

Маломощные GaAs PHEMT транзисторы с нулевым смещением на затворе

Представлены результаты разработки маломощных гетероструктурных транзисторов, работающих при нулевом смещении на затворе. Приведены измеренные СВЧ параметры. Показана возможность их применения в ряде усилителей СВЧ.

Ключевые слова: GaAs E-D PHEMT транзисторы, гетероструктура, коэффициент шума, T-образный затвор.

В настоящее время монолитные интегральные схемы СВЧ получили широкое распространение в радиоэлектронной аппаратуре благодаря своим малым габаритам и высокой воспроизводимостью характеристик. Их применение оправдано при большом объеме выпуска однотипных изделий (более 100 тыс/год). При небольшом объеме выпуска и при штучном изготовлении используют гибридные схемы, в которых используются в качестве активных и пассивных элементов дискретные приборы (транзисторы, диоды, конденсаторы, резисторы). По своим характеристикам гибридные схемы лучше, чем монолитные по двум причинам:

- возможности использования заранее отобранных по параметрам компонентов;
- более низкими потерями элементов согласования из-за более высокой добротности диэлектрических подложек по сравнению с полуизолятором, которым является арсенид галлия.

При проектировании усилителей СВЧ важно учитывать возможность минимизации количества и номенклатуры питающих напряжений, особенно при производстве многокристальных модулей. Особой популярностью среди разработчиков аппаратуры пользуются микросхемы с однополярным питанием ввиду простоты их применения. Для реализации таких схем на нормально открытых транзисторах (D-PHEMT) применяют систему автоматического смещения в цепи истока, представляющую из себя параллельное соединение резистора и шунтирующей емкости. Наличие такой цепи существенно увеличивает габариты схемы, ограничивает частотный диапазон в области низких частот, за счет конечного значения шунтирующей емкости, ограничивает усилительные характеристики в области верхних частот за счет индуктивной составляющей конденсатора. Эта проблема снимается при использовании нормально закрытых транзисторов (E-PHEMT), которые работают при положительном напряжении на затворе. Однако этот тип транзисторов используется в основном для построения ключевых схем управления транзисторными переключателями.

Использование (E-PHEMT) технологии с различной размерной обработкой для реализации усилительных устройств различного назначения представлено только в каталоге фирмы AVAGO [1] серии MGA, VMMK.

В данной работе представлены результаты разработки маломощных транзисторов с нулевым смещением на затворе, которые занимают нишу между E-PHEMT и D-PHEMT транзисторами. Представлены конструкция, технология изготовления, достигнутые параметры.

Конструкция и технология изготовления

Изготовление экспериментальных образцов производилось по топологии серийного маломощного транзистора с шириной затвора 360 мкм и соответствует обозначению транзисторов 3П3102А.

Топология транзистора приведена на Рис.1.

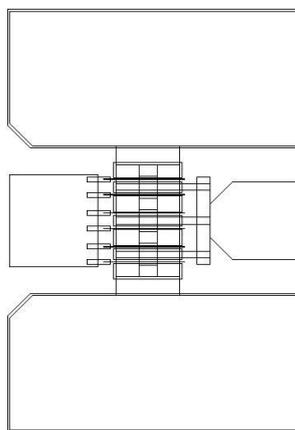


Рисунок 1.

Транзистор имеет контактные площадки, приспособленные для измерения СВЧ параметров на пластине с помощью зондов системы земля-сигнал-земля с расстоянием 125 мкм. Толщина подложки составляет 100 мкм. Контактные площадки истоков имеют сквозные металлизированные отверстия для минимизации индуктивности заземления.

Транзисторы изготавливались на гетероструктурах ПМГС-Д02 собственного производства. Метод получения структур - газофазная эпитаксия. Структура выращена с односторонним легированием с толщиной канала 10 нм и содержанием индия 23%.

Все основные технологические операции осуществляются методами оптической контактной литографии, кроме операций формирования затворов.

Контактная литография проводится на установке МJB-4 с последующим вакуумным напылением и взрывом через двухслойный резист.

Формирование затворов производится методом электронной литографии на установке EBPB-5000 с помощью трехслойного резиста с проектной нормой 0,13-0,15 мкм. Травление контактного слоя проводилось сухим травлением до стоп-слоя, а дальнейшее тонкое дотравливание до нужного рабочего тока проводилось методом жидкостного травления.

Фотография T-образного затвора приведена на Рис. 2.

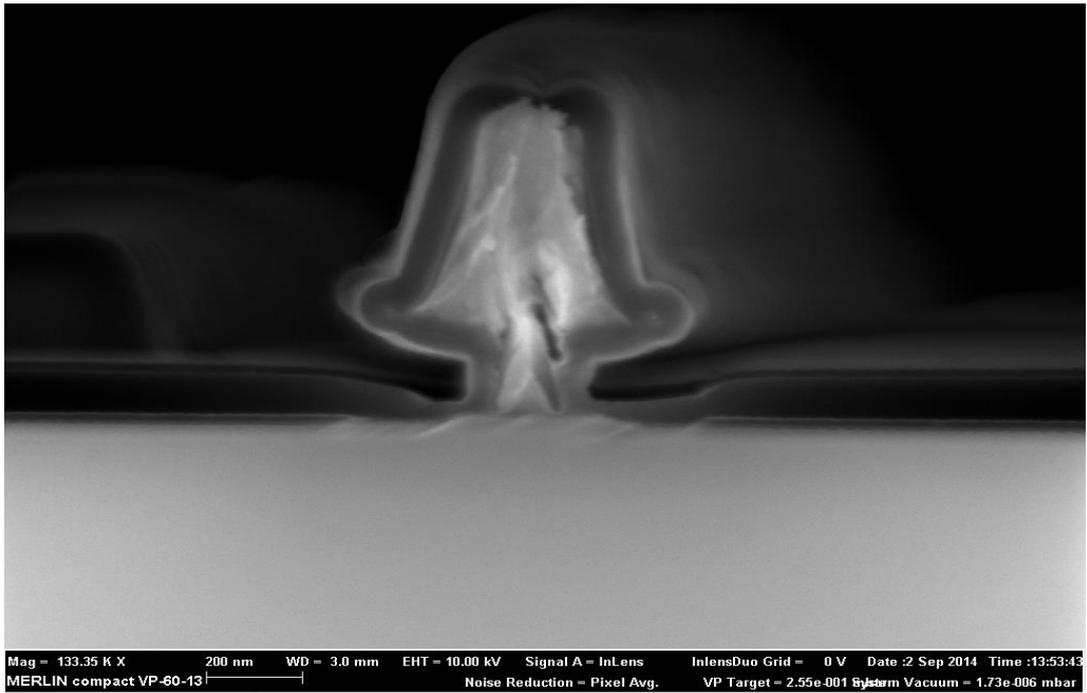


Рисунок 2.

Экспериментальные результаты.

экспериментальной части были изготовлены 3 пластины с транзисторами разных типов:

-нормально открытый D-РНЕМТ транзистор (Рис. 3);

-нормально закрытый E-РНЕМТ транзистор (Рис. 4);

-транзистор с рабочей точкой при нулевом смещении на затворе (Рис. 5).

Ниже приводятся измеренные характеристики изготовленных транзисторов.

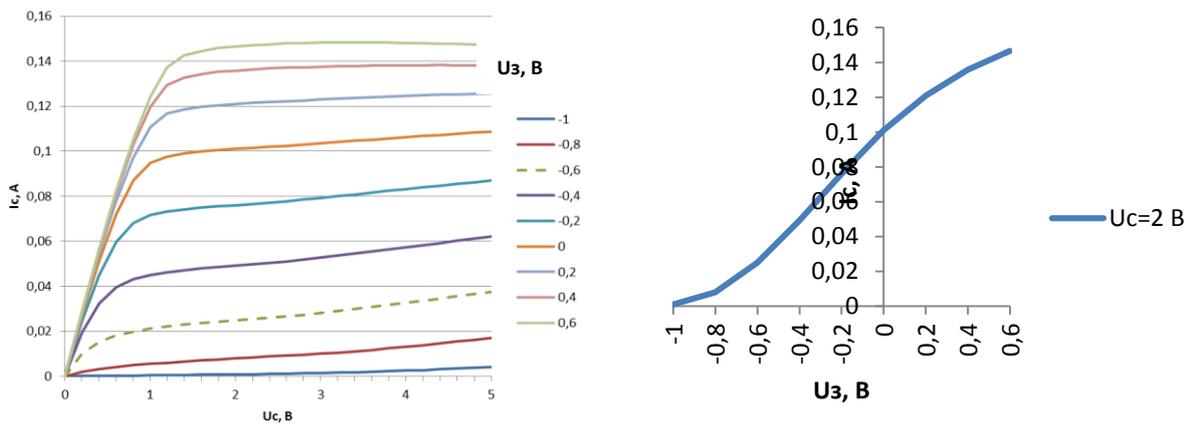


Рисунок 3.

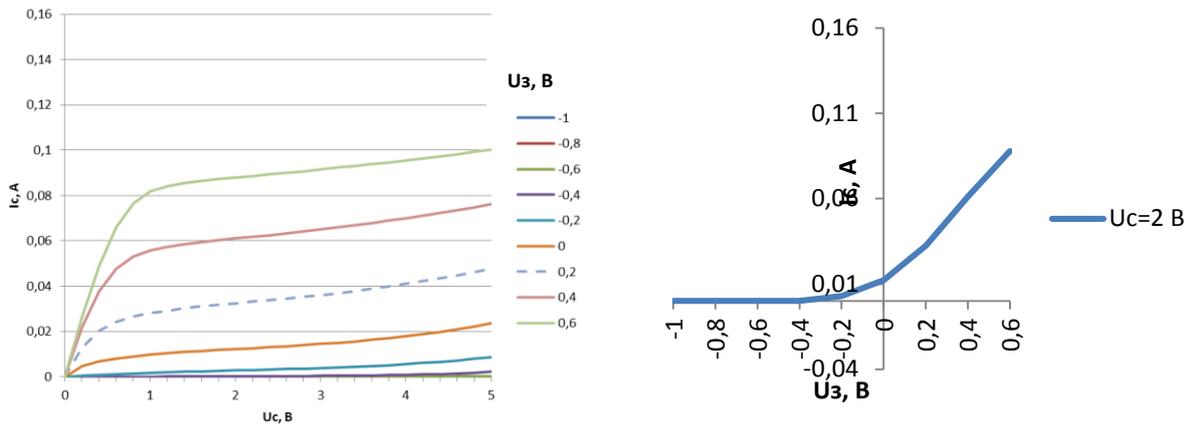


Рисунок 4.

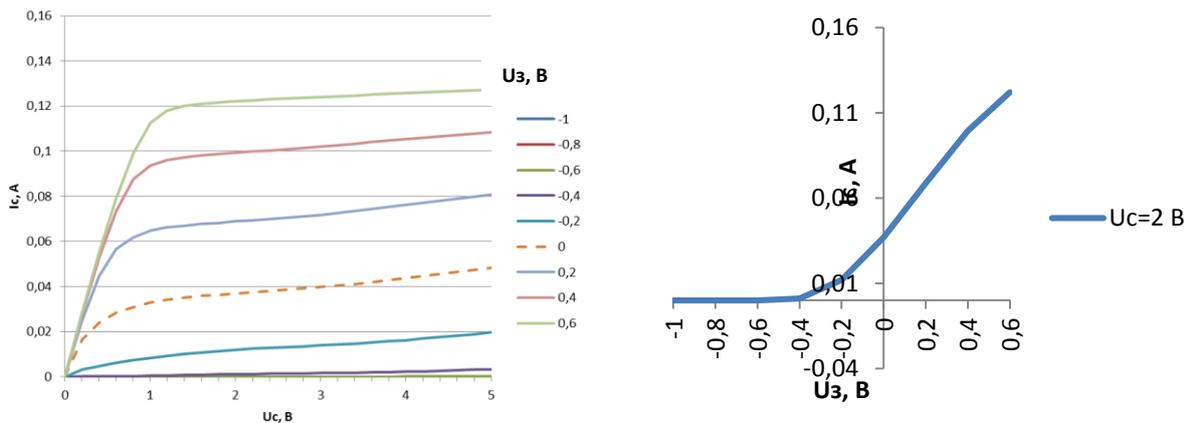


Рисунок 5.

Измерение СВЧ параметров проводилось на векторном анализаторе Anritsu 37369D.

По результатам обработки результатов измерений СВЧ параметров изготовленных транзисторов проведено сравнение их характеристик.

В качестве критерия для сравнения были выбраны параметры: максимальное стабильное усиление на частоте 30 ГГц (MSG) и частота единичного усиления (F_t) в рабочей точке с удельным током стока 100 мА/мм. Этот критерий позволяет оценить усилительные характеристики транзистора вне привязки к схемному и конструктивному исполнению СВЧ устройства.

Результаты измерения приведены в таблице 1.

Таблица 1.

№	Тип транзистора	F_t , ГГц	MSG, дБ
1	D-PHEMT	56	12,7-13,4
2	E-PHEMT	64	13,9-14,4
3	$U_3=0$	66	14,2-14,6

Анализ измеренных характеристик показывает, что при одинаковой частоте единичного усиления F_t , равной 75 ГГц, параметры транзисторов в рабочей точке отличаются на 10 ГГц в зависимости от типа транзистора. Параметры нормально открытого транзистора уступают

параметрам двух остальных типов в рабочей точке 100 мА/мм. Параметры нормально закрытых транзисторов и транзисторов, работающих при нулевом значении смещения на затворе сопоставимы.

Заключение

Усилительные характеристики транзисторов, работающих при нулевом смещении на затворе, не уступают параметрам нормально закрытых транзисторов и превосходят параметры нормально открытых транзисторов. Применение транзисторов с нулевым смещением на затворе позволяет не только улучшить параметры СВЧ устройств, но и упростить их конструкцию.

Библиографический список.

1. Рекламные материалы фирмы Avago, 2013.