

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **178 718** (13) **U1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
[H01J 25/68 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: может прекратить свое действие (последнее изменение статуса: 08.04.2019)
Пошлина: учтена за 1 год с 04.12.2017 по 04.12.2018

(21)(22) Заявка: [2017142119](#), 04.12.2017(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.12.2017Дата регистрации:
18.04.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.12.2017

(45) Опубликовано: [18.04.2018](#) Бюл. № 11(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **RU 2288519 C1, 27.11.2006. RU**
2395132 C1, 20.07.2010. WO 2006037918 A2,
13.04.2006.

Адрес для переписки:

410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83,
СГУ, ЦПУ, Романовой Н.В.

(72) Автор(ы):

Калинин Юрий Александрович (RU),
Короновский Алексей Александрович
(RU),
Стародубов Андрей Викторович (RU),
Макаркин Станислав Андреевич (RU),
Куркин Семен Андреевич (RU),
Бадарин Артем Андреевич (RU),
Сердобинцев Алексей Александрович
(RU),
Павлов Антон Михайлович (RU),
Галушка Виктор Владимирович (RU),
Митин Дмитрий Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

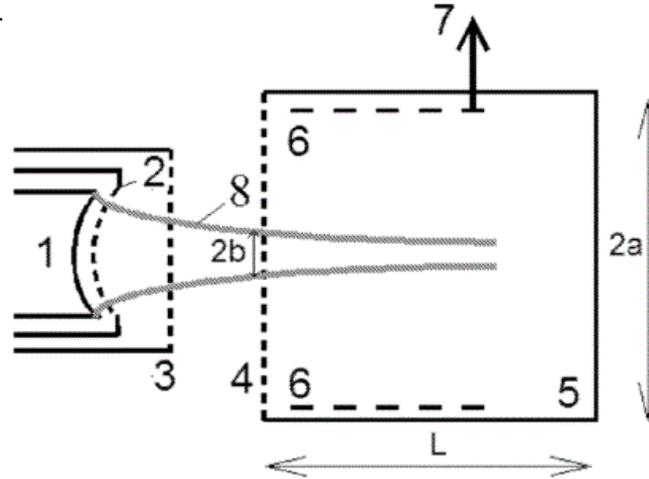
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Саратовский национальный
исследовательский государственный
университет имени Н.Г. Чернышевского"
(RU)

(54) СВЧ-ГЕНЕРАТОР НА МНОГОСКОРОСТНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПОТОКАХ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к области СВЧ-электроники и предназначена для генерации шумоподобных широкополосных сигналов средней мощности. Технической проблемой является создание такого генератора шумоподобных широкополосных колебаний, который обеспечил бы получение сигналов в диапазоне высоких и сверхвысоких частот в схеме без использования внешних магнитных полей с более высоким уровнем КПД. Техническая проблема решается тем, что СВЧ-генератор на многоскоростных электронных потоках, содержащий последовательно расположенные катод, модулирующую сетку, первый и второй анод в виде сеток с выводами для подключения к источнику питания и отрезок электродинамической системы, выполненный в виде спирали с выводом энергии, согласно решению содержит трубу дрейфа, соединенную электрически со вторым анодом, с возможностью обеспечения величины тормозящего потенциала, равного величине тормозящего потенциала на втором аноде U_2 , величина которого лежит в диапазоне $0,5*U_1 \div 0,7*U_1$, где U_1 - потенциал первого анода в виде сетки. Диаметр трубы дрейфа равен ее длине. Радиус трубы дрейфа выбран из условия обеспечения

отношения радиуса электронного потока с катода на входе в трубу дрейфа к радиусу трубы дрейфа не более 0,01.



Фиг. 1

Полезная модель относится к области СВЧ-электроники и предназначена для генерации шумоподобных широкополосных сигналов средней мощности.

Хаотические сигналы находят широкое применение в различных областях техники, таких как информационно-телекоммуникационные системы, радиолокация, измерительная техника и т.д. (см. А.С. Дмитриев, А.И. Панас. М.: Физматлит. – 2002; Н.Н. Залогин, В.В. Кислов. М.: Радиотехника. – 2006.). Кроме того, представляется перспективным использование подобных сигналов в ряде отраслей обрабатывающей промышленности, таких как нефтеперерабатывающая промышленность, деревообрабатывающая и т.п. (см. Ю.А. Калинин, А.В. Стародубов, С.И. Березин, Наука и технологии в промышленности. 3 (2009) 28-31.).

Для генерации подобных сигналов могут использоваться виркаторы (ВК). Примером подобного устройства может служить виркатор, содержащий установленный в волноводе вакуумной камеры и подключенный к внешнему источнику питания коаксиальный диод, образованный цилиндрическим катодом и анодом, представляющим собой сетку в форме цилиндра, связанным с волноводом анодным электродом и систему вывода излучения. Анод дополнен, по крайней мере, одной сеткой в форме цилиндра, соосного катоду, сетки имеют различные диаметры и установлены с возможностью образования виртуального катода между ними (см. патент РФ на изобретение №2352014, МПК H01J25/00).

Известен магнитоизолированный виркатор (см. патент РФ на изобретение №2221306, МПК H01J25/74). Устройство состоит из катодного электрода и изолированного от него анодного электрода, расположенных в магнитном поле, причем анодный электрод содержит последовательно установленные модулирующую секцию в виде волновода, охватывающую катодный электрод и секцию формирования ВК, переходящую в рупор с окном вывода излучения, волновод секции формирования ВК выполнен в виде участков со скачкообразно увеличивающимся в сторону вывода излучения поперечным сечением, причем эти участки разделены в плоскости скачка дополнительными анодными диафрагмами в форме сетки, прозрачной для того типа электромагнитной волны, который генерируется в предшествующем участке волновода.

Известен сверхвысокочастотный генератор на основе виртуального катода с радиальным пучком (см. патент РФ на изобретение №2395132, МПК H01J25/02). Устройство содержит установленный в вакуумной камере и подключенный к внешнему источнику питания коаксиальный диод, образованный полым цилиндрическим катодом и размещенным в нем полым прозрачным для электронов анодом, соединенным с корпусом вакуумной камеры, и переходящим в устройство вывода сверхвысокочастотного излучения. В полости анода расположен гальванически связанный с катодом осевой электрод, при этом пары катод-анод и анод-осевой электрод образуют коаксиальные линии с одинаковым волновым сопротивлением, и установлены с обеспечением организации искусственной положительной обратной связи. Следует отметить, что в прототипе разница между волновыми сопротивлениями коаксиальных линий и отсутствие искусственной положительной обратной связи в области формирования электронного пучка приводит к уменьшению мощности излучения на 20 дБ.

Вышеуказанные устройства обладают высокой мощностью выходного сигнала, и повышенным КПД, по сравнению с более ранними аналогами. Однако их КПД при этом всё равно не превышает 1-5%.

Наиболее близким к заявляемому является генератор шумоподобного широкополосного СВЧ-сигнала на виртуальном катоде (см. патент РФ №2288519, МПК H01J25/68). Генератор содержит источник электронов, электродинамическую систему с выводом энергии и коллектором, одну сетку, расположенную между источником электронов и коллектором перпендикулярно направлению движения пучка электронов с возможностью формирования виртуального катода в

электродинамической системе между сеткой и коллектором. При этом электродинамическая система выполнена в виде отрезка спиральной замедляющей системы, вывод энергии выполнен в виде волноводной линии передачи, источник электронов выполнен в виде электронной пушки, а коллектор - в виде электрода, расположенного на выходе генератора.

Однако для получения хаотических сигналов необходимо использование больших ускоряющих напряжений (1-3 кВ); у генератора низкое значение КПД (1-2%) и значительные габаритные размеры.

Технической проблемой является создание такого генератора шумоподобных широкополосных колебаний, который обеспечил бы получение сигналов в диапазоне высоких и сверхвысоких частот в схеме без использования внешних магнитных полей.

Технический результат, достигаемый в предложенном устройстве, состоит в повышении КПД и уменьшении геометрических размеров и массы устройства.

Техническая проблема решается тем, что СВЧ-генератор на многоскоростных электронных потоках, содержащий последовательно расположенные катод, модулирующую сетку, первый и второй анод в виде сеток с выводами для подключения к источнику питания и отрезок электродинамической системы, выполненный в виде спирали с выводом энергии, согласно решению содержит трубу дрейфа, соединенную электрически со вторым анодом, с возможностью обеспечения величины тормозящего потенциала, равного величине тормозящего потенциала на втором аноде U_2 , величина которого лежит в диапазоне $0,5*U_1 \leq U_2 \leq 0,7*U_1$, где U_1 - потенциал первого анода в виде сетки.

Диаметр трубы дрейфа равен ее длине.

Радиус трубы дрейфа выбран из условия обеспечения отношения радиуса электронного потока с катода на входе в трубу дрейфа к радиусу трубы дрейфа не более 0,01.

Полезная модель поясняется чертежами.

На фиг.1 представлена принципиальная схема СВЧ-генератора на многоскоростных электронных потоках.

На фиг. 2 показано распределение потенциала в приборе.

На фиг. 3 показаны результаты численного моделирования зависимости величины тока на стенках трубы дрейфа от коэффициента заполнения электронным потоком трубы дрейфа.

На фиг. 4 показаны результаты численного моделирования зависимости величины плотности тока в электронном потоке от потенциала на стенках трубы дрейфа для различных величин коэффициента заполнения электронным потоком трубы дрейфа.

Позициями на чертежах обозначены:

- 1 – катод;
- 2 – модулирующая сетка для формирования многоскоростного электронного потока;
- 3 – первый анод в виде сетки с выводом для подключения к источнику питания;
- 4 – второй анод в виде сетки с выводом для подключения к источнику питания;
- 5 – труба дрейфа длиной L , диаметром $2a$;
- 6 – отрезок электродинамической системы;
- 7 – широкополосный вывод энергии;
- 8 – электронный поток, диаметр электронного потока перед первым сеточным анодом $2b$;
- 9 – вид распределения потенциалов первого (U_1) и второго (U_2) анодов;
- 10, 11 – полученные в результате численного моделирования зависимости величин ток I/I_1 на стенках трубы дрейфа;
- 12, 13 – полученные в результате численного моделирования зависимости максимального значения плотности тока j/j_0 электронного потока в трубе дрейфа.

СВЧ-генератор на многоскоростных электронных потоках состоит из последовательно расположенных катода 1, модулирующей сетки 2, первого анода в виде сетки с выводом для подключения к источнику питания 3 и второго анода в виде сетки с выводом для подключения к источнику питания 4. Второй анод с выводом для подключения к источнику питания 4 электрически соединен с трубой дрейфа 5 и находится с ней под одним потенциалом. Диаметр трубы дрейфа 5 равен ее длине L . За вторым анодом 4 у стенок трубы дрейфа 5 расположен отрезок электродинамической системы 6, выполненный в виде спирали с широкополосным выводом энергии 7.

СВЧ-генератор работает следующим образом.

Электронные потоки 8 сферической формы эмитируются с катода 1. Для формирования многоскоростных электронных потоков осуществляют модуляцию по скорости за счет модулирующей сетки 2, которую подключают к источнику питания постоянного тока для подачи потенциала выше «естественного». После прохождения сетки 2 электронный поток 8 характеризуется существенным разбросом электронов по скоростям (до 40-50%). Данный электронный поток проходит через первый анод в виде сетки 3, подключенный к источнику постоянного тока и находится под ускоряющим напряжением (прозрачность сетки не менее 90%). Далее электронный поток 8 проходит через второй анод в виде сетки 4, подключенный к источнику постоянного тока (прозрачность сетки не менее 90%), на который подается потенциал

меньше ускоряющего, за счет чего часть электронного потока замедляется. После этого электронный поток попадает в трубу дрейфа 5, которая находится под тормозящим потенциалом второго анода в виде сетки. За счет подачи тормозящего потенциала на трубу дрейфа 5 электроны, распространяясь в трубе дрейфа, существенно замедляются, разворачиваются и распространяются в обратном направлении. Стоит отметить, что описываемый разноскоростной электронный поток легче затормозить и, более того, развернуть значительную часть электронного потока обратно к катоду 1. В этот момент в пространстве дрейфа исследуемого генератора осуществляется формирование области, в которой существуют встречные электронные потоки, образованные потоками электронов, распространяющихся от катода, и потоками электронов, достигших противоположной относительно катода стенки трубы дрейфа и удаляющихся от нее после своего разворота в сторону катода. Описываемый процесс происходит многократно, что ведет к "замыканию" электронного потока на себя и образованию внутренней электронной обратной связи, следствием чего является возникновение незатухающих колебаний в системе. Полезный сигнал в исследуемой схеме генератора снимают с помощью отрезка электродинамической системы 6, выполненный в виде спирали и выводят через широкосполосный вывод энергии 7. Так как стенки трубы дрейфа 5 находятся под тормозящим потенциалом, то это препятствует осаждению отраженных электронов на стенки трубы дрейфа. Следовательно, отраженные электроны дольше участвуют в формировании сгустков пространственного заряда, тем самым существенно увеличивают плотность тока в указанных сгустках пространственного заряда. Рост плотности тока в сгустках пространственного заряда положительным образом сказывается как на ширине полосы генерируемых СВЧ колебаний, так и на их мощности.

В результате численного моделирования (фиг. 3) получены зависимости 9 – вид распределения потенциалов первого (U_1) и второго (U_2) анодов; и 10 – величины тока I/I_1 на стенках трубы дрейфа от соотношения радиуса трубы a дрейфа и радиуса электронного потока b на входе в трубу дрейфа при $U_2/U_1=1$; ток I_1 соответствует току на стенках трубы дрейфа при $b/a=0,5$ и $U_2/U_1=1$.

В результате численного моделирования получена зависимость 11 величины тока I/I_1 на стенках трубы дрейфа от соотношения радиуса трубы a дрейфа и радиуса электронного потока b на входе в трубу дрейфа при $U_2/U_1=0,7$; ток I_1 соответствует току на стенках трубы дрейфа при $b/a=0,5$ и $U_2/U_1=1$.

В результате численного моделирования (фиг. 4) получена зависимость 12 максимального значения плотности тока j/j_0 электронного потока в трубе дрейфа от соотношения ускоряющего потенциала и потенциала на стенках трубы дрейфа, полученная при $b/a=0,5$; где j_0 – величина плотности тока электронного потока на входе в трубу дрейфа.

В результате численного моделирования установили зависимость 13 максимального значения плотности тока j/j_0 электронного потока в трубе дрейфа от соотношения ускоряющего потенциала и потенциала на стенках трубы дрейфа, полученную при $b/a=0,01$; где j_0 – величина плотности тока электронного потока на входе в трубу дрейфа.

Предложенная схема СВЧ-генератора позволяет существенно снизить ток на стенках трубы дрейфа, образованный отраженными электронами. Минимальное оседание электронов на стенках, а, следовательно, и меньшее значение тока в них, достигается при отношении радиуса электронного потока b к радиусу трубы дрейфа a , не превышающем 0,01 (указанная зависимость обозначена позицией 11 на фиг. 3) при диапазоне тормозящего потенциала на втором аноде U_2 (и соединенной с ним трубой дрейфа), равном $0,5*U_1 \div 0,7*U_1$, где U_1 – тормозящий потенциал на первом аноде. Кроме того, численное моделирование также показало рост максимальной величины плотности тока электронного потока в трубе дрейфа при указанных выше параметрах (указанная зависимость обозначена позицией 13 на фиг. 4).

Итак, особенность заявляемого СВЧ-генератора состоит в том, что удается существенно снизить осаждение отраженных электронов на стенки трубы дрейфа за счет малого коэффициента заполнения электронным потоком трубы дрейфа, а также за счет подачи тормозящего потенциала на стенки трубы дрейфа. Другими словами, в такой системе плотность тока в электронных сгустках существенно повышается за счет отсутствия осаждения отраженных электронов на стенки трубы дрейфа.

Таким образом, предложенная полезная модель позволяет повысить КПД генератора на многоскоростных электронных потоках за счет препятствия осаждению отраженных электронов на стенки трубы дрейфа. При этом заявленная модель отличается малыми геометрическими размерами и массой за счет того, что отсутствует внешняя фокусирующая магнитная система.

Формула полезной модели

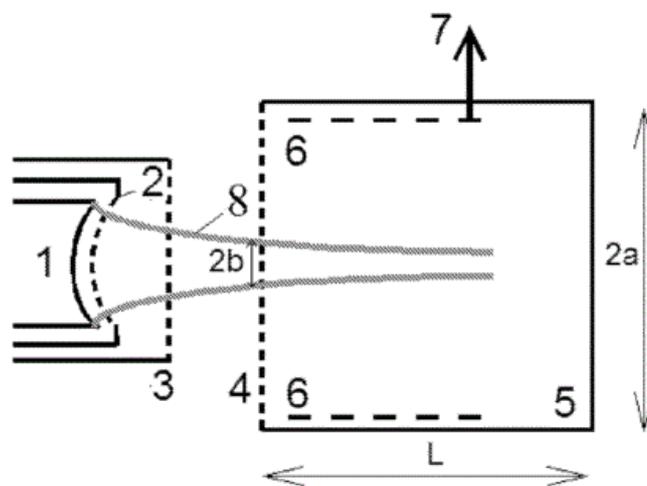
1. СВЧ-генератор на многоскоростных электронных потоках, содержащий последовательно расположенные катод, модулирующую сетку, первый и второй анод в виде сеток с выводами для подключения к источнику питания и отрезок

электродинамической системы, выполненный в виде спирали с выводом энергии, отличающийся тем, что содержит трубу дрейфа, соединенную электрически со вторым анодом, с возможностью обеспечения величины тормозящего потенциала, равного величине тормозящего потенциала на втором аноде U_2 , величина которого лежит в диапазоне $0,5*U_1 \div 0,7*U_1$, где U_1 - потенциал первого анода в виде сетки.

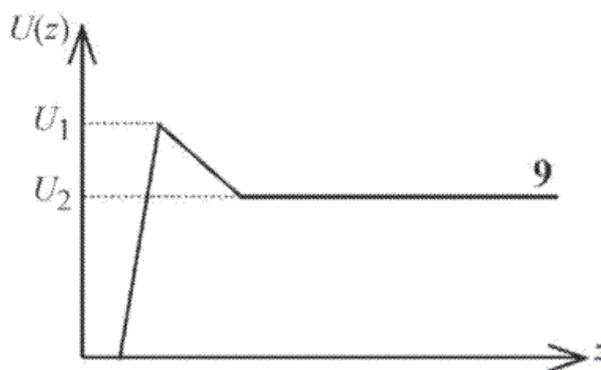
2. СВЧ-генератор по п.1, отличающийся тем, что диаметр трубы дрейфа равен ее длине.

3. СВЧ-генератор по п.1, отличающийся тем, что радиус трубы дрейфа выбран из условия обеспечения отношения радиуса электронного потока с катода на входе в трубу дрейфа к радиусу трубы дрейфа не более 0,01.

СВЧ-ГЕНЕРАТОР НА МНОГОСКОРОСТНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПОТОКАХ



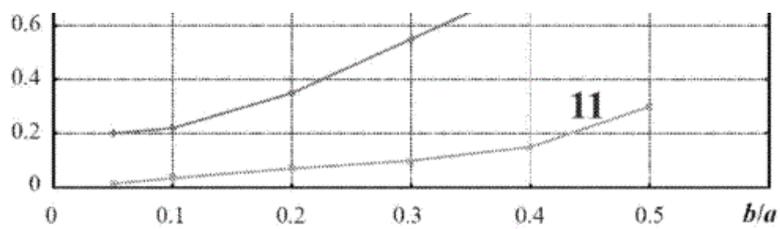
Фиг. 1



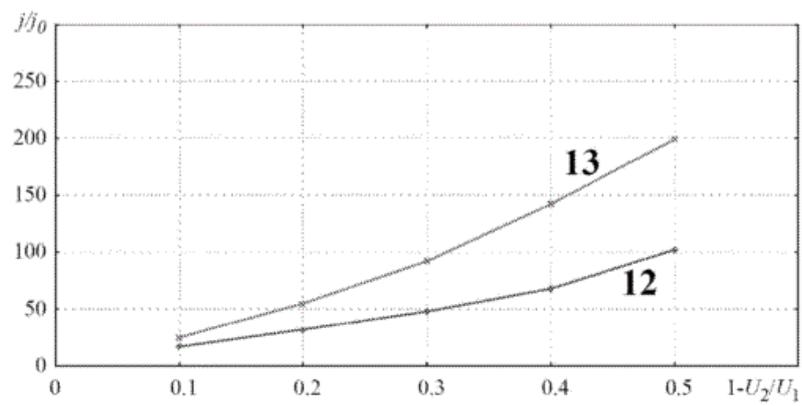
Фиг. 2

СВЧ-ГЕНЕРАТОР НА МНОГОСКОРОСТНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПОТОКАХ





Фиг. 3



Фиг. 4