Справочник по элементам волноводной техники. М., «Советское радио», 1967. 651 с.