

GaAs МИС СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОГО ДВОЙНОГО БАЛАНСНОГО СМЕСИТЕЛЯ.

А.А.Баров, В.Я.Гюнтер, М.Г.Игнатьев, Т.С.Петрова.

НПФ Микран, г.Томск, тел.(3822)413-403, a_barov@micran.ru

Приводится описание разработки монолитно-интегральной схемы (МИС) двойного балансного смесителя на основе эпитаксиальной структуры GaAs с диодами Шоттки (ДШ). Диапазон рабочих частот по гетеродинному и сигнальному входу составляет 6-18ГГц, по тракту ПЧ 0-1.5ГГц. МИС является функционально законченным узлом, с хорошими характеристиками по развязке и преобразованию частоты. Размеры кристалла 1.2×1.2×0.1мм.

Введение

Широкополосные балансные смесители СВЧ построенные на основе тонкопленочных гибридно-интегральных схем (ГИС) имеют ограничения по диапазону рабочих частот. Ограничения обусловлены технологическими нормами на изготовление планарных противофазных трансформаторов, большими паразитными составляющими межэлементных соединений и т.п.. В значительной степени снизить и/или исключить указанные недостатки можно при переходе на монолитно-интегральное исполнение смесителя. В зарубежной литературе приводится достаточно много публикаций по разработке МИС сверхширокополосных смесителей, к примеру [1-5]. Отличительными чертами указанных МИС является технология изготовления нелинейного элемента (ДШ), способ построения противофазного трансформатора и наличие планарных конденсаторов на кристалле. Анализируя эти работы можно предположить, что конкретная разработка МИС ориентируется на технологические возможности производителя. В данной работе приводятся результаты собственной разработки GaAs МИС кольцевого смесителя.

Основная часть

Исходными данными для разработки МИС двойного балансного смесителя послужили требования к типовым узлам данного класса изделий приемо-передающей аппаратуры. Ставилась задача создания МИС смесителя, который по диапазону рабочих частот перекрывает наиболее распространенные диапазоны радиорелейных систем связи. После анализа вариантов построения и изготовления МИС было отдано предпочтение схеме кольцевого смесителя с противофазными трансформаторами на связанных линиях. Электрическая схема и топология кристалла приведены на рис.1.

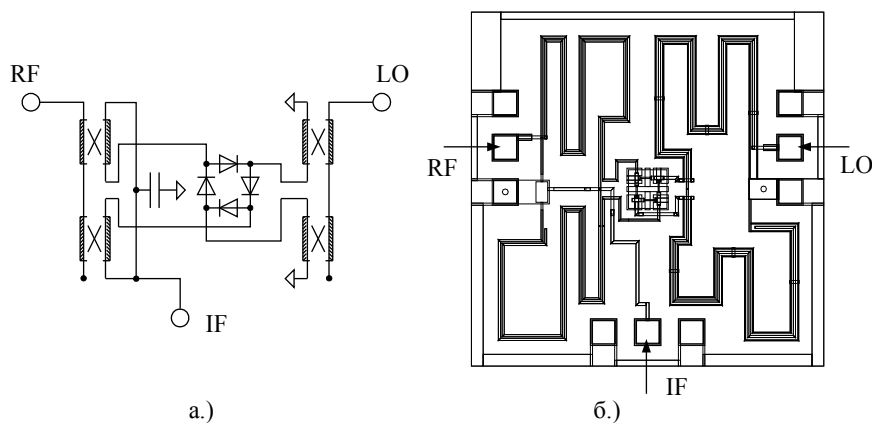


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема (а) и топология кристалла (б) разработанной GaAs МИС двойного балансного смесителя.

Особенностью конструкции МИС является вертикальная структура ДШ. Основой МИС служит полуизолирующий GaAs, на котором методом газовой эпитаксии выращиваются активные слои для изготовления ДШ. Структура эпитаксиальных слоев, технология изготовления и параметры производимых ДШ аналогичны используемым в работе [6], что учитывалось при разработке схемы. Противофазные трансформаторы на основе связанных линий с боковой связью выполняются на полуизоляторе. Блокировочный конденсатор выполнен по планарной технологии, в качестве межслойного диэлектрика выступает Ta_2O_5 . При площади $40 \times 70 \mu m^2$ емкость составляет 2пФ. Кристалл имеет металлизированные с обратной стороны сквозные отверстия. Отверстия получены с помощью лазера и последующего химического "раствора". С лицевой стороны кристалл пассивируется SiO_2 .

Измерение параметров МИС производилось после отбраковки по постоянному току и монтажа кристалла в корпус с стандартными СВЧ разъемами. Структурная схема стенда измерения АЧХ смесителя приведена на рис.2. Оригинальность стенда заключается в использовании скалярного анализатора цепей. Точность измерения ограничена систематической погрешностью стенда, которая обусловлена изначальной неравномерностью детекторной секции прибора в полосе рабочих и преобразованных частот. В нашем случае неравномерность детекторной секции в диапазоне частот от 10МГц до 18ГГц составляла порядка 2дБ и не учитывалась.

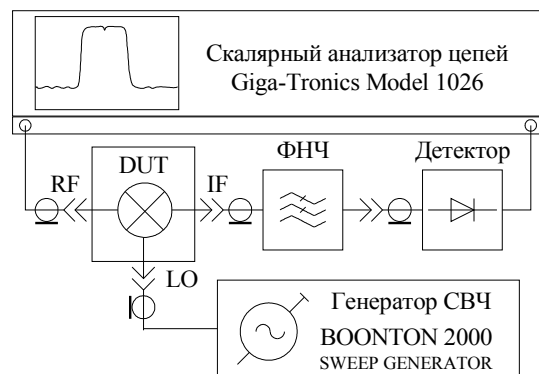


Рис. 2. Структурная схема измерения АЧХ сверхширокополосного смесителя с помощью скалярного анализатора цепей и перестраиваемого генератора.

Для исключения влияния сигнала гетеродина на широкополосный детектор в тракт ПЧ включен коаксиальный ФНЧ с граничной частотой 1.5ГГц. Вносимые потери ФНЧ не превышают 0.5дБ. Достоинства коаксиального ФНЧ заключаются в отсутствии паразитных полос пропускания до 18ГГц.

Перед началом измерения анализатор цепей с уровнем зондирующего сигнала минус 10дБм калибровался на проход в полосе частот от 6 до 18 ГГц. Затем в тракт включался исследуемый смеситель и ФНЧ. Гетеродинный сигнал мощностью +15дБм поступал от отдельного перестраиваемого СВЧ генератора. На экране отображалась АЧХ преобразованного разностного и суммарного сигнала. Путем изменения частоты гетеродина проводилось измерение АЧХ преобразования во всем частотном диапазоне развертки анализатора цепей.

С помощью анализатора цепей произведены измерения развязок плеч смесителя. В этом случае применялось прямое включение смесителя в измерительный тракт и увеличивается уровень зондирующего сигнала до уровня гетеродина. Неиспользуемый порт смесителя нагружался на нагрузку 50Ом.

На рис.3 приводятся экспериментальные данные. В диапазоне частот 6-18ГГц потери преобразования составили порядка 10дБ. Величина развязок плеч более 24дБ. Полученные результаты являются качественными при указанных допущениях и методе измерения, но они повторяются в партии изготовленных кристаллов МИС. Дополнительно были проведены измерения динамических характеристик. При воздействии на вход смесителя двух тонов с уровнями минус 6дБм и частотами 8ГГц и 8.02ГГц, гетеродинного сигнала с частотой 8.5ГГц и мощностью +15дБм продукты

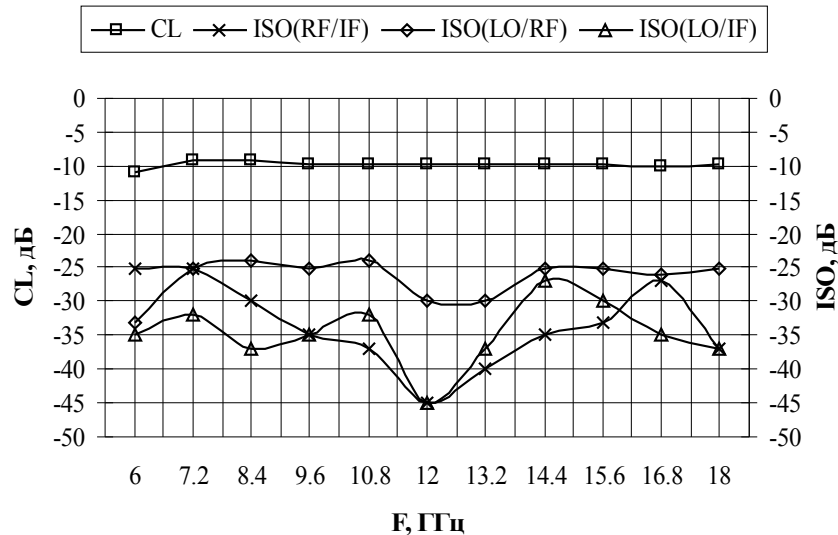


Рис. 3. Экспериментальные характеристики по преобразованию (CL) и развязке плеч (ISO) разработанной МИС смесителя.

интермодуляционных искажений на ПЧ находились ниже относительно полезного продукта на 30дБ. Расчетная точка пересечения интермодуляционных искажений третьего порядка по выходу составляет 0дБм.

Заключение

Экспериментальные частотные характеристикам достаточно хорошо совпадают с расчетными. Работа в многооктавном частотном диапазоне предполагает некоторую универсальность МИС по применению в аппаратуре различного назначения, что, в свою очередь, может подтвердить экономическую целесообразность разработки.

Представленная работа проведена в рамках совместной деятельности НПФ "Микран" и ОАО "НИИПП".

Литература

1. S.A. Maas and K.W. Chang. "A Broadband, Planar, Doubly Balanced Monolithic Ka-Band Diode Mixer (1993 [MCS])." 1993 Microwave and Millimeter-Wave Monolithic Circuits Symposium Digest 93.1 (1993 [MCS]): 53-56.
2. W.R. Brinlee, A.M. Pavo and K.R. Varian. "A Novel Planar Double-Balanced 6-18 GHz MMIC Mixer (1994 Vol. I [MWSYM])." 1994 MTT-S International Microwave Symposium Digest 94.1 (1994 Vol. I [MWSYM]): 9-12.
3. S. Maas, M. Kintis, F. Fong and M. Tan. "A Broadband Planar Monolithic Ring Mixer." 1996 Microwave and Millimeter-Wave Monolithic Circuits Symposium Digest 98. (1996 [MCS]): 51-54.
4. S.A. Maas, F.M. Yamada, A.K. Oki, N. Matovello and C. Hochuli. "An 18-40 GHz monolithic ring mixer." 1998 Radio Frequency Integrated Circuits (RFIC) Symposium 98. (1998 [RFIC]): 29-32.
5. C.J. Trantanella. "Ultra-small MMIC mixers for K- and Ka-band communications." 2000 MTT-S International Microwave Symposium Digest 00.2 (2000 Vol. II [MWSYM]): 647-650.
6. Аржанов С.Н., Баров А.А. Игнатъев М.Г. "Широкополосный гибридный двойной балансный смеситель." – В сб.: Материалы 14-ой Междунар. Крымской Микроволновой Конференции. Севастополь, 2004, с. 139-140.