

тервал, в котором сосредоточено 0,9 полученного распределения. Левая и правая границы интервала получились равными 0,107 и 0,528 соответственно. Если этот интервал (0,107, 0,528) принять за оценку различия сигналов, то полученный результат можно интерпретировать как утверждение, что значение вероятности пропуска цели лежит между 0,107 и 0,528 с уровнем доверия 0,9.

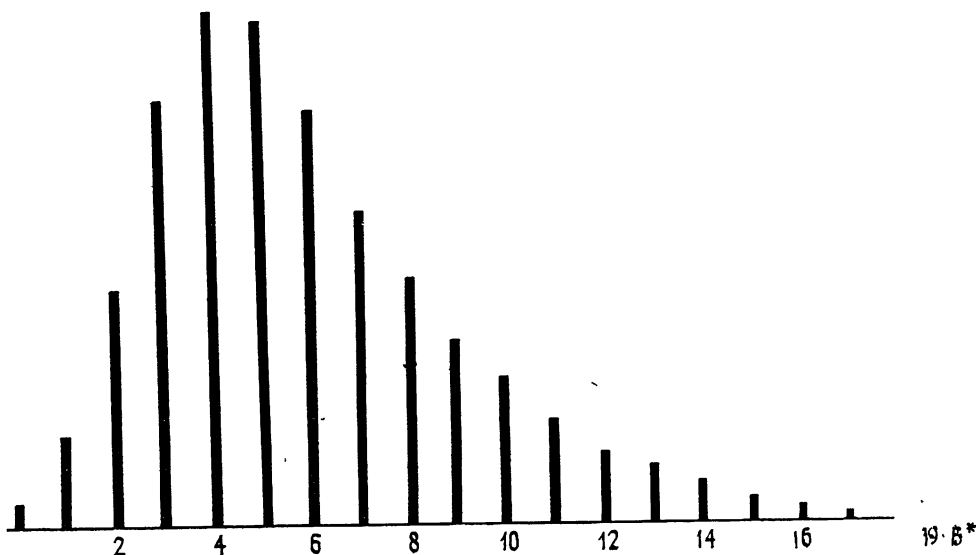


Рис. 1.

Авторы признательны М. Г. Булатову за предоставленные данные натурального эксперимента и Н. В. Сергеевой за помощь в программировании.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Efron B. — Ann. Stat., 1979, 7, № 1, p. 1.
2. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания образов. — М.: Наука, 1979.

Институт космических исследований  
АН СССР

Поступила в редакцию  
2 июля 1984 г.

УДК 621.372.828

### МИКРОПОЛОСКОВЫЕ ЛИНИИ С СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЛЕНКОЙ

А. М. Лерер, С. В. Орлов

Целый ряд устройств СВЧ на основе сегнетоэлектрических (СЭ) пленок может быть реализован на основе использования схем, содержащих планарные конденсаторы [1] и микрополосковые линии (МПЛ). Применение планарных сегнетоэлектрических конденсаторов в виде навесных элементов сводит на нет ряд их преимуществ по сравнению с полупроводниковыми диодами. Перспективным представляется использование в качестве основы интегральных схем (ИС) МПЛ на диэлектрической подложке, покрытой СЭ-пленкой. В этом случае все элементы схемы СВЧ могут быть сформированы в пределах одного технологического цикла.

Для того чтобы сконструировать схему на слоистой подложке и избежать селективного травления СЭ-пленки, необходимо рассчитать ИС с учетом влияния пленки на характеристики микрополосковой линии (МПЛ).

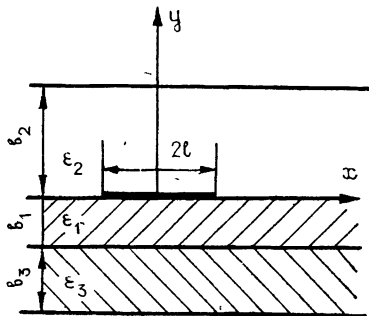


Рис. 3.

В настоящем сообщении приведены результаты строгого электродинамического расчета и экспериментального исследования параметров МПЛ с СЭ-пленкой (рис. 1) и измерены параметры развязывающих элементов на основе таких линий. Параметры МПЛ с СЭ-пленкой рассчитывались методом, изложенным в [2].

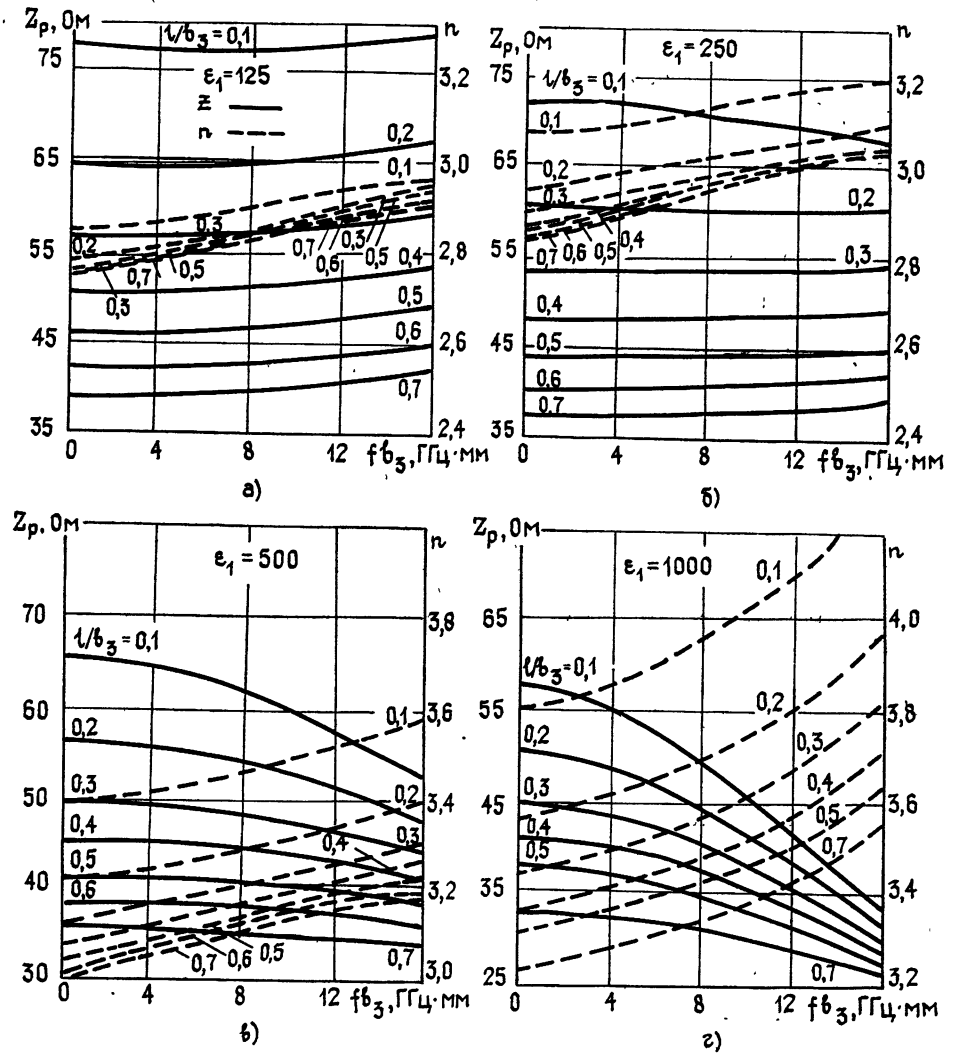


Рис. 2.

Результаты расчета коэффициента замедления  $n=h/k$  ( $k=2\pi/\lambda$ ) и волнового сопротивления приведены на рис. 2 ( $b_2/b_3=10$ ,  $b_1/b_3=0,01$ ,  $\epsilon_2=1$ ,  $\epsilon_3=9,8$ ). Волновое сопротивление рассчитывалось по формуле

$$Z_P = 2P/I^2;$$

где  $P$  — передаваемая мощность,  $I$  — продольный ток. Используя результаты, приведенные на рис. 2, можно также найти волновое сопротивление

$$Z_T(f) = Z_T(0)n(0)/n(f).$$

Лишь только при нулевой частоте  $Z_P(0)=Z_T(0)$ . С увеличением частоты разница между  $Z_T$  и  $Z_P$  увеличивается.

Параметры МПЛ на тонкой СЭ-пленке ( $b_1 \ll \lambda$ ,  $b_1 \ll b_3$ ,  $b_1 \ll l$ ) зависят от значения произведения  $\epsilon_1 b_1$ . Поэтому приведенные результаты, например, для  $b_1/b_3=0,01$  и  $\epsilon_1=250$ , можно использовать для расчета МПЛ с пленкой  $b_1/b_3=0,0025$ ,  $\epsilon_1=1000$ .

Для обычной МПЛ коэффициент замедления тем больше, чем шире полоска. Для МПЛ с СЭ-пленкой с малым значением  $\epsilon_1 b_1$  он слабо зависит от  $l$  (рис. 2а,б). При

больших  $\epsilon_1 b_1$  характер зависимости  $n(l)$  иной: чем меньше  $l$ , тем больше  $n$  (рис. 2в, г). Это обусловлено тем, что с уменьшением  $l$   $E_x$  увеличивается, а влияние СЭ-пленки на параметры МПЛ тем больше, чем больше  $E_x$  и  $\epsilon_1 b_1$ .

Отметим еще одну характерную особенность МПЛ на СЭ-пленке. Волновое сопротивление  $Z_P$  обычной МПЛ увеличивается с ростом частоты. Такой же характер зависимости  $Z_P$  от частоты наблюдается для МПЛ с малым  $\epsilon_1 b_1$ , но изменение значительно меньше. При больших  $\epsilon_1 b_1$   $Z_P$  убывает с ростом частоты.

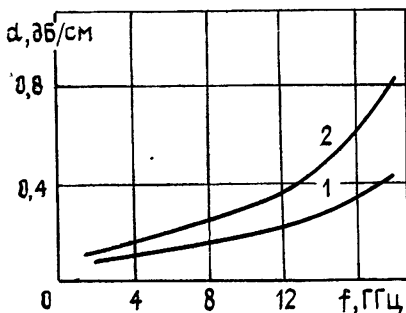


Рис. 3.

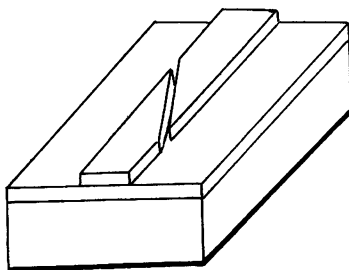


Рис. 4.

В случае достаточно малых  $\epsilon_1 b_1$  СЭ-пленки, ее влияние на коэффициент замедления мало и, следовательно, вклад потерь в СЭ-пленке в суммарные потери МПЛ может быть невелик. На рис. 3 приведены экспериментальные частотные зависимости потерь в обычной МПЛ (кривая 1) и МПЛ с сегнетоэлектрической пленкой толщиной 2 мкм, диэлектрической проницаемостью 900 и  $\text{tg } \delta = 0,035$  на частоте 6 ГГц. Пленки с меньшими  $\text{tg } \delta$ , очевидно, вносят и меньшие потери.

Одним из вариантов использования МПЛ с сегнетоэлектрической пленкой являются развязывающие устройства, которые могут быть использованы в различных полупроводниковых сегнетоэлектрических и ферритовых приборах для подачи напряжений на управляемые элементы.

Выпускаемые серийно конденсаторы постоянной емкости К10-9 имеют недостаточно высокие допустимые напряжения [3]. Кроме того, навесные конденсаторы, монтируемые в схему, ухудшают воспроизводимость характеристик.

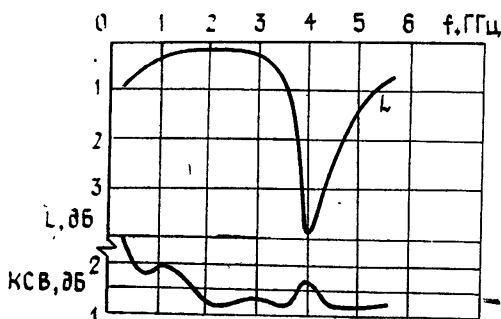


Рис. 5.

Развязывающее устройство представляет собой косой зазор в МПЛ на СЭ-пленке (рис. 4). Диапазон частот такого элемента ограничен снизу значением емкости образованного конденсатора, сверху — полуволновым резонансом в зазоре, как в щелевой линии. Такой элемент имеет минимальные потери  $L$  и КСВ, если длина зазора близка к четверти длины волны (рис. 5). Максимум потерь и КСВ, обусловленный полуволновым резонансом, в зазоре смещается вверх по частоте при подаче на зазор постоянного напряжения, что может быть использовано при создании модуляторов и выключателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сегнетоэлектрики в технике СВЧ.—М.: Сов радио, 1979.—272 с.
2. Лерер А. М. — Изв. вузов — Радиофизика, 1985, 28, № 4, с. 507.
3. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств.—М.: Радио и связь, 1982.—328 с.

Ростовский государственный университет

Поступила в редакцию  
1 февраля 1984 г.,  
после переработки  
20 июля 1984 г.