



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2325724

**СВЧ-ГЕНЕРАТОР НА ВИРТУАЛЬНЫХ КАТОДАХ**

Патентообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2006132979

Приоритет изобретения 13 сентября 2006 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 27 мая 2008 г.

Срок действия патента истекает 13 сентября 2026 г.

*Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам*



Б.П. Симонов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006132979/09, 13.09.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
13.09.2006

(45) Опубликовано: 27.05.2008 Бюл. № 15

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 46884 U1, 27.07.2005. RU 2252478  
C2, 20.05.2005. RU 46613 U1, 10.07.2005. US  
5113154 A, 12.05.1992.

Адрес для переписки:

410012, г.Саратов, ул. Московская, 155, СГУ,  
ПЛО, О.И. Куприяновой, рег. № 330

(72) Автор(ы):

Филатов Роман Андреевич (RU),  
Храмов Александр Евгеньевич (RU),  
Калинин Юрий Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

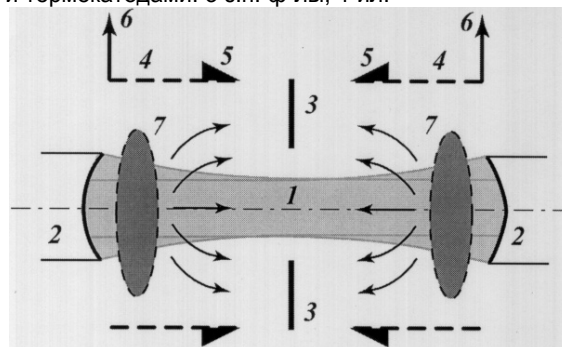
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Саратовский государственный университет им.  
Н.Г. Чернышевского" (RU)

## (54) СВЧ-ГЕНЕРАТОР НА ВИРТУАЛЬНЫХ КАТОДАХ

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам для генерирования широкополосных хаотических СВЧ-колебаний среднего и малого уровней мощности и может быть использовано в различных системах радиолокации, радиопротиводействия, системах связи на основе хаотических сигналов, установках промышленного применения, а также в устройствах медицинского назначения. Достижимым техническим результатом изобретения является создание миниатюрного низковольтного источника управляемых широкополосных шумоподобных колебаний малого уровня мощности сантиметрового и миллиметрового диапазона длин волн. Сущность изобретения заключается в том, что СВЧ-генератор содержит два источника электронов в виде двух термокатодов с общим ускоряющим анодом и электродинамическую систему с двумя выводами энергии, при этом

термокатоды расположены с противоположных сторон от ускоряющего анода с возможностью создания встречных электронных потоков. Ускоряющий анод выполнен в виде диафрагмы., а перечисленные элементы генератора расположены с возможностью формирования виртуальных катодов в пространстве между ускоряющим анодом и термокатодами. 3 з.п. ф-лы, 1 ил.



RU 2 3 2 5 7 2 4 C 1

RU 2 3 2 5 7 2 4 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2006132979/09, 13.09.2006**(24) Effective date for property rights: **13.09.2006**(45) Date of publication: **27.05.2008 Bull. 15**

Mail address:

**410012, g.Saratov, ul. Moskovskaja, 155, SGU,  
PLO, O.I. Kuprijanovoj, reg. № 330**

(72) Inventor(s):

**Filatov Roman Andreevich (RU),  
Khramov Aleksandr Evgen'evich (RU),  
Kalinin Jurij Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie  
vysshego professional'nogo obrazovanija  
"Saratovskij gosudarstvennyj universitet im.  
N.G. Chernyshevskogo" (RU)**

(54) **MICROWAVE GENERATOR WITH VIRTUAL CATHODES**

(57) Abstract:

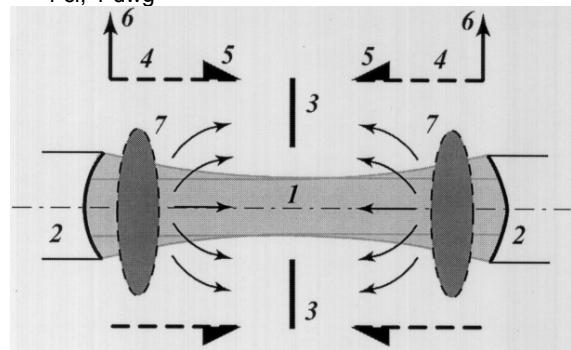
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention is related to devices for generation of wideband chaotic microwave oscillations of medium and low power levels and may be used in different radio location systems, counterradio measures, communication systems based on chaotic signals, industrial plants, and also in medical devices. The invention substance consists in the following: microwave generator contains two sources of electrons in the form of two hot cathodes with common accelerating anode and electrodynamic system with two power outputs, at that hot cathodes are located on the opposite sides of accelerating anode with possibility of counter-current electron flows creation. Accelerating anode is made in the form of membrane, and enumerated generator elements are located with the possibility of virtual cathodes

formation in the space between accelerating anodes and hot cathodes.

EFFECT: creates miniature low-voltage source of controlled wideband noise-like oscillations of low power level of centimeter and millimeter wave length band.

4 cl, 1 dwg



Изобретение относится к нерелятивистской электронике сверхвысоких частот (СВЧ), а именно к устройствам для генерирования широкополосных хаотических СВЧ-колебаний среднего и малого уровней мощности, и может быть использовано в различных системах радиолокации, радиопротиводействия, системах связи на основе хаотических сигналов,

- 5     установках промышленного применения, а также в устройствах медицинского назначения.
- В СВЧ-электронике существует ряд устройств, используемых для генерации хаотических шумоподобных колебаний, так называемые генераторы хаоса (Афанасьев В.В., Трубецков Д.И. Динамический хаос в электронных сверхвысокочастотных приборах. Ч.I. Вакуумные нерелятивистские приборы. Обзоры по электронной технике. Серия 1. Электроника СВЧ. -
- 10     вып.3 (1614). - 1991 - 40 с. - ч.II. Приборы релятивистской электроники. - вып.4 (1615) - 1991 - 32 с.), ЛБВ-генераторы с запаздывающей обратной связью - шумотроны (Кислов В.Я., Мясин Е.А., Залогин Е.Н. Исследование стохастических автоколебательных режимов в автогенераторах с запаздыванием // Радиотехника и электроника. - 1979. -
- 15     т.24. - №6. - с.1118). Данные устройства содержат источник электронов, фокусирующую и ускоряющую систему, коллектор, замедляющую электродинамическую систему, ввод и вывод энергии, соединенные внешней цепью с линией задержки. Известны также нерелятивистские приборы с виртуальным катодом, содержащие источник электронов в
- 20     виде электронной пушки, электродинамическую систему с выводом энергии, два сеточных электрода и коллектор (Калинин Ю.А., Короновский А.А., Храмов А.Е., Егоров Е.Н., Филатов Р.А. Экспериментальное и теоретическое исследование хаотических колебательных явлений в нерелятивистском электронном потоке с виртуальным катодом. Физика плазмы. 31, 11 (2005) 1009-1025). Другой низковольтный генератор на виртуальном катоде содержит источник электронов в виде электронной пушки,
- 25     электродинамическую систему с выводом энергии, сетку, коллектор и дополнительный элемент для ввода внешнего управляющего сигнала (Патент на полезную модель РФ №48672, МПК: H01J 25/68). Также известны твердотельные СВЧ-генераторы шума (Кальянов Э.В. Синхронные и стохастические автоколебания в транзисторном генераторе СВЧ с запаздывающей обратной связью при параметрическом воздействии внешней силы. // Радиотехника и электроника. - 1987. - т.32. - №4. - с.784; Демидов В.Е., Ковшиков
- 30     Н.Г. Стохастическая генерация при параметрическом возбуждении спиновых волн в пленках железоиттриевого граната. // Письма в ЖТФ. - 1998 - т.24. - №7. - с.66), включающие мощный твердотельный усилитель на биполярных или полевых СВЧ-транзисторах и линию задержки на акустических или магнитостатических волнах.

Однако все эти источники хаотического СВЧ-сигнала характеризуются весьма узкой

35     полосой частот хаотических колебаний, которая не превышает величины 20%, значительными габаритными размерами и высокими напряжениями, которые требуются для питания генераторов. Все это является серьезным недостатком подобных устройств, т.к. в ряде приложений возникает необходимость создания миниатюрных низковольтных источников хаотических колебаний с шириной полосы частот одна-две октавы, в частности

40     для использования подобных источников хаотического сигнала в информационно-телекоммуникационных устройствах и системах.

В настоящее время актуальной является разработка малогабаритных низковольтных устройств широкополосных шумоподобных колебаний с характерной полосой частот одна-две октавы и с возможностью управления спектральным составом излучения.

- 45     Наиболее близким к заявляемому является вакуумный нерелятивистский генератор (низковольтный виркатор) широкополосных шумоподобных СВЧ-колебаний на виртуальном катоде, содержащий в качестве источника аксиально-симметричного нерелятивистского электронного пучка электронную пушку, которая включает в себя термокатод, фокусирующий электрод, модулирующую сетку и анод, на который подается ускоряющий
- 50     потенциал  $V_0$ . После электронной пушки электронный пучок с начальным разбросом электронов по скоростям попадает в пространство взаимодействия, состоящей из входного электрода, являющегося одновременно дополнительным электродом-рекуператором, и коллектора-рекуператора. В пространстве взаимодействия размещается отрезок

широкополосной электродинамической системы (ОШЭС), применяемый для вывода генерируемого СВЧ-сигнала в широком диапазоне частот. ОШЭС нагружен на поглощающую вставку и вывод энергии. Отработанный электронный пучок осаждается на коллекторе-рекуператоре. В промежутке между входным электродом и коллектором, между

5 которыми подается тормозящая электроны разность потенциалов, образуется нестационарный виртуальный катод, колебания которого являются источником хаотического СВЧ-сигнала. Такой прибор характеризуется характерной полосой частот одна-две октавы и возможностью управления спектральным составом излучения (Патент на полезную модель РФ №46884, МПК: H01J 25/68).

10 Однако для работы нерелятивистского виркатора необходимо использование больших напряжений питания (в пределах 2-20 кВ). Длина такого прибора, включая длину пространства взаимодействия и протяженность электронной пушки, формирующей пучок электронов, достаточно велика. Следует также отметить, что в данном приборе

15 используется источник внешнего фокусирующего электроны магнитного поля, что также значительно увеличивает габаритные размеры устройства.

Задачей данного технического решения является создание миниатюрного низковольтного источника управляемых широкополосных (с шириной полосы частот более октавы) шумоподобных колебаний малого уровня мощности сантиметрового и миллиметрового диапазона длин волн на основе встречных нерелятивистских электронных

20 пучков в режимах с формированием виртуальных катодов.

Техническим результатом является значительное уменьшение размеров заявляемого устройства, т.е. миниатюризация прибора, а также снижение требуемых напряжений питания генератора на виртуальном катоде, с одновременной возможностью управления шириной полосы генерируемых хаотических колебаний. В реализованном приборе

25 конструкция такова, что нестационарные виртуальные катоды формируются во встречных нерелятивистских пучках, формируемые двумя катодами, находящимися в пространстве взаимодействия.

Поставленная задача решается тем, что СВЧ-генератор на виртуальных катодах, содержащий источник электронов в виде термокатода и ускоряющего анода и

30 электродинамическую систему с выводом энергии, согласно изобретению, дополнительно содержит второй термокатод, расположенный с противоположной стороны от ускоряющего анода и образующий с ускоряющим анодом второй источник электронов с возможностью создания встречного электронного потока, при этом ускоряющий анод выполнен в виде диафрагмы, а перечисленные элементы генератора расположены с возможностью

35 формирования виртуальных катодов в пространстве между ускоряющим анодом и термокатадами. При этом электродинамическая система выполнена в виде двух отрезков электродинамических систем, располагающихся в пространствах между катодами и ускоряющим анодом. Электродинамическая система может быть выполнена в виде двух отрезков спиральной замедляющей системы или в виде двух отрезков коаксиальной линии

40 или в виде двух полосковых линий. Выводы энергии на нагрузку выполнены в виде коаксиальной линии передач.

Изобретение поясняется чертежом, где схематично представлен заявляемый СВЧ-генератор. Позициями на чертежах обозначены: 1 - нерелятивистские электронные пучки, 2 - термокатады, 3 - ускоряющий электрод (анод), 4 - отрезки широкополосных

45 электродинамических систем (ОШЭС), 5 - поглощающие вставки на концах ОШЭС, 6 - выводы энергии, 7 - виртуальные катоды, формирующиеся во встречных электронных пучках.

Предложенный СВЧ-генератор на виртуальных катодах содержит следующие основные конструктивные элементы (чертеж). В качестве источников аксиально-симметричных

50 электронных пучков 1 используются источники электронов, которые включают в себя термокатады 2 с общим ускоряющим анодом 3, выполненным в виде диафрагмы, при этом второй термокатод расположен с противоположной стороны относительно ускоряющего анода с возможностью формирования двух встречных потоков электронов. В частности,

термокатоды могут быть расположены зеркально симметрично относительно ускоряющего анода. Устройство содержит также два широкополосных отрезка электродинамической системы 4 (ОЭС), применяемых для вывода генерируемой высокочастотной мощности, нагруженных на поглощающую вставку 5 и вывод энергии 6, широкополосные отрезки электродинамической системы 4 расположены в пространстве взаимодействия между катодами и анодом с возможностью формирования виртуальных катодов.

Устройство работает следующим образом.

В отверстие диафрагмы инжектируются два встречных электронных пучка 1, формируемых электронными пушками с общим ускоряющим анодом в виде диафрагмы 3 (чертеж), на который подается потенциал больше естественного. Ускоряющий анод увеличивает разброс электронов по продольным и поперечным скоростям, что способствует созданию наиболее эффективного виртуального катода и повышает выходную мощность, расширяя полосу генерируемых частот. При увеличении ускоряющего потенциала на аноде при некотором критическом значении потенциала в электронном пучке имеет место возникновение виртуальных катодов 7 (чертеж), колебания которых во времени и пространстве модулируют электронный пучок по скорости и плотности, причем часть электронов отражается от виртуального катода обратно к диафрагме. В результате в системе возникают хаотические колебания, ширина полосы и мощность которых зависит от потенциала диафрагмы. Для вывода широкополосного хаотического сигнала используется два ОШЭС 4, которые позволяют снять СВЧ-мощность в полосе частот более двух октав. Формирование нестационарных колеблющихся виртуальных катодов в такой двухпоточковой схеме наблюдается при напряжениях на порядок меньших, чем в случае прототипа патентуемого устройства без использования внешних фокусирующих электроны магнитных полей. Также использование двухпоточковой схемы позволяет значительно уменьшить продольную длину системы за счет формирования виртуальных катодов непосредственно в пространстве источника электронных потоков, исключив из прибора специальное пространство взаимодействия, располагавшееся в прототипе между анодом, входным электродом и коллектором.

Был изготовлен СВЧ-генератор на виртуальных катодах, который характеризовался следующими параметрами

Параметры устройства	Величина
Длина прибора	50 мм
Радиус спирали	25 мм
Радиус отверстия диафрагмы	15 мм
Радиус катода	5 мм
Потенциал диафрагмы	100-2000 В
Ток пучка	40-700 мА

В заявляемом устройстве реализована возможность управления как мощностью хаотических СВЧ-колебаний, так и шириной полосы частот путем изменения ускоряющего потенциала диафрагмы.

Таким образом, с помощью предложенного генератора существенно снижено напряжение питания прибора, при котором формируется виртуальный катод, уменьшены габаритные размеры прибора, при этом получено широкополосное - шумоподобное СВЧ-излучение с шириной полосы более октавы.

#### Формула изобретения

1. СВЧ-генератор на виртуальных катодах, содержащий источник электронов в виде термокатода, ускоряющий анод и электродинамическую систему с двумя выводами энергии, отличающийся тем, что он дополнительно содержит второй термокатод, расположенный с противоположной стороны от ускоряющего анода и образующий второй источник электронов с возможностью создания встречного электронного потока, ускоряющий анод выполнен в виде диафрагмы, а электродинамическая система выполнена в виде двух отрезков электродинамических систем, расположенных между термокатодом и ускоряющим анодом, при этом все перечисленные элементы генератора расположены с

возможностью формирования виртуальных катодов в пространстве между ускоряющим анодом и термокатодами.

2. СВЧ-генератор по п.1, отличающийся тем, что электродинамическая система выполнена в виде двух отрезков спиральной замедляющей системы.

5 3. СВЧ-генератор по п.1, отличающийся тем, что электродинамическая система выполнена в виде двух отрезков коаксиальной линии.

4. СВЧ-генератор по п.1, отличающийся тем, что электродинамическая система выполнена в виде двух полосковых линий.

10

15

20

25

30

35

40

45

50