

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ДИОДОВ ГАННА, РАБОТАЮЩИХ В РЕЖИМЕ ГЕНЕРАЦИИ

*Д.А.Усанов (СГУ), А.В.Скрипаль (СГУ), А.В.Бабаян (СГУ)*

Известно, что в генераторах на диодах Ганна наблюдается существенное различие генерируемой мощности, долговременной неустойчивости мощности и частоты при использовании диодов Ганна одного и того же типа в одной и той же конструкции генератора и при одном и том же источнике питания. Было установлено [1], что это различие связано с разбросом параметров диодов по сопротивлению в слабых электрических полях, который, в свою очередь, может быть обусловлен неконтролируемыми факторами технологического процесса создания диодных структур.

Из результатов экспериментальных исследований следует также, что стремление повысить уровень выходной мощности генераторов на диодах Ганна (типа АА703) путем использования низкоомных диодов ведет к существенному увеличению долговременной неустойчивости мощности и частоты генераторов.

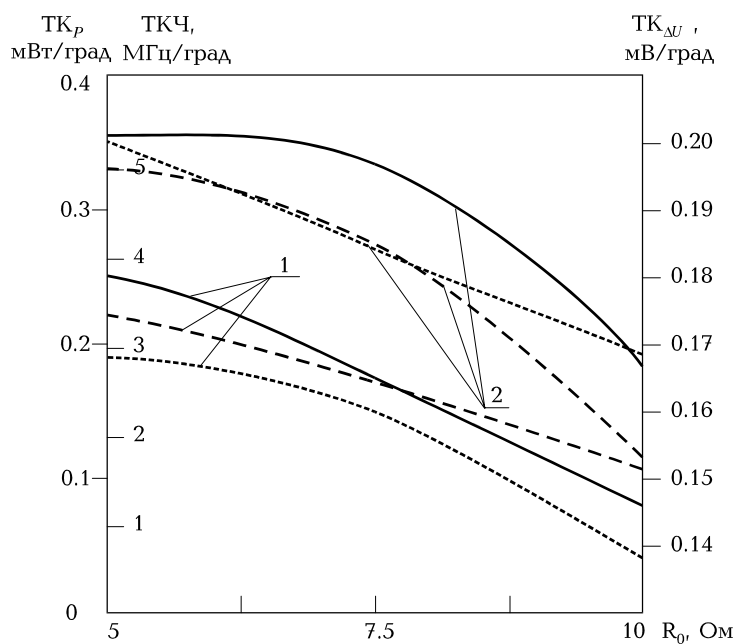
С целью выяснения взаимосвязи сопротивления полупроводниковой структуры в слабых электрических полях с характеристиками выходного сигнала генератора на диоде Ганна, анализировался процесс саморазогрева диода Ганна на основе совместного с системой уравнений Кирхгофа решения нестационарного уравнения теплового баланса, представленного в виде [3]:

$$C_m \frac{dT}{dt} = i(U_{cf}, T)U - \frac{T - T_0}{R_T},$$

где  $T$  и  $T_0$  - температура кристалла диода и окружающей среды,  $R_T$  - полное тепловое сопротивление прибора,  $C_m$  - теплоемкость полупроводникового кристалла.

На основе вышеприведенной модели были проведены расчеты переходного процесса установления стационарного режима работы генератора на диоде Ганна с учетом его саморазогрева. Исследовалось влияние сопротивления полупроводниковой структуры в слабых электрических полях  $R_0 = [qn_0\mu(T)S/d]^{-1}$ , теплового сопротивления прибора  $R_T$  и температуры окружающей среды  $T_0$  на время установления стационарного режима работы генератора на диоде Ганна и его выходные характеристики.

Расчеты температурных коэффициентов частоты ( $TKЧ = \Delta f / \Delta T$ ), мощности ( $TK_P = \Delta P / \Delta T$ ), сигнала автодинного детектирования ( $TK_{DU} = \Delta U / \Delta T$ ) показали, что абсолютные значения величин долговременной неустойчивости основных характеристик, обусловленной изменением температуры окружающей среды, уменьшаются с ростом теплового сопротивления прибора  $R_T$  и сопротивления полупроводниковой структуры диода  $R_0$  в слабых электрических полях. На рисунке приведены зависимости абсолютных значений  $TKЧ$  ( ),  $TK_P$  ( ) и  $TK_{DU}$  ( ) от сопротивления диода  $R_0$  для различных значений величины теплового сопротивления  $R_T$  (1-  $R_T=150$ , 2-  $R_T=100$ ).



Для выяснения связи долговременной нестабильности характеристик выходного сигнала генератора на диоде Ганна, обусловленной изменением условий теплопередачи, были проведены расчеты модуляционной чувствительности по тепловому сопротивлению частоты ( $\Delta f / \Delta R_T$ ), мощности ( $\Delta P / \Delta R_T$ ) и сигнала автодинного детектирования ( $\Delta U / \Delta R_T$ ), показавшие, что абсолютные значения модуляционных

чувствительностей генератора по тепловому сопротивлению уменьшаются с ростом температуры окружающей среды и сопротивления полупроводниковой структуры диода  $R_0$ .

Сравнение расчетных данных с экспериментальными результатами, приведенными в работе [1], показывает их качественное совпадение. Достижение количественного совпадения при определении величин долговременной нестабильности характеристик генератора, получается, как это следует из результатов расчета, при учете одновременного действия со своими знаками нескольких дестабилизирующих факторов, например, изменения условий теплопередачи  $R_T$  и температуры окружающей среды  $T_0$ . Следует отметить также, что количественное изменение величины долговременной нестабильности характеристик генератора на диоде Ганна зависит от причин, вызывающих изменение величины сопротивления диода  $R_0$  в слабом электрическом поле.

На основе математического моделирования показана возможность уменьшения нестабильности выходных характеристик генератора до заданного предела при использовании импульсного питания. При этом длительность импульса питания при заданном пределе нестабильности определяется электрическим сопротивлением кристалла в слабых полях.

#### Литература.

1. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Авдеев А.А. О взаимосвязи характеристик диодов Ганна, работающих в режиме генерации, с их сопротивлением в слабых электрических полях. // ЖТФ. 1995. Т.65. Вып.10. С.194-198.
2. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Авдеев А.А., Бабаян А.В. Эффект автодинного детектирования в генераторе на диоде Ганна с низкочастотным колебательным контуром в цепи питания // Радиотехника и электроника. 1996. Т.46. №12. С.1497-1500.
3. Билько М.И., Томашевский А.К, Шаров П.П, Баймуратов Е.А. Измерение мощности на СВЧ. М.: Сов.радио, 1976. 168 с.
4. Murayama K., Ohmi T. Static Negative Resistance in Highly Doped Gunn Diodes and Application to Switching and Amplification // Japan. J.Appl.Phys. 1973. Vol.12. №12. P.1931-1940.