

**А.Ю. Городецкий, Е.Ю. Днестранская, А.М. Емельянов,  
К.В. Дудинов**

ФГУП "Научно-производственное предприятие "Исток"

**Исследование и создание нелинейных моделей транзисторов  
сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн на основе  
наногетероструктур арсенида галлия и нитрида галлия.**

*В статье рассмотрены принципы работы гетероструктуры AlGaIn/GaN, указаны расположение основных дефектов гетероструктуры и методы их минимизации. Представлены результаты измерения параметров СВЧ-транзисторов и МИС КВЧ, разработанных в ФГУП «НПП «Исток» при поддержке ИСВЧПЭРАН г. Москва. Так же определены пределы применимости по рабочей частоте мощных транзисторов на основе наногетероструктур AlGaIn/GaN и показаны перспективы развития наногетероструктуры для миллиметрового диапазона.*

**Ключевые слова:** GaN, наногетероструктура

Особенностью галлий нитридных транзисторов является наличие локальных скоплений заряда («ловушек») в гетероструктуре, что требует специальной методики для их моделирования с использованием импульсных измерений S-параметров с возможностью установки начальной рабочей точки отличной от нуля. Установка для подобных измерений была разработана в ФГУП «НПП «Исток».

Выбор транзистора для получения модели является, наиважнейшим шагом во всем процессе моделирования. Основное требование заключается в том, чтобы параметры транзистора были повторяемыми. Для решения задачи выбора «среднего» транзистора предлагаем метод, который основан на математической оценке различия между транзисторами. Очевидно, что сравнивать параметры транзистора необходимо одновременно по НЧ, ВЧ и СВЧ параметрам, поэтому предлагаем следующие параметры в качестве характеризующих транзистор: максимум крутизны  $GM_{max}[См/мм]$ , напряжение отсечки  $V_T[V]$ , максимум тока стока  $ID_{Smax}[А/мм]$ , максимум предельной частоты усиления по току  $FT_{max}[ГГц]$ , напряжение затвор-сток  $VGS_{opt}[V]$  при  $FT_{max}[ГГц]$  и другие.

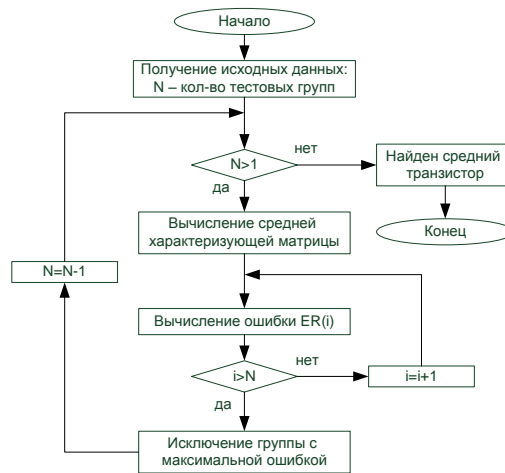


Рис. 1

На рис. 1 приведена упрощенная блок-схема алгоритма поиска среднестатистического транзистора. Данный алгоритм необходимо применить для каждого типоразмера транзистора.

После изготовления партии транзисторов и измерения их электрических параметров, были отобраны среднестатистические транзисторы по предложенной методике. Был произведен расчет «паразитных» параметров, обусловленных топологией контактных площадок, для набора транзисторов в разработанной программе, получены значения масштабирующих коэффициентов и определены параметры масштабируемой нелинейной модели транзистора.

Выводы: рассмотрен принцип создания нелинейной модели транзистора и отработана методика ее получения. Предложен способ выбора среднестатистического транзистора для моделирования; разработана программа для автоматизированного расчета паразитных параметров транзистора с учетом их зависимости от ширины затвора и топологии контактных площадок; произведен расчет паразитных параметров для транзисторов с разной шириной затвора; создана программа экстракции малосигнальных параметров транзистора; произведен расчет малосигнальных параметров транзисторов; выполнено моделирование нелинейной модели транзистора и проведен сравнительный анализ полученных результатов с измеренными данными.