



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2009140342/07, 03.11.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
03.11.2009

(45) Опубликовано: 27.09.2010 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2298268 C1, 23.09.2005. RU 2182392 C1,  
10.05.2002. US 5278575 A, 11.01.1994. DE  
3215323, 28.07.1983. GB 1601441 A, 28.10.1981.

Адрес для переписки:

634045, г.Томск, ул. Вершинина, 47, ЗАО  
"НПФ "Микран", патентный отдел

(72) Автор(ы):

Бацула Александр Пантелеевич (RU),  
Волков Константин Михайлович (RU),  
Вуколов Алексей Эрнестович (RU),  
Крылов Алексей Николаевич (RU),  
Орлов Александр Борисович (RU),  
Орлов Кирилл Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Закрытое акционерное общество "Научно-  
производственная фирма Микран" (RU)

## (54) ПЕЧАТНАЯ АНТЕННА

(57) Реферат:

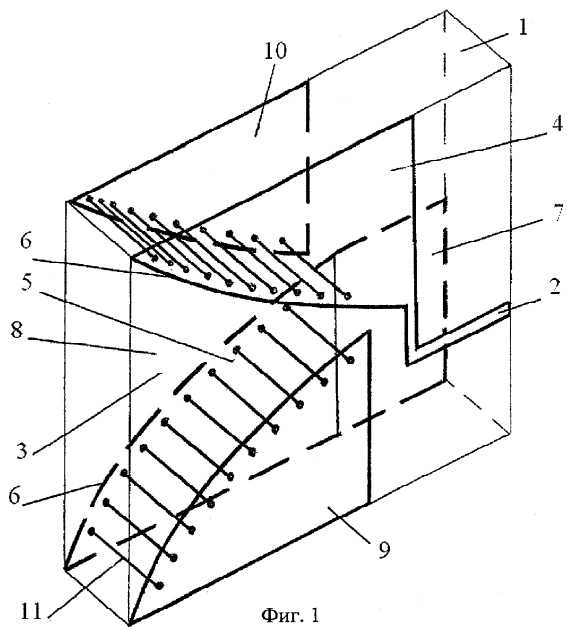
Изобретение относится к области радиотехники, в частности к сверхширокополосным антеннам СВЧ-диапазона. Техническим результатом является создание сверхширокополосной печатной антенны с низким уровнем кросполяризационной составляющей электрического поля, боковых лепестков. Печатная антенна содержит отрезок антиподальной щелевой линии, расположенный на диэлектрической подложке, и отрезок сигнальной полосковой линии, одинаковые сигнальную и земляную металлические пластины, отрезок дополнительной антиподальной щелевой линии, первая и вторая металлические пластины которой идентичны сигнальной и земляной металлическим пластинам

соответственно, причем первая металлическая пластина расположена на одной поверхности диэлектрической подложки в области апертуры с сигнальной металлической пластиной, а вторая металлическая пластина расположена на одной поверхности диэлектрической подложки в области апертуры с земляной металлической пластиной, при этом отрезок дополнительной антиподальной щелевой линии без перекрытия не имеет области нулевого перекрытия, причем в области апертуры первая металлическая пластина гальванически соединена металлическими перемычками с земляной металлической пластиной, а вторая металлическая пластина гальванически соединена металлическими перемычками с сигнальной металлической пластиной. 36 з.п. ф-лы, 22 ил.

RU 2 400 876 C1

RU 2 400 876 C1

RU 2400876 C1



Фиг. 1

RU 2400876 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2009140342/07, 03.11.2009**

(24) Effective date for property rights:  
**03.11.2009**

(45) Date of publication: **27.09.2010 Bull. 27**

Mail address:  
**634045, g.Tomsk, ul. Vershinina, 47, ZAO "NPF  
"Mikran", patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):  
**Batsula Aleksandr Panteleevich (RU),  
Volkov Konstantin Mikhajlovich (RU),  
Vukolov Aleksej Ehrnestovich (RU),  
Krylov Aleksej Nikolaevich (RU),  
Orlov Aleksandr Borisovich (RU),  
Orlov Kirill Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):  
**Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo "Nauchno-  
proizvodstvennaja firma Mikran" (RU)**

**(54) PRINTED ANTENNA**

(57) Abstract:

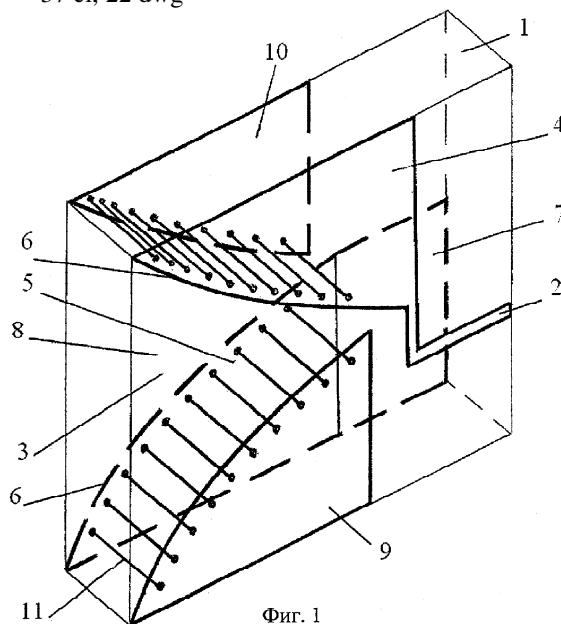
FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: printed antenna includes an antipodal slot line piece located on insulating substrate and signal strip line piece, similar signal and earth metal plates, piece of additional antipodal slot line the first and the second metal plates of which are identical to signal and earth metal plates respectively; at that, the first metal plate is located on one surface of insulating substrate in the area of aperture with signal metal plate, and the second metal plate is located on one surface of insulating substrate in the area of aperture with earth metal plate; at that, piece of additional antipodal slot line without overlapping does not have zero overlapping area; at that, in aperture area the first metal plate is galvanically connected with metal connection straps to earth metal plate, and the other metal plate is galvanically connected with metal connection straps to signal metal plate.

EFFECT: designing ultrabroadband printed

antenna with low level of cross polarisation constituent part of electric field, side lobes.

37 cl, 22 dwg



RU 2 400 876 C1

RU 2 400 876 C1

Изобретение относится к области радиотехники, в частности к сверхширокополосным антеннам СВЧ-диапазона, и может найти применение как субантенна в составе фазированных антенных решеток, в метрологических задачах, в системах связи, радиодефектоскопии, в задачах радиомониторинга, в задачах электромагнитной совместимости.

Известна широкополосная печатная антенна (патент GB №1601441, МПК H01Q 13/20, опубл. 28.10.1981 г.), которая выполнена на диэлектрической подложке на основе печатной симметричной щелевой линии, экспоненциально расширяющейся от входной линии передачи к раскрытию антенны. Переход с симметричной щелевой линии на коаксиальный соединитель осуществляется через микрополосковую линию, установленную ортогонально по отношению к симметричной щелевой линии и расположенную на другой стороне диэлектрической подложки.

Недостатком такой печатной антенны является незначительная широкополосность за счет перехода с симметричной щелевой линии на микрополосковую линию, высокий уровень кроссполяризованной составляющей электрического поля.

Наиболее близким техническим решением, взятым нами за прототип, является сверхширокополосная печатная антенна (патент US №5278575, МПК H01Q 9/28, опубл. 11.01.1994 г.), выполненная на основе антиподальной щелевой линии (АПЩЛ). Апертура антенны образована отрезком печатной АПЩЛ без перекрытия и содержит две одинаковые металлические пластины, расположенные на разных сторонах диэлектрической подложки. В излучающей части печатной антенны металлические пластины АПЩЛ выполнены экспоненциально расширяющимися по внутренней боковой кромке от точки нулевого перекрытия до максимального раскрытия апертуры. Сигнальный полосковый проводник отрезка микрополосковой линии торцом гальванически подключен к внутренней боковой кромке одной металлической пластины АПЩЛ в области нулевого перекрытия, а его земляная плоскость гальванически соединена с торцевой боковой кромкой другой металлической пластины АПЩЛ в области нулевого перекрытия.

Недостатками известного технического решения являются невысокий уровень кроссполяризованной составляющей электрического поля, большие размеры максимального раскрытия апертуры в низкочастотной области рабочего диапазона частот, высокий уровень боковых лепестков, значительный уровень фона.

Технической задачей данного изобретения является создание сверхширокополосной печатной антенны с низким уровнем кроссполяризованной составляющей электрического поля, с низким уровнем боковых лепестков, с низким уровнем фона.

Поставленная задача решается тем, что в печатную антенну, содержащую отрезок АПЩЛ, расположенный на диэлектрической подложке, и отрезок сигнальной полосковой линии, апертура которой образована отрезком АПЩЛ без перекрытия на интервале от области нулевого перекрытия до области максимального раскрытия, одинаковые сигнальная и земляная металлические пластины, ее образующие, выполнены суживающимися по внутренней боковой кромке от области нулевого перекрытия до области максимального раскрытия апертуры, отрезок сигнальной полосковой линии размещен на одной поверхности диэлектрической подложки и торцом гальванически подключен к внутренней боковой кромке сигнальной металлической пластины в области нулевого перекрытия сигнальной и земляной металлических пластин, а земляная плоскость отрезка сигнальной полосковой линии размещена на другой, противоположащей, поверхности диэлектрической подложки в области нулевого перекрытия отрезка АПЩЛ и гальванически соединена с торцевой

боковой кромкой земляной металлической пластины, согласно предложенному решению введен отрезок дополнительной АПЩЛ без перекрытия, первая и вторая металлические пластины которого идентичны сигнальной и земляной металлическим пластинам отрезка АПЩЛ без перекрытия соответственно, причем первая  
5 металлическая пластина отрезка дополнительной АПЩЛ расположена на одной поверхности диэлектрической подложки с сигнальной металлической пластиной, а вторая металлическая пластина отрезка дополнительной АПЩЛ расположена на одной поверхности диэлектрической подложки с земляной металлической пластиной,  
10 при этом отрезок дополнительной АПЩЛ без перекрытия не имеет области нулевого перекрытия, причем в области апертуры антенны первая металлическая пластина гальванически соединена металлическими перемычками с земляной металлической пластиной, а вторая металлическая пластина гальванически соединена  
15 металлическими перемычками с сигнальной металлической пластиной.

15 Печатная антенна может быть выполнена с установкой металлических перемычек между сигнальной и земляной металлическими пластинами и первой и второй металлическими пластинами по внутренней боковой кромке, по внешней боковой кромке или одновременно по внутренней и внешней боковой кромке.

20 В печатной антенне торцевая боковая кромка первой и второй металлических пластин со стороны области нулевого пересечения отрезка АПЩЛ может быть выполнена линейной формы и по отношению к продольной оси симметрии отрезка дополнительной АПЩЛ ориентирована перпендикулярно ей или под углом или может быть выполнена нелинейной формы и, соответственно, описываться  
25 нелинейной функцией.

Печатная антенна может быть выполнена с шириной диэлектрической подложки, равной ширине максимального раскрыва апертуры, или с шириной, большей ширины максимального раскрыва апертуры.

30 Печатная антенна может быть выполнена с относительной диэлектрической проницаемостью диэлектрической подложки в области апертуры антенны, равной единице.

35 Печатная антенна может быть выполнена с относительной диэлектрической проницаемостью диэлектрической подложки в области апертуры антенны с большей или меньшей относительной диэлектрической проницаемостью диэлектрической подложки.

40 Печатная антенна может быть выполнена с двумя одинаковыми диэлектрическими пластинами, которые установлены с одной и другой стороны диэлектрической подложки.

Диэлектрические пластины могут быть выполнены с длиной и шириной, равной длине и ширине диэлектрической подложки, и установлены симметрично на одну и другую ее поверхности.

45 Диэлектрические пластины могут быть выполнены с относительной диэлектрической проницаемостью, равной относительной диэлектрической проницаемости диэлектрической подложки.

50 Кроме того, диэлектрические пластины могут быть выполнены с относительной диэлектрической проницаемостью больше или меньше относительной диэлектрической проницаемости диэлектрической подложки.

Печатная антенна может быть выполнена с нагрузочным импедансным шлейфом, установленным в плоскости сигнальной металлической пластины и подключенным гальванически или электромагнитно к торцевой боковой кромке сигнальной

металлической пластины.

Установка нагрузочного импедансного шлейфа позволяет обеспечить высокий уровень согласования с низким уровнем неравномерности в диапазоне частот.

5 Печатная антенна может быть выполнена с импедансным контррефлектором, установленным в плоскости сигнальной металлической пластины и отделенным зазором от торцевой боковой кромки сигнальной металлической пластины.

Импедансный контррефлектор может использоваться в сочетании с нагрузочным импедансным шлейфом.

10 Импедансный контррефлектор позволяет уменьшить уровень обратного излучения и обеспечить низкий уровень фона.

15 Печатная антенна может быть выполнена с сужением сигнальной, земляной, первой и второй металлических пластин по внутренней боковой кромке в области апертуры, закон сужения металлических пластин может описываться линейной или нелинейной функцией.

20 Сужение сигнальной, земляной, первой и второй металлических пластин по внутренней боковой кромке в области апертуры может быть выполнено в виде набора кусочно-линейных и кусочно-нелинейных отрезков, описываемых соответствующей функцией и плавно переходящих один в другой.

25 Печатная антенна может быть выполнена с сужением или расширением сигнальной, земляной металлических пластин, первой и второй металлических пластин по внешней боковой кромке в направлении от области максимального раскрытия апертуры к области нулевого перекрытия отрезка АПЦЛ, причем закон сужения или расширения их описывается линейной или нелинейной функцией.

30 Печатная антенна может быть выполнена с введением двух одинаковых осесимметричных металлических импедансных пластин, которые установлены со стороны внешних боковых кромок сигнальной, земляной, первой и второй металлических пластин соответственно перпендикулярно плоскости диэлектрической подложки и симметрично относительно этой плоскости, при этом сигнальная и земляная металлические пластины, и первая и вторая металлические пластины контактным элементом гальванически соединены с соответствующей металлической импедансной пластиной.

35 Осесимметричные металлические импедансные пластины на отрезке от области максимального раскрытия апертуры к области минимального раскрытия апертуры могут быть выполнены одинаковой ширины, например, в форме прямоугольника.

40 Осесимметричные металлические импедансные пластины на отрезке от области максимального раскрытия апертуры к области минимального раскрытия апертуры могут быть выполнены увеличивающейся или уменьшающейся ширины, причем увеличение или уменьшение ширины описывается линейной или нелинейной функцией.

45 Контактный элемент может быть выполнен в виде металлического стержня круглого или прямоугольного профиля и может быть установлен как в области максимального раскрытия апертуры, так и в любом месте внешней боковой кромки металлических пластин на отрезке, соответствующем длине первой и второй металлических пластин. Также контактный элемент может быть выполнен, например, в виде полупроводникового элемента с регулируемой электрическим путем емкостью или, например, в виде катушки индуктивности в объемном или печатном исполнении.

50 Контактный элемент может быть выполнен в виде протяженного ленточного проводника как в печатном, так и в объемном исполнении и установлен по внешней боковой кромке металлических пластин на отрезке, соответствующем длине первой и

второй металлических пластин. Длина ленточного проводника равна или меньше длины внешней боковой кромки первой или второй металлических пластин.

Печатная антенна может быть выполнена с установкой двух Е-плоскостных металлических экранов, расположенных с каждой стороны внешней поверхности металлических пластин АПЩЛ соответственно.

Е-плоскостные металлические экраны могут быть гальванически соединены между собой короткозамыкателями, которые могут быть выполнены в виде металлических ленточных или цилиндрических проводников.

Печатная антенна может быть выполнена с установкой двух Н-плоскостных металлических экранов, расположенных перпендикулярно металлическим пластинам АПЩЛ со стороны внешних боковых кромок соответственно.

Печатная антенна может быть выполнена с установкой металлического рефлектора, расположенного с торцевой стороны диэлектрической подложки АПЩЛ, противоположной апертуре, и перпендикулярно ей.

Печатная антенна может быть выполнена с установкой диэлектрической подложки с металлическими пластинами АПЩЛ и дополнительной АПЩЛ внутри усеченной прямоугольной металлической пирамиды, торцевая стенка которой выполнена в виде металлической заглушки.

Кроме того, нелинейная функция может иметь вид:

$$y = ax^{\pm m/n},$$

где  $a$  - коэффициент, задается действительным числом;

$m$ ,  $n$  - целые положительные взаимно простые числа, причем  $n > m$ ;

$x$  - координата, соответствующая продольной оси симметрии антиподальной щелевой линии.

Также нелинейная функция может иметь вид:

$$y = ae^{bx} + ce^{dx},$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  - коэффициенты, задаются действительными числами;

$x$  - координата, соответствующая продольной оси симметрии антиподальной щелевой линии.

Выбор функции, описывающей сужение или расширение металлических пластин по внешней боковой кромке и сужение по внутренней боковой кромке позволяет оптимизировать распределение плотности электрического тока по поверхности металлических пластин, что позволяет оптимизировать рабочий диапазон частот антенны, коэффициент усиления, ширину диаграммы направленности, уровень кросполяризации составляющей электрического поля, уменьшить уровень боковых лепестков.

На фиг.1 изображена конструкция печатной антенны; на фиг.2 - топология расположения на одной поверхности диэлектрической подложки земляной металлической пластины и второй металлической пластины; на фиг.3 - топология расположения на другой поверхности диэлектрической подложки печатной антенны сигнальной металлической пластины и первой металлической пластины; на фиг.4 - проекция топологии (фиг.3) на топологию (фиг.2); на фиг.5 - проекция топологий (фиг.4) печатной антенны с шириной диэлектрической подложки больше максимального раскрыва апертуры; на фиг.6 - пример выполнения печатной антенны с торцевой боковой кромкой металлических пластин линейной формы, с металлическими перемычками, установленными по внутренней боковой кромке, с линейным законом сужения по внутренней боковой кромке от области нулевого перекрытия АПЩЛ до области максимального раскрыва апертуры; на фиг.7 - пример

5 выполнения печатной антенны с торцевой боковой кромкой металлических пластин  
нелинейной формы, с металлическими перемычками, установленными по внутренней  
боковой кромке, с законом сужения по внутренней боковой кромке от области  
нулевого перекрытия АПЩЛ до области максимального раскрыва апертуры,  
10 состоящего из трех участков: линейного (а), нелинейного (б) и линейного (в); на фиг.8  
- пример выполнения печатной антенны с торцевой боковой кромкой металлических  
пластин с нелинейным законом сужения по внутренней боковой кромке от области  
нулевого перекрытия АПЩЛ до области максимального раскрыва апертуры, с  
15 линейным законом расширения по внешней боковой кромке, с металлическими  
перемычками, установленными по внешней боковой кромке; на фиг.9 - пример  
выполнения печатной антенны с торцевой боковой кромкой металлических пластин  
нелинейной формы, с нелинейным законом сужения по внутренней боковой кромке от  
20 области нулевого перекрытия АПЩЛ до области максимального раскрыва апертуры,  
с линейным законом сужения по внешней боковой кромке, с металлическими  
перемычками, установленными по внешней боковой кромке; на фиг.10 - топология  
печатной антенны (фиг.4) с гальванически подключенным нагрузочным импедансным  
шлейфом к торцевой боковой кромке сигнальной металлической пластины АПЩЛ; на  
25 фиг.11 - примеры выполнения топологии неоднородной электромагнитной связи  
нагрузочного импедансного шлейфа с торцевой боковой кромкой сигнальной  
металлической пластины АПЩЛ печатной антенны (фиг.4); на фиг.12 - топология  
печатной антенны (фиг.4) с установленным импедансным контррефлектором со  
стороны торцевой боковой кромки сигнальной металлической пластины АПЩЛ; на  
30 фиг.13 - примеры выполнения топологии импедансного контррефлектора печатной  
антенны (фиг.4); на фиг.14 - топология печатной антенны (фиг.4) с гальванически  
подключенным нагрузочным импедансным шлейфом к торцевой боковой кромке  
сигнальной металлической пластины АПЩЛ и с установленным импедансным  
35 контррефлектором; на фиг.15 - конструкция печатной антенны с установленными  
осесимметричными металлическими импедансными пластинами прямоугольной  
формы, соединенными контактными элементами, в виде металлических штырей, с  
внешней боковой кромкой сигнальной, земляной, первой и второй металлических  
40 пластин в области максимального раскрыва апертуры; на фиг.16 - пример  
подключения осесимметричных металлических импедансных пластин контактными  
элементами, выполненными в виде металлических штырей, с внешними боковыми  
кромками металлических пластин АПЩЛ и дополнительной АПЩЛ на отрезке  
между областью максимального раскрыва апертуры и торцевой боковой кромкой  
45 металлических пластин дополнительной АПЩЛ; на фиг.17 - пример подключения  
осесимметричных металлических импедансных пластин контактными элементами,  
выполненными в виде металлического ленточного проводника, которые соединены с  
внешними боковыми кромками металлических пластин на отрезке, соответствующем  
длине внешней боковой кромки первой и второй металлических пластин, на фиг.18 -  
50 пример установки двух Е-плоскостных металлических экранов; на фиг.19 - пример  
установки короткозамыкателей между двумя Е-плоскостными металлическими  
экранами печатной антенны; на фиг.20 - пример установки двух Н-плоскостных  
металлических экранов; на фиг.21 - пример установки металлического рефлектора; на  
фиг.22 - пример установки диэлектрической подложки внутри усеченной  
прямоугольной металлической пирамиды печатной антенны.

Печатная антенна (фиг.1) содержит диэлектрическую подложку 1, на которой на одной поверхности размещен отрезок сигнальной полосковой линии 2. Ширина



диэлектрической подложки 1 равна или больше максимального раскрыва апертуры (фиг.4, фиг.5). Апертура печатной антенны образована отрезком АПЩЛ 3 без перекрытия на интервале от области нулевого перекрытия до области максимального раскрыва апертуры антенны, которую образуют одинаковые сигнальная  
5 металлическая пластина 4 и земляная металлическая пластина 5, которые выполнены суживающимися по внутренней боковой кромке 6 от области нулевого перекрытия до области максимального раскрыва апертуры. Отрезок сигнальной полосковой линии 2 торцом гальванически подключен к внутренней боковой кромке 6 сигнальной  
10 металлической пластины 4 в области нулевого перекрытия сигнальной и земляной металлических пластин 4 и 5, а земляная плоскость 7 отрезка сигнальной полосковой линии 2 размещена на другой, противоположащей, поверхности диэлектрической подложки 1 в области нулевого перекрытия отрезка АПЩЛ 3 и гальванически  
15 соединена с торцевой боковой кромкой земляной металлической пластины 5. Отрезок дополнительной АПЩЛ 8 без перекрытия образован первой и второй металлическими пластинами 9 и 10, которые идентичны сигнальной и земляной металлическим  
20 пластинам 4 и 5 соответственно. Первая металлическая пластина 9 и сигнальная металлическая пластина 4 расположены на одной поверхности диэлектрической подложки 1, а вторая металлическая пластина 10 и земляная металлическая пластина 5  
расположены на другой поверхности диэлектрической подложки 1, при этом отрезок дополнительной АПЩЛ 8 без перекрытия не имеет области нулевого перекрытия. В области апертуры первая металлическая пластина 9 гальванически соединена  
25 металлическими перемычками 11 с земляной металлической пластиной 5, а вторая металлическая пластина 10 гальванически соединена металлическими перемычками 11 с сигнальной металлической пластиной 4 по внутренней боковой кромке 6 (фиг.2), или  
внешней боковой кромке 13 (фиг.4), или по той и другой (фиг.14).

Нагрузочный импедансный шлейф 14 может быть подключен к торцевой боковой  
30 кромке 15 сигнальной металлической пластины 4 гальванически (фиг.10) или электромагнитно через зазор 16 (фиг.11). Импедансный контррефлектор 17 может быть отделен от торцевой боковой кромки 15 сигнальной металлической пластины 4 зазором 18 (фиг.12, фиг.13).

Печатная антенна может быть выполнена с металлическими импедансными  
35 пластинами 19, которые соединены контактными элементами 20, выполненными в виде металлических штырей, с внешними боковыми кромками 13 сигнальной 4 и земляной 5, первой 9 и второй 10 металлических пластин и подключены, например, в области максимального раскрыва апертуры (фиг.15) или на отрезке, соответствующем  
40 длине внешних боковых кромок первой и второй металлических пластин 9, 10 (фиг.16).

С каждой стороны внешней поверхности металлических пластин АПЩЛ печатной антенны могут быть установлены два Е-плоскостных металлических экрана 21 (фиг.18), которые соединяются короткозамыкателями 22, выполненными, например, в виде металлических штырей (фиг.19).

45 Также со стороны внешних боковых кромок металлических пластин печатной антенны могут быть установлены два Н-плоскостных металлических экрана 23 перпендикулярно металлическим пластинам АПЩЛ (фиг.20).

С торцевой стороны диэлектрической подложки 1 перпендикулярно плоскости  
50 металлических пластин печатной антенны может быть установлен металлический рефлектор 24 (фиг.21).

Диэлектрическая подложка 1 может быть установлена внутри усеченной прямоугольной металлической пирамиды 25 (фиг.22).

Печатная антенна работает следующим образом.

Излучающая часть печатной антенны - апертура - представляет собой основную и дополнительную АПЩЛ секторного типа без перекрытия. Первая и вторая  
 5 металлические пластины отрезка дополнительной АПЩЛ, в области апертуры гальванически соединенные металлическими перемычками с земляной и сигнальной металлической пластиной соответственно, являются симметрирующими для  
 10 сигнальной и земляной металлических пластин.

В режиме излучения входной СВЧ-сигнал через отрезок сигнальной полосковой  
 10 линии 2, выполненной на основе микрополосковой линии (МПЛ) с волной типа Т, поступает к внутренней боковой кромке 6 сигнальной металлической пластины 4 в области нулевого перекрытия сигнальной и земляной металлических пластин 4 и 5 соответственно. В области соединения сигнальной полосковой линии 2 и отрезка  
 15 АПЩЛ происходит модоимпедансная трансформация волны типа Т в волну волноводного типа  $H_{10}$  АПЩЛ с одновременной трансформацией импедансов. В области перехода отрезка АПЩЛ с нулевым перекрытием на плавно расширяющуюся секторного типа АПЩЛ без перекрытия с сигнальной и земляной металлическими  
 20 излучающими поверхностями 4, 5 происходит соответствующая трансформация волны волноводного типа  $H_{10}$  АПЩЛ (Janaswamy R., Snaubert D.H., Radio Science, vol.21, №5, Sept-Oct 1986, pp.797-804).

Первая и вторая металлические пластины 9, 10 отрезка дополнительной АПЩЛ 8, которые начинаются не с области нулевого перекрытия отрезка АПЩЛ 3, в области  
 25 апертуры гальванически соединены металлическими перемычками 11 с земляной и сигнальной металлическими пластинами 5 и 4 отрезка АПЩЛ 3 соответственно и являются симметрирующими для сигнальной и земляной металлических пластин 4 и 5.

Первая и вторая металлические пластины 9 и 10 отрезка дополнительной АПЩЛ 8 в области апертуры из несимметричной формируют полную симметрию апертуры  
 30 печатной антенны относительно диэлектрической подложки 1, т.е. однородно заполненную структуру.

Форма торцевой боковой кромки 12 первой и второй металлических пластин 9 и 10 выбирается из условий согласования. В результате этого обеспечиваются одинаковые  
 35 условия для поверхностных электрических токов на металлических пластинах в области апертуры и, соответственно, распределение электрических составляющих электромагнитного поля в области апертуры.

Максимальный раскрыв апертуры и длина по внутренней боковой кромке сигнальной и земляной металлических пластин 4, 5 отрезка АПЩЛ 3 и первой и  
 40 второй металлических пластин 9, 10 отрезка дополнительной АПЩЛ 8, выбор функции, описывающей их сужение в области апертуры, выбор максимальной ширины и формы сужения металлических излучающих поверхностей, выбор материала диэлектрической подложки 1 как в области апертуры, так и под металлическими  
 45 пластинами определяют диапазонные свойства печатной антенны, уровень кросполяризации составляющей электрического поля, характеристику согласования, уровень боковых лепестков.

Использование нагрузочного импедансного шлейфа 14 (фиг.10, фиг.11) с соответствующим выбором вида связи, гальванической или электромагнитной, и  
 50 характера импеданса нагрузочного шлейфа 14 позволяет обеспечить в широких пределах дополнительную комплексную нагрузку активной сигнальной металлической пластине 4.

Использование импедансного контррефлектора 17 (фиг.12, фиг.13) с возможностью

создания различного характера импеданса позволяет компенсировать обратную волну от активной сигнальной металлической пластины 4.

Использование одновременно нагруженного импедансного шлейфа 14 и импедансного контррефлектора 17 (фиг.14) позволяет в широких пределах формировать импедансную нагрузку активной сигнальной металлической пластине 4, что позволяет обеспечивать высокий уровень согласования и низкий уровень неравномерности характеристики согласования в широком диапазоне частот.

Выбор формы внутренней и внешней боковых кромок сигнальной и земляной металлических пластин 4 и 5 соответственно и первой и второй металлических пластин 9 и 10 (фиг.6 - фиг.9) определяются диапазонными характеристиками печатной антенны 1.

Использование металлических импедансных пластин 19 (фиг.15 - фиг.17) и выбор области подключения к внешним боковым кромкам 12 сигнальной и земляной металлических пластин 4, 5 и соответственно первой и второй металлических пластин 9, 10 позволяет расширить рабочий диапазон частот в низкочастотную область.

Использование Е-плоскостных металлических экранов 21 (фиг.18) и Н-плоскостных металлических экранов 23 (фиг.20) позволяет сужать диаграмму направленности соответственно в Е или Н плоскостях.

Использование металлического рефлектора 24 (фиг.21) позволяет устранить обратное излучение и, соответственно, формировать однонаправленную диаграмму направленности.

Установка печатной антенны внутри усеченной прямоугольной металлической пирамиды 25 (фиг.22) позволяет сужать диаграмму направленности одновременно в Е или Н плоскостях.

#### Формула изобретения

1. Печатная антенна, содержащая отрезок антиподальной щелевой линии, расположенный на диэлектрической подложке, и отрезок сигнальной полосковой линии, при этом апертура антенны образована отрезком антиподальной щелевой линии без перекрытия на интервале от области нулевого перекрытия до области максимального раскрыва апертуры, одинаковые сигнальная и земляная металлические пластины которой выполнены суживающимися по внутренней боковой кромке от области нулевого перекрытия до области максимального раскрыва апертуры, отрезок сигнальной полосковой линии размещен на одной поверхности диэлектрической подложки и торцом гальванически подключен к внутренней боковой кромке сигнальной металлической пластины в области нулевого перекрытия сигнальной и земляной металлических пластин, а земляная плоскость отрезка сигнальной полосковой линии размещена на другой, противоположащей поверхности диэлектрической подложки в области нулевого перекрытия антиподальной щелевой линии и гальванически соединена с торцевой боковой кромкой земляной металлической пластины, отличающаяся тем, что введен отрезок дополнительной антиподальной щелевой линии без перекрытия, первая и вторая металлические пластины которой идентичны сигнальной и земляной металлическим пластинам соответственно, причем первая металлическая пластина расположена на одной поверхности диэлектрической подложки в области апертуры с сигнальной металлической пластиной, а вторая металлическая пластина расположена на одной поверхности диэлектрической подложки в области апертуры с земляной

металлической пластиной, при этом отрезок дополнительной антиподальной щелевой линии без перекрытия не имеет области нулевого перекрытия, причем в области апертуры первая металлическая пластина гальванически соединена металлическими переключками с земляной металлической пластиной, а вторая металлическая пластина  
5 гальванически соединена металлическими переключками с сигнальной металлической пластиной.

2. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что металлические переключки установлены по внутренней боковой кромке сигнальной, земляной, первой и второй  
10 металлических пластин.

3. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что металлические переключки установлены по внешней боковой кромке сигнальной, земляной, первой и второй металлических пластин.

4. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что металлические переключки  
15 установлены по внутренней и внешней боковым кромкам сигнальной, земляной, первой и второй металлических пластин.

5. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что форма торцевой боковой кромки со стороны области нулевого перекрытия первой и второй металлических  
20 пластин описывается линейной или нелинейной функцией.

6. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что ширина диэлектрической подложки равна или больше ширины максимального раскрытия апертуры.

7. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что относительная диэлектрическая  
25 проницаемость диэлектрической подложки в области апертуры антенны равна единице.

8. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрической подложки в области апертуры антенны больше или  
30 меньше, чем относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрической подложки в области расположения сигнальной, земляной, первой и второй металлических пластин.

9. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что введены две одинаковые диэлектрические пластины, которые установлены на одну и другую поверхности  
35 диэлектрической подложки.

10. Печатная антенна по п.9, отличающаяся тем, что ширина и длина диэлектрических пластин и диэлектрической подложки равны.

11. Печатная антенна по п.9, отличающаяся тем, что относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрических пластин равна относительной  
40 диэлектрической проницаемости диэлектрической подложки.

12. Печатная антенна по п.9, отличающаяся тем, что относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрических пластин больше или меньше  
относительной диэлектрической проницаемости диэлектрической подложки.

13. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что введен нагрузочный  
45 импедансный шлейф, установленный в плоскости сигнальной металлической пластины и подключенный гальванически или электромагнитно к торцевой боковой кромке сигнальной металлической пластины.

14. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что введен импедансный  
50 контррефлектор, установленный в плоскости сигнальной металлической пластины.

15. Печатная антенна по п.14, отличающаяся тем, что импедансный контррефлектор отделен зазором от торцевой боковой кромки сигнальной  
металлической пластины.

16. Печатная антенна по п.14, отличающаяся тем, что импедансный контррефлектор отделен зазором от торцевой боковой кромки нагрузочного импедансного шлейфа.

5 17. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что сужение сигнальной, земляной, первой и второй металлических пластин по внутренней боковой кромке в области апертуры описывается линейной или нелинейной функцией.

10 18. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что сужение сигнальной, земляной, первой и второй металлических пластин по внутренней боковой кромке в области апертуры выполнено в виде кусочно-линейных и кусочно-нелинейных отрезков, описываемых соответственно линейной и нелинейной функцией.

15 19. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что сигнальная, земляная, первая и вторая металлические пластины по внешней боковой кромке в направлении от области максимального раскрыва апертуры к области нулевого перекрытия антиподальной щелевой линии выполнены сужающимися или расширяющимися, причем сужение или расширение металлических пластин описывается линейной или нелинейной функцией.

20 20. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что введены две одинаковые осесимметричные металлические импедансные пластины, которые установлены со стороны внешних боковых кромок сигнальной, земляной, первой и второй металлических пластин перпендикулярно плоскости диэлектрической подложки и симметрично относительно продольной оси диэлектрической подложки, при этом металлические пластины со стороны внешних боковых кромок соединены гальванически контактным элементом с соответствующей металлической импедансной пластиной.

25 21. Печатная антенна по п.20, отличающаяся тем, что ширина осесимметричных металлических импедансных пластин от области максимального раскрыва апертуры к области минимального раскрыва апертуры выполнена одинаковой, например, в форме прямоугольника.

30 22. Печатная антенна по п.20, отличающаяся тем, что ширина осесимметричных металлических импедансных пластин от области максимального раскрыва апертуры к области минимального раскрыва апертуры выполнена увеличивающейся или уменьшающейся, причем увеличение или уменьшение ширины металлической импедансной пластины описывается линейной или нелинейной функцией.

35 23. Печатная антенна по п.20, отличающаяся тем, что контактный элемент выполнен в виде металлического стержня.

40 24. Печатная антенна по п.20, отличающаяся тем, что контактный элемент установлен в области максимального раскрыва апертуры.

25. Печатная антенна по п.20, отличающаяся тем, что контактный элемент установлен в любом месте на отрезке внешних боковых кромок первой и второй металлических пластин.

45 26. Печатная антенна по п.20, отличающаяся тем, что контактный элемент выполнен в виде металлического ленточного проводника, который установлен на отрезке внешних боковых кромок первой и второй металлических пластин.

50 27. Печатная антенна по п.26, отличающаяся тем, что длина металлического ленточного проводника контактного элемента равна или меньше длины внешних боковых кромок первой и второй металлических пластин.

28. Печатная антенна по п.20, отличающаяся тем, что контактный элемент выполнен в виде полупроводникового элемента с регулируемой электрическим путем

емкостью, который установлен на отрезке внешних боковых кромок первой и второй металлических пластин.

29. Печатная антенна по п.20, отличающаяся тем, что контактный элемент выполнен в виде катушки индуктивности в объемном или печатном исполнении, который установлен на отрезке внешних боковых кромок первой и второй металлических пластин.

30. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что с одной и другой сторон поверхности диэлектрической подложки установлен введенный Е-плоскостной металлический экран.

31. Печатная антенна по п.30, отличающаяся тем, что Е-плоскостные металлические экраны гальванически соединены между собой короткозамыкателями.

32. Печатная антенна по п.31, отличающаяся тем, что короткозамыкатели выполнены в виде металлических ленточных или цилиндрических проводников.

33. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что перпендикулярно торцевым поверхностям диэлектрической подложки вдоль ее продольной оси симметрии введен Н-плоскостной металлический экран.

34. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что с торцевой стороны диэлектрической подложки, противоположной апертуре и перпендикулярно ей, установлен введенный металлический рефлектор.

35. Печатная антенна по п.1, отличающаяся тем, что диэлектрическая подложка установлена внутри усеченной прямоугольной металлической пирамиды, торцевая стенка которой выполнена в виде металлической заглушки, и располагается со стороны поверхности подложки, противоположной апертуре антенны.

36. Печатная антенна по п.5, или 17, или 18, или 19, или 22, отличающаяся тем, что нелинейная функция имеет вид

$$y=ax^{\pm m/n},$$

где  $a$  - коэффициент, задается действительным числом;

$m, n$  - целые положительные взаимно простые числа, причем  $n > m$ ;

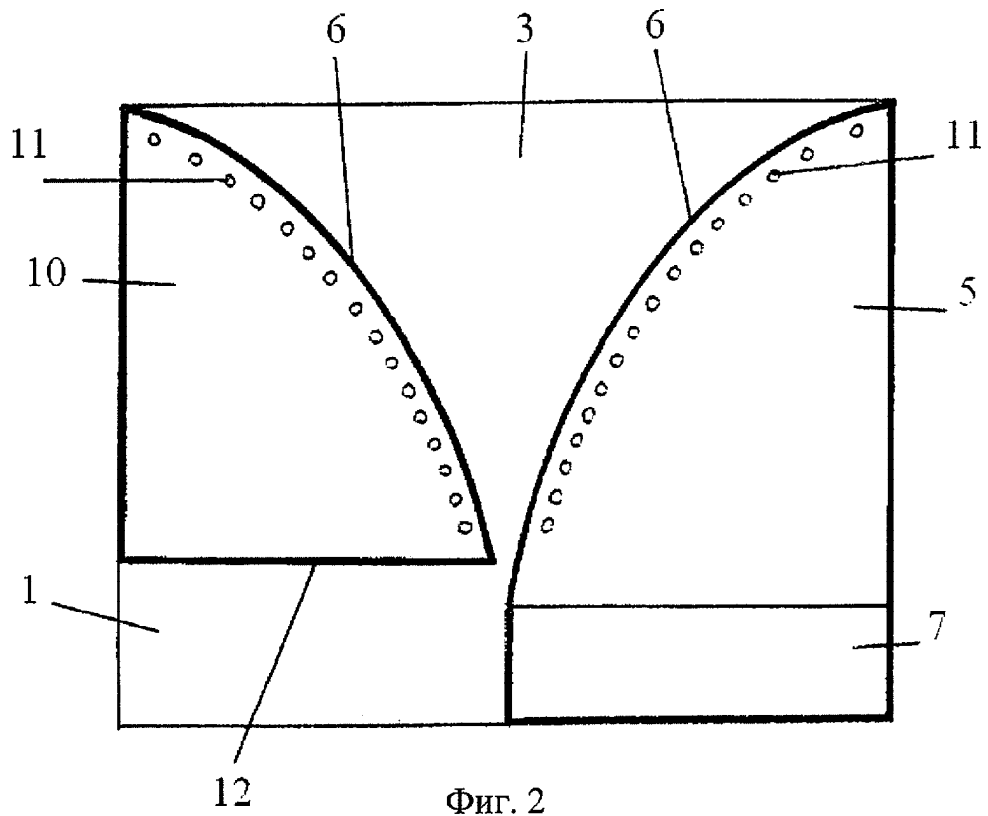
$x$  - координата, соответствующая продольной оси симметрии антиподальной щелевой линии.

37. Печатная антенна по п.5, или 17, или 18, или 19, или 22, отличающаяся тем, что нелинейная функция имеет вид

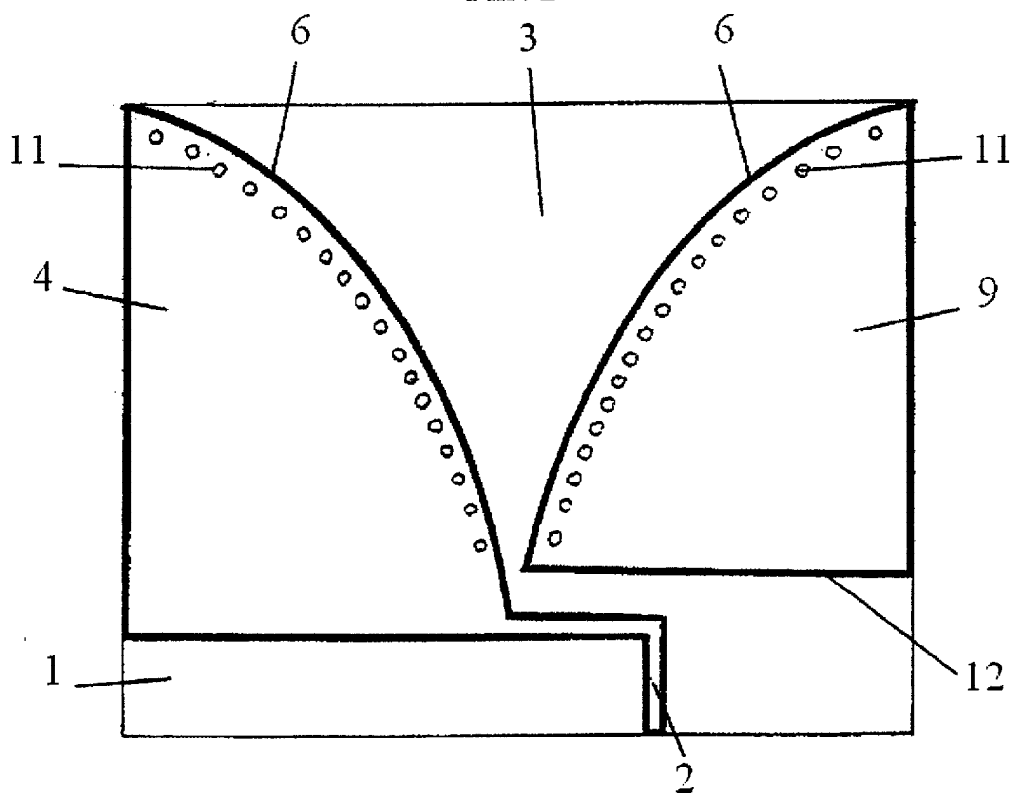
$$y=ae^{bx}+ce^{dx},$$

где  $a, b, c, d$  - коэффициенты, задаются действительными числами;

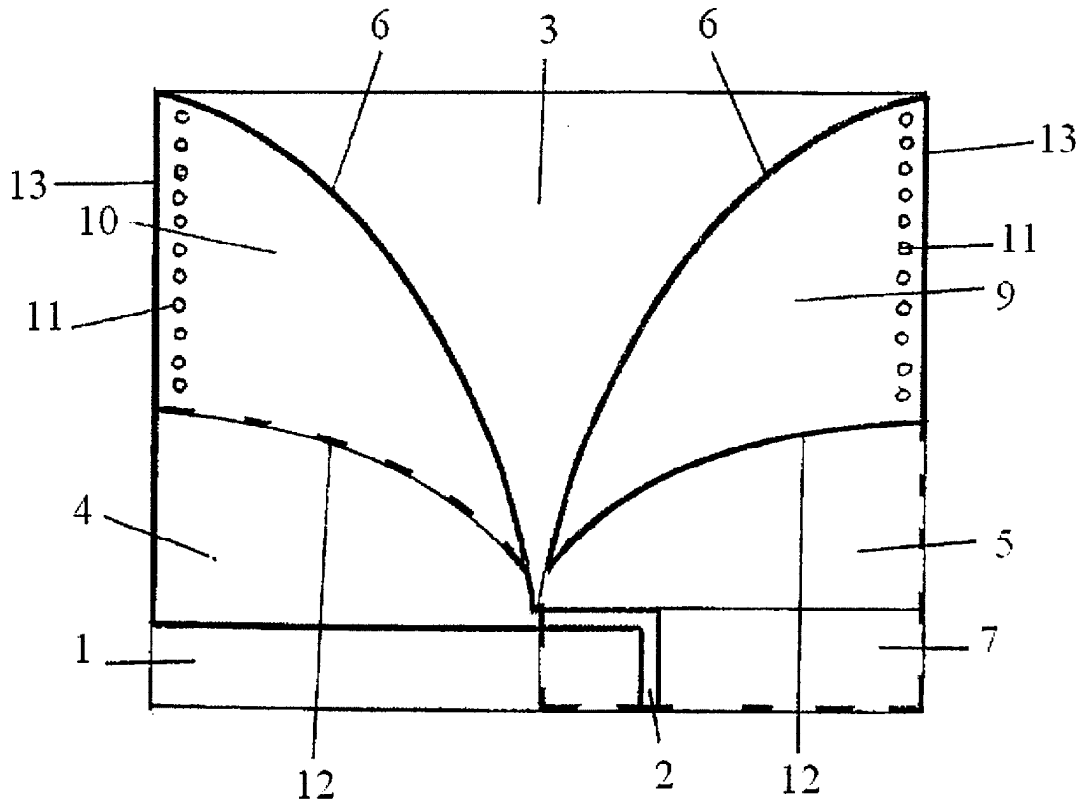
$x$  - координата, соответствующая продольной оси симметрии антиподальной щелевой линии.



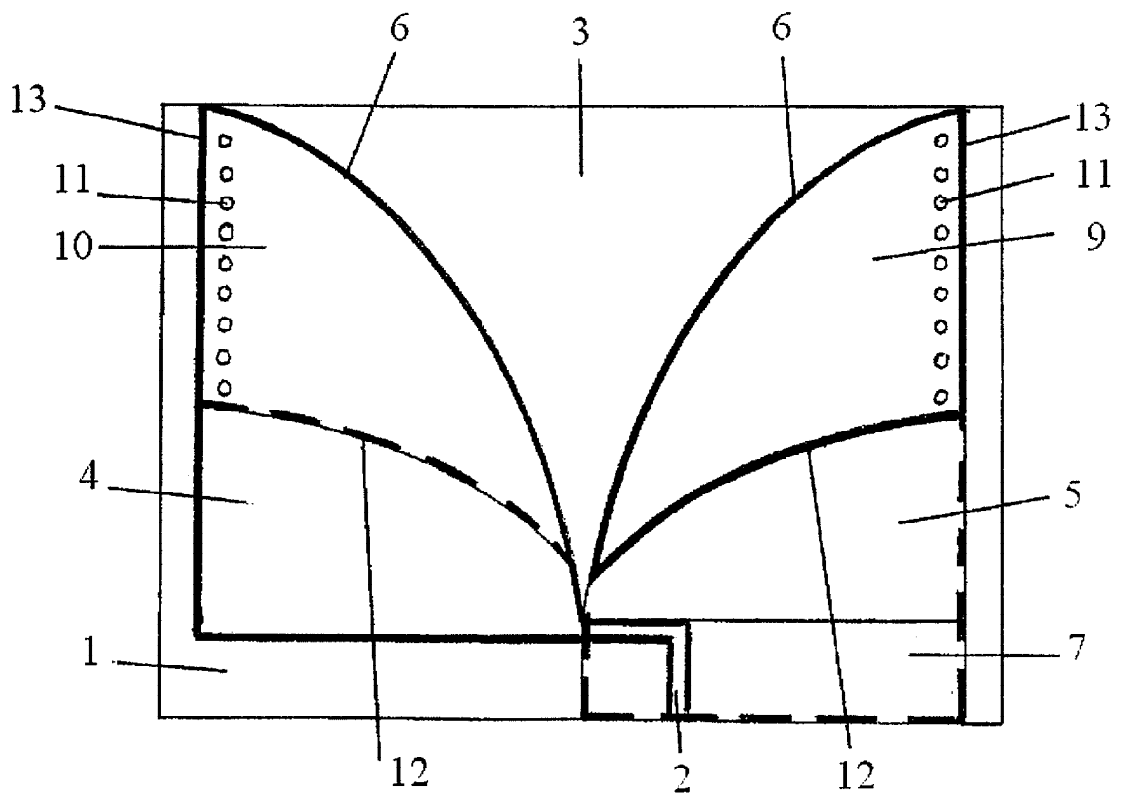
Фиг. 2



Фиг. 3

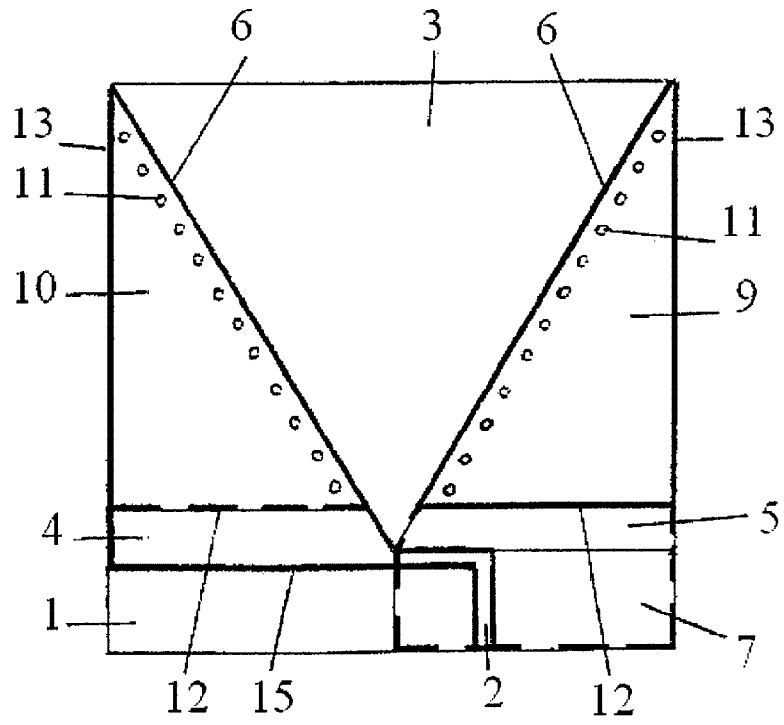


Фиг. 4

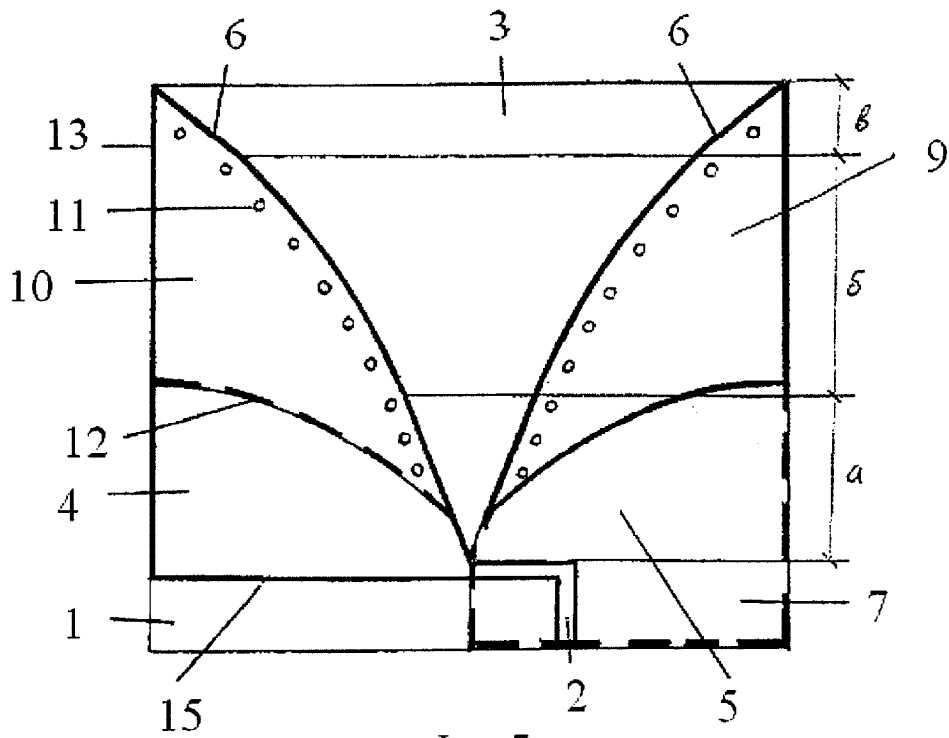


Фиг. 5

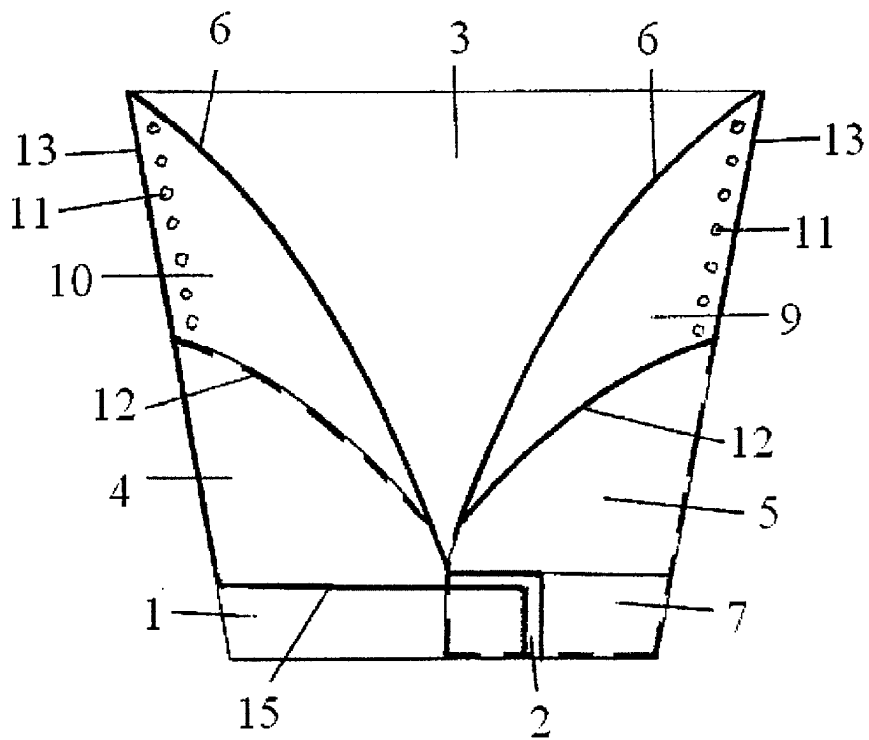




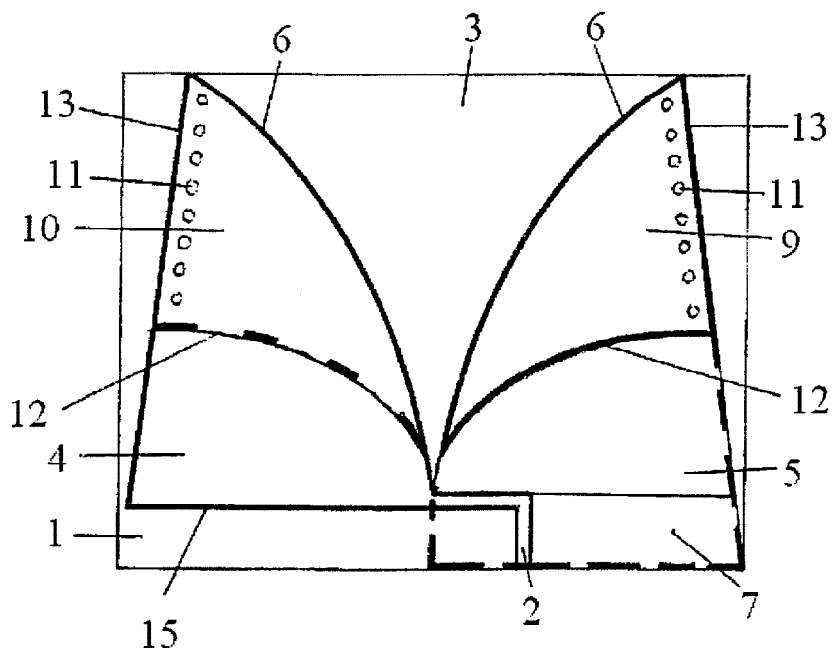
Фиг. 6



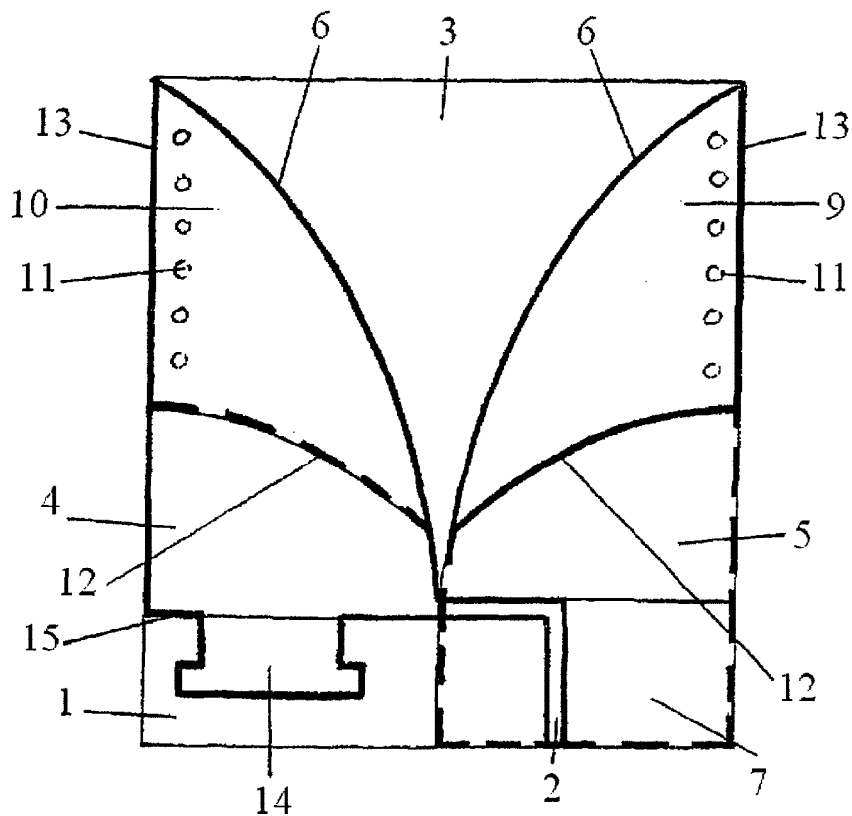
Фиг. 7



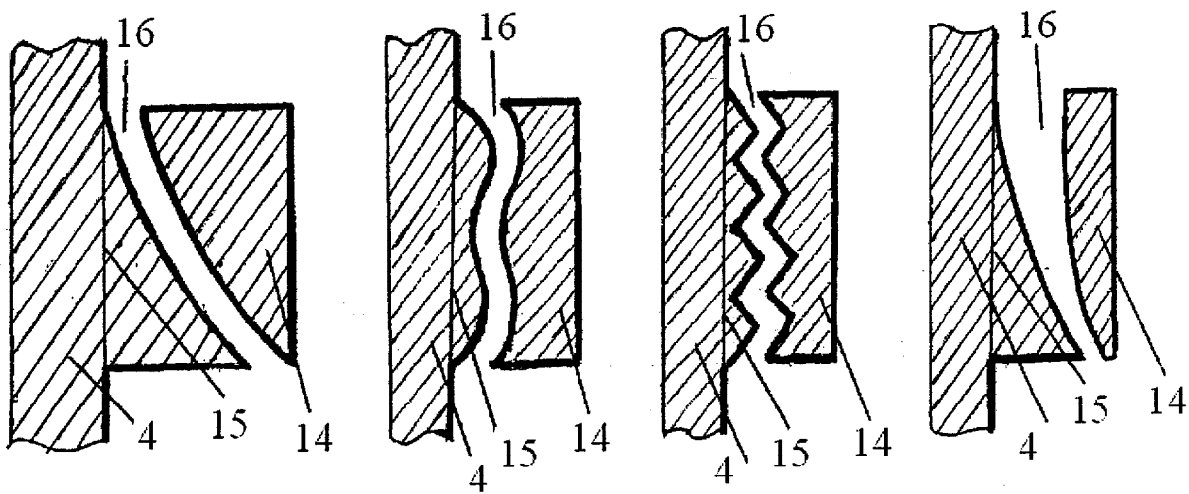
Фиг. 8



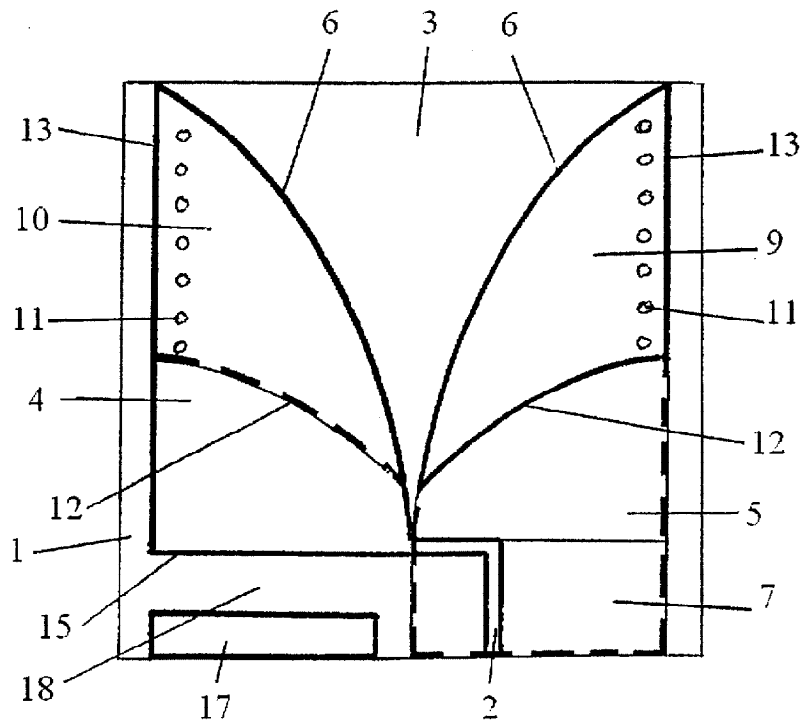
Фиг. 9



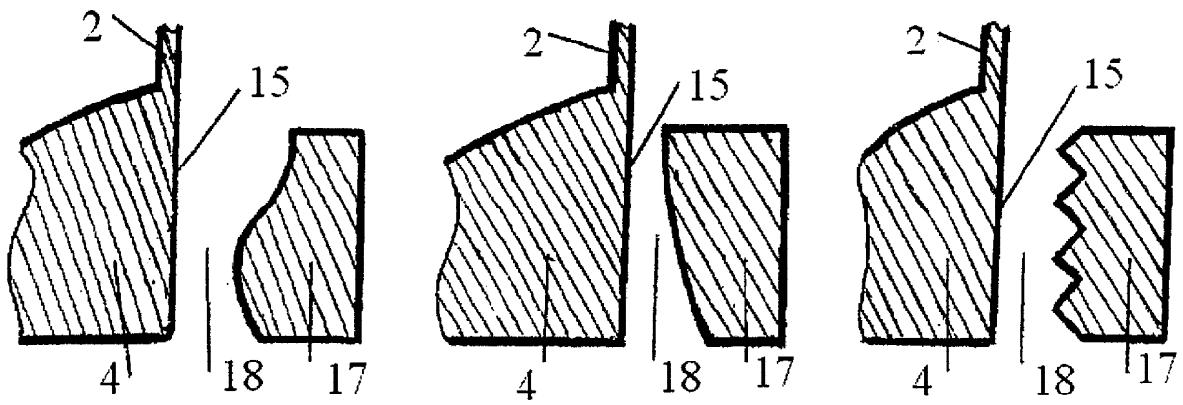
Фиг. 10



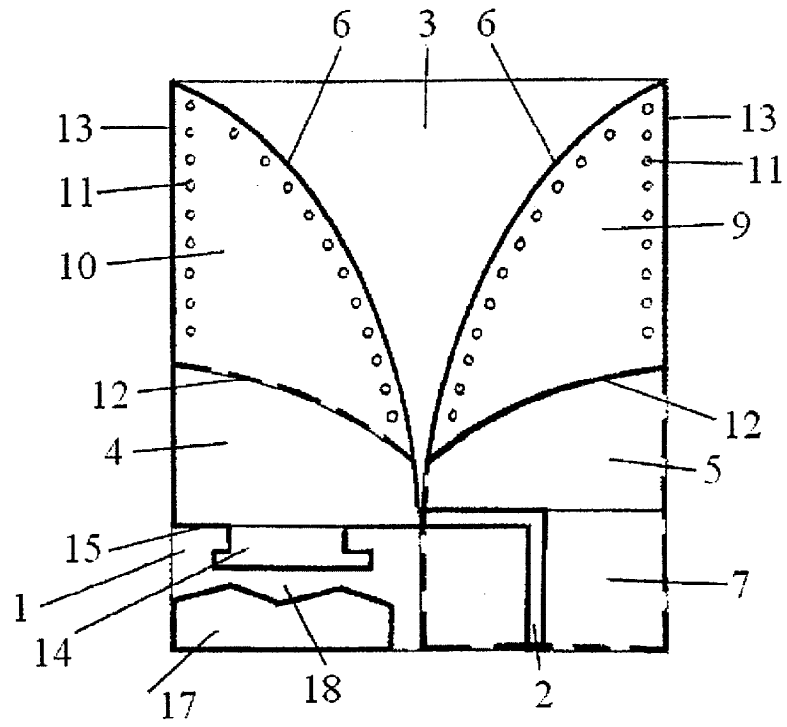
Фиг. 11



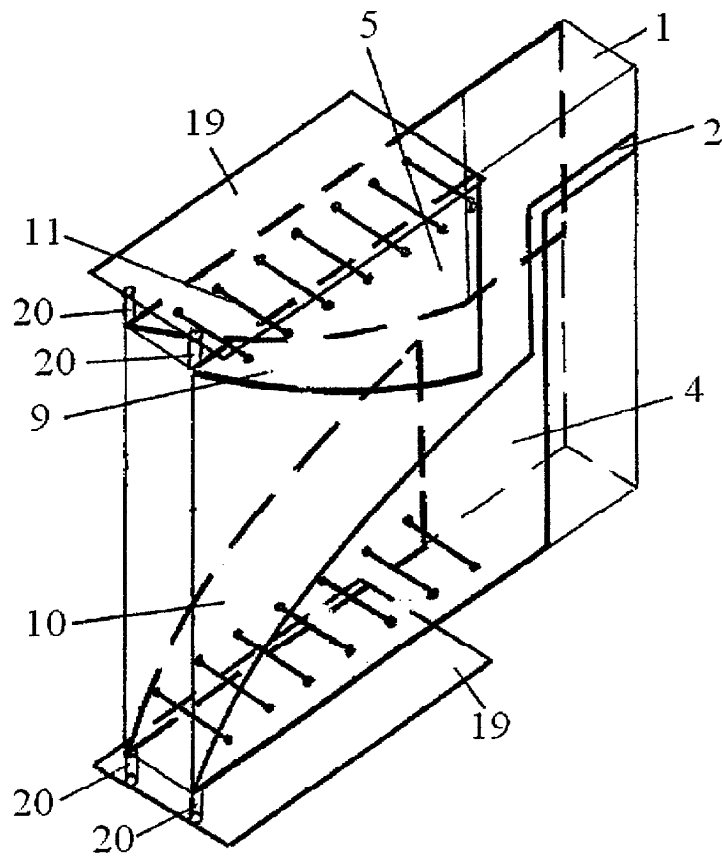
Фиг. 12



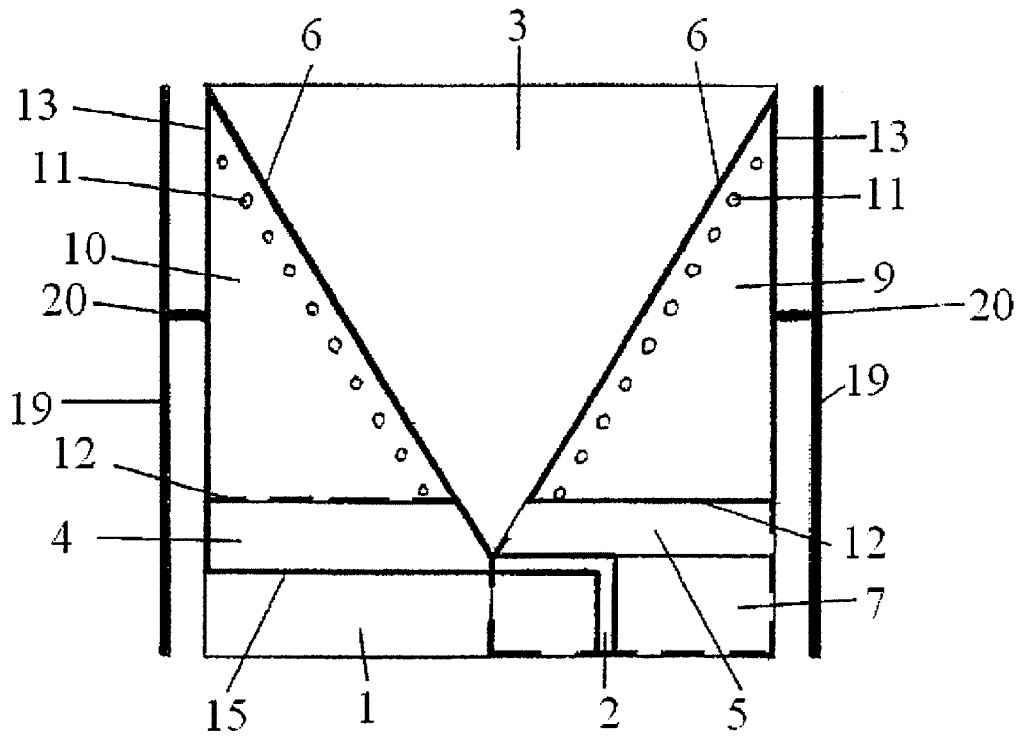
Фиг. 13



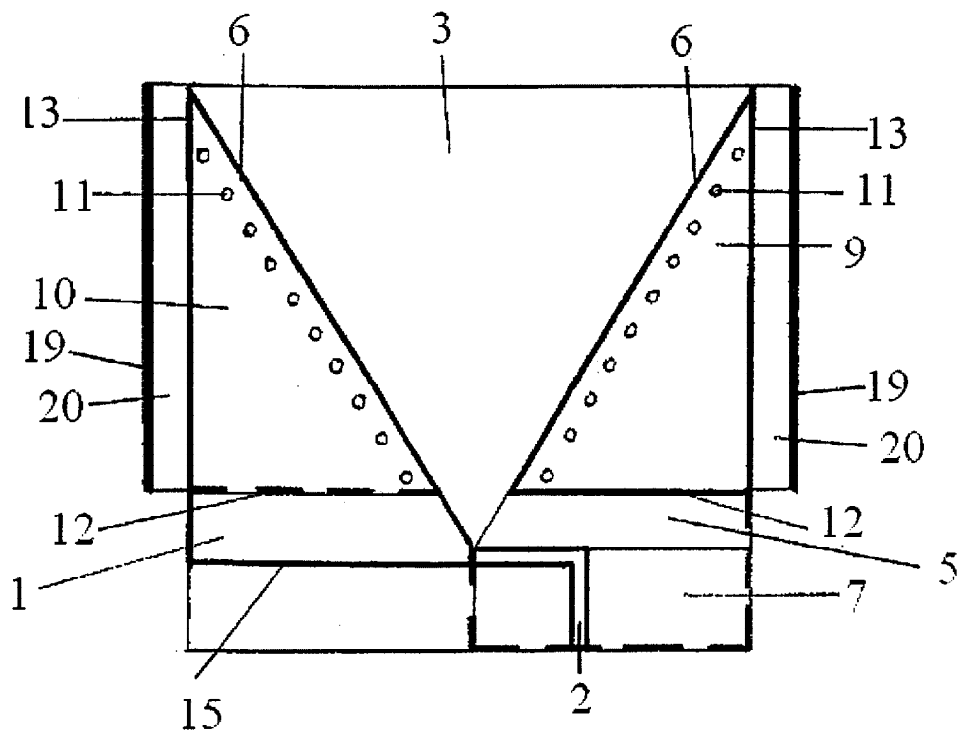
Фиг. 14



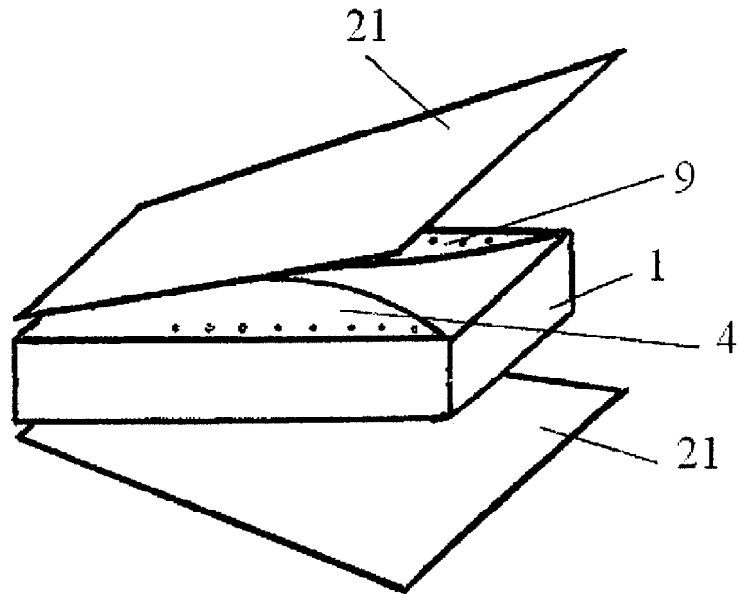
Фиг. 15



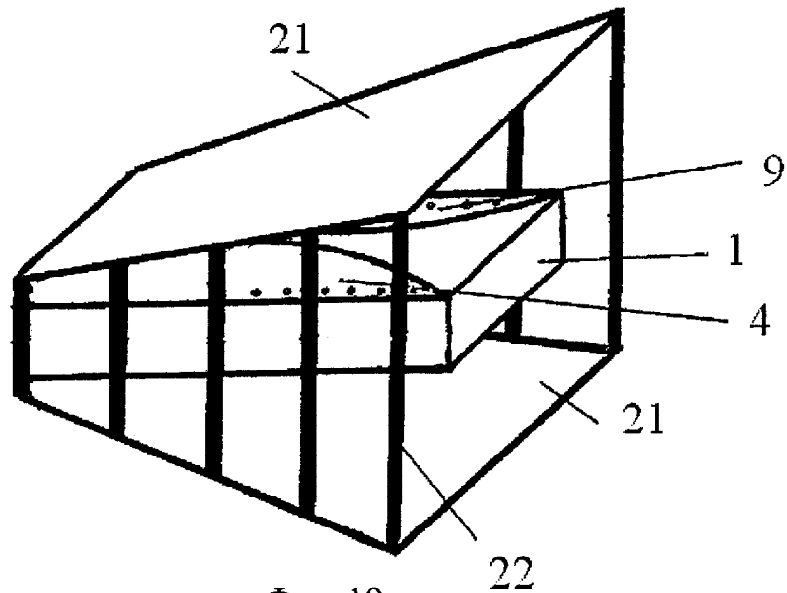
Фиг. 16



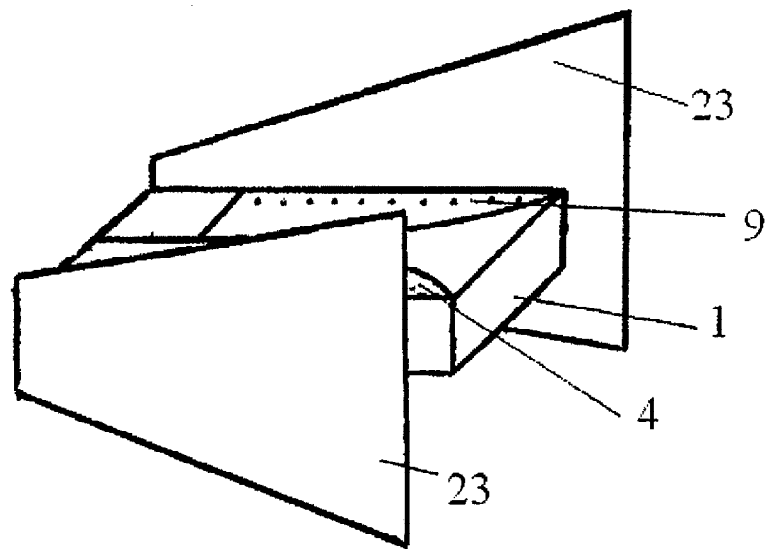
Фиг. 17



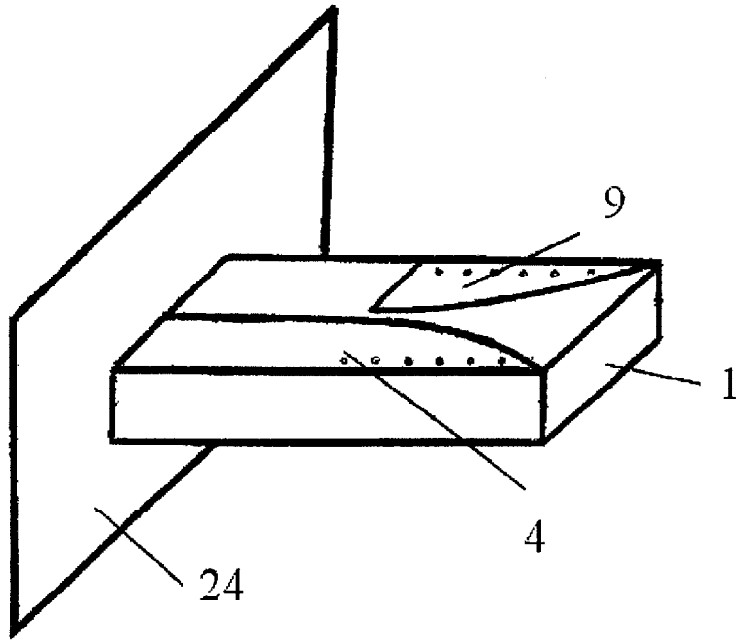
Фиг. 18



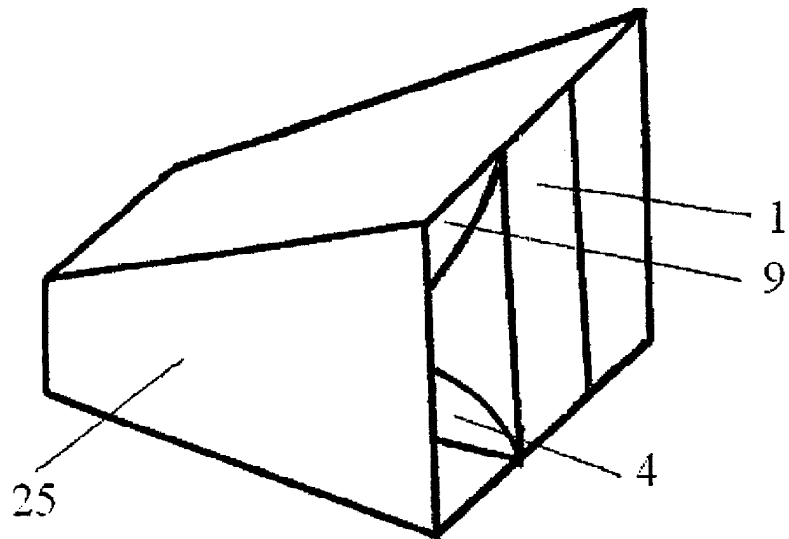
Фиг. 19



Фиг. 20



Фиг. 21



Фиг. 22