

Д. А. Усанов, А. В. Скрипаль, А. В. Бабаян

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МНОГОЧАСТОТНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ
ГЕНЕРАТОРОВ НА ДИОДАХ ГАННА**Саратовский государственный университет, Россия, 410026, Саратов, Астраханская
83, тел. (8452)-245445, e-mail: skripal@scnit.saratov.su

Известно, что полупроводниковые приборы СВЧ-диапазона на диодах Ганна, наряду с отрицательной проводимостью в широком диапазоне сверхвысоких частот, могут характеризоваться низкочастотной отрицательной проводимостью [1, 2]. Это приводит к возникновению одновременно с СВЧ-генерацией низкочастотных колебаний в цепи питания диода Ганна [3-5]. При определенных условиях в генераторах на диодах Ганна возможно появление субгармонических колебаний [6] и хаотизации низкочастотных колебаний [7].

При проведении анализа многочастотных режимов работы необходимо учитывать, что по сравнению с приборами вакуумной электроники зависимость параметров твердотельных приборов СВЧ от температуры проявляется гораздо более существенным образом, что обусловлено сильно выраженной зависимостью от температуры свойств полупроводниковых материалов.

При моделировании генераторов на диодах Ганна следует учитывать, что потребляемая ими мощность достигает 2-3 Вт и, вследствие конечности теплового сопротивления прибора, происходит существенный разогрев полупроводникового кристалла, приводящий к более сильному изменению свойств активного полупроводникового элемента.

В настоящей работе приведены результаты численного моделирования работы генератора на диоде Ганна в режиме многочастотной генерации с учетом эффекта разогрева полупроводникового кристалла.

Процесс саморазогрева диода Ганна анализировался на основе совместного с системой уравнений Кирхгофа решения нестационарного уравнения теплового баланса, представленного в виде [8, 9]:

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

где T и T_0 - температура кристалла диода и окружающей среды, R_T - полное тепловое сопротивление прибора, C_m - теплоемкость полупроводникового кристалла. Учитывалось, что разогрев кристалла приводит к изменению вольт-амперной характеристики диода. При этом зависимости $\mu(T)$ и $V_S(T)$ аппроксимировались соотношениями вида:

$$\mu(T) = \mu_0 \cdot 300/T$$

и

$$V_S(T) = V_0 / \left[T \left(1 - 5.3 \cdot 10^{-4} \cdot T \right) \right]$$

соответственно. В результате численного моделирования рассчитывался процесс установления колебаний в генераторе на диоде Ганна с учетом эффекта разогрева на основе анализа временной зависимости тока $i_e(t)$ в нагрузке.

После установления стационарного режима работы генератора с использованием разложения временной зависимости $i_e(t)$ в ряд Фурье рассчитывались гармонические и субгармонические составляющие тока в нагрузке, определялись их амплитуды и рассчитывались мощности гармоник и субгармоник.

С целью выяснения влияния саморазогрева кристалла на спектральный состав выходного сигнала были рассчитаны зависимости относительной мощности второй гармоники от величины теплового сопротивления прибора. Расчеты показали, что увеличение теплового сопротивления прибора, до реально имеющих место на практике значений, приводит к заметному уменьшению величины высших гармоник в спектре выходного сигнала.

Исследования взаимосвязи сопротивления диодов Ганна R_0 в слабых электрических полях со спектром выходного сигнала позволили установить, что использование диодов Ганна с малыми значениями R_0 приводит к уменьшению величины относительной мощности второй гармоники. Эта зависимость становится более выраженной при увеличении теплового сопротивления до значений, имеющих место в экспериментах.

Проведенное численное моделирование позволило описать особенности работы генератора на диоде Ганна в режиме многочастотной генерации при реальных параметрах активного элемента и СВЧ-схемы с учетом тепловых эффектов, обусловленных саморазогревом диода Ганна.

Список литературы.

1. Левинштейн М. Е., Пожела Ю. К., Шур М. С. Эффект Ганна. М.: Сов. радио. 1975. 288 с.
2. Царапкин Д. П. Генераторы СВЧ на диодах Ганна. М.: Радио и Связь. 1981. 112 с.
3. Tsai W. C., Rosenbaum F. I. Bias circuit oscillations in Gunn devices // IEEE Trans. Electron Dev. 1969. Vol. ED-16. №2. P. 196-202.
4. Романюк В. А., Шарифов Т. М. Паразитные колебания в СВЧ-генераторах на активных двухполюсниках // Радиотехника. 1977. Т.32. №5. С. 57-63.
5. Усанов Д. А., Горбатов С. С., Скрипаль А. В. Особенности низкочастотной генерации СВЧ диодов Ганна // Изв. ВУЗов. Сер. Радиоэлектроника. 1981. Т.24. №10. С. 67-69.
6. Усанов Д. А., Вениг С. Б., Горбатов С. С., Семенов А. А. Влияние нелинейности характеристик импеданса диодов Ганна на работу СВЧ-генераторов на их основе // Изв. ВУЗов. Сер. Прикладная нелинейная динамика. 1994. Т.2. №5. С.35-45.
7. Кальянов Э. В. Стохастизация низкочастотных колебаний генераторов на МЭП-диоде // Радиотехника и электроника. 1984. Т.29. №1. С. 83-87.
8. Билько М. И., Томашевский А. К., Шаров П. П., Баймуратов Е. А. Измерение мощности на СВЧ. М.: Сов.радио, 1976. 168 с.
9. Усанов Д. А., Скрипаль А. В., Бабаян А. В. Взаимосвязь сопротивления диода Ганна в слабых электрических полях с термостабильностью и выходной мощностью генераторов на их основе // Изв. ВУЗов. Сер. Электроника. 1997. №5. С.31-36.