

**В.С. Арыков<sup>1</sup>, В.Д. Дмитриев<sup>2</sup>, В.М. Коротаев<sup>1</sup>,  
Д.А. Шишкин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ЗАО «Научно-производственная фирма «Микран»

<sup>2</sup> Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники

## **GaAs МИС усилителя распределенного усиления**

*В статье представлены результаты разработки микросхемы усилителя распределенного усиления на основе GaAs pHEMT. Полоса рабочих частот 0.01-20 ГГц, коэффициент усиления 10 дБ, выходная мощность по сжатию на 1 дБ не менее 14 дБм. Напряжение питания +7 В, ток потребления 100 мА. Размеры кристалла 1.5x3.0x0.1 мм.*

**Ключевые слова:** усилитель распределенного усиления, микросхема, GaAs, pHEMT

Одним из приоритетных направлений деятельности ЗАО «НПФ «Микран» является разработка и производство СВЧ монолитных интегральных схем (МИС) на GaAs, которые служат элементной базой для построения приемо-передающей и измерительной аппаратуры. В данной работе представлены результаты разработки МИС усилителя распределенного усиления. Приведены сведения о повторяемости по пластине.

Исходными данными для расчета УРУ служили малосигнальные параметры рассеяния транзисторов с высокой подвижностью электронов (pHEMT) T240 (суммарная ширина затвора  $W=240$  мкм) конфигурации  $4 \times 60$  мкм, с длиной затвора  $L_g=0,25$  мкм. Путем линейного масштабирования из транзисторов T240 были получены транзисторы T120 (суммарная ширина затвора  $W=120$  мкм), использованные в расчете микросхемы.

Расчет усилителя был выполнен согласно [1]. Секция УРУ выполнена по каскодной схеме ОИ-ОЗ, для улучшения устойчивости за счет уменьшения возвратного отношения секции. Эквивалентная высокочастотная схема секции показана на рис. 1.

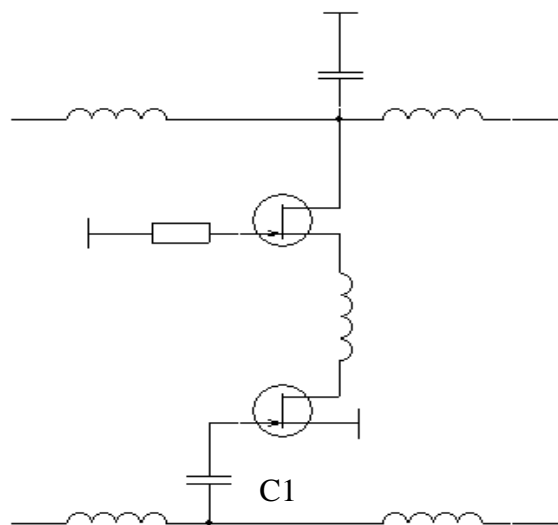


Рис. 1.

С целью увеличения полосы пропускания усилителя секция подключена к входной передающей линии через емкостной делитель с коэффициентом деления 1,6. Основные положения такого решения подробно описаны в [2]. Делитель реализован путем включенного последовательно с затвором конденсатора  $C1$ . Напряжение смещения подводится к затвору через резисторы  $R_g$  большого номинала. Поскольку частота среза такого ФНЧ достаточно высока, около 1 ГГц, то для обеспечения усиления на низких частотах резисторы подключены к делителю напряжения  $R_{d1}R_{d2}$ , как показано на рис. 2.

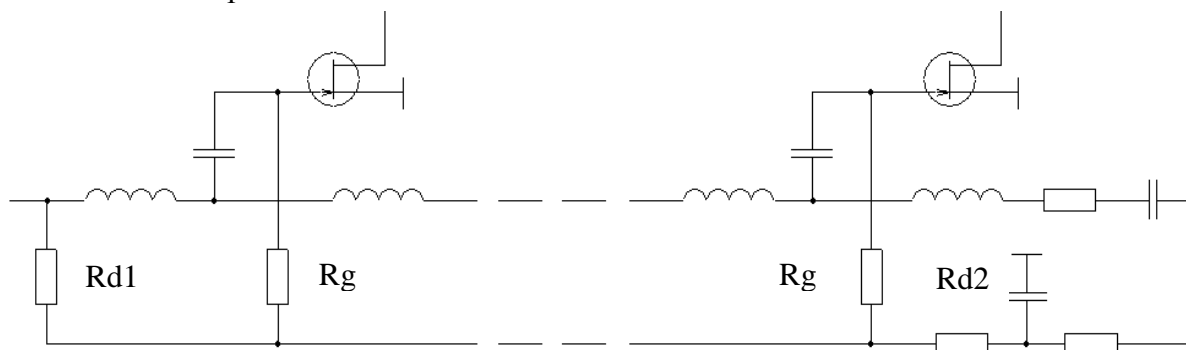


Рис. 2.

Для обеспечения постоянства коэффициента усиления на низких и высоких частотах резистивный делитель должен быть согласован с емкостным по коэффициенту передачи. Выходная передающая линии, показанная в составе топологии МИС на рис. 3, выполнена с нагрузочными емкостями в виде отрезков холостых микрополосковых шлейфов для выравнивания фазового набега с входной передающей линией. Буквами отмечены контактные площадки: А — вход, В — смещение затворов +1,5 В, С, D — низкочастотная блокировка, F — смещение -1 В, G, H — низкочастотная блокировка, К — выход и питание +7 В.

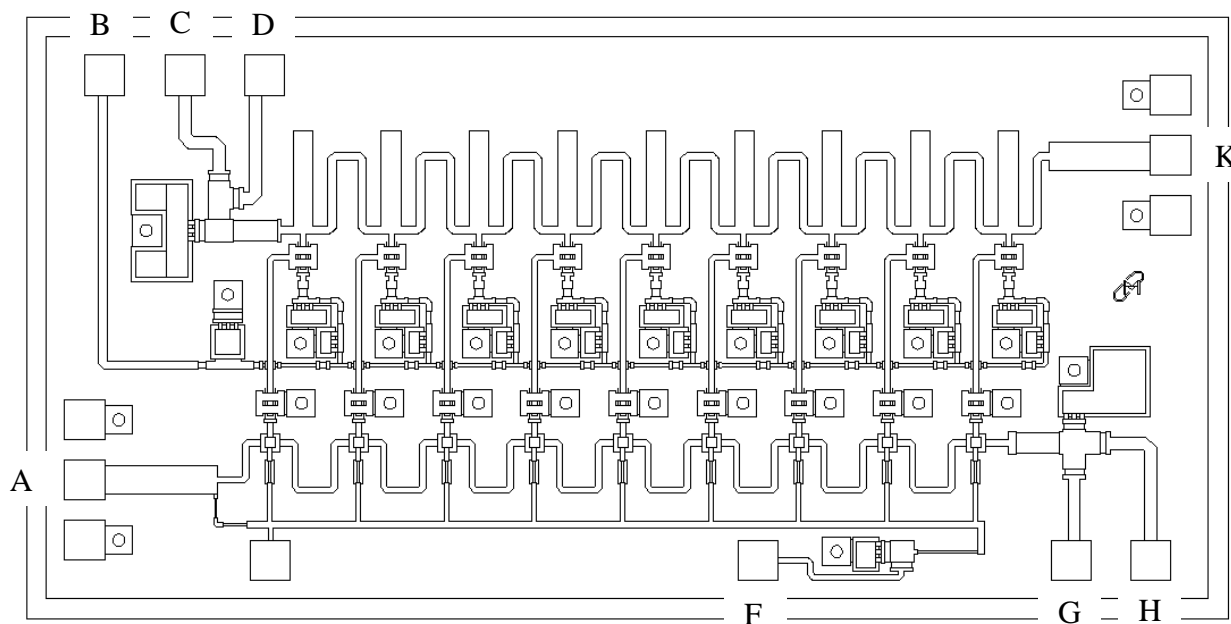


Рис. 3.

Для питания усилителя необходимы 3 напряжения питания: +7 В, которое подается на выходную контактную площадку («К» на рис. 3) через широкополосную втулку питания, +1,5 В для цепей смещения затворов верхних транзисторов секций, и -1 В для нижних транзисторов. Ток, потребляемый УРУ по цепи «+7 В», составляет 100 мА. При использовании микросхемы необходимо соблюдать последовательность включения и выключения питающих напряжений. Первым подается отрицательное напряжение смещения, затем питание +7В, и последним — смещение +1,5 В на затворы верхних транзисторов, выключение производится в обратной последовательности. Если первым подать напряжение смещения затворов верхних транзисторов, то через прямосмещенный барьер Шоттки и открытый канал (нижних транзисторов) будет протекать значительный по величине ток, что может привести к быстрой деградации затворов.

Экспериментальные данные снимались на пластине при помощи зондовой станции CASCADE Summit 11000 с помощью векторного анализатора R&S ZVA-40 в лаборатории НОЦ «Нанотехнологии» ТУСУР. Типовые малосигнальные S-параметры представлены на рис. 4, фотография кристалла — на рис. 5. Выход годных МИС на подложках диаметром 100 мм составил не менее 45%. Разбраковка кристаллов проводилась по двум критериям: коэффициент усиления в полосе частот 2-20 ГГц не менее 10 дБ, возвратные потери по входу не более -13 дБ. Выходная мощность по сжатию коэффициента усиления на 1 дБ составила 14 дБм на частоте 10 ГГц, разброс коэффициента усиления по пластине не более 1,5 дБ. Неравномерность АЧХ – не более 2,5 дБ в рабочей полосе частот.

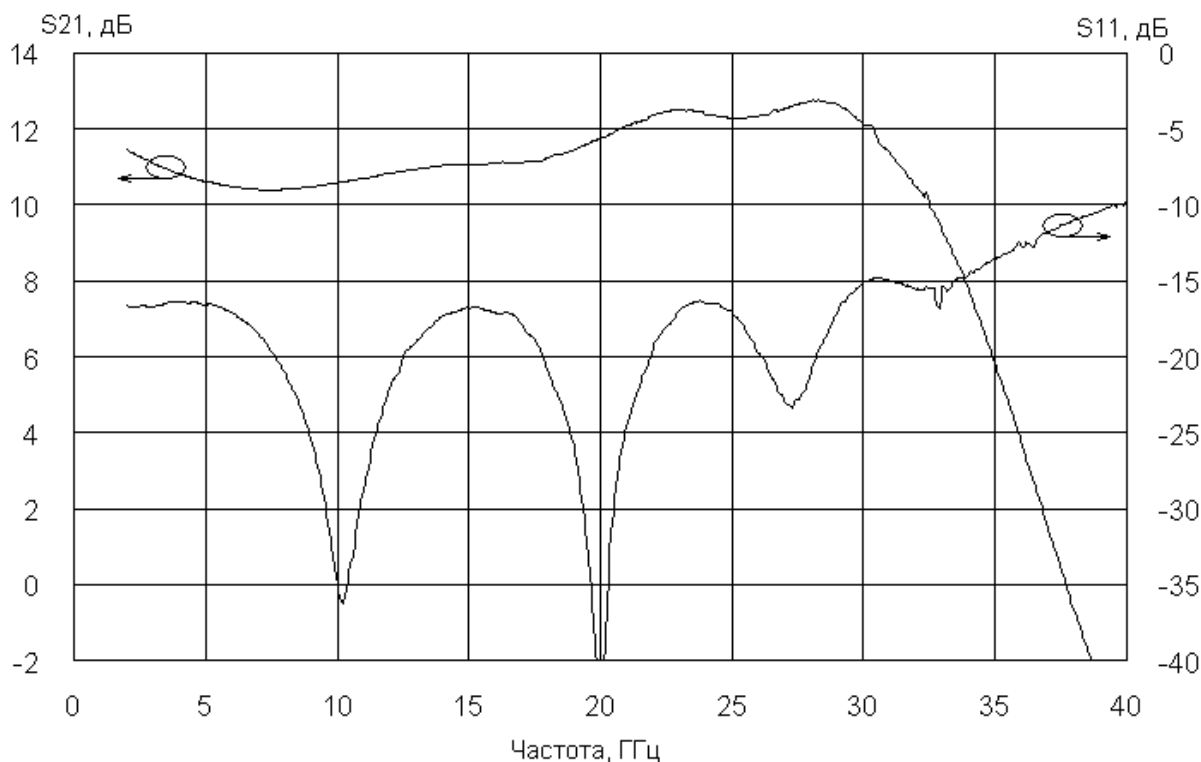


Рис. 4.



*Рис. 5.*

В результате проделанной работы была получена МИС сверхширокополосного усилителя распределенного усиления с параметрами на уровне современных зарубежных аналогов. Методика проектирования, отработанная на данном усилителе, позволяет в дальнейшем создавать как более высокочастотные, так и более мощные МИС УРУ, в том числе на материале GaN.

#### Библиографический список

1. А.А. Кузьмин. Маломощные усилители с распределенным усилением. М.: Советское радио, 1974. 224с.
2. Capacitive-division traveling-wave amplifier with 340 GHz gain-bandwidth product. / J.Puul, B.Agarwal, R.Puppela. IEEE MTT-S Symposium, 1995.