

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ШИРОКОПОЛОСНЫЙ СМЕСИТЕЛЬ НА АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ

Ли А. И., Толстолицкий С. И., Казачков В. В., Толстолицкая А. В.
ФГУП «РНИИРС»
ул. Нансена, 130, Ростов-на-Дону, Россия
тел.: 863-2340133

Аннотация — Представлены результаты разработки монолитной интегральной схемы широкополосного смесителя с подавлением зеркальной частоты. Смеситель изготовлен на кристалле арсенида галлия размером $1,5 \times 1,2 \text{ мм}^2$ и обеспечивает потери преобразования на уровне 8,2–10 дБ и подавление сигнала по зеркальному каналу на уровне 30 дБ в широкой полосе частот 3–7 ГГц.

I. Введение

Высокие требования, предъявляемые к современным радиоэлектронным системам, определяют характеристики используемой элементной базы. Одним из основных структурных элементов радиоприемных устройств является смеситель, обеспечивающий преобразование сигнала на более низкую частоту для последующей обработки. При этом важной характеристикой смесителя является возможность подавления паразитного сигнала по зеркальному каналу.

Целью исследования является разработка МИС СВЧ-смесителя на арсениде галлия с подавлением зеркальной частоты и её экспериментальная апробация.

II. Проектирование и изготовление

Для разработки МИС использована схема, состоящая из двух двойных балансных смесителей (ДБС) и квадратурного направленного ответвителя (КНО) в цепи сигнала гетеродина. На рисунке 1 приведена упрощенная структурная схема СВЧ-смесителя с подавлением зеркальной частоты. По аналогичной схеме изготовлены смесители фирмы Hitrite [1].

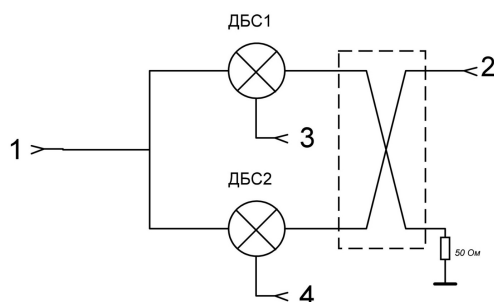


Рис. 1. Структурная схема смесителя.

Fig. 1. The mixer structure chart

КНО используется для подачи сигнала гетеродина на ДБС со сдвигом на 90° [2]. Порты КНО согласованы на волновое сопротивление 50 Ом.

На рисунке 2 приведена электрическая схема смесителя. Цифрами 1 и 4 обозначены входы преобразуемого сигнала и сигнала гетеродина. 2,3 — выход сигнала промежуточной частоты (ПЧ). Сигналы ПЧ должны быть одинаковыми по амплитуде и иметь разность фаз 90° , что обеспечивает возможность реализации фазового подавления зеркальной частоты и позволяет дополнительно снизить потери преобразования всего устройства.

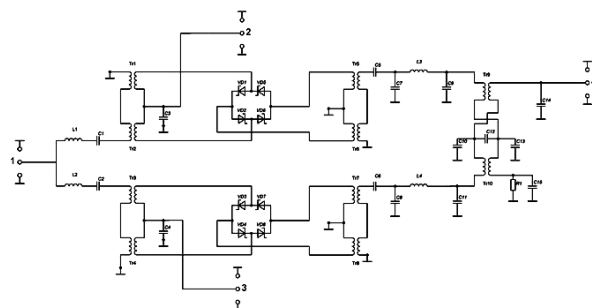


Рис. 2. Электрическая схема смесителя.

Fig. 2. The mixer electric circuit

Каждый ДБС состоит из микрополосковых трансформаторов и диодов, соединенных по кольцевой схеме. Для уменьшения габаритных размеров устройства выбраны квадратные спиральные трансформаторы [3–5]. В качестве нелинейных элементов смесителя использованы диоды с барьером Шоттки (ДБШ). Технология формирования ДБШ групповым методом обеспечивает высокую идентичность характеристик диодов. От идентичности ДБШ зависят такие параметры, как потери преобразования, амплитуды и фазы сигналов промежуточной частоты и согласование схемы.

Для изготовления выбрана эпитаксиальная структура арсенида галлия с концентрацией носителей в p -слое $2 \times 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Омические контакты получены вакуумным напылением композиции AuGe/Ni/Au с последующим вжиганием и напылением контактного слоя Ti/Au толщиной 0,3 мкм. Аноды диодов Шоттки формировались вакуумным напылением золота с подслоем титана методом взрывной литографии. Поверхность ДБШ защищена слоем нитрида кремния толщиной 0,25 мкм. Металлизация разводки формировалась вакуумным напылением золота с подслоем титана с последующим гальваническим осаждением золота толщиной 3 мкм. Резисторы изготавливались в едином технологическом цикле с формированием меза-структуры и защищены пленкой нитрида кремния. Межпересечения проводников микрополосковых трансформаторов формировались с помощью воздушных мостовых соединений. После выполнения всех операций с лицевой стороны производилось травление обратной стороны подложки с помощью операции химико-динамической полировки до 100 мкм, формирование сквозных металлизированных отверстий и гальваническое осаждение золота. По описанной технологии изготовлены экспериментальные образцы МИС смесителей.

III. Результаты измерений

Измерения обратных потерь на выходах ПЧ, входах гетеродина и сигнала проводились на векторном анализаторе цепей Agilent ENA E5071C.

Измерения характеристик преобразования частоты проводились следующим образом. На вход 1 (рисунке 1) подавался сигнал мощностью до 6 дБм с генератора Agilent E8257C на частоте (3...7) ГГц.

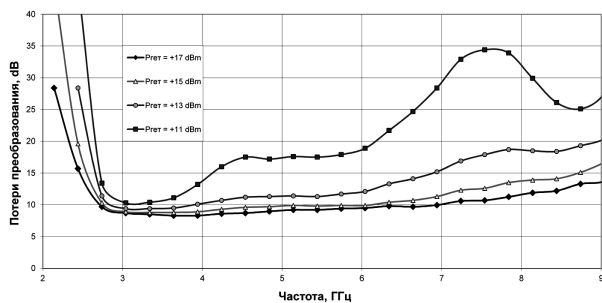


Рис. 3. Семейство частотных зависимостей потерь преобразования при различной мощности гетеродина.

Fig. 3. Frequency characteristics set of conversion loss vs. a heterodyne different power

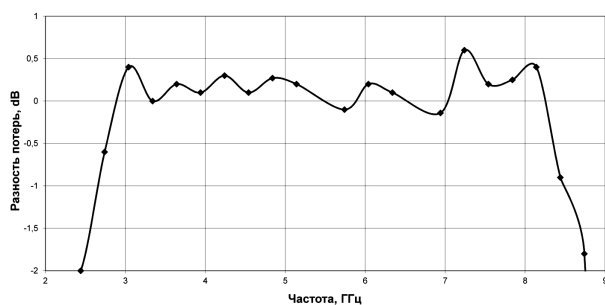


Рис. 4. Разность потерь преобразования между выходами ПЧ смесителя.

Fig. 4. Difference of conversion loss between IF outputs

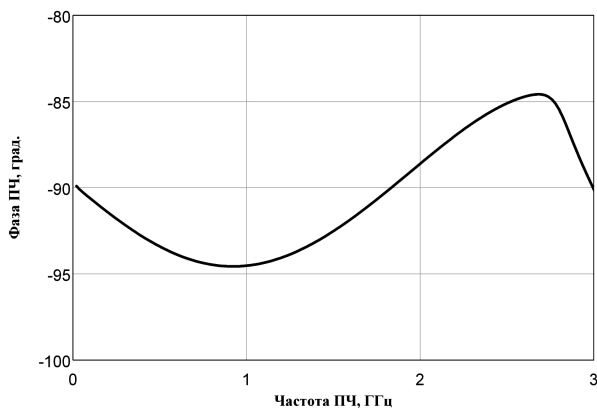


Рис. 5. Разность фаз между выходами ПЧ смесителя.

Fig. 5. The phase difference between IF outputs

На вход 2 подавался сигнал гетеродина мощностью до +17 дБм с генератора Agilent E8267C. На выходах 3 и 4 анализировались сигналы ПЧ в частотном диапазоне 0 – 3,0 ГГц анализатором спектра Agilent E4407B.

На рисунке 3 представлено семейство характеристик потерь преобразования при различной мощности гетеродина. При мощности гетеродина +17 дБм потери преобразования в исследуемом частотном диапазоне составили менее 10 дБ.

На рисунке 4 приведена разность потерь преобразования между выходами ПЧ при мощности гетеродина +17 дБм. Разность потерь составила менее 0,5 дБ.

На рисунке 5 приведены результаты расчета разности фаз между выходами ПЧ смесителя при мощности гетеродина +17 дБм.

Экспериментальные исследования показали, что при использовании внешнего КНО по ПЧ смеситель обеспечивает подавление зеркальной частоты на уровне 26-32 дБ.

IV. Заключение

Разработан твердотельный смеситель на арсениде галлия. Потери преобразования составили 8,2–10 дБ при мощности сигнала гетеродина +17 дБм в диапазоне частот сигнала 3–7 ГГц. Разность потерь преобразования между выходами ПЧ не превышает 0,5 дБ. Смеситель обеспечивает подавление зеркальной частоты на уровне 26-32 дБ при использовании внешнего КНО по ПЧ. Экспериментальные исследования показали хорошую воспроизводимость процесса изготовления МИС. Технология разработанных МИС на транзисторных структурах обеспечивает в перспективе возможность объединения смесителя с усилителем гетеродина и МШУ на одном кристалле.

V. Список литературы

- [1] Сайт Hittite. URL: <http://www.hittite.com>. (дата обращения: 12.04.2011).
- [2] Hogerheiden J., Ciminera M., Jue G. Improved planar spiral transformer theory applied to a miniature lumped element quadrature hybrid // Microwave Theory and Techniques. IEEE Transactions. 1997. Vol. 45. Issue 4. P. 543–545.
- [3] Ali F., Podell A. Design and applications of a 3:1 bandwidth GaAs monolithic spiral quadrature hybrid // Gallium Arsenide Integrated Circuit (GaAs IC) Symposium 1990. 12th Annual. 1990. P. 279–282.
- [4] Boulouard A., Le Rouzic M. Analysis of rectangular spiral transformers for MMIC applications // Microwave Theory and Techniques. IEEE Transactions. 1989. Vol. 37. Issue 8. P. 1257–1260.
- [5] Computer aided design of square spiral transformers and inductors / E. Frlan, S. Meszaros, M. Cuhaci, J. S. Wight // Microwave Symposium. IEEE MTT-S International. 1989. Vol. 2. P. 661–664.

BROADBAND GAAS MMIC MIXER

Lee A. I., Tolstolutskiy S. I., Kazatchkov V. V.,
Tolstolutskaia A. V.
Rostov Scientific Research Institute of
Radiocommunications
130, Nansen str., Rostov-on-Don, Russia
Ph.: 863-2340133

Abstract — Results of designing the GaAs MMIC mixer with dimensions 1.5x1.2 mm² have been presented. The IC provides conversion loss 8.2–10 dB and image-reject at level 30 dB within 3–7 GHz frequency range.