

УДК 621.382

*А.Ю. ЮЩЕНКО, Г.И. АЙЗЕНШТАТ, В.Г. БОЖКОВ, А.И. ИВАЩЕНКО***МОНОЛИТНАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ СХЕМА ДВОЙНОГО БАЛАНСНОГО СМЕСИТЕЛЯ
ДЛЯ К-, КА-ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ НА ОСНОВЕ ДИОДОВ ШОТТКИ
ВЕРТИКАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ**

Представлены результаты разработки МИС сверхширокополосных двойных балансных смесителей на основе диодов Шоттки вертикальной конструкции, не имеющих прямых аналогов в России.

Ключевые слова: монолитные интегральные схемы двойных балансных смесителей, диоды Шоттки, арсенид галлия.

Разработка отечественной СВЧ-элементной базы, соответствующей зарубежному уровню, является актуальной задачей. За последние годы отечественная СВЧ-микроэлектроника сделала значительный прорыв, о чем говорят многочисленные публикации по созданию СВЧ-монолитных интегральных схем (МИС) на основе арсенида галлия [1, 2]. Прогресс объясняется, прежде всего, существенным улучшением качества отечественного полупроводникового материала, а также появлением в России дорогостоящего импортного измерительного оборудования [3].

В работе представлены результаты разработки GaAs МИС двойного балансного смесителя для К-, Ка-диапазонов частот на основе диодов Шоттки вертикальной конструкции. Необходимо отметить, что СВЧ-МИС, включающие в себя диоды Шоттки, изготавливаются преимущественно по транзисторной технологии, хотя диоды Шоттки вертикальной конструкции характеризуются лучшими параметрами. Выбор транзисторной технологии в ущерб характеристикам схемы некоторых фирм, разрабатывающие СВЧ-МИС, зачастую объясняют технологическими трудностями [4], связанными с относительно большим рельефом вертикальных приборов. На сегодняшний день нами создана серийная технология, позволяющая работать с достаточно большим рельефом полупроводниковых пластин, что дает возможность получать приборы и МИС на их основе с превосходными характеристиками [5, 6]. Необходимо также отметить, что при этом разработки МИС ведутся с использованием отечественных полупроводниковых структур.

Было разработано два варианта схем, отличающихся топологией противофазных трансформаторов, в качестве которых были выбраны мосты Маршанда. В первой конструкции были использованы мосты с обычной топологией, во второй – с компактной топологией [7]. Для реализации МИС смесителя для К-, Ка-диапазонов частот в схеме создавали диоды Шоттки вертикальной конструкции с емкостью 25 пФ и последовательным сопротивлением не более 8 Ом. Проведенный электромагнитный анализ обеих конструкций, а также измерения макетов показали немного худшие характеристики смесителей с компактными трансформаторами, а именно более узкий диапазон входных частот по уровню коэффициента преобразования –11 дБ: 24–38 ГГц по сравнению с 22–40 ГГц для мостов с обычной топологией. При незначительном ухудшении параметров схема имеет меньший размер 0,85×0,85×0,1 мм по сравнению с обычной топологией 1,2×1,0×0,1 мм. На

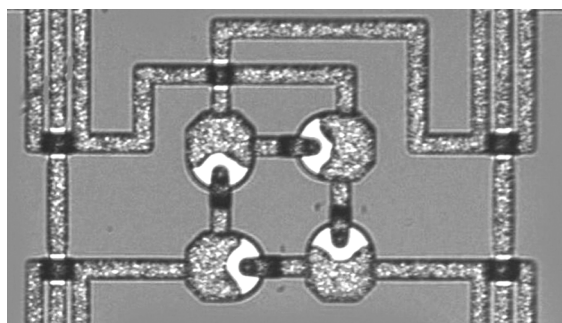


Рис. 1. Фотография фрагмента МИС смесителя

рис. 1 представлен фрагмент разработанной МИС с обычной топологией трансформаторов.

Наряду с диодами Шоттки и трансформаторами МИС смесителя включает в себя фильтр нижних частот (ФНЧ) для вывода сигнала промежуточной частоты (ПЧ) [4, 7], сквозные металлизированные отверстия и входные/выходные копланарные контактные площадки. В ФНЧ использованы МДМ-конденсаторы на основе диэлектрической пленки Ta₂O₅. На рис. 2 приведена фотография тестового ФНЧ в монолитном исполнении, а на рис. 3 –

измеренные амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) нескольких таких фильтров, которые свидетельствуют о высокой повторяемости параметров по пластине.

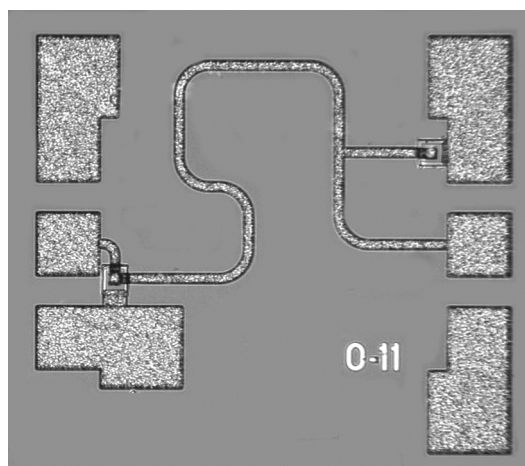


Рис. 2. Фотография монолитного ФНЧ

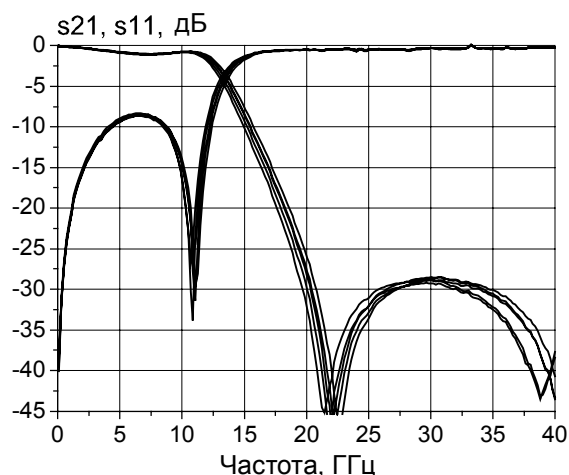


Рис. 3. АЧХ фильтра нижних частот

Полоса пропускания ФНЧ по уровню вносимых потерь 1 дБ составляет 0–11 ГГц, что соответствует частотам ПЧ смесителя. В диапазоне входных частот смесителя ($\approx 20\text{--}40$ ГГц) ФНЧ характеризуется уровнем заграждения не менее 25 дБ.

Измерения показали, что в диапазоне входных частот 22–40 ГГц МИС двойного балансного смесителя характеризуется следующими параметрами: диапазон частот гетеродина 22–40 ГГц, диапазон частот сигнала ПЧ 0–8 ГГц; потери преобразования – не более 11 дБ, мощность гетеродина 15 дБм, развязка между каналами гетеродин-ПЧ – не менее 25 дБ, развязка между каналами гетеродин-сигнал – не менее 30 дБ.

Созданная монолитная интегральная схема является аналогом схемы НМС329 фирмы «Hittite». Изготовление отечественных МИС сверхширокополосных смесителей позволит отказаться от использования импортных аналогов. Данная работа нацелена на серийное производство схем, причем прямых аналогов на российском рынке на сегодняшний день нет. Измерения СВЧ-параметров МИС проводятся на пластинах с помощью полуавтоматической зондовой станции Cascade Summit-12000.

Итак, разработана технология изготовления преобразовательных МИС на основе диодов Шоттки вертикальной конструкции. С использованием данной технологии были изготовлены сверхширокополосные двойные балансные смесители. В диапазоне рабочих частот ($f_{\text{вх}}, f_{\text{гет}} = 22\text{--}40$ ГГц; $f_{\text{ПЧ}} = 0\text{--}8$ ГГц) при мощности гетеродина 15 дБм схема характеризуется потерями преобразования не более 11 дБ. Разработанная МИС является аналогом схемы НМС329 фирмы «Hittite» и не имеет прямых отечественных аналогов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт конференции СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии «Крымико», URL: <http://www.crimico.org> (дата обращения: 4.05.12).
2. Официальный сайт ООО «НИИПП», URL: <http://www.niipp.ru> (дата обращения: 4.05.12).
3. Официальный информационный портал университета ТУСУР, URL: http://www.tusur.ru/ru/centers/noc_nt/ (дата обращения: 4.05.12).
4. Хохол Д.С. и др. // Научная сессия ТУСУР-2011. Материалы Всерос. науч.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: В-Спектр, 2011. – Ч. 2. – С. 256–259.
5. Ющенко А.Ю., Айзенштат Г.И., Божков В.Г., Монастырев Е.А. // Современная электроника. Элементы и компоненты. – 2011. – № 7. – С. 2–4.
6. Ющенко А.Ю. и др. // 21-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»; материалы конф. – Севастополь: Вебер, 2011. – С. 163–164.
7. Lin Chih-Ming et al. // IEEE Microwave Wireless Compon. Lett. – 2007. – V. 17. – P. 733–735.

Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов,
г. Томск, Россия
E-mail: ayzen@mail.tomsknet.ru

Поступила в редакцию 15.06.12.

Ющенко Алексей Юрьевич, к.т.н., нач. лаборатории;
Айзенштат Геннадий Исаакович, д.т.н., гл. науч. сотр.;
Божков Владимир Григорьевич, д.т.н., нач. отдела;
Ивашенко Анна Ивановна, ст. инженер.