

# WIDEBAND FREQUENCY DOUBLER MMIC

Drobotun N. B.<sup>1</sup>, Drozdov A. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tomsk State University of Control System and Radioelectronics  
40, Lenin Str., Tomsk, 634050, Russian Federation

<sup>2</sup>“MICRAN”, Research & Production Company  
47, Vershinin Str., Tomsk, Tomsk reg., 634045, Russian Federation

**Abstract** — This paper presents the result of passive balanced frequency doublers (GaAs MMIC) design. Doublers have been designed using the GaAs Schottky diodes technology (MICRAN). As an input and output transformers Marchand baluns have been used. These MMICs provide the frequency doubling at 6-13 GHz and 13-25 GHz input frequency range.

## МИС ШИРОКОПОЛОСНЫХ УДВОИТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

Дроботун Н. Б.<sup>1</sup>, Дроздов А. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)  
ул.Ленина, 40, Томск, 634050, Россия

<sup>2</sup>ЗАО «НПФ «Микран», ул. Вершинина 47, Томск, Томская обл., 634045, Россия

**Аннотация** — Представлены результаты разработки пассивных балансных удвоителей частоты, в монолитно интегральном исполнении. Удвоители разработаны по технологии GaAs диодов Шоттки (ЗАО «НПФ «МИКРАН»). В качестве симметрирующих устройств применены трансформаторы на основе мостов Маршанда. Микросхемы обеспечивают умножение входной частоты в диапазонах 6-13 ГГц и 13-25 ГГц.

### I. Введение

Одним из способов формирования высокочастотного сигнала является умножение и/или деление частоты. Схема балансного умножителя частоты (умножение в четное число раз) является наиболее распространённой и широко применяемой. Основным достоинством этой схемы является подавление нечетных гармонических составляющих выходного сигнала.

Целью данной работы является разработка и производство сверхширокополосных пассивных удвоителей частоты в монолитно интегральном исполнении (МИС) с входными диапазонами частот 6-13 ГГц и 13-25 ГГц. Удвоители разработаны и произведены по технологии GaAs диодов Шоттки (ЗАО «НПФ «Микран») [1].

### II. Основная часть

На рис. 1 представлена принципиальная схема устройства. Схема состоит из пассивного кольцевого умножителя и симметрирующих трансформаторов на основе мостов Маршанда, на входе и выходе этого кольца. Входной трансформатор TV1 согласован в диапазоне частот 6-13 ГГц, а выходной TV2 соответственно в диапазоне 12-26 ГГц. На выход трансформатора TV1 подключены индуктивности L1 и L2, эти индуктивности являются согласующими элементами. Электромагнитное моделирование было произведено в системе автоматизированного проектирования Advanced Design System (ADS) компании Keysight.

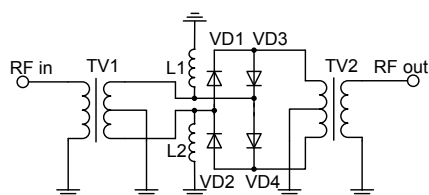


Рис. 1. Электрическая принципиальная схема удвоителя частоты.

Fig. 1. Electrical scheme of frequency doubler

На рис. 2 представлена микрофотография изготовленной микросхемы. Входной симметрирующий трансформатор выполнен в форме спирали для уменьшения его габаритных размеров. Топология выполнена с использованием двух слоёв металлизации. В первом слое находятся основные проводники, второй слой использован для воздушных мостиков, необходимых в местах пересечений линий. Заземления выполнены при помощи сквозных металлизированных отверстий.

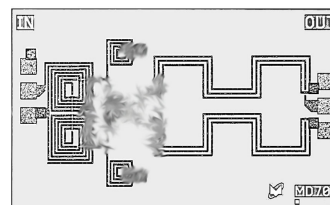


Рис. 2. Микрофотография микросхемы MD701.

Fig. 2. MMIC MD701 microphoto

На рис. 3 представлены результаты измерений потерь преобразования и подавления гармоник первого и высшего порядков. Подавление гармоник измерялось при мощности на входе +15 дБм, графики подавления построены относительно этого уровня.

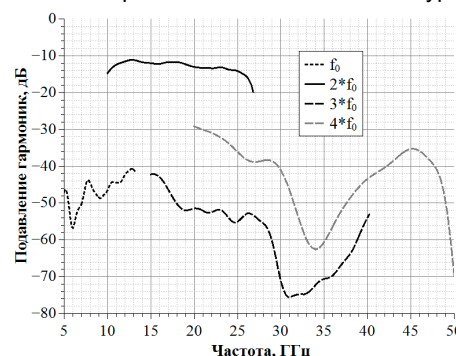


Рис. 3. Потери преобразования и уровень подавления гармоник МИС MD701.

Fig. 3. MMIC MD701 conversion gain and isolation

На рис. 4 представлены результаты измерений частотных зависимостей возвратных потерь по входу при разных уровнях мощности.

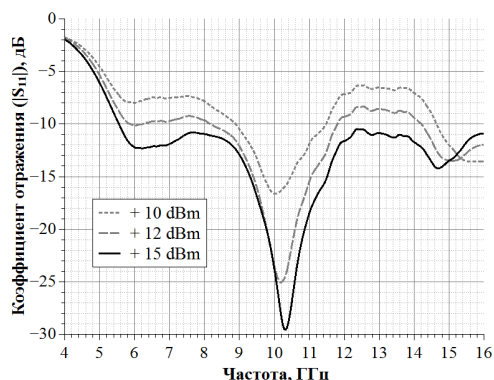


Рис. 4. Возвратные потери микросхемы MD701.

Fig. 4. MMIC MD701 return loss

В результате работы были произведены образцы микросхем пассивного удвоителя частоты с входным диапазоном частот 6-13 ГГц, рассчитанного на номинальную входную мощность +15 дБм. Потери преобразования не более 16 дБ, возвратные потери по входу не более -10 дБ, возвратные потери по выходу не более -6 дБ. Подавление гармоник высшего порядка не менее 40 дБ относительно входного уровня +15 дБм. Наиболее близким функциональным аналогом разработанной МИС, является МИС HMC205 компании Hittite (на данный момент подразделение компании Analog Devices) [2]. Разработанная микросхема превосходит HMC205 по всем основным техническим параметрам.

Главным недостатком симметрирующих трансформаторов на основе мостов Маршанда является трудоемкость реализации устройства с коэффициентом перекрытия больше октавы. Для достижения большей полосы рабочих частот, ее можно разбить на под диапазоны, используя отдельные устройства для каждого под диапазона. Поэтому для перекрытия диапазона 6-50 ГГц, вместе с MD701, нами была разработана топология удвоителя с диапазоном входных частот 13-25 ГГц.

Входной и выходной симметрирующие трансформаторы, выполненные на мостах Маршанда, благодаря высокой входной и выходной частоте умножителя 13-25 ГГц и 25-50 ГГц соответственно, не было необходимости выполнять в форме спирали, что позволило получить меньший дисбаланс по амплитуде и фазе на плечах трансформаторов. Это обстоятельство позволило получить высокие уровни подавления нечетных гармоник, более 40 дБ.

Разработанная топология микросхемы удвоителя диапазона 25-50 ГГц показана на рисунке 5.

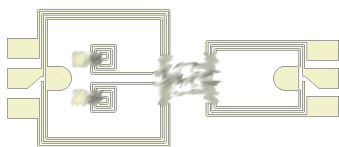


Рис. 5. Топология удвоителя частоты 25-50 ГГц.

Fig. 5. A 25-50 GHz frequency doubler topology

На рис. 6 представлены расчётные результаты потерь преобразования и подавления гармоник первого и высшего порядков. Подавление гармоник рассчитывалось при мощности на входе +15 дБм, графики подавления построены относительно этого уровня.

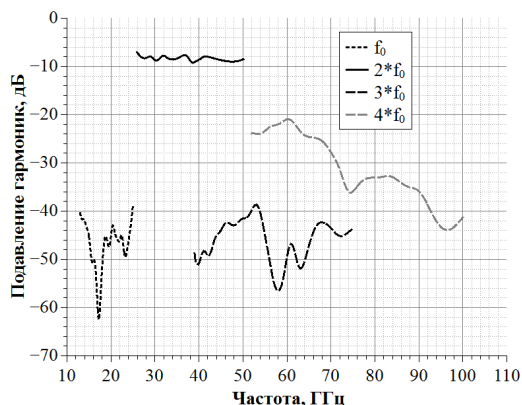


Рис. 6. Потери преобразования и уровень подавления гармоник удвоителя частоты 25-50 ГГц.

Fig. 6. The conversion gain and isolation of the 25-50 GHz doubler

На рис. 7 представлены результаты расчета частотных зависимостей возвратных потерь по входу удвоителя частоты диапазона 25-50 ГГц.

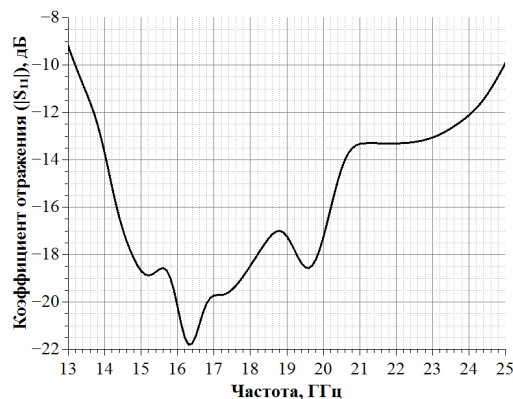


Рис. 7. Возвратные потери умножителя 25-50 ГГц.

Fig. 7. The return loss of the 25-50 GHz doubler

### III. Заключение

Разработанные удвоители работают в широком диапазоне частот. Произведенная микросхема удвоителя MD701 имеет коэффициент преобразования не ниже -16 дБ и уровни подавления нечетным гармоник не хуже 40 дБ, что превосходит характеристики аналога зарубежного производителя (HMC205). Спроектированная топология микросхемы удвоителя с диапазоном входных частот 13-25 ГГц имеет коэффициент преобразования не ниже -10 дБ и уровни подавления нечетным гармоник не хуже 40 дБ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по договору № 02.G25.31.0091.

### IV. References

- [1] Arykov V.S., Barov A.A., Kondratenko A.V. Monolitnye integral'nye skhemy pассивnykh udvoitelei chastoty S- i C-diapazonov na osnove GaAs pHEMT-tehnologii [MMIC passive frequency doubler S and C band based on GaAs pHEMT technology]. Elektronnyye sredstva i sistemy upravleniya: Materialy dokladov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (10–11 november 2011), Tomsk, 2011, pp. 49-53.
- [2] Hittite Microwave. Available at: <http://www.hittite.com/> (accessed 20 December 2014).