

Малошумящий GaAs РНЕМТ транзистор с повышенным динамическим диапазоном ЗПЗ107

Представлены результаты разработки малошумящего гетероструктурного транзистора миллиметрового диапазона. Рассмотрена конструкция и технология изготовления. Приведены измеренные СВЧ параметры. Показана возможность импортозамещения приборов ведущих зарубежных фирм.

Ключевые слова: GaAs РНЕМТ транзистор, гетероструктура, коэффициент шума, Т-образный затвор.

Современные малошумящие транзисторы находят широкое применение в радиоприемных трактах различного назначения. Если это тракты радиометров, спутниковых приемников, то решающим параметром является коэффициент шума, для получения максимальной чувствительности устройства. Однако существует множество применений малошумящих транзисторов, где наряду с минимальным коэффициентом шума требуется повышенный динамический диапазон (приемники РЛС, РЭБ, измерительная техника, системы связи подвижных объектов и др.).

Наименьшими шумами обладают транзисторы на InP структурах или метаморфные транзисторы, изготовленные на GaAs подложках с содержанием In в канале до 70%. Крутизна таких транзисторов достигает до 1,5 См/мм ширины затвора [1], однако они имеют очень низкие пробивные и рабочие напряжения (0,5-1,2 В), что не позволяет получить необходимое значение выходной мощности для реализации большого динамического диапазона.

Большинство зарубежных малошумящих транзисторов обладают уровнем выходной мощности на уровне 3-5 дБм, что недостаточно для реализации трактов высокодинамичных СВЧ приемных устройств.

В данной работе представлены результаты разработки малошумящего транзистора с повышенным динамическим диапазоном на РНЕМТ структурах. Представлены конструкция, технология изготовления, достигнутые параметры.

Эта работа является развитием направления малошумящих транзисторов ЗПЗ102 [2] в части продвижения в область рабочих частот до 40 ГГц и повышения выходной мощности до 55 мВт

Конструкция и технология изготовления

Конструкция транзистора формировалась из условий выполнения требований технического задания, приведенных в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование параметра, единица измерения (режим измерения)	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		
		не менее	номинал	не более
1 Верхняя рабочая частота, ГГц	f_p	-	40	-
2 Коэффициент шума (на частоте 40 ГГц), дБ	$K_{ш\ мин}$	-	-	1,8
3 Коэффициент усиления по мощности (на частоте 40 ГГц), дБ	$K_{уP\ макс}$	9		
4 Выходная мощность на частоте 40 ГГц, мВт - режим минимального шума; - режим максимальной мощности	$P_{вых}$	10 55		
5 Крутизна, мА/В	S	55		
6 Начальный ток стока, мА	$I_{с.нач}$	25		
7 Ток утечки затвора, мкА	$I_{з.ут}$			2

Ширина затвора транзистора составляет 160 мкм и состоит из четырех пальцев по 40 мкм. Истоки транзистора соединены между собой с помощью двухуровневой металлизации с изоляцией через диэлектрик толщиной 0,8 мкм.

Фотография транзистора приведена на Рис. 1.

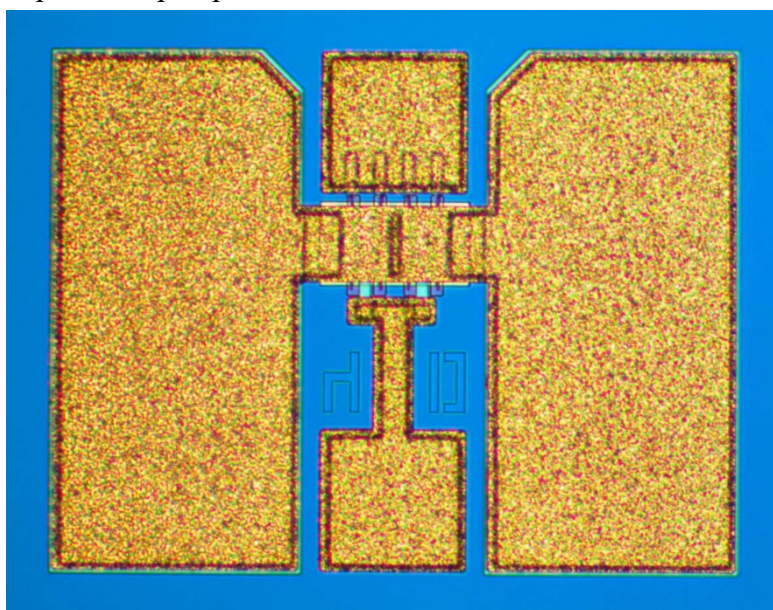


Рисунок 1

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-Д01 собственного производства. Метод получения структур - газофазная эпитаксия. Структура выращена с двухсторонним легированием с толщиной канала 10 нм и содержанием индия 26%.

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

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

Формирование затворов производится методом электронной литографии на установке EBP-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.

Металлизация затвора Ti-Pt-Au позволяет получить исключительно высокую надежность и стабильность электрических параметров.

Фотография Т-образного затвора приведена на Рис. 2.

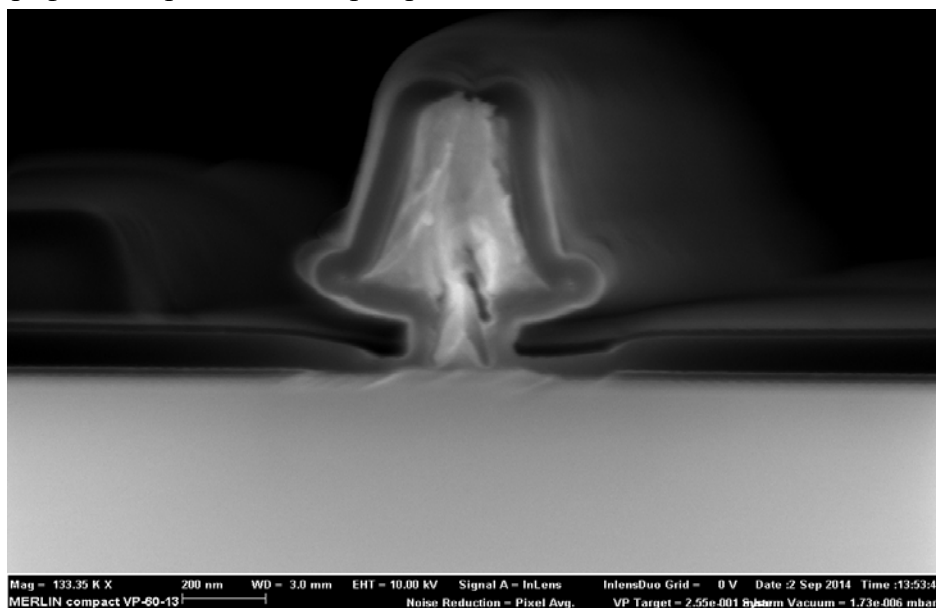


Рисунок 2

Экспериментальные результаты.

Ниже приводятся удельные характеристики изготовленных транзисторов.

- Ток насыщения 320-400 мА/мм;
- Крутизна 550-650 мСм/мм;
- Напряжение насыщения 0,6 В;
- Напряжение отсечки 0,7 В;
- Пробивное напряжение сток-затвор 10 В;
- Пробивное напряжение исток-затвор 6 В.

Измерение СВЧ параметров проводилось на измерителе коэффициента шума Agilent N8975A и векторном анализаторе Anritsu 37369D, а также на измерительном комплексе с использованием АТН тюнеров фирмы Maury.

Результаты измерения и сравнения с лучшим зарубежным аналогом приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Наименование параметра, единица измерения (режим измерения)	Буквенное обозначение параметра	EC2612 UMS	ЗПЗ107
1 Верхняя рабочая частота, ГГц	f_p	40	40
2 Коэффициент шума (на частоте 40 ГГц), дБ	$K_{ш \text{ мин}}$	1,9	1,7
3 Коэффициент усиления по мощности (на частоте 40 ГГц), дБ	$K_{уP \text{ макс}}$	9	10,5
4 Выходная мощность на частоте 40 ГГц, мВт - режим минимального шума; - режим максимальной мощности	$P_{\text{вых}}$	5 40	10 70
5 Крутизна, мА/В	S	60	85
6 Начальный ток стока, мА	$I_{C. \text{ нач}}$	10	25
7 Ток утечки затвора, мкА	$I_{3. \text{ ут}}$	5	0,05

Ниже приведены сравнительные частотные зависимости максимального стабильного коэффициента усиления в диапазоне до 40 ГГц разработанного транзистора и зарубежного аналога.

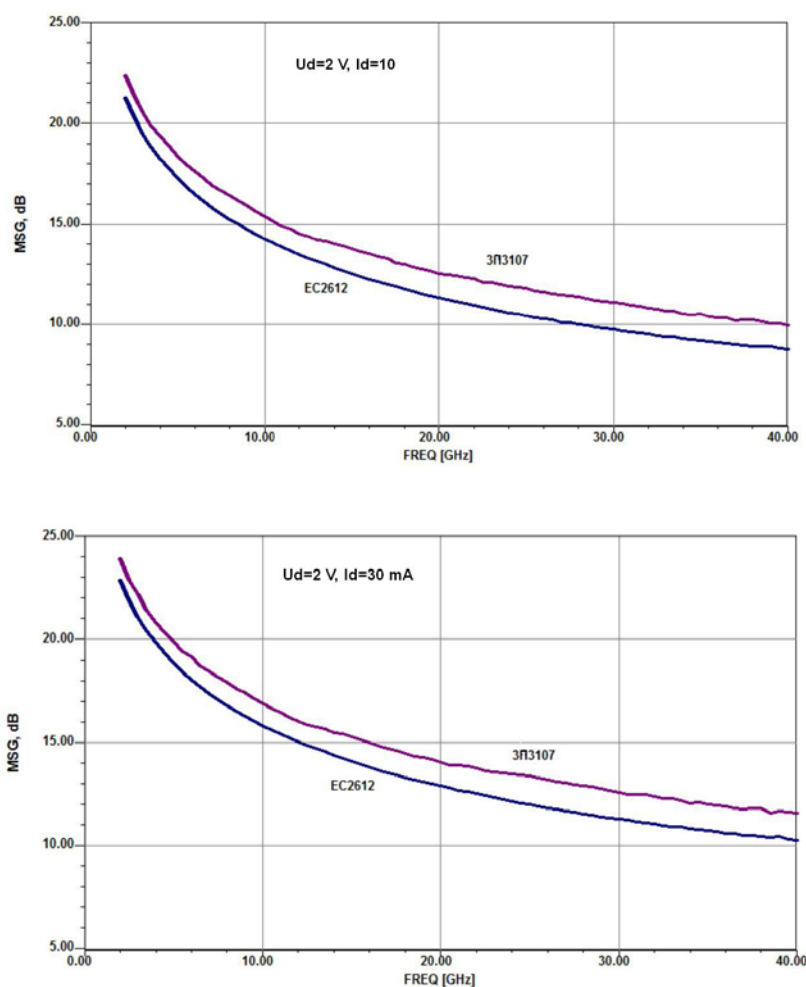


Рисунок 3

Заключение

Разработан малошумящий гетероструктурный транзистор с повышенным динамическим диапазоном, имеющий высокие СВЧ параметры в диапазоне частот до 40 ГГц. Транзисторы изготавливаются по базовому технологическому маршруту.

Представленные результаты показывают, что транзисторы 3П3107 по своим параметрам не уступают лучшим зарубежным образцам в части коэффициента шума и превосходят в части выходной мощности и динамического диапазона.

Библиографический список.

- [1] Michael Schlechtweg et al, Integrated Circuits Based on 300GHz Ft Metamorphic HEMT Technology for Millimeter-Wave and Mixed-Signal Application, 11th GAAS Symposium-Munich 2003, p.p.465-466.
- [2] А.В. Крутов, Н.А. Кувшинова, А.С. Ребров Серия малошумящих GAAS PHEMT транзисторов 3П3102. Материалы 2 Всероссийской конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ» 2013г.