

СИНХРОНИЗАЦИЯ АНТЕНН-ГЕНЕРАТОРОВ ВНЕШНИМ СВЧ ОБЛУЧЕНИЕМ

Любченко В. Е., Юневич Е. О., Котов В. Д., Калинин В. И.

Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники Российской академии наук
пл. Введенского, 1, г. Фрязино, 141190, Россия
тел.: 496-5652674

Аннотация — Экспериментально исследована возможность синхронизации внешним сигналом СВЧ генераторов, представляющих собой антенны логопериодического типа на диэлектрической подложке с полевыми транзисторами в качестве активных элементов. Показана возможность синхронизации автогенераторов с собственной частотой 10 ГГц в полосе до 100 МГц а также существенного улучшения спектральных характеристик сигнала и увеличения эффективности генерации за счет взаимодействия с синхросигналом.

I. Введение

Создание источников излучения в виде активных антенн или антенн-генераторов (АГ) — интегральных модулей, в которых активный элемент монтируется непосредственно на антенну без промежуточных фидеров, а также сложение мощностей таких излучателей в пространстве является эффективным способом повышения выходной мощности полупроводниковых генераторов СВЧ и КВЧ диапазона [1]. Исследование эффекта взаимной синхронизации АГ полем распространяющейся в подложке волны [2] показало сложность синфазного сложения мощностей для числа генераторов больше двух. Задача может быть решена синхронизацией большого числа АГ внешним источником.

II. Основная часть

АГ на основе микрополосковой антенны логопериодического типа с частотой генерации 10 ГГц облучалась электромагнитным полем внешнего источника. При сближении частоты синхросигнала и собственной частоты АГ наблюдалось подтягивание последней к частоте синхросигнала, возникновение асинхронного взаимодействия с образованием комбинационных частот и скачкообразный захват частоты антенны-генератора в некоторой полосе, зависящей от интенсивности облучения (рис.1 кривая 1).

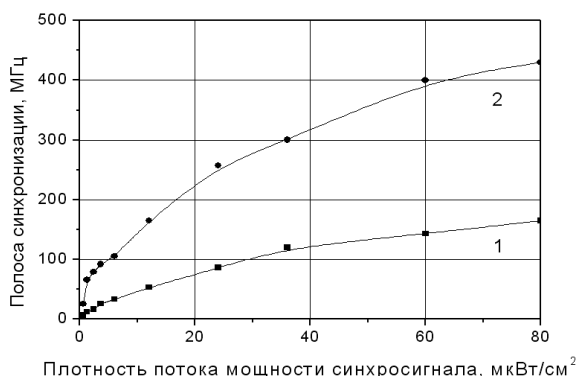


Рис. 1. Полоса синхронизации в зависимости от мощности синхросигнала.

Fig. 1. The dependence of the synchronization bandwidth vs. the synchronosignal power

При перестройке частоты синхросигнала после захвата частота антенны-генератора перестраивается в более широком диапазоне (кривая 2). Мощность излучения автономно работающей активной антенны

равнялась примерно 10 мВт, а мощность синхросигнала, необходимая для синхронизации в полосе, например, 60 МГц составляла порядка 0,25 мВт.

Измерения спектров сигналов (Рис. 2) показывают, что при синхронизации ширина спектральной линии сигнала уменьшается и приближается к спектру синхросигнала. Также уменьшается долговременная нестабильность частоты. Исследование синхронизации внешним сигналом матрицы антенн-генераторов показало, что взаимосвязь антенн через поверхностные волны в подложке является мешающим фактором и требуется значительно большая мощность синхросигнала для захвата и перестройки частоты синхронного излучения всех элементов матрицы.

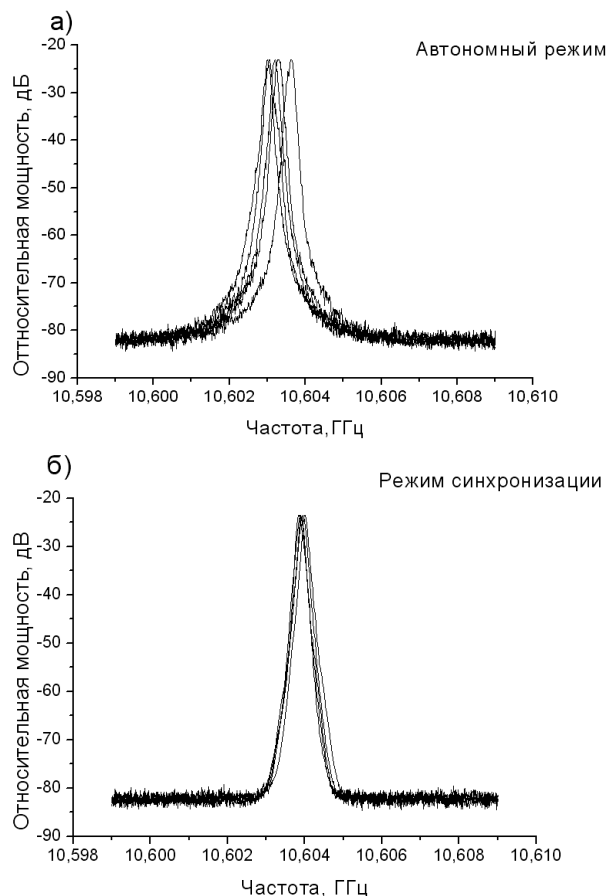


Рис. 2. Спектры излучения АГ в автономном режиме (а) и в режиме синхронизации внешним сигналом (б).

Fig. 2. Radiation spectrum of AO: a) selected operation; b) with an external synchronization signal

Поскольку наличие синхросигнала эквивалентно увеличению глубины положительной обратной связи в генераторе, был поставлен эксперимент по оценке возрастания мощности генерации под воздействием внешнего синхросигнала (рис.3). При этом форма ДН

антенны-генератора не меняется и, следовательно, наблюдаемое изменение мощности в точке приема, вызвано увеличением полной мощности АГ т.е. увеличением коэффициента полезного действия (к.п.д.) генератора.

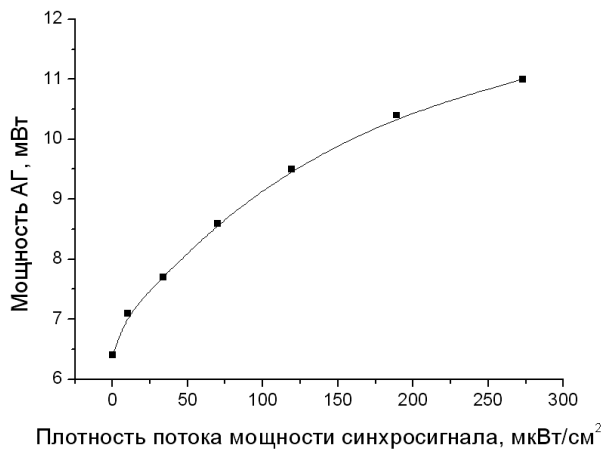


Рис. 3. Увеличение выходной мощности АГ при облучении ее внешним синхросигналом

Fig. 3. Increasing of AO output power under irradiation with an external synchronizing signal

Как видно из рисунка, при подаче на АГ мощности синхросигнала около 1 мВт (плотность потока мощности, умноженная на эффективную площадь антенны) мощность АГ увеличивается почти вдвое.

III. Заключение

Экспериментально показано, что воздействие на антенну-генератор внешнего СВЧ поля позволяет синхронизировать автоколебания АГ в диапазоне порядка 100 МГц, что превышает случайный разброс частот автоколебаний отдельных генераторов в антенной решетке. Кроме того, внешняя синхронизация существенно улучшает параметры сигнала АГ – уменьшает ширину спектральной линии, уменьшает нестабильность частоты, позволяет увеличить эффективность (к.п.д.) генерации.

IV. Список литературы

- [1] Любченко В. Е. Фундаментальные ограничения и перспективы применения полупроводниковых приборов в радиосистемах миллиметрового диапазона волн // Радиотехника. 2002. № 2. С. 16.
- [2] Сложение мощностей и синхронизация излучения активных антенн на полевых транзисторах в СВЧ диапазоне / В. И. Калинин, В. Д. Котов, В. Е. Любченко, Е. О. Юневич // Радиотехника и электроника. 2010. Т. 55. № 8. С. 1.

SYNCHRONIZATION OF THE ANTENNA-OSCILLATORS WITH EXTERNAL MICROWAVE IRRADIATION

Lyubchenko V. E., Yunevich E. O., Kotov V. D.,
Kalinin V. I.

*Institute of Radio Engineering and Electronics,
Russian Academy of Sciences
1, Vvedensky sq., Fрязино, 141190, Moscow Rgn.,
Russia*

Abstract — Power combining in the array of microwave oscillators, consisted of log-periodical antennas with field-effect transistors as active elements, is experimentally studied. The opportunity for considerable improvement of the oscillation efficiency due to the mutual synchronization is shown and conditions of the radiation pattern formation are defined.

I. Introduction

Design and fabrication of power sources in the form of active antenna or antenna-oscillator (AO) and space power combining with such oscillators is an effective way for increasing of the output power of semiconductor oscillators for microwave and millimeter wave frequency region [1]. In this work we have studied the synchronization of field-effect transistor AO with external microwave irradiation and opportunities for the set-up optimization for effective power combining.

II. Main Part

The AO, based on the log-periodic microstrip antenna, operating at 10 GHz was irradiated with external microwave signal. When the frequency of the synchronizing signal became close to the operation frequency of AO, asynchronous interaction and frequency capture were observed in the bandwidth, depending on the intensity of the external irradiation (Fig. 1, curve 1).

Variation of the synchronizing frequency in the case of frequency capture results in wider band of AO frequency variation (curve 2). Output power of the separately operating AO was 10mW, and synchronizing power, necessary for the synchronization of AO in the frequency band, e.g. 60MHz, was 0.25mW.

Measuring of AO radiation spectrum shows (Fig. 2), that in the case of synchronization the width of the spectrum line decreases and is close to the spectrum of the synchronizing signal. The long-term frequency instability also decreases.

The experiments on the synchronization of the array of AO show, that interaction of the waves, extended in the dielectric substrate is a protecting factor and higher power is necessary for the frequency capture and variation with external irradiation.

As the external irradiation can be considered as feedback signal, AO output power was measured (Fig 3). It is seen, that under the external irradiation output power considerably increases. The radiation pattern is not changed in this case, so the positive effect can be explained as a sequence of generation efficiency improvement.

III. Conclusions

It is shown, that external microwave irradiation results in the synchronization of antenna-coupled field-effect transistor oscillators in the frequency band ~100MHz, that is more, than the random discrepancy of their oscillation frequencies in the active array. Besides, the external signal synchronization improves the characteristics of the AO – it decreases the wideband of the generation spectrum and long-term instability, allows increasing the oscillation efficiency.