

Гибридная интегральная схема тройного балансного смесителя

Т.В. Старинова

АО «Центральное конструкторское бюро автоматики», г. Омск

Аннотация: в данной работе представлены результаты проектирования гибридной интегральной схемы тройного балансного смесителя. Приведена структурная схема, описание её работы и результаты измерений электрических характеристик изготовленного образца смесителя.

Ключевые слова: тройной балансный смеситель, симметрирующее устройство, сверхширокополосное устройство, гетеродин, преобразователь частот, гибридная интегральная схема, диод с барьером Шоттки

1. Введение

В настоящее время одной из актуальных задач является создание сверхширокополосных супергетеродинных приёмников с перекрывающимися диапазонами рабочих частот входного СВЧ сигнала и сигнала промежуточной частоты (ПЧ). Для реализации таких супергетеродинных приёмников требуются сверхширокополосные смесители. Такие смесители, как правило, реализуются в виде гибридных интегральных схем (ГИС) тройных балансных смесителей (ТБС) [1 - 4].

Известна структурная схема ТБС, приведенная на рисунке 1 [5].

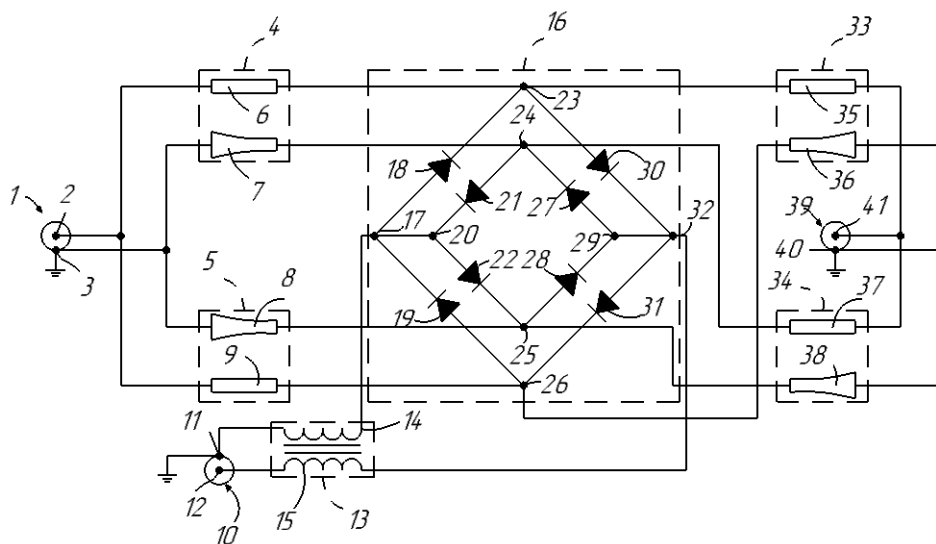


Рисунок 1. Схема структурная ТБС.

Приведенная на рисунке 1 схема ТБС состоит из двух идентичных симметрирующих трансформаторов поз. 4, 5, следующих от делителя мощности по входу СВЧ сигнала поз. 1, двух идентичных симметрирующих трансформаторов поз. 33, 34, следующих от делителя мощности по входу сигнала гетеродина поз. 39, диодной сборки поз. 16 состоящей из двух диодных четверок сформированных диодами поз. 18, 19, 30, 31 и 21, 22, 27, 28, соединенных по схеме «кольцо» и симметрирующего трансформатора поз. 13 по выходу сигнала ПЧ поз. 10.

2. Подготовка образцов и экспериментальные результаты

Макет ТБС выполнен в виде ГИС с герметичными коаксиально-полосковыми переходами сечения 3,5 мм. В отличие от конструкции, приведенной в [5], платы с трактами входного СВЧ сигнала и сигнала гетеродина расположены перпендикулярно друг другу с целью расширения верхней границы диапазона рабочих частот смесителя до 20 ГГц.

Платы с трактами входного сигнала и сигнала гетеродина выполнены из материала RP220В толщиной 0,508 мм.

В качестве нелинейного элемента применена кремниевая модель МИС диодного кольца с балочными выводами MSS30-442-E45с напряжением $U_{см} = 230 - 350$ мВ при $I_{см} = 1$ мА.

Конструкция диодной сборки поз. 16 выполнена из двух МИС диодного кольца с балочными выводами, соединенных друг с другом нижними поверхностями кристаллодержателей. Выводы МИС диодного кольца с балочными выводами укорочены и сформованы вручную при помощи оснастки.

Трансформатор поз. 13 выполнен из двух проводов ПЭВТЛ-2 диаметром 140 мкм, скрученных в витую пару и намотанных на держатель.

Верхняя и нижняя герметизирующие крышки залиты слоем радиопоглощающего материала, обеспечивающего подавление паразитных объемных волн.

Для устранения резонансных явлений в тракте гетеродина на нижнюю крышку установлен дополнительный поглотитель, имеющий форму цилиндра. Этот поглотитель установлен в разрез платы с трактом гетеродина.

На рисунках 2 - 4 показаны результаты измерений макета ТБС.

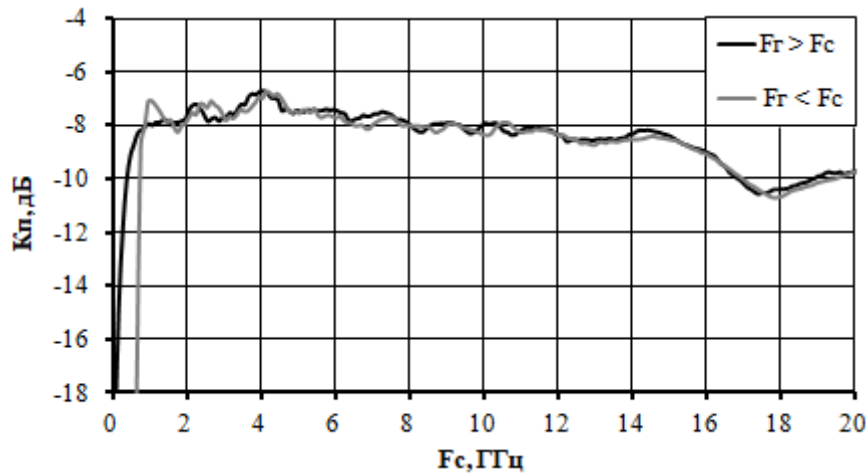


Рисунок 2. Частотная зависимость коэффициента преобразования ТБС в диапазоне частот входного сигнала: $P_{вх} = \text{минус } 10$ дБм, $P_r = 13$ дБм, $F_{пч} = 450$ МГц.

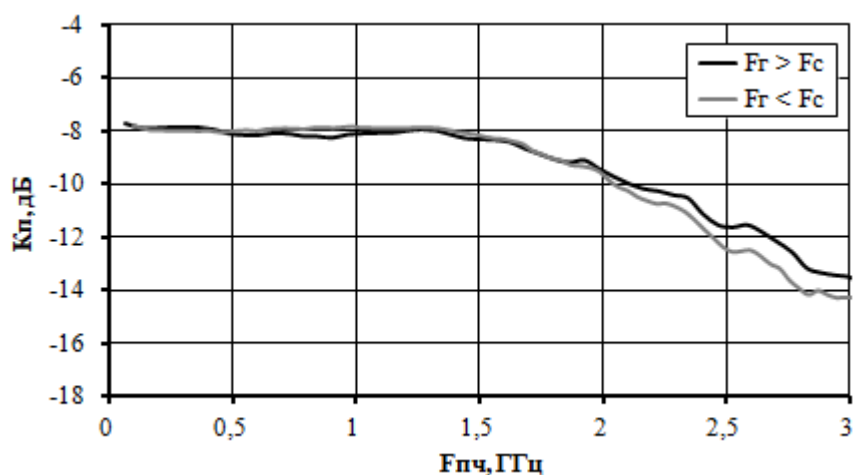


Рисунок 3. Частотная зависимость коэффициента преобразования ТБС в диапазоне частот сигнала ПЧ: $P_{вх} =$ минус 10 дБм, $P_r = 13$ дБм, $F_c = 8$ ГГц.

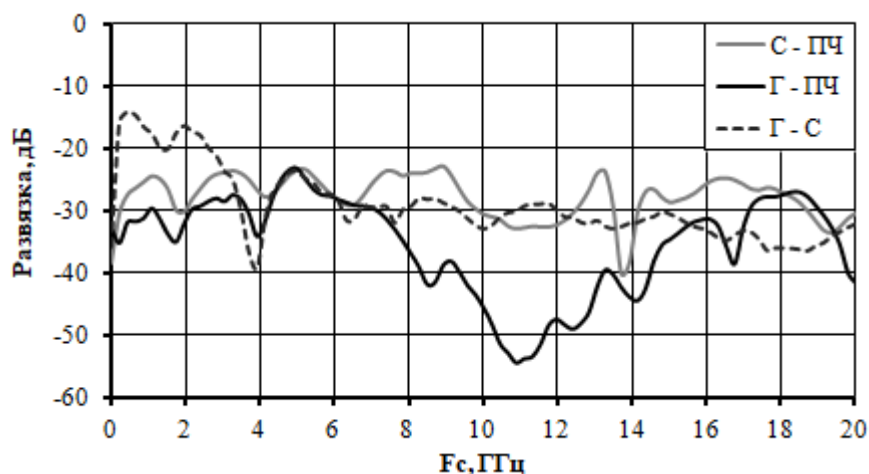


Рисунок 4. Частотная зависимость развязок между портами ТБС.

Полученные значения основных параметров макета ТБС приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные параметры макета ТБС

Наименование параметра	Величина параметра		
	Мин.	Тип.	Макс.
Диапазон частот входного СВЧ сигнала, ГГц	1		20
Диапазон рабочих частот сигнала гетеродина, ГГц	1		20
Диапазон частот сигнала ПЧ, ГГц	0,1		2
Коэффициент преобразования, дБ	10,7		6,7
Мощность сигнала гетеродина, дБм	10	13	
Точка 1-дБ компрессии, дБм ($P_r = 13$ дБм)	8		
Развязка Гетеродин – Сигнал, дБ	16,5		
Развязка Гетеродин – ПЧ, дБ	23,2		
Развязка сигнал- ПЧ, дБ	22,8		

3. Заключение

Представленный макет ТБС выполнен по гибридной интегральной технологии,

имеет коэффициент преобразования не хуже 10,7 дБ, приемлемые уровни развязок между портами и широкий динамический диапазон. Габаритные размеры макета ТБС 51x36x14 мм.

Разработанный смеситель может быть использован в приемопередающих устройствах и радиоизмерительной аппаратуре СВЧ диапазона.

Список литературы

1. Каталог ф. АО «НПФ «Микран» [Электронный ресурс]. - режим доступа: <https://www.micran.ru/productions/IIS/svch/svch-moduli-sverkhshirokopolosnykh-smesiteley/3-50-ggts/> свободный (дата обращения: 21.03.2023)
2. Каталог ф. Marki Microwave Inc.[Электронный ресурс]. - режим доступа: <https://www.markimicrowave.com/mixers/mixers-products.aspx#mixers-legacy> свободный (дата обращения: 21.03.2023)
3. Каталог ф. M/A-COMTechnology Solutions Inc.[Электронный ресурс]. - режим доступа: <https://www.macom.com/products/rf-microwave-mmwave/frequency-conversion/mixers> свободный (дата обращения: 21.03.2023)
4. Каталог ф. Meuro Microwave Corp.[Электронный ресурс]. - режим доступа: <https://www.macom.com/products/rf-microwave-mmwave/frequency-conversion/mixers> свободный (дата обращения: 21.03.2023)
5. Patent USA no.4063176, July.29, 1976. Broadband High Frequency Mixer / Thomas A. Milligan, Littleton; Peter Will, Denver, both of Colo.