

# ГЕНЕРАЦИЯ СВЧ КОЛЕБАНИЙ В ЛОГОПЕРИОДИЧЕСКОЙ АНТЕННЕ, ИНТЕГРИРОВАННОЙ С ПОЛЕВЫМ ТРАНЗИСТОРОМ

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

Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники Российской академии наук  
пл. Ак. Введенского 1, г. Фрязино, Московская обл., 141190, Россия  
тел: (496)5652414

**Аннотация** – Экспериментально исследована генерация СВЧ колебаний в гибридной интегральной схеме, состоящей из полевого транзистора и микрополосковой антенны логопериодического типа на диэлектрической подложке. Наблюдалась генерация как на основной гармонике, так и на более высоких частотах, соответствующих резонансам антенны в диапазоне от 6 до 60 ГГц. Изучены возможности оптимизации конструкции генератора применительно к условиям работы в сантиметровом и миллиметровом диапазонах длин волн.

## I. Введение

Проведенные ранее [1,2] исследования генератора в виде планарной логопериодической антенны с включенным в ее плечи диодом Ганна показали работоспособность такой конструкции в широком диапазоне частот. При этом были выявлены и недостатки, связанные с использованием диода Ганна в качестве активного элемента, а именно низкий, ~1%, к.п.д. и ограниченная возможность перестройки частоты. Использование полевого транзистора обеспечивает возможность возбуждения колебаний на частотах, определяемых параметрами колебательного контура нагрузки и обеспечивает более высокий к.п.д. генерации. В настоящей работе исследованы условия возбуждения колебаний и возможности оптимизации конструкции генератора на основе планарной антенны логопериодического типа и полевого транзистора как источника излучения сантиметрового и миллиметрового диапазона волн.

## II. Основная часть

В качестве основы для построения генератора были выбраны известные [3,4] способы включения транзистора в антенну (Рис.1). Резонансные частоты в антенне данного типа определяются длиной зубцов (около четверти длины волны) [5]. Был применен корпусной транзистор NE3210S01. Постоянные напряжения на затвор и на сток подавались непосредственно на лепестки антенны, а общая точка (земля) через металлизированные отверстия в подложке к истоку транзистора. При необходимости конструкция дополнялась сферическим зеркалом, образующим с плоским металлическим экраном открытый резонатор.

Для проведения исследований в сантиметровом диапазоне волн была изготовлена партия антенн различного размера, рассчитанных по нижней (основной) резонансной частоте на генерацию в диапазоне от 8 до 15 ГГц. Частота генерации измерялась с помощью анализатора спектра HP 8566-A. Было обнаружено, что частота генерации однозначно определяется размерами антенн, а именно длиной зубцов. Для выяснения влияния расстояния между плоскостью антенны и металлическим экраном на параметры генерируемого сигнала было изготовлено приспособление, позволяющее с помощью микрометрической подачи перемещать металлический экран с тыльной стороны не металлизированной подложки из диэлектрика с малой  $\epsilon$  и толщиной 0,5 мм,

изменяя таким образом общее расстояние между плоскостью антенны и экраном  $d$  от 0,5 до 15 мм.

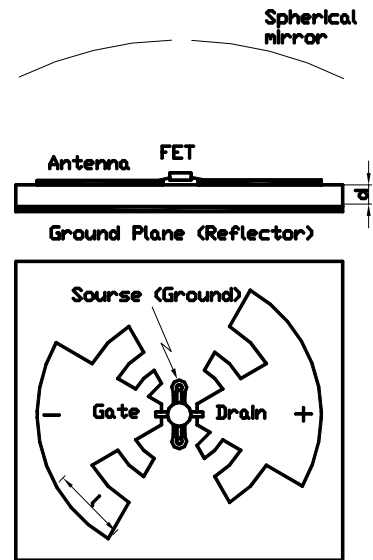


Рис. 1. Конструкция антенны с транзистором:  $d$  – толщина подложки,  $l$  – длина зубца.

Fig. 1. Integration of the antenna with a transistor:  $d$  – dielectric substrate thickness;  $l$  – tooth length

На рис. 2. приведен в качестве примера спектр излучения антенны при  $d = 0,1\lambda$ . Наблюдаются, кроме основной гармоники, также вторая и третья. Ширина спектральной линии не превышает 500 КГц на уровне -30 дБ.

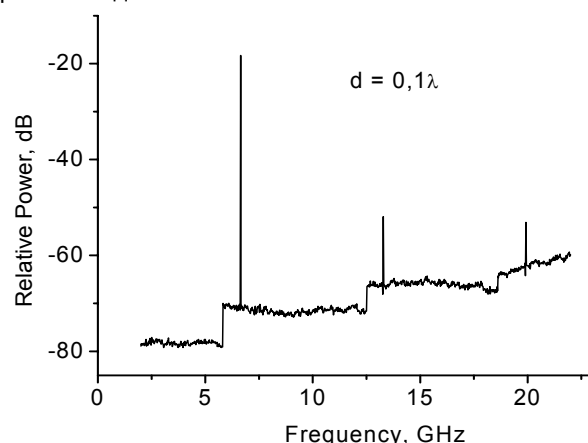


Рис. 2. Спектр излучения активной антенны.

Fig. 2. Active antenna radiation spectrum

При увеличении  $d$  до величины примерно в четверть длины волны спектр становится одночастотным, а мощность генерации резко возрастает. Напротив, при уменьшении  $d$  наблюдается многочастотный режим.

# MICROWAVE OSCILLATIONS IN LOG-PERIODIC ANTENNA INTEGRATED WITH A FIELD-EFFECT TRANSISTOR

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*

Для проведения исследований в миллиметровом диапазоне были изготовлены образцы логопериодических антенн на подложках из поликора размером  $8 \times 8 \text{ мм}^2$  и толщиной 0,5 мм. Антенны рассчитывались на две основные частоты - 22 и 32 ГГц. В качестве активных элементов были использованы экспериментальные бескорпусные полевые транзисторы с максимальной рабочей частотой 40 ГГц. Генерация наблюдалась только при помещении образца в открытый резонатор. При его перестройке можно было получать генерацию в диапазоне частот от 22 до 58 ГГц. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1.  
Table 1.

№ обр	Частота расчетная, ГГц		Частота/Мощность измеренная, ГГц/, мВт	
	1 гарм.	2 гарм.	1 гарм.	2 гарм.
1	22	44	22/0,8	42/0,1
2	32	64	36/1	58/0,1

Полученные данные свидетельствуют о том, что частота колебаний определяется в основном геометрией антенны, а выходная мощность и, в том числе, возможность генерации высших гармоник, определяется толщиной диэлектрика и настройкой открытого резонатора.

## III. Выводы

1. Микрополосковая антенна логопериодического типа может служить конструктивной основой для создания полупроводниковых источников излучения в виде миниатюрных интегральных модулей, а также составленных из них многоэлементных матриц, в том числе в миллиметровом диапазоне волн.

2. При использовании транзистора в качестве активного элемента наиболее эффективна генерация на низшей резонансной частоте антенны, однако при надлежащем выборе толщины диэлектрической подложки ( $d \sim \lambda/4$ ) возможно получение колебаний на второй и третьей гармониках.

Работа выполнялась при поддержке РФФИ (проект № 07-07-00009)

## IV. Список литературы

- [1] Любченко В. Е., Котов В. Д., Юневич Е. О. Активная микрополосковая антенна с диодом Ганна. Радиотехника и электроника, 2003. **48**, вып. 10, с. 1270.
- [2] Любченко В. Е., Котов В. Д., Юневич Е. О. Планарный излучатель оригинальной конструкции для медицинской аппаратуры/ Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2003. вып. 10, с. 62-64.
- [3] Xiao Dong Wu and Kai Chang. Dual FET Active Patch Elements for Spatial Power Combiners. IEEE Trans. on MTT, 1995, **43**, p. 26-30.
- [4] Masami Murata, Toshiaki Matsui, Masato Tanaka and Shingo Ohmori. Active radiating butterfly antenna. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 1997-Digest, **4**, p. 2464-2467.
- [5] Compton R. C. McPhedran R. C. Popovich Z. Rebeiz G. M. et al. Bow – Tie Antennas on Dielectric Half – Space: Theory and Experiment. IEEE Trans. on Antennas and Prop., 1987, **AP-35**, p. 622-631.

*Abstract* – Microwave oscillations in the hybrid integrated circuit consisted of field-effect transistor and microstrip log-periodical antenna is experimentally studied. The oscillations were observed both at the basic resonant frequency of the antenna and at the harmonics from 6 GHz to 60 GHz. The opportunities for set-up optimization were studied in application to millimeter wave frequency region.

## I. Introduction

It had been shown in [1,2], that active log-periodical antenna with Gunn diode can be a small-size millimeter wave oscillator. The disadvantage is the low efficiency (~1%) and limited opportunities for frequency variation. Employing of field-effect transistor as an active element offers more high efficiency and generation at the frequencies, depending on the resonant circuit. In this work we have studied the oscillation conditions and opportunities for the set-up optimization, based on the coplanar log-periodical antenna and FET, as a millimeter wave radiation source.

## II. Main Part

The set-up was based on the known transistor/antenna arrangement [3,4]. It is shown at Fig. 1.

The resonant frequencies for such type of the antenna are predicted with the teeth lengths [5]. It was confirmed in the experiment at microwave frequencies. The packaged NE3210S01 was used. The dielectric substrate ( $d=0.5 \text{ mm}$ ) was not metallized at the back side and dielectric constant was low enough ( $\epsilon \sim 3$ ). The role of the metallic screen was specially studied. The metallic plate was precisely moved by screw, changing the distance from 0.5 mm to 15 mm. When the distance was close to  $\lambda/4$ , one (basic) mode was observed with a maximum output power, when there was  $d \sim 0,1\lambda$ , we had two harmonics besides of the basic frequency (Fig. 2). If there was no metallic screen, no generation was found.

For the measurements in millimeter wave frequency range microstrip antennas were fabricated at the  $8 \times 8 \text{ mm}^2$  ceramics wafers. The sizes were corresponding to basic frequencies 22 GHz and 32 GHz. FET in the form of non-packaged chip was placed, as it is shown at Fig. 1. The oscillations were observed only if the additional spherical mirror was placed at the antenna side that formed the open resonator. The results are in the table.

The received data show, the oscillation frequency depends mostly on the antenna geometry, in particular on the teeth sizes, but the output power and high harmonic generation can be varied with dielectric thickness and open resonator tuning.

## III. Conclusions

1. Log-periodic microstrip antenna can be employed as a basic element for microwave and millimeter wave semiconductor power sources, been made both as small-size integrated modules and multiunit arrays.

2. If the transistor is used as an active element, the generation at basic resonant frequency is most effective, but with the appropriate choice of dielectric thickness ( $d \sim \lambda/4$ ) oscillations at the second and third harmonics are possible.