

УДК 621.382

## ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГАННОВСКИХ СТРУКТУР

К. т. н. Ю. Н. Лаврич, д. ф.-м. н. С. В. Плаксин,  
к. ф.-м. н. И. И. Соколовский, Л. М. Погорелая

Институт транспортных систем и технологий НАНУ «Трансмаг»  
Украина, г. Днепропетровск  
plm@westa-inter.com

*Представлена методика прогнозирования генерационных характеристик ганновских структур в сверхвысокочастотном (СВЧ) диапазоне по измеренным простыми радиоизмерительными средствами параметрам низкочастотных колебаний, обусловленных внешним отрицательным дифференциальным сопротивлением. Разработана феноменологическая модель определения формы низкочастотных колебаний и установлена связь их параметров с кинетическими характеристиками материала ганновских структур.*

*Ключевые слова: ганновские структуры, междолинный перенос, отрицательная дифференциальная проводимость, СВЧ-резонатор, предельный цикл, вольт-амперная характеристика.*

Качество полупроводниковых приборов определяется в первую очередь качеством используемых полупроводниковых материалов, которым априори свойственно наличие дефектов различного вида. Контроль качества ганновских устройств на конечной стадии изготовления является не только в большой степени трудоемким, но и дорогостоящим процессом. Поэтому исследование возможности прогнозирования электрической активности ганновских мезоструктур на ранних стадиях их изготовления (до капсулирования) представляет собой актуальную задачу.

Цель работы – разработка экспресс-метода определения качества полупроводниковых ганновских структур на ранних стадиях изготовления полупроводниковых приборов, основанного на использовании в качестве инструмента низкочастотных колебаний, развивающихся в высокодобротном резонаторе, содержащем ганновскую структуру, параметры которых связаны с электрической активностью материала.

Механизм междолинного переноса в *n*-GaAs является достаточно эффективным механизмом возникновения в структурах на основе арсенида галлия большой по модулю отрицательной дифференциальной проводимости (ОДП), приводящей к возникновению флуктуационной неустойчивости в форме бегущих доменов сильного электрического поля, проявляющейся даже при больших значениях СВЧ-нагрузки [1]. Поскольку СВЧ-напряжение, развивающееся в СВЧ-резонаторе, переводит систему на нелинейную часть вольт-амперной характеристики за каждый период СВЧ-колебаний, то внешне наблюдаемое отношение «ток—напряжение» изменяется, и ВАХ, измеренная на клеммах образца, имеет отрицательный наклон (рис. 1). Естественно, что если при этом к диоду подключен дополнительный низкочастотный контур, то в нем при определенных условиях могут возникнуть колебания, в общем случае релаксационного характера, трансформирующиеся в квазигармонические при достаточно высокой добротности контура [2], имеющие два предельных цикла – меньший и больший [3].

Малый предельный цикл определяется отрицательным наклоном в точке смещения, большой цикл – средним значением отрицательного наклона. В соответствии с этим происходит одновременная генерация двух частот: одной, связанной с пролетными явлениями в образце и определяющейся настройкой резонатора, и второй, более низкой, связанной с усредненной за ВЧ-период ОДП, в цепи, соединяющей полупроводниковый образец с источником питания. Образцы с большей шириной ВАХ (разница значений  $U_i$  и  $U_j$ ) дают большую амплитуду низкочастотных колебаний, так что амплитуда этих колебаний отражает и качество полупроводникового материала с точки зрения концентрации глубоких центров и однородности легирования.



мезаструктур непосредственно в шайбе, до установки их в кристаллодержатель. На рис. 2 изображен бицилиндрический резонатор, представляющий собой цилиндр, внутри которого располагается ряд коаксиальных цилиндров меньших диаметров, открытых попеременно сверху и снизу, то есть система отрезков коаксиальной линии, вложенных последовательно. Перестройка резонатора в пределах 1—5 ГГц осуществляется перемещением стержня 1, установленного в торцевой части наружного цилиндра. Его продолжением является игольчатый зонд (на рис. 2 закрыт предохранительным колпачком 2), контактирующий в процедуре измерений с полупроводниковой структурой, на которую через разъем 3 подается питающее напряжение (второй вывод источника питания подключен к  $n^+$ -слою шайбы).

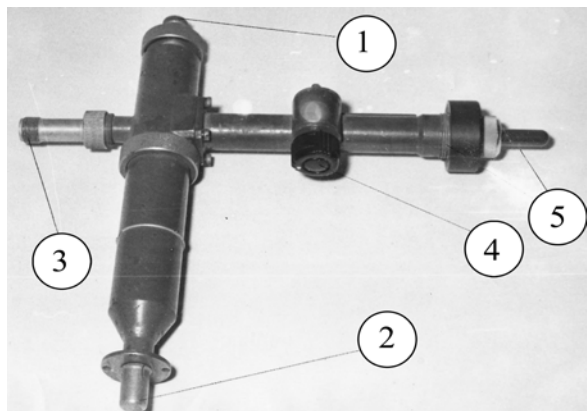


Рис. 2. Внешний вид измерительного резонатора

пайки в корпуса или в микросхемы, разбраковки заготовок для СВЧ-диодов, а также выбора структур со строго заданными характеристиками.

Вывод сгенерированного сигнала осуществляется с помощью петли связи, глубина погружения которой производится специальным механизмом 4. Выходной разъем может быть подключен либо непосредственно к входу осциллографа, либо на амплитудный детектор. Наличие штыревого излучателя 5 позволяет дистанционно снять СВЧ-сигнал, модулированный низкочастотными колебаниями для последующего анализа.

Указанная методика позволяет по измеренным простыми радиоизмерительными средствами параметрам низкочастотных колебаний производить оценку электрической активности мезаструктур с целью определения целесообразности их распределения

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Плаксин С. В., Соколовский И. И. Физические основы построения быстродействующих информационно-управляющих систем на базе полупроводниковых элементов с горячими электронами.— Севастополь: Вебер, 2006.— 320 с.
2. Давыдова Н. С., Данюшевский Ю. З. Диодные генераторы и усилители СВЧ. — Москва: Радио и связь, 1986. — 184 с.
3. Андронов А. А., Витт А. А., Хайкин С. Э. Теория колебаний.— Москва: Наука, 1981.— 568 с.

Yu. N. Lavrich, S. V. Plaksin, I. I. Sokolovskiy, L. M. Pogorelaya

#### **Express-method for determination of semiconductor Gunn-structures quality.**

The method of Gunn-structures microwave generation behavior prediction is presented. The method is based on the measuring by simple radio measuring equipment of low-frequency parameters conditioned by external negative differential resistance. The phenomenological model for determining the low-frequency oscillations form is developed and the relationship between the low-frequency oscillations parameters and the kinetic characteristics of Gunn structure material is ascertained.

Keywords: *Gunn structures, intervalley transfer, negative differential conductivity, micro resonator, limit cycle, voltage-current characteristic.*