3. Дмитриева Г. А., Михайлова Н. А. Влияние насыщения потока наносами на его кинематическую структуру.— Тезисы докл. Всесоюзн. совещ. «Состояние и пути развития научных исследований по селевой проблеме и проектированию противоселевых сооружений». Тбилиси, 1974. 141 с.

Поступила в редакцию
17.07.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1980, Т. 21, № 6

УДК 621.385

Р. В. ЛЕБЕДЕВ, Ю. А. ПИРОГОВ

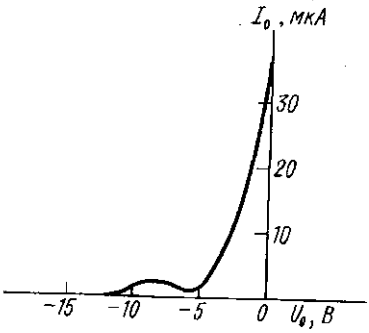
АВТОДИННОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ НА ОТРАЖАТЕЛЬНОМ КЛИСТРОНЕ С РЕГИСТРАЦИЕЙ ОТКЛИКА В ЦЕПИ ОТРАЖАТЕЛЯ

Высокая чувствительность отклика автоколебательной системы на внешнее воздействие традиционно привлекает внимание исследователей ([1—5] и др.). В настоящей работе также обсуждается один из неавтономных режимов генератора колебаний, а именно автодинный режим отражательного клистрона как высокочувствительного приемника слабых СВЧ-сигналов.

Автодинное детектирование на отражательном клистроне широко применяется в радиоспектроскопии [1, 2], причем отклик генерирующего клистрона на принимаемое излучение обычно регистрируется в цепи резонатора клистрона или, что по существу то же самое, в катодной цепи. При этом детекторный ток ΔI_p (изменение под действием сигнала СВЧ тока резонатора или катода) наблюдается на фоне значительной по величине постоянной составляющей I_p, т. е. при высоком уровне собственных шумов детектора, пропорциональных $\sqrt{I_p}$ при дробовой их природе.

В настоящем сообщении предлагается осуществлять регистрацию детекторного тока автодина в цепи отражателя клистрона, работающего в режиме отсечки тока на отражатель. В таком режиме небольшой ток I_0 быстрых электронов, содержащий и детекторную составляющую ΔI_0, проходит на отражатель, формируя отклик на принимаемый сигнал. При этом клистрон работает на дальних зонах генерации с высокими номерами и генерирует несколько меньшую, чем в нормальном режиме генерации, мощность, достаточную, однако, практически для всех известных применений автодинного детектирования (обычно отражательные клистроны трехсантиметрового диапазона работают на зонах с номерами $n=6$—7 и генерируют мощность не более 10 мВт [6]. Исследование клистронов трехсантиметрового диапазона в автодинном режиме с регистрацией отклика в цепи отражателя проводилось при напряжении отражателя около —10 В и мощности генерации $P \simeq 1$—5 мВт на зонах с номерами $n=8$—10. Типичная вольт-амперная характеристика (ВАХ) цепи отражателя клистрона-автодина имеет вид, показанный на рисунке. Ее характерной особенностью является наличие N-образного участка в области значительных отрицательных напряжений U_0 на отражателе: ВАХ клистронных детекторов, работающих в пассивном режиме [7, 8], не имеет такой особенности. Эксперимент показывает, что при подаче на вход генерирующего клистрона сигнала с частотой, близкой к частоте генерации, ток

I_0 на склонах выпуклости ВАХ изменяется на величину ΔI_0, пропорциональную мощности регистрируемого сигнала. При этом были обнаружены значения токовой чувствительности около 1 А/Вт, т. е. того же порядка, что и у детекторов на «пассивных» клистронах [7], и у автодинов с откликом в цепи резонатора [1, 2]. Нами специально были поставлены эксперименты, показавшие, что, несмотря на большую разницу в токах резонатора (~ 10 мА) и отражателя ($\leqslant 10$ мкА), отклик в цепи отражателя может быть сделан не меньшим, чем в резонаторной цепи. Но поскольку токи отражателя на 3—4 порядка меньше, чем в цепи резонатора, то выигрыш в отношении сигнал/шум при регистрации отклика в цепи отражателя составляет величину в 1,5—2 порядка. В самом деле, полагая, что сигналы отклика в цепях резонатора $\Delta I_р$ и отражателя ΔI_0 соответственно составляют



$$\Delta I_р = k_р P \text{ и } \Delta I_0 = k_0 P, \tag{1}$$

а шумовые компоненты в полосе 1 Гц имеют величину

$$\delta I_{рш} = \sqrt{2eI_р} \text{ и } \delta I_{ош} = \sqrt{2eI_0}, \tag{2}$$

то для отношения сигнала к шуму имеем

$$\frac{\Delta I_р}{\delta I_{рш}} = \frac{k_р P}{\sqrt{2eI_р}} \text{ и } \frac{\Delta I_0}{\delta I_{ош}} = \frac{k_0 P}{\sqrt{2eI_0}}, \tag{3}$$

где $k_р$ и k_0 — токовые чувствительности детектирования в цепях резонатора и отражателя соответственно.

Выигрыш W в отношении сигнал/шум дается как частное от деления отношений (3)

$$W = \left(\frac{\Delta I_0}{\delta I_{ош}}\right) : \left(\frac{\Delta I_р}{\delta I_{рш}}\right) = \frac{k_0}{k_р}\sqrt{\frac{I_р}{I_0}}, \tag{4}$$

откуда при $k_0 \cong k_р$ получаем искомое

$$W = \sqrt{\frac{I_р}{I_0}} \simeq 3 \cdot 10 - 10^2.$$

Из (3) следует, что пороговая чувствительность автодина с откликом в цепи отражателя может достигать при $I_0 \simeq 10$ мкА и $k_0 \simeq 1$ А/Вт по крайней мере значения NEP $\simeq 10^{-12}$ Вт/Гц$^{1/2}$. В проведенных нами экспериментах измеренная чувствительность детектирования составила величину NEP $\simeq 10^{-11}$ Вт/Гц$^{1/2}$ при несогласованном выходе детектора и при ограничении шумами усилителя низкой частоты. Но и эта величина была значительно лучше полученной ранее чувствительности автодинных детекторов с регистрацией отклика в резонаторной цепи [1]. Не останавливаясь пока на теории автодинного детектирования с откликом в цепи отражателя, заметим лишь, что она может быть построена на основе известной теории клистронных генераторов [9] и кинематической теории электронно-волновых детекторов [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алахов Е. К. Прибор на отражательном клистроне в автодинном режиме на волне 3,2 см для измерения круговых диаграмм вторичного излучения.— Изв. вузов. Приборостроение, 1965, № 2, с. 28—33.
2. Гершензон Е. М., Путилов П. А. Автодинный радиоспектрометр 8-мм диапазона на отражательном клистроне. — Приборы и техника эксперимента, 1970, № 2, с. 144—147.
3. Туманов Б. Н., Бузыкин В. Т., Риттель Ф. Г. Расчет автодинной чувствительности на резонансной ЛОВ.— В кн.: Радиофизика и исследования свойств вещества. Омск, 1976, с. 42—46.
4. Кузнецов О. В. Исследование автодина на ЛПД.— Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1979, № 7, с. 52—57.
5. Тамарчак Д. Я., Хотунцев Ю. Л. Поведение синхронизованного генератора при воздействии сильных сигналов с изменяющейся частотой.— Радиотехника и электроника, 1977, 22, № 7, с. 1432—1438.
6. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ. Т. 2. М., 1972, с. 375.
7. Девятков М. Н., Костиенко А. И., Пирогов Ю. А., Романюк С. К. Исследование отражательных клистронов в режимах детектирования и смешения.— Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1970, № 9, с. 86—90.
8. Лебедев Р. В. Детектирование на отражательных клистронах сантиметрового диапазона.— Вестн. Моск. ун-та. Физ., астрон., 1978, 19, № 6, с. 64—67.
9. Гвоздовер С. Д. Теория электронных приборов СВЧ. М., 1956, с. 527.
10. Пирогов Ю. А. О механизме детектирования СВЧ-сигналов с помощью отражательных клистронов.— Вестн. Моск. ун-та. Физ., астрон., 1971, 12, № 6, с. 661—667.

Поступила в редакцию
09.07.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1980, Т. 21, № 6

УДК 621.317.33; 539.378.6

М. Н. ДЕВЯТКОВ, Г. И. ДЬЯКОНОВ

ЗАВИСИМОСТЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТГС ОТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ОБРАЗЦОВ В ВОСЬМИМИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Исследования диэлектрических характеристик сегнетоэлектрических материалов в диапазоне СВЧ представляет интерес как с точки зрения создания различных устройств этого диапазона на основе сегнетоэлектриков, так и с точки зрения изучения физических процессов в самих материалах. Последнее представляет особый интерес для некоторых сегнетоэлектриков типа «порядок-беспорядок», например для ТГС, где динамика полярных атомных групп [1] обусловливает дисперсию диэлектрической проницаемости в области частот, относящихся к диапазону СВЧ. Экспериментальным исследованиям таких свойств ТГС был посвящен ряд работ, в которых авторы пользовались короткозамкнутым отрезком волновода с образцами резонансной толщины [2, 3], коаксиальной линией [4, 5] и с применением измерительного конденсатора [6]. Характерной особенностью ТГС в этом диапазоне частот является наличие минимума зависимости диэлектрической проницаемости от температуры в окрестности точки Кюри. Следует отметить, однако, что глубина минимума и частота, с которой начинается уменьшение диэлектрической проницаемости, у разных авторов имеют различные значения, что объяснялось различиями в дефектности структуры кристаллов [1].