

УДК 621.382

ВЛИЯНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДИОДОВ ГАННА В СЛАБЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕНЕРАТОРОВ НА ИХ ОСНОВЕ

А. В. Бабаян

Саратовский государственный университет

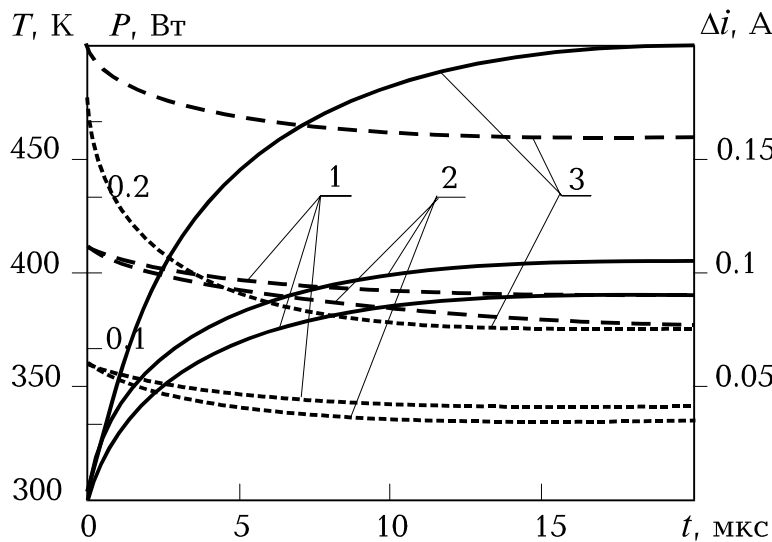
Известно, что в генераторах на диодах Ганна наблюдается существенное различие генерируемой мощности, долговременной нестабильности мощности и частоты при использовании диодов Ганна одного и того же типа в одной и той же конструкции генератора и при одном и том же источнике питания. Было установлено [1], 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 путем использования низкоомных диодов ведет к существенному увеличению долговременной нестабильности мощности и частоты генераторов. Установленная экспериментально закономерность представляет значительную практическую ценность, так как оказывается возможным по легко измеряемым параметрам диодов на постоянном токе прогнозировать основные характеристики диодных СВЧ-генераторов. Однако теоретическое описание взаимосвязи сопротивления полупроводниковой структуры в слабых электрических полях с характеристиками генераторов на диодах Ганна отсутствовало, что затрудняло понимание обуславливающих ее физических причин.

С целью выяснения такой взаимосвязи физические процессы в диоде Ганна анализировались на основе совместного с системой уравнений Кирхгофа [2] решения нестационарного уравнения теплового баланса [3]. Были проведены расчеты переходного процесса установления стационарного режима работы генератора на диоде Ганна с учетом его саморазогрева. На рис. 1 представлены зависимости генерируемой мощности P (пунктирная линия), величины изменения постоянного тока Δi (точечная линия) в цепи питания диода Ганна, температуры кристалла диода T (сплошная линия) от времени t после включения постоянного смещения для диодов с различными значениями сопротивления R_0 и теплового сопротивления R_T . Как следует из результатов расчета, приведенных на рис. 1, уровень генерируемой диодом Ганна мощности и величина изменения постоянного тока в стационарном режиме увеличиваются с уменьшением сопротивления R_0 и теплового

сопротивления прибора R_T .

Расчеты температурных коэффициентов частоты ($TKЧ = \Delta f / \Delta T$), мощности ($TK_P = \Delta P / \Delta T$), изменения тока ($TK_{Di} = \Delta i / \Delta T$) показали, что абсолютные значения величин долговременной нестабильности основных характеристик, обусловленной изменением температуры окружающей среды, уменьшаются с ростом теплового сопротивления прибора R_T и сопротивления R_0 .

Для определения величины долговременной нестабильности характеристик выходного сигнала генератора на диоде Ганна, обусловленной изменением условий теплопередачи, были проведены



- 1 - $R_0=10$ Ом, $R_T=100$ град/Вт,
- 2 - $R_0=10$ Ом, $R_T=150$ град/Вт,
- 3 - $R_0=5$ Ом, $R_T=100$ град/Вт.

Рис. 1.

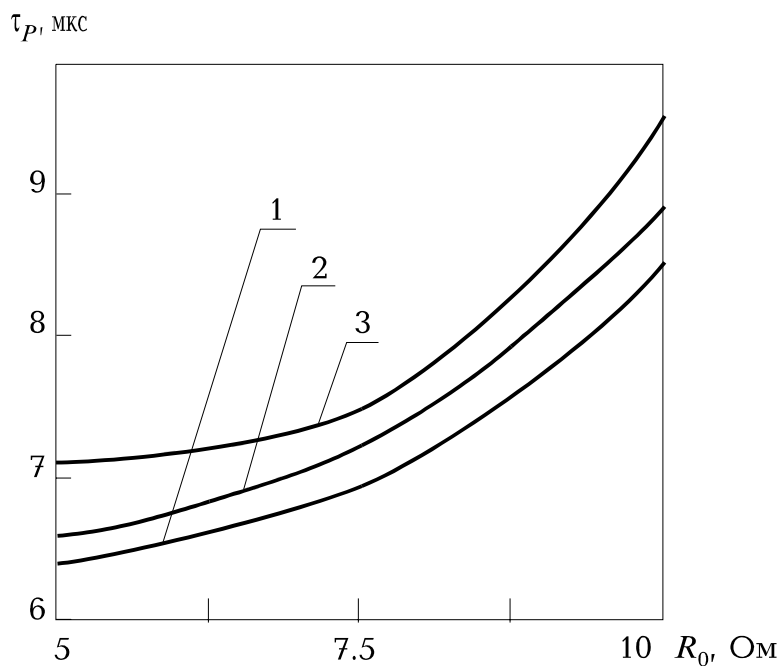
расчеты модуляционной чувствительности по тепловому сопротивлению частоты ($\Delta f / \Delta R_T$), мощности ($\Delta P / \Delta R_T$) и изменению постоянного тока в цепи питания диода Ганна ($\Delta i / \Delta R_T$), показавшие, что абсолютные значения модуляционных чувствительностей генератора по тепловому сопротивлению уменьшаются с ростом температуры окружающей среды и сопротивления 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 . Определение взаимосвязи этих параметров в реальном приборе является самостоятельной, достаточно сложной задачей.

Следует отметить также, что количественное изменение величины долговременной нестабильности характеристик генератора на диоде Ганна зависит от причин, вызывающих изменение величины сопротивления

диода R_0 . Так, например, уменьшение величины R_0 в 2 раза, вследствие увеличения подвижности носителей заряда $\mu(T)$, приводит к двукратному увеличению нестабильности характеристик выходного сигнала генератора по сравнению с аналогичным уменьшением R_0 , вследствие увеличения сечения кристалла S или концентрации носителей заряда n_0 . Расчеты показывают, что это связано с меньшим саморазогревом кристалла диода, происходящим при увеличении μ , по сравнению с саморазогревом, происходящим при аналогичном увеличении S или n_0 . Следует также принять во внимание, что увеличение S или n_0 приводит к более



- 1 - $T_0=290$ К,
- 2 - $T_0=300$ К,
- 3 - $T_0=310$ К.

Рис. 2.

на него прямоугольного импульса питания для различных значений R_0 и R_T и длительности импульса τ_p . Минимальный период следования импульсов, при котором обеспечивается режим остывания увеличивается с увеличением длительности импульса. Эта зависимость заметно усиливается, если τ_p становится соизмеримым со временем остывания.

В результате расчетов было также установлено, что максимальная длительность импульса питания τ_p , при которой обеспечивается определенное значение уровня нестабильности выходного сигнала

значительному увеличению выходной мощности генерируемого излучения, чем увеличение $\mu(T)$.

В работе [1] приведены результаты экспериментальных исследований, из которых следует, что при использовании импульсного питания уменьшается нестабильность выходных характеристик генератора по сравнению со случаем, когда генератор запитывается от источника постоянного напряжения.

Проведен расчет зависимости температуры кристалла диода от времени при воздействии

генератора на диоде Ганна, обусловленной изменением условий теплопередачи и температуры окружающей среды (Рис.2), увеличивается с ростом сопротивления полупроводниковой структуры диода.

Таким образом, с помощью моделирования электрических и теплофизических параметров диода Ганна описана экспериментально наблюдающаяся взаимосвязь сопротивления диодов в слабых электрических полях с характеристиками СВЧ-генераторов на их основе, что позволяет по легко измеряемым параметрам диодов на постоянном токе прогнозировать основные характеристики диодных СВЧ-генераторов.

Из полученных результатов, в частности, следует также, что, используя диоды с низким значением R_0 , соответствующим выбором τ_p можно добиться повышения максимальной генерируемой мощности при сохранении уровня нестабильности сигнала.

Библиографический список

1. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Авдеев А.А. // ЖТФ. 1995. Т.65. Вып.10. С.194-198.
2. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Авдеев А.А., Бабаян А.В. // 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. // Japan. J.Appl.Phys. 1973. Vol.12. 12. P.1931-1940.
5. Mulmom P.J., Hobson G.S., Taylor B.C. Transferred electron devices. London, New York: Academic Press, 1972. 402 p.