

GaAs pHEMT МИС МАЛОШУМЯЩЕГО УСИЛИТЕЛЯ X-ДИАПАЗОНА

Арыков В. С., Баров А. А., Великовский Л. Э., Кондратенко А. В.

ЗАО «НПФ «Микран»

ул. Вершинина, 47, г. Томск, 634034, Россия

тел.: +7-3822-413403; e-mail: alkon@micran.ru

Аннотация — В докладе представлены результаты разработки МИС малошумящего усилителя на основе GaAs pHEMT технологии. Полоса рабочих частот 8-12 ГГц, коэффициент усиления 30 дБ, коэффициент шума 1,5 дБ, выходная мощность по сжатию на 1 дБ не менее +10 дБм, однополярное питание +5 В, ток потребления 100 мА. Размеры кристалла 2.5x1.5x0.1 мм.

I. Введение

Одним из приоритетных направлений деятельности ЗАО «НПФ «Микран» является разработка и производство GaAs монолитных интегральных схем (МИС) диапазона СВЧ, на базе которых ведется построение приемо-передающей аппаратуры. В данном докладе представлены результаты разработки и изготовления GaAs pHEMT МИС малошумящего усилителя X-диапазона частот. Показана динамика улучшения параметров данной МИС при оптимизации конструкции гетероструктуры, а также формы затвора.

II. Проектирование и изготовление МИС

Исходными данными к разработке МИС служили экспериментальные малосигнальные и шумовые параметры тестовых GaAs pHEMT транзисторов с длиной затвора 0,35 мкм и суммарной шириной 240 мкм (4x60 мкм).

МИС содержит три каскада на полевых транзисторах с затвором Шоттки (ПТШ) с интегрированными цепями согласования, коррекции амплитудно-частотной характеристики, а так же ввода и блокировки питания. Эквивалентная схема усилителя приведена на рис. 1.

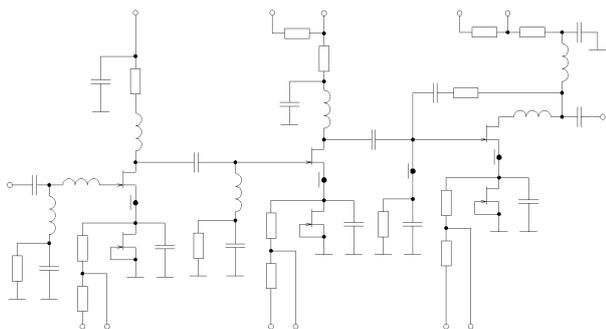


Рис. 1. Эквивалентная схема усилителя.

Fig. 1. Amplifier equivalent circuit

Расчет усилителя производился согласно методологии совмещенного согласования [1, 2].

В первом и втором каскадах применено классическое решение — последовательная обратная связь в виде высокоомного отрезка линии передачи в истоке транзистора. В первом каскаде величина обратной связи выбиралась исходя из реализации устойчивости и сближения условия оптимального согласования по шуму и условия комплексно-сопряженного согласования на входе транзистора. Во втором каскаде величина обратной связи выбиралась также, исходя из реализации устойчивости, а также трансформации входного сопротивления тран-

зистора второго каскада для возможности реализации согласующей цепи между первым и вторым каскадом с минимальным количеством элементов. Выбор параллельной резистивной обратной связи в третьем каскаде обусловлен требованиями обеспечения равномерного коэффициента усиления в рабочем диапазоне частот, а также согласования выхода МИС с трактом СВЧ.

Для организации требуемого режима по постоянному току во всех каскадах используются генераторы тока (транзисторы с шириной затвора 70 мкм), включенные в истоки усилительных транзисторов. Поскольку в дальнейшем предполагались работы по оптимизации конструкции гетероструктуры и снижению напряжения отсечки, то в усилителе схемотехнически была предусмотрена возможность изменения режима по постоянному току либо путем замыкания контактных площадок на землю, либо путем подачи на них постоянного смещения.

Первоначально кристаллы были изготовлены на технологической линии МИС ЗАО «НПФ «Микран» с использованием контактной ультрафиолетовой фотолитографии, позволяющей получать длину затвора 0,35 мкм. Применялись гетероструктуры тайваньского производства. Топология кристалла МИС на пластине представлена на рис. 2.

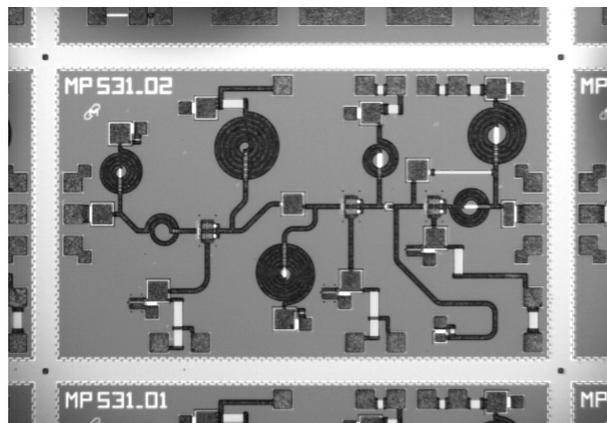


Рис. 2. Топология МИС.

Fig. 2. MMIC Topology

Заложенные схемные решения позволили использовать данную МИС в работе по оптимизации конструкции гетероструктуры, а также уменьшению длины затворов, прорисовка которых выполнялась методом электронно-лучевой литографии на установке Raith 150^{two}. Изменение конструкции гетероструктуры, а также переход к Т-образной форме затвора с длиной основания 0,25 мкм позволили получить значительный выигрыш по коэффициенту усиления и коэффициенту шума МИС в сравнении с предыдущим вариантом.

III. Экспериментальные характеристики

Измерение радиочастотных характеристик производилось непосредственно на пластине с помощью зондовой станции CASCADE Summit 11000, вектор-

ного анализатора цепей Rohde & Shwartz ZVA 40 и анализатора спектра Agilent E4448A (оборудование лаборатории НОЦ «Нанотехнологии» ТУСУРа).

Экспериментальные частотные характеристики МИС усилителя, в котором затворы транзисторов выполнены методом контактной литографии и имеют длину 0,35 мкм, представлены на рис. 3 (напряжение питания +5 В, суммарный ток потребления 80 мА).

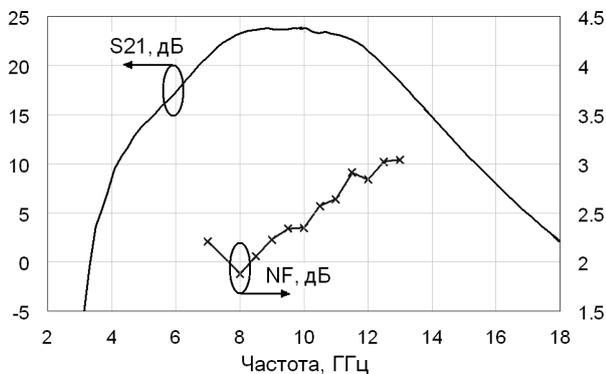


Рис. 3. Частотные характеристики усилителя (контактная литография, длина затвора 0,35 мкм).

Fig. 3. Frequency response of an amplifier (Contact lithography, 0.35 μm gate length)

Экспериментальные частотные характеристики МИС, в которых затворы транзисторов выполнены методом электронно-лучевой литографии и имеют длину 0,25 мкм, представлены на рис. 4 (напряжение питания +5 В, суммарный ток потребления 100 мА).

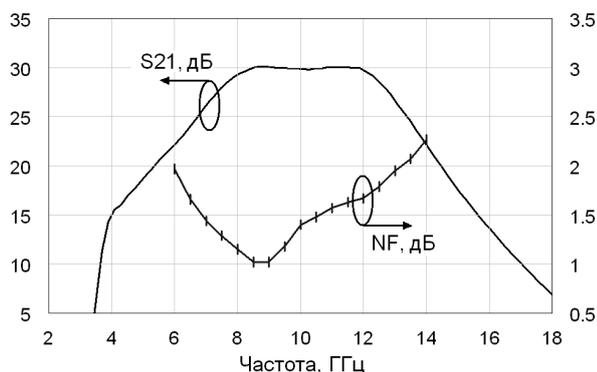


Рис. 4. Частотные характеристики усилителя (электронно-лучевая литография, Т-образный затвор, длина основания 0,25 мкм).

Fig. 4. Frequency response of amplifier (Electron-beam lithography, 0.25 μm gate length)

Из частотных зависимостей на рис. 3 и 4 видно, что оптимизация конструкции гетероструктуры и формы затвора позволила в рабочей полосе увеличить коэффициент усиления на 6 дБ при увеличении тока потребления всего на 20%, а также уменьшить коэффициент шума на 1 дБ. Очевидно, что оптимизация входных цепей усилителя, которая до настоящего момента не проводилась, может позволить получить еще меньшее значение коэффициента шума.

Дополнительно, выборочно по пластине были измерены линейная выходная мощность P1dB, а также выходная мощность IP3, значения которых составили +10 дБм и +24 дБм соответственно.

IV. Заключение

В результате проделанной работы была получена МИС малошумящего усилителя X-диапазона с параметрами на уровне современных зарубежных аналогов. Отработанная методология проектирования, а также технология производства позволяют создавать более высокочастотные малошумящие МИС. В свою очередь опыт оптимизации конструкции гетероструктуры транслируется на такие перспективные работы, как создание МИС усилителя мощности, а также системы на кристалле, которые ведутся в настоящее время.

V. Список литературы

- [1] Текшеев В. Б. Двухтранзисторный СВЧ усилитель с минимальным коэффициентом шума и согласованным входом и выходом // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Общие вопросы радиоэлектроники. 1990. Вып. 15. С. 16—23.
- [2] Albinsson B. M. A Graphic Design Method for Matched Low-Noise Amplifiers // IEEE Trans. Microwave Theory Tech. 1990. February. Vol. MTT-38. P. 118—122.

X-BAND GaAs pHEMT MMIC LOW-NOISE AMPLIFIER

Arykov V. S., Barov A. A.,
Velikovskiy L. E., Kondratenko A. V.
MICRAN Co.
47, Verzhinina Str., Tomsk, 634034, Russia
Ph.: +7-3822-413403
e-mail: alkon@micran.ru

Abstract — This report presents results of design and manufacturing of X-band GaAs pHEMT low-noise amplifier. Operating frequency band is 8-12 GHz, gain is 30 dB, noise factor is 1.5 dB, P1dB output power is 10 dBm, unipolar supply voltage is +5 V, consumption current is 100 mA, and chip dimensions are 2.5x1.5x0.1 mm.

I. Introduction

One of the priorities of company "Micran" is development and manufacture of microwave GaAs monolithic integrated circuits (MMIC). This report presents results of design and manufacture of X-band GaAs pHEMT MMIC low-noise amplifier. Dynamics of improving parameters of MMIC for structural optimization of the heterostructure and the gate pattern are shown.

IV. Conclusion

As a result of this work X-band MMIC of a low-noise amplifier with up-to-date parameters adequate to modern international analogues was obtained. Manufacturing technique and proceeded design methodology allow creating more high-frequency low-noise MMIC. In turn, experience in structural optimization of heterostructure is assembled on such entry-level job, as creation of MMIC power amplifier, as well as core-chip, which are conducted at present.