

**С.В. Безус, С.И. Толстолицкий, А.В. Толстолицкая,
Д.И. Иващенко**

**ФГУП «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт
радиосвязи»**

МИС широкополосного усилителя на рНЕМТ-структуре для диапазона 2,5-6,0 ГГц

В статье представлены результаты разработки монолитной интегральной схемы двухкаскадного СВЧ-усилителя, выполненной на рНЕМТ-структуре арсенида галлия размером $2,4 \times 1,6$ мм² и обеспечивающей коэффициент усиления 17 дБ и точку однодецибелной компрессии 15 дБм в полосе частот 2,5-6,0 ГГц.

Ключевые слова: усилитель, монолитная интегральная схема, рНЕМТ

В современных радиоэлектронных системах предъявляются высокие требования к габаритам, весу и идентичности электрических параметров приемопередающих модулей [1]. Применение технологии монолитных интегральных схем (МИС) позволяет уменьшить массу и размеры модуля, а так же обеспечивает повторяемость характеристик, что, в свою очередь, позволяет значительно снизить трудоемкость настройки и стоимость радиоэлектронной аппаратуры [2]. Высокая стоимость изготовления опытных образцов МИС СВЧ делает актуальной задачу повышения эффективности их проектирования за счет совершенствования методов расчета, учитывающих особенности технологических процессов производства МИС и физико-топологические особенности элементов.

Целью данной работы является разработка методики проектирования МИС СВЧ-усилителей, позволяющей учитывать особенности процессов производства МИС на конкретной технологической линейке, экспериментальное исследование изготовленных твердотельных усилителей.

Для моделирования полевых транзисторов (рНЕМТ) при разработке усилителя использовались параметры эквивалентной схемы транзистора, полученные из измерений специально изготовленных тестовых структур [3] и однокаскадного СВЧ-усилителя [4].

Для реализации твердотельного усилителя выбрана электрическая схема двухкаскадного усилителя с петлями обратной связи в каждом каскаде. Для подачи постоянного напряжения на затвор транзистора используется схема с автосмещением, что позволяет использовать полевые транзисторы с источником положительного напряжения. Электрическая схема приведена на рис. 1. Цифрами 1 и 3 обозначены СВЧ-вход и выход устройства, 2 – контактная площадка для подачи питающего напряжения. Усилитель реализован в виде монолитной интегральной схемы на одном кристалле на рНЕМТ-структуре. Размер кристалла – $2,6 \times 1,8 \times 0,1$ мм³. Ширина затворов транзисторов составляет 360 мкм и 480 мкм для первого и второго каскадов, соответственно. Топология транзисторов оптимизировалась для получения минимальных паразитных параметров и максимального динамического диапазона. Затвор транзистора формировался вакуумным напылением золота с подслоем титана

методом взрывной литографии. Поверхность транзистора защищена слоем нитрида кремния толщиной 0,15 мкм. Металлизация разводки формировалась вакуумным напылением золота с подслоем титана с последующим гальваническим осаждением золота, толщиной 3 мкм. При изготовлении СВЧ-усилителя применялись “воздушные” мосты в местах межпересечений. Все резисторы изготавливались в едином технологическом цикле с формированием меза-структуры и защищены пленкой нитрида кремния. Индуктивные элементы выполнены по планарной технологии. После выполнения всех операций с лицевой стороны производилось химико-динамическое утонение подложки до 100 мкм и формирование металлизированных сквозных отверстий. По описанной технологии была изготовлена опытная партия МИС СВЧ-усилителей.

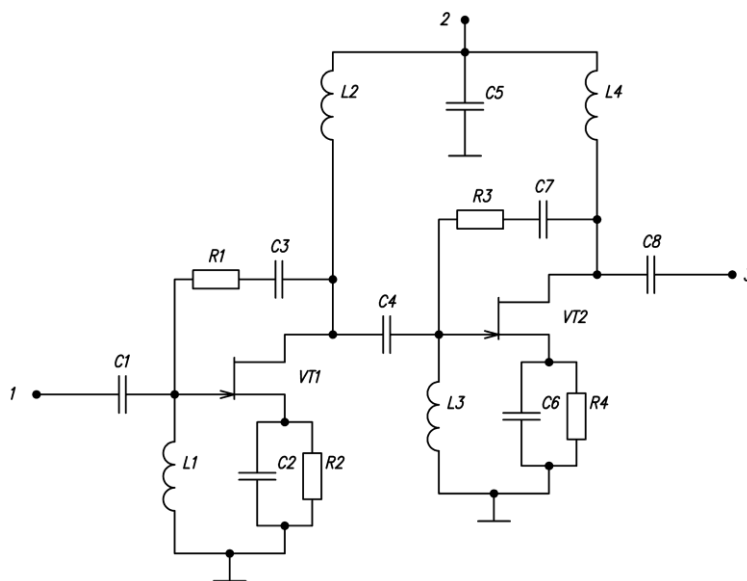


Рис. 1.

Результаты измерений СВЧ-характеристик представлены на рис. 2-5 (сплошная линия – результаты измерений, пунктирная – расчетные данные). На рис. 2 показана АЧХ усилителя в рабочем диапазоне частот. Коэффициент усиления в диапазоне частот 2,5-6,0 ГГц составляет 17 дБ. Точка однодецибельной компрессии СВЧ-усилителя составила 15 дБм, при токе потребления – 90 мА. На рис. 3 представлены результаты измерения коэффициент шума изготовленного усилителя. Коэффициент шума составил 3,8 дБ.

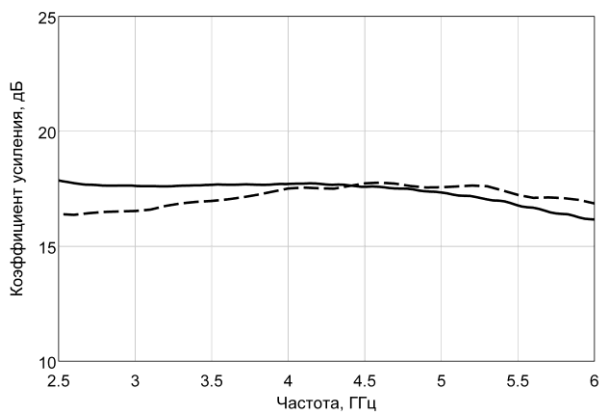


Рис. 2.

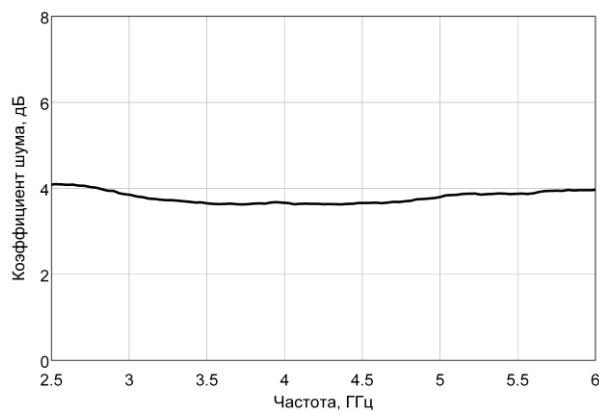


Рис. 3.

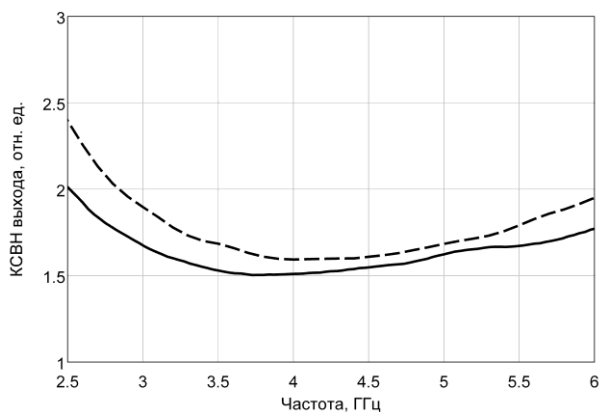


Рис. 4.

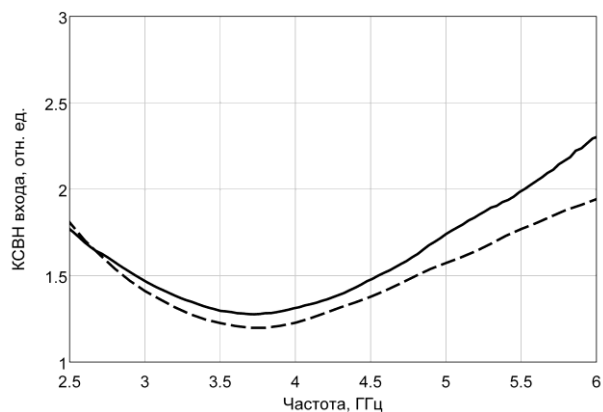


Рис. 5.

Согласование МИС с трактом остается хорошим во всем диапазоне (рис. 4-5), и КСВН входа не превышает 2,3 в диапазоне частот 2,5-6,0 ГГц, а КСВН выхода – 2,0.

Выводы

1. Разработана методика проектирования многокаскадных МИС СВЧ-усилителей, учитывающая особенности технологических процессов их производства и физико-топологические особенности активных и пассивных элементов.
2. Разработан и изготовлен твердотельный двухкаскадный СВЧ-усилитель на рНЕМТ-структуре арсенида галлия с использованием в качестве активных (усилительных) элементов полевых транзисторов с барьером Шоттки с длиной затвора 0,7 мкм.
3. Экспериментально исследованы характеристики устройства в диапазоне частот 2,5-6,0 ГГц. Результаты измерений изготовленных МИС совпадают с расчетными данными и подтверждают эффективность разработанной методики проектирования.

Библиографический список

1. RFIC and MMIC design and technology / Edited by I.D. Robertson, S. Lucyszyn – The Institution of Electrical Engineers, 2001 – 562 p.
2. Monolithic Microwave Integrated Circuits: Technology & Design / Edited by Ravender Goyal, 1989 – 846 p.
3. Безус С.В., Толстолицкая А.В., Толстолицкий С.И., Трухов Д.А., Фролова А.А. Исследование влияния процесса травления подзатворной области рНЕМТ-транзисторов на СВЧ характеристики. // Общие вопросы радиэлектроники. ФГУП «РНИИРС», 2010, вып.1, с. 104-107.
4. Безус С. В., Толстолицкий С. И., Ли А. И., Толстолицкая А. В., Казачков В. В., Комор В. П. Твердотельный СВЧ-усилитель L-диапазона на арсениде галлия. В кн.:18-я Международная Крымская конференция "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии". Материалы конференции. [Севастополь, 8-12 сентября 2008г.] — Севастополь: Вебер, 2008, с. 73-74.