

А.В. Кириллов, А.А. Городничев, А.А. Усов, Р.М. Касимов

ЗАО «Светлана-Электронприбор»

Быстродействующие полупроводниковые фазовращатели 8-мм диапазона на волноводно-щелевой линии

Приведены результаты исследования быстродействующих $p-i-n$ -диодных фазовращателей 8-мм диапазона на волноводно-щелевой линии. Реализованы дискретные $11,25^\circ$, $22,5^\circ$, 45° , 90° при величине потерь фазовращателя не более 2,0 дБ. Рабочая непрерывная мощность фазовращателя – 2 Вт, быстродействие 30 нс.

Ключевые слова: фазовращатель, волноводно-щелевая линия

В последние годы актуальным стал вопрос о создании фазовращателей миллиметрового диапазона, что связано с большими перспективами, которые открывает миллиметровый диапазон для целей радиолокации, телекоммуникаций, радиоизмерительных комплексов и других применений.

При этом для ряда применений требуется повышенная скорость обработки информации, что могут обеспечить быстродействующие фазовращатели на $p-i-n$ -диодах.

Ниже приведены результаты исследований конструкций фазовращателей 8-мм диапазона длин волн на волноводно-щелевой линии, в которых в качестве управляемых элементов применены быстродействующие балочные $p-i-n$ -диоды.

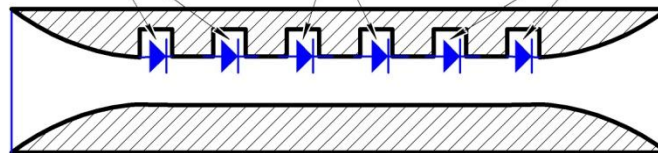
Упрощенные конструкции макетов фазовращателей с дискретными $11,25^\circ$, $22,5^\circ$, 45° и 90° приведены на рисунке 1 (а, б).

Конструктивно макет № 1 выполнен на волноводе сечением 7,2 x 3,4 мм и представляет собой отрезок волноводно-щелевой линии, в регулярной части которой размещены три пары короткозамкнутых шлейфов с $p-i-n$ -диодами, при этом каждая пара может коммутировать один из дискретов. Шлейфы в каждой паре разнесены на расстояние, примерно равное четверти длины волны в щелевой линии, для улучшения согласования и уменьшения потерь фазовращателя. Расстояние между парами определялось экспериментально для получения лучшего согласования в рабочей полосе частот. Цепи питания диодов для упрощения на рисунке не показаны.

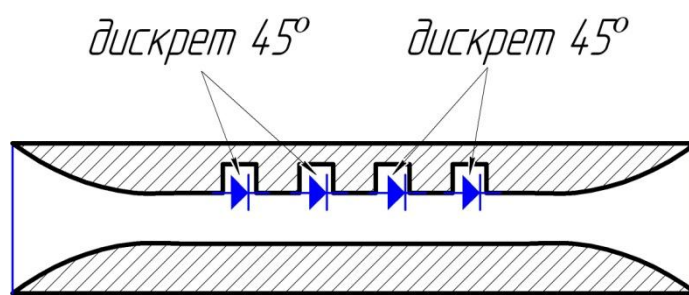
Макет № 2 представляет собой каскадное соединение двух дискретов по 45°

Геометрия шлейфов каждого из дискретов определяется путем моделирования с помощью программы «HFSS».

дискрет 11.25 дискрет 22.5 дискрет 45°



а)



б)

Рис. 1.

В процессе исследования определялись фазочастотные характеристики дискретов и вносимые потери в двух состояниях – при включенном и выключенном дискрете.

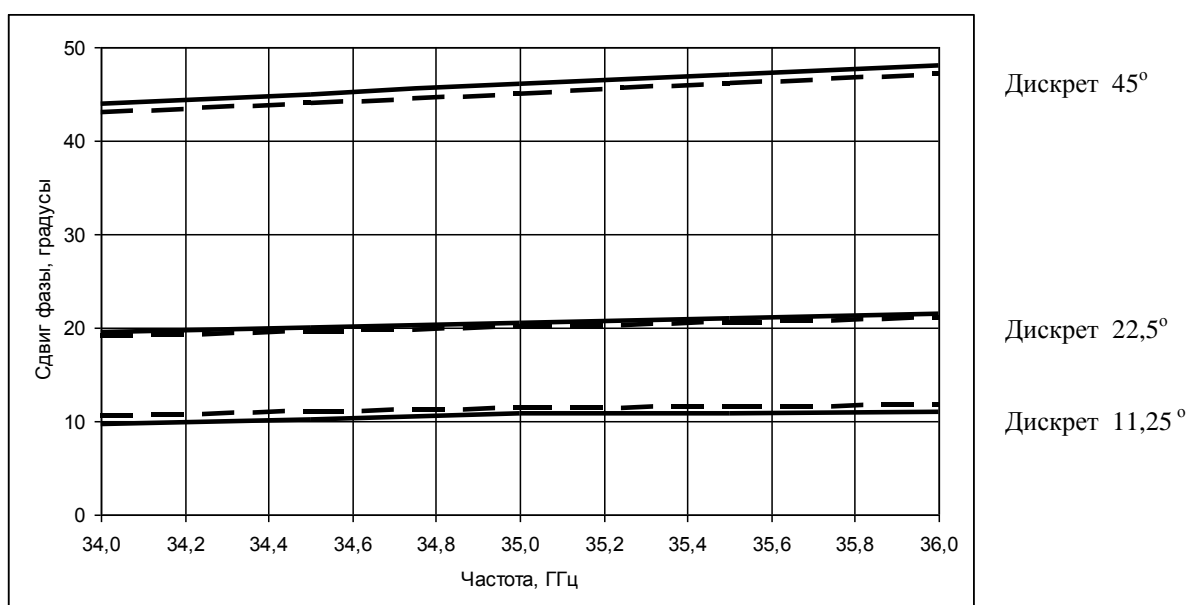
Исследования проводились с помощью векторного анализатора цепей Rohde & Schwarz ZVA 40.

Результаты исследований фазочастотных характеристик дискретов приведены в таблице 1 и на рис.2. Здесь же приведены результаты расчета фазовых характеристик дискретов по программе «Microwave Office» [1].

Таблица 1

Величина дискрета, град.	Рабочая частота, ГГц				
	f_0-1	$f_0-0,5$	f_0	$f_0+0,5$	f_0+1
11,25	8,9	9,6	10,4	11,0	11,6
22,5	19,5	20,0	20,5	21,0	21,6
45	44,0	45,0	46,2	47,5	48,0
90	88,0	90,5	93,0	93,0	96,0

Из представленных данных следует, что все дискреты обеспечивают необходимые изменения фазы, причем экспериментальные и расчетные данные достаточно хорошо согласуются.



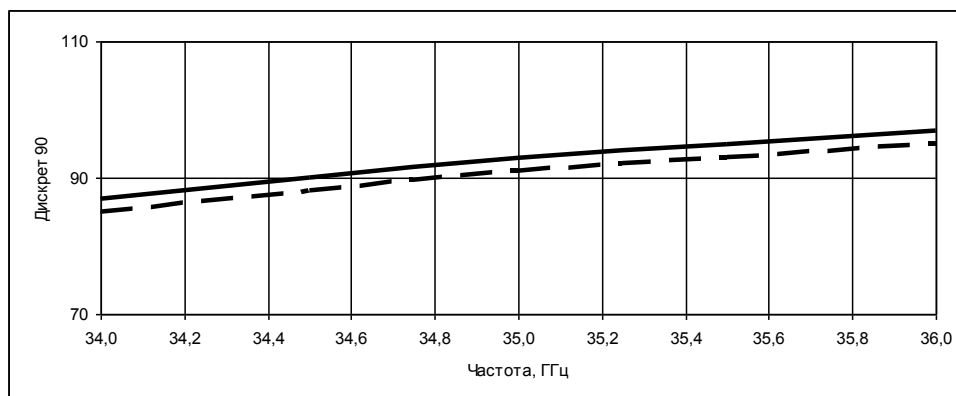


Рис. 2.

Так как конструкция макета № 1 не позволяла отдельно определять потери дискретов, то определялись суммарные потери дискретов в различных фазовых состояниях. Результаты исследований показали, что суммарные потери дискретов $11,25^\circ$, $22,5^\circ$ и 45° в различных фазовых состояниях не превышают 1,2 дБ.

Потери, вносимые дискретом 90° , составили 0,6...0,8 дБ.

При каскадировании всех дискретов величина потерь фазовращателя будет 1,8...2 дБ.

Рабочая мощность и быстродействие фазовращателей определялись параметрами балочных *p-i-n*-диодов.

При создании фазовращателей были применены балочные *p-i-n*-диоды типа 2A553–A3 [2], что обеспечило рабочую непрерывную мощность фазовращателя 2 Вт и быстродействие не хуже 30 нс.

Библиографический список

1. Е.Е. Дмитриев. Основы моделирования Microwave Office 2009. - электронное издание, 2010.
2. Полупроводниковые приборы. Сверхвысокочастотные диоды (справочник). Томск, МГП «Раско», 1992.