

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2431902

ГЕНЕРАТОР НА ВИРТУАЛЬНОМ КАТОДЕ

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

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2010119423

Приоритет изобретения 14 мая 2010 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 октября 2011 г.

Срок действия патента истекает 14 мая 2030 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: 2010119423/07, 14.05.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.05.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.05.2010

(45) Опубликовано: 20.10.2011 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2288519 C1, 27.11.2006. RU 2221306 C1, 10.01.2004. RU 2158041 C1, 20.10.2000. RU 2216066 C1, 27.11.2003. US 5164634 A, 17.11.1992. WO 2006037918 A1, 13.04.2006.

Адрес для переписки:

410012, г.Саратов, ул. Московская, 155, СГУ,
ЦПУ, Н.В. Романовой

(72) Автор(ы):

Куркин Семён Андреевич (RU),
Храмов Александр Евгеньевич (RU),
Короновский Алексей Александрович (RU)

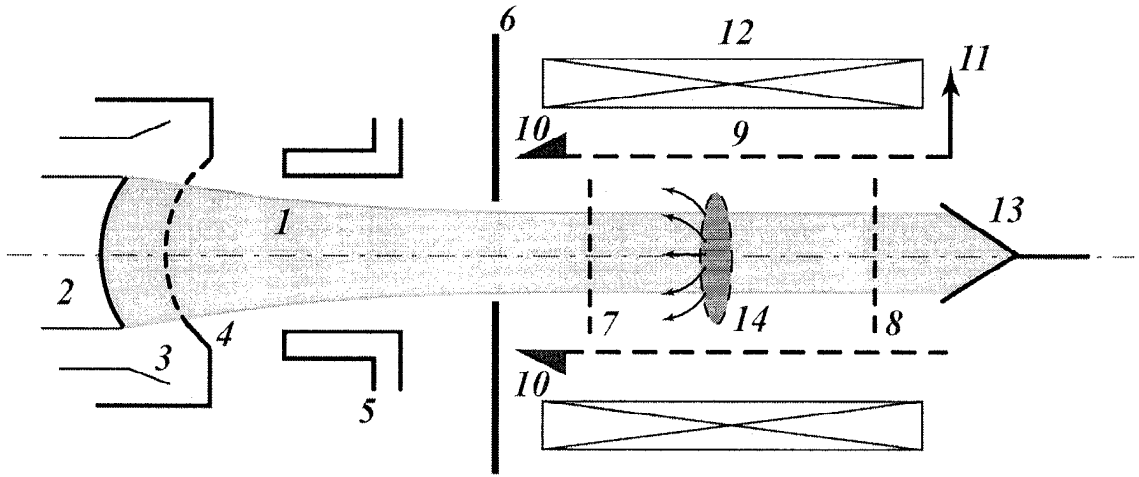
(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Саратовский государственный
университет им. Н.Г. Чернышевского" (RU)**(54) ГЕНЕРАТОР НА ВИРТУАЛЬНОМ КАТОДЕ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к электронике сверхвысоких частот, а именно к устройствам для генерации широкополосных хаотических СВЧ-колебаний среднего уровня 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. Технический результат - создание эффективного источника широкополосных шумоподобных колебаний малого и среднего уровня мощности сантиметрового и миллиметрового диапазона длин волн с малой изрезанностью спектра выходного излучения на основе электронного пучка в режимах с формированием виртуального катода. Генератор на виртуальном катоде содержит источник электронов, выполненный в виде термоэлектронной пушки, электродинамическую систему (9) с выводом энергии (11), коллектор (13), первую (7) и

вторую (8) сетки, расположенные между источником электронов и коллектором перпендикулярно направлению движения пучка (1) электронов с возможностью формирования виртуального катода (14) в электродинамической системе между первой и второй сетками, при этом электродинамическая система выполнена в виде отрезка спиральной замедляющей системы, вывод энергии выполнен в виде волноводной линии передачи, а коллектор - в виде электрода, расположенного на выходе генератора, согласно решению источник электронов полностью экранирован от внешнего магнитного поля. Генератор дополнительно содержит магнитную систему (12), выполненную с возможностью создания внешнего продольного однородного магнитного поля между сетками электродинамической системы, а также магнитный экран (6), расположенный между источником электронов и первой сеткой, при этом магнитный экран выполнен с возможностью образования переходной



Фиг. 1

RU 2431902 C1

RU 2431902 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2010119423/07, 14.05.2010**

(24) Effective date for property rights:
14.05.2010

Priority:

(22) Date of filing: **14.05.2010**

(45) Date of publication: **20.10.2011 Bull. 29**

Mail address:

**410012, g.Saratov, ul. Moskovskaja, 155, SGU,
TsPU, N.V. Romanovoj**

(72) Inventor(s):

**Kurkin Semen Andreevich (RU),
Khramov Aleksandr Evgen'evich (RU),
Koronovskij Aleksej Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) GENERATOR ON VIRTUAL CATHODE

(57) Abstract:

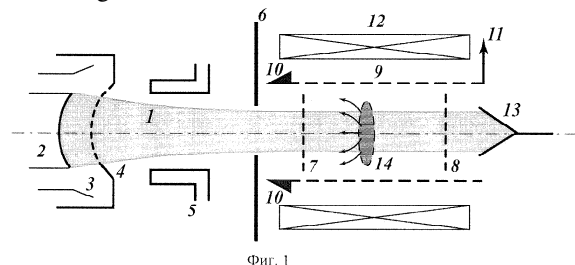
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: generator on virtual cathode comprises a source of electrons, made in the form of a thermal electron gun, an electrodynamic system (9) with power output (11), a collector (13), the first (7) and the second (8) grates arranged between the source of electrons and the collector perpendicularly to direction of the electrons beam (1) movement with the possibility to form a virtual cathode (14) in the electrodynamic system between the first and second grates, at the same time the electrodynamic system is made in the form of a section of a spiral moderating system, the power output is made as a waveguide transfer line, and the collector - in the form of an electrode arranged at the generator's exit, according to the solution, the source of electrons is fully screened from the external magnetic field. The generator additionally comprises a magnetic system (12), made with the possibility to create an external longitudinal homogeneous magnetic field between

grates of the electrodynamic system, and also a magnetic screen (6), arranged between the source of electrons and the first grate, at the same time the magnetic screen is made with the possibility to form a transition area with the magnetic field surge between the source of electrons and the first grate.

EFFECT: development of efficient source of wideband noise-like oscillations of low and medium level of capacity of centimetre and millimetre range of wave lengths with low ripple of output radiation spectrum on the basis of the electronic beam in modes with formation of the virtual cathode.

4 dwg



RU 2 431 902 C1

RU 2 431 902 C1

Изобретение относится к электронике сверхвысоких частот, а именно к устройствам для генерации широкополосных хаотических СВЧ-колебаний среднего уровня 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.

В сверхвысокочастотной 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.1. Вакуумные нерелятивистские приборы. Обзоры по электронной технике. Серия 1. Электроника СВЧ, вып.3(1614), 1991, 40 с., ч.П. Приборы релятивистской электроники, вып.4(1615), 1991, 32 с.). Это, в первую очередь, 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, т.24, N 6, с.1118) и 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).

Однако все эти источники хаотического СВЧ-сигнала характеризуются весьма узкой полосой частот шумоподобных колебаний, которая не превышает 20%, а также большой величиной изрезанности спектра. Это является серьезным недостатком подобных устройств, т.к. в приложениях возникает необходимость создания источников шумоподобных колебаний с шириной полосы частот одна - две октавы и малой изрезанностью спектра генерации.

Одним из решений данной проблемы является создание наборов генераторов узкополосного шумоподобного сигнала, которые настраиваются на различные частотные диапазоны таким образом, чтобы получить необходимую частотную ширину полосы шумоподобного сигнала.

Однако такой подход приводит к усложнению конструкции и уменьшению надежности устройств. Кроме того, такие схемы невозможно использовать в режимах, когда необходимо управлять спектральным составом излучения.

Таким образом, в настоящее время актуальным является разработка устройств широкополосных шумоподобных колебаний с характерной полосой частот одна - две октавы и с возможностью управления спектральным составом излучения.

Наиболее близким к заявляемому является генератор шумоподобного широкополосного СВЧ-сигнала на виртуальном катоде - низковольтный виркатор. Приборы данного типа содержат следующие основные конструктивные элементы: источник электронов, состоящий из термокатада и фокусирующего электрода, анод, выполненный в виде либо сетки, либо фольги, прозрачной для электронного потока, электродинамическую систему, выполненную в виде спирали, одну или две сетки, расположенные внутри электродинамической системы (сеточный зазор), вывод энергии, а также коллектор, выполненный в виде электрода, расположенного на выходе генератора. Данные приборы относятся к нерелятивистской СВЧ-электронике, способ генерации которых заключается в том, что в сеточный зазор инжектируется интенсивный электронный пучок, формируемый электронной пушкой. Потенциал первой сетки сеточного зазора равен потенциалу анода, на вторую сетку подается тормозящий потенциал. При некоторых критических значениях потенциала второй сетки и тока пучка в электронном потоке имеет место возникновение осциллирующего

виртуального катода. В результате в приборе возникает СВЧ-излучение, снимаемое электродинамической системой. Такие генераторы характеризуются широким сложным спектральным составом излучения, что позволяет рассматривать их как возможные прототипы источников шумоподобного излучения (см. патент РФ №2288519, МПК H01J 25/68).

Однако выходные спектры генерации представленной модификации низковольтного виркатора характеризуются достаточно большой степенью изрезанности и шириной полосы, не всегда достаточной для практических приложений. Кроме того, данный прибор имеет широкий диапазон параметров, при которых наблюдается нежелательный эффект регулярной генерации.

Задачей изобретения является создание эффективного источника широкополосных (с шириной полосы частот более октавы) шумоподобных колебаний малого и среднего уровня мощности сантиметрового и миллиметрового диапазона длин волн с малой изрезанностью спектра выходного излучения на основе электронного пучка в режимах с формированием виртуального катода.

Технический результат, достигаемый в предложенном генераторе на виртуальном катоде, состоит в существенном расширении спектра генерации и уменьшении степени его изрезанности по сравнению с прототипом (низковольтным виркатором).

Поставленная задача решается тем, что генератор на виртуальном катоде, содержащий источник электронов, выполненный в виде термоэлектронной пушки, электродинамическую систему с выводом энергии, коллектор, первую и вторую сетки, расположенные между источником электронов и коллектором перпендикулярно направлению движения пучка электронов с возможностью формирования виртуального катода в электродинамической системе между первой и второй сетками, при этом электродинамическая система выполнена в виде отрезка спиральной замедляющей системы, вывод энергии выполнен в виде волноводной линии передачи, а коллектор - в виде электрода, расположенного на выходе генератора, согласно решению источник электронов полностью экранирован от внешнего магнитного поля, при этом генератор дополнительно содержит магнитную систему, выполненную с возможностью создания внешнего продольного однородного магнитного поля между сетками электродинамической системы, а также магнитный экран, расположенный между источником электронов и первой сеткой, при этом магнитный экран выполнен с возможностью образования переходной области со скачком магнитного поля между источником электронов и первой сеткой.

Изобретение поясняется чертежами, на фиг.1 схематично представлен заявляемый генератор на виртуальном катоде; на фиг.2 и 3 - численно полученные спектры и фазовые портреты выходного сигнала, снимаемого с отрезка электродинамической системы (ОЭС), при следующих значениях скачка внешнего магнитного поля: $\Delta B=0.2$ (фиг.2) и $\Delta B=0.8$ (фиг.3); на фиг.4 - карта режимов колебаний в пучке с виртуальным катодом на плоскости параметров «величина внешнего магнитного поля B , создаваемого магнитной системой - величина скачка внешнего магнитного поля ΔB », причем P соответствует регулярному режиму динамики виртуального катода, C_2 - слабохаотическому, а C_1 - развитому хаотическому.

Позициями на чертежах обозначены:

- 1 - электронный пучок;
- 2 - термокатод;
- 3 - фокусирующий электрод;
- 4 - модулирующая сетка;

- 5 - ускоряющий анод;
- 6 - магнитный экран;
- 7 - первая сетка;
- 8 - вторая сетка;
- 5 9 - отрезок электродинамической системы (ОЭС);
- 10 - поглощающая вставка;
- 11 - вывод энергии;
- 12 - магнитная система;
- 10 13 - коллектор;
- 14 - формирующийся в электронном пучке виртуальный катод.

Генератор на виртуальном катоде содержит следующие основные конструктивные элементы (фиг. 1). В качестве источника аксиально-симметричного электронного пучка 1 используется электронная пушка, которая включает в себя термокатод 2, фокусирующий электрод 3, модулирующую сетку 4 и анод 5, на который подают ускоряющий потенциал V_0 . После электронной пушки по направлению движения электронного пучка 1 с начальным разбросом электронов по скоростям расположен магнитный экран 6, а за ним - сеточный зазор, состоящий из первой (входной) сетки 7 с потенциалом V_0 и второй (выходной) сетки 8 с тормозящим потенциалом $V_{\text{Торм}}$, благодаря чему обеспечивается возможность формирования виртуального катода 14. Сеточный зазор размещен в широкополосном отрезке электродинамической системы 9 (ОЭС), применяемом для вывода генерируемой высокочастотной мощности и представляющем собой отрезок спиральной замедляющей системы. ОЭС 9 нагружен на поглощающую вставку 10 и вывод энергии 11. Магнитная система 12, представляющая собой, например, соленоид, расположенный с внешней стороны ОЭС, предназначен для создания внешнего фокусирующего магнитного поля в области сеточного зазора. Далее по направлению отработанного электронного пучка расположен коллектор 13 для осаждения электронов.

Устройство работает следующим образом.

Электронная пушка формирует аксиально-симметричный интенсивный электронный пучок 1, причем модулирующая сетка 4 (см. фиг. 1) увеличивает разброс электронов формируемого потока по продольным и поперечным скоростям. Пластина 6 экранирует область источника электронов от внешнего магнитного поля, создаваемого магнитной системой 12 (см. фиг. 1), что приводит к образованию скачка внешнего аксиального магнитного поля в области между пластиной и первой сеткой сеточного зазора. Проходя через такую область неоднородного скачкообразно изменяющегося внешнего магнитного поля, электроны потока приобретают азимутальную скорость, что приводит к закручиванию пучка. Далее закрученный электронный поток попадает в сеточный зазор, образованный сетками 7 и 8 (см. фиг. 1), где при сверхкритических значениях тока пучка и тормозящего потенциала $V_{\text{Торм}}$ имеет место возникновение виртуального катода 14 (см. фиг. 1), пространственно-временные осцилляции которого приводят к появлению хаотического СВЧ-излучения в системе. Предварительная закрутка электронного потока перед попаданием его в сеточный зазор способствует созданию наиболее эффективного виртуального катода, расширяет полосу генерируемых частот, а также уменьшает степень изрезанности спектра генерации. Ширина полосы излучения и режим генерации зависят от степени закрутки электронного потока, которая определяется величиной скачка внешнего магнитного поля $\Delta B = (B - B_{\text{gun}})/B$, где B_{gun} - величина внешнего магнитного поля в области источника электронов, а B -

магнитного поля, создаваемого магнитной системой 12 (см. фиг.1). Для вывода широкополосного хаотического сигнала используется ОЭС 9, который позволяет снять СВЧ-мощность в полосе частот более двух октав.

5 Как показало численное моделирование подобной схемы, увеличение степени закрутки электронного потока (величины ΔB) приводит к усложнению динамики электронного потока с виртуальным катодом в приборе, что позволяет расширить спектр выходного излучения генератора и уменьшить степень его изрезанности.

10 Представленные на фиг.2, 3 и 4 численные результаты подтверждают возможность и эффективность генерации широкополосных хаотических сигналов с помощью предлагаемого генератора. На фиг.2 и 3 видно, что с увеличением закрутки электронного потока выходной сигнал усложняется, изменяясь от близкого к периодическому (фиг.2) до развитого хаотического (фиг.3). На фиг.4 представлена карта режимов колебаний в пучке с виртуальным катодом на плоскости параметров « B - ΔB », из которой хорошо видно, что при различных значениях внешнего магнитного поля B , создаваемого магнитной системой, с увеличением закрутки электронного потока ΔB режим колебаний виртуального катода в пучке усложняется от периодического до развитого хаотического, проходя через слабохаотический.

15

20 Таким образом, на основе построенной карты режимов (фиг.4) можно определить рабочую область параметров предлагаемого генератора (область S_1), при которых наблюдается режим развитой хаотической генерации с широкополосным спектром (последний реализуется при больших закрутках электронного потока, т.е. при значительном скачке внешнего магнитного поля).

25 Таким образом, с помощью предложенного генератора существует возможность получения широкополосного шумодобного СВЧ-излучения с шириной полосы более октавы и малой степенью изрезанности спектра, чем достигается решение поставленной задачи.

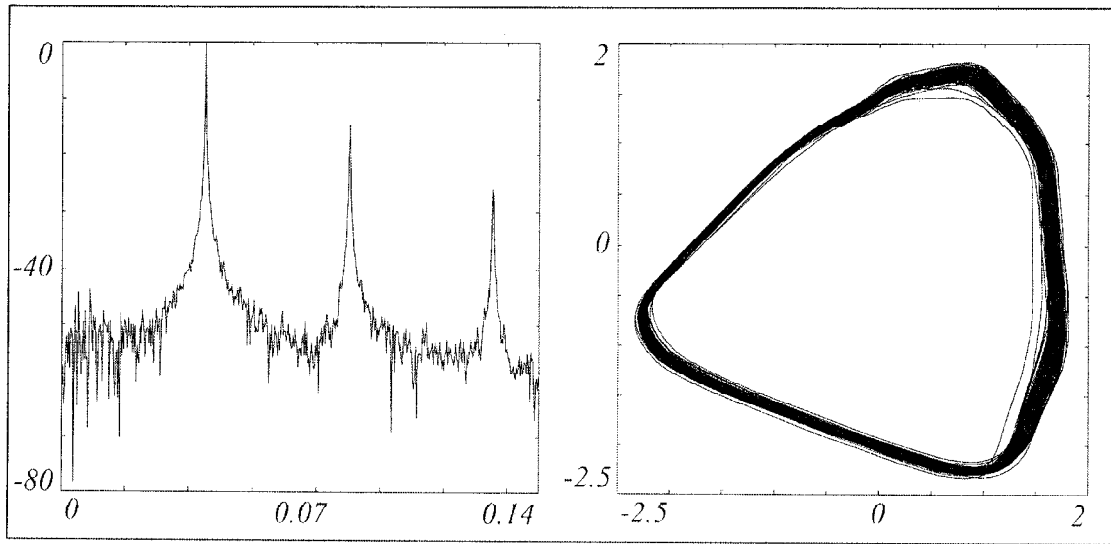
30 Формула изобретения

Генератор на виртуальном катоде, содержащий источник электронов, выполненный в виде термоэлектронной пушки, электродинамическую систему с выводом энергии, коллектор, первую и вторую сетки, расположенные между

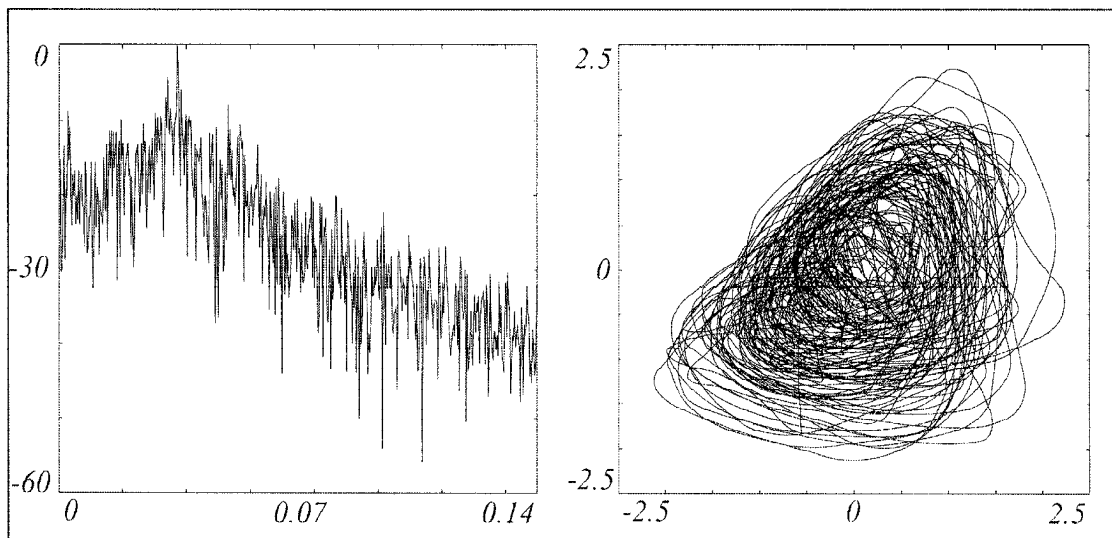
35 источником электронов и коллектором перпендикулярно направлению движения пучка электронов с возможностью формирования виртуального катода в электродинамической системе между первой и второй сетками, при этом электродинамическая система выполнена в виде отрезка спиральной замедляющей

40 системы, вывод энергии выполнен в виде волноводной линии передачи, а коллектор - в виде электрода, расположенного на выходе генератора, отличающийся тем, что источник электронов полностью экранирован от внешнего магнитного поля, при этом генератор дополнительно содержит магнитную систему, выполненную с

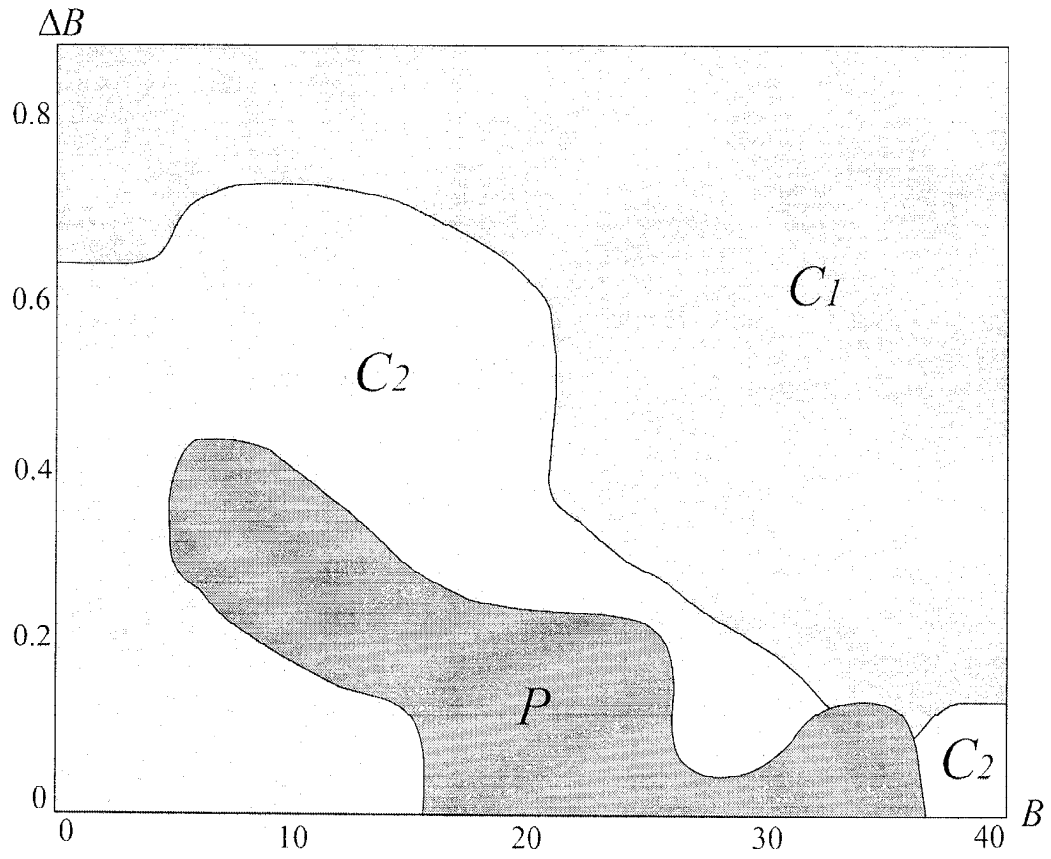
45 возможностью создания внешнего продольного однородного магнитного поля между сетками электродинамической системы, а также магнитный экран, расположенный между источником электронов и первой сеткой, при этом магнитный экран выполнен с возможностью образования переходной области со скачком магнитного поля между источником электронов и первой сеткой.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4