



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014137527/28, 16.09.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.09.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.09.2014

(43) Дата публикации заявки: 10.04.2016 Бюл. № 10

(45) Опубликовано: 10.05.2016 Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU2475902 C1, 20.02.2013.
RU2008132402 A, 20.02.2010. RU68188 U1,
10.11.2007. CN1719662 A, 11.01.2006. US5061938
A1, 29.10.1991. US7541982 B2, 02.06.2009.

Адрес для переписки:

143502, Московская обл., г. Истра, ул.
Панфилова, 11, АО "НИИЭМ", патентная
служба

(72) Автор(ы):

Бочаров Владимир Семенович (RU),
Генералов Александр Георгиевич (RU),
Гаджиев Эльчин Вахидович (RU)

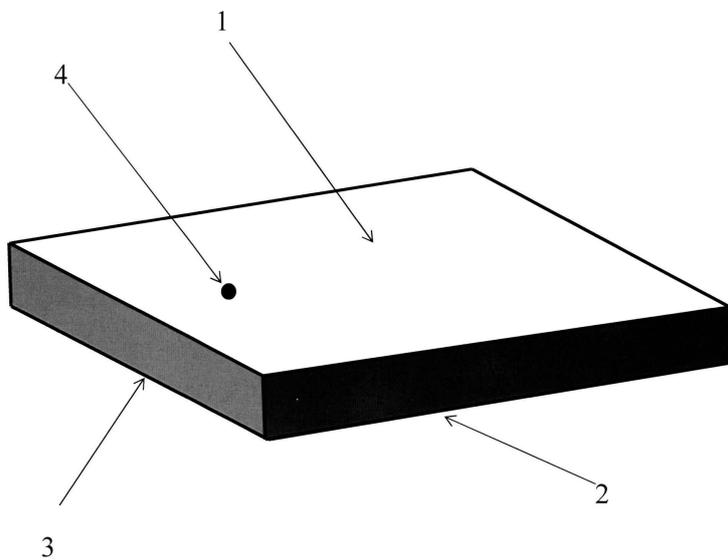
(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество "Научно-
исследовательский институт
электромеханики" (АО "НИИЭМ") (RU)(54) СПОСОБ СОЗДАНИЯ МИКРОПОЛОСКОВЫХ АНТЕНН МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА И
УСТРОЙСТВО, РЕАЛИЗУЮЩЕЕ ЭТОТ СПОСОБ

(57) Реферат:

Использование: изобретение относится к радиотехнике, а именно к микрополосковым антеннам метрового диапазона. Может быть использовано при изготовлении приемопередающих антенн различных радиотехнических систем, в частности для космических аппаратов. Сущность: способ заключается в том, что для создания антенны применяют плоскую металлизированную диэлектрическую подложку с излучателем на верхней плоскости и экраном на нижней. Излучатель накоротко замыкают на экран. В качестве подложки используют однослойный диэлектрик с постоянным волновым сопротивлением и определенными диэлектрическими характеристиками и толщиной. Устройство, реализующее этот способ, включает в себя металлизированную однослойную

диэлектрическую подложку формы параллелепипеда с определенной толщиной, на одной плоской стороне которой выполнен излучатель, а на обратной - экран. Излучатель выполнен в виде четырехугольной металлической пластины, примыкающей парой смежных сторон к двум смежным краям подложки. Один торец диэлектрической подложки содержит короткозамыкатель в виде металлической стенки, соединяющей излучатель с экраном. Излучатель содержит точку запитки, местоположение которой подбирается экспериментально в процессе настройки антенны. Технический результат: создание бортовых микрополосковых антенн метрового диапазона с минимальными габаритами и высокими показателями по энергетическим характеристикам. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг.1

RU 2583334 C2

RU 2583334 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014137527/28, 16.09.2014

(24) Effective date for property rights:
16.09.2014

Priority:

(22) Date of filing: 16.09.2014

(43) Application published: 10.04.2016 Bull. № 10

(45) Date of publication: 10.05.2016 Bull. № 13

Mail address:

143502, Moskovskaja obl., g. Istra, ul. Panfilova, 11,
AO "NIIEM", patentnaja sluzhba

(72) Inventor(s):

**Bocharov Vladimir Semenovich (RU),
Generalov Aleksandr Georgievich (RU),
Gadzhiev Elchin Vakhidovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aksionernoe obshchestvo "Nauchno-
issledovatel'skij institut elektromekhaniki" (AO
"NIIEM") (RU)**

(54) **METHOD OF CREATING MICROSTRIP ANTENNAE OF METRE RANGE AND DEVICE THEREFOR**

(57) Abstract:

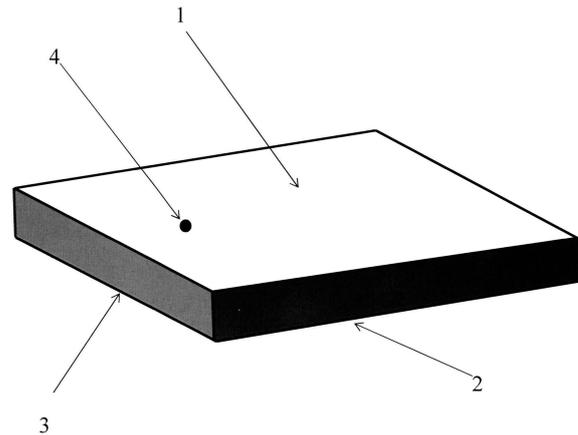
FIELD: radio engineering and communications.

SUBSTANCE: invention relates to micro strip antennae of meter range. Can be used in making transceiving antennas of different radio systems, particularly for space crafts. Method consists in fact that for creation of antenna is used flat metallised dielectric substrate with radiator on upper plane and screen on bottom. Radiator is short-circuited to screen. Substrate used is with one-layer dielectric constant wave impedance and certain dielectric characteristics and thickness. Device implementing this method, includes metal-coated single-layer dielectric substrate with form of parallelepiped with certain thickness, on one flat side of which is radiator, and on reverse side is screen. Radiator is made in form of quadrangular metal plate, adjacent in pair of adjacent sides to two adjacent edges of substrate. One end of dielectric substrate comprises short-circuiter in form of metal wall connecting radiator with screen. Radiator has feed point, location of which

is selected experimentally during adjustment of antenna.

EFFECT: creation of on-board micro-strip antennas of meter range with minimum dimensions and high energy characteristics.

3 cl, 4 dwg



Фиг.1

RU 2 583 334 C2

RU 2 583 334 C2

Назначение

Изобретение относится к радиотехнике, а именно к микрополосковым антеннам метрового диапазона. Может быть использовано в качестве приемопередающих антенн различных радиотехнических систем, в частности на космических аппаратах.

5 Уровень техники

Микрополосковые антенны, изготавливаемые по технологии интегральных схем, широко используются в различных радиоэлектронных системах. Данный тип антенн обеспечивает высокую повторяемость размеров, низкую стоимость, малые металлоемкость, габаритные размеры, массу. Микрополосковые антенны способны
10 излучать энергию с линейной, круговой и эллиптической поляризацией, допускают удобные решения для обеспечения работы в двух- или многочастотных режимах и т.д. [Панченко Б.А., Нефедов Е.И. Микрополосковые антенны. М.: Радио и связь. 1986. 144 с.].

При разработке бортовых антенн особое внимание уделяется размещению их на
15 поверхности космического аппарата, что, в свою очередь, накладывает жесткие ограничение по массогабаритным показателям антенн [Бочаров В.С., Генералов А.Г., Гаджиев Э.В. Особенности бортовых антенно-фидерных устройств космических аппаратов. Материалы научно-технического семинара "Перспективы развития антенно-фидерных устройств летательных аппаратов". - Истра: ОАО "НИИЭМ". 2013. С. 55-
20 58]. Особенно это важно при разработке бортовых антенн для использования в составе антенной системы малых космических аппаратов.

При создании микрополосковых антенн сантиметрового диапазона (от 0,1 м до 0,03 м) габариты таких антенн приемлемы для их применения в качестве бортовых антенн космических аппаратов (примерно от 0,03 м до 0,015 м), а величина диэлектрической
25 проницаемости не вносит существенного влияния на изменение габаритов.

По-другому вопрос обстоит при создании микрополосковых антенн метрового диапазона (от 1 м до 10 м). Габариты антенн в этом диапазоне составляют примерно от 0,4 м до 2,5 м. Как известно, габариты малых космических аппаратов составляет
30 примерно площадь в 1 м^2 ($1 \text{ м} * 1 \text{ м}$).

Поэтому применение микрополосковых антенн метрового диапазона с такими габаритами не приемлемо для их применения в качестве бортовых антенн малых космических аппаратов.

Габариты микрополосковой антенны рассчитываются по следующим формулам [Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. Нефедов Е.И. - М.:
35 Издательский центр «Академия», 2010. 320 с.]:

ширина излучателя w :

$$w = \frac{c}{2f_p} \sqrt{\frac{2}{\epsilon + 1}}, \quad (1)$$

40 где c - скорость света; f_p - резонансная частота излучения; ϵ - диэлектрическая проницаемость подложки;

длина излучателя L :

$$L = \frac{c}{2f_p \sqrt{\epsilon_{\text{эфф}}}}, \quad (2)$$

где $\epsilon_{\text{эфф}}$ - эффективная диэлектрическая проницаемость.

В свою очередь, эффективная диэлектрическая проницаемость определяется

следующим соотношением:

$$2\epsilon_{\text{эфф}} = \epsilon + 1 + (\epsilon - 1) \left(1 + 10 \frac{h}{w}\right)^{-1/2}, \quad (3)$$

где h - толщина подложки.

Габариты антенн зависит от нескольких параметров, меняя значения которых можно добиться уменьшения габаритных размеров. Так в работе [Петров А.С. Оценка характеристик миниатюрных печатных антенн. Антенны. 2013. Выпуск 3 (190). С. 22-29] описан способ укорочения антенн за счет увеличения диэлектрической проницаемости подложки. В работе [Чебышев В.В. Микрополосковые антенны в многослойных средах. - М.: Радиотехника, 2007, 160 с.] описан способ укорочения антенн за счет увеличения толщины и материала (а значит, коэффициента диэлектрической проницаемости) подложки.

Недостатком данных способов является то, что с увеличением значения диэлектрической проницаемости подложки растет добротность антенны, а, следовательно сужается полоса рабочих частот; а увеличение толщины антенны несет за собой конструктивные сложности размещения и увеличение массогабаритных показателей.

Другие способы описаны в работе [Бойко С.Н., Косякин С.В., Кухаренко А.С., Яскин Ю.С. Миниатюризация антенных модулей навигационной аппаратуры спутниковых навигационных систем. Антенны. 2013. Выпуск 12 (199) С. 38-43]. В частности предложено использование многосвязных структур и формирование в металлизации антенного элемента вырезов (щелей).

Недостатком данного способа является усложнение конструктива антенны и сложность ее изготовления.

Еще один способ, использующий продольную свертку топологии антенны для миниатюризации габаритов, описан в работе [Банков С.Е., Давыдов А.Г., Папилов К.Б. Малогабаритные печатные антенны круговой поляризации // Журнал радиоэлектроники. 2010. №8. С. 1-27].

Недостатком данного способа является сложность исполнения.

В качестве прототипа выбран способ создания миниатюрной антенны за счет использования многослойной структуры подложки (патент РФ на полезную модель №133655), которое предлагает применение не менее трех слоев диэлектрической подложки, причем все слои должны быть согласованы по волновому сопротивлению. Общая толщина слоев должна быть равной четверти длины волны излучения, а каждый слой выполнен с уменьшающимся от плоскости экрана к плоскости излучателя волновым сопротивлением. Этот способ обеспечивает работу антенны в широком диапазоне частот при габаритных размерах, меньших длины волны.

Недостатком данного способа является его сложность применения из-за многослойности структуры подложки и необходимости согласования волнового сопротивления между слоями.

Целью предлагаемого изобретения является упрощение способа создания миниатюрных микрополосковых антенн метрового диапазона.

Раскрытие изобретения

Для удобства анализа, перепишем приведенные выше формулы (1) и (2) через длину рабочей волны исходя из соотношения $c = \lambda * f$ (где λ - длина волны):

$$w = \frac{\lambda}{2} \sqrt{\frac{2}{\epsilon + 1}}, \quad (4)$$

$$L = \frac{\lambda}{2} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_{эфф}}}, \quad (5)$$

При анализе формул (4) и (5) видно, что минимизация габаритов антенн возможна за счет увеличения значения диэлектрической проницаемости ϵ . В настоящий момент существует широкая линейка материалов (ФЛАН, ФАФ-4Д, брикор АА, поликор, стеклотекстолит фольгированный, СВЧ и др.), которые можно использовать в качестве материала подложки микрополосковых антенн. Значение ϵ в пределах от 2,8 до 32.

Однако необходимо учитывать, что значительное увеличение значения диэлектрической проницаемости материала подложки значительно повышает концентрацию электрического поля ближней зоны антенны, что приводит к низкой интенсивности излучения из-за большого реактивного поля и узкой полосы пропускания, а это является существенным недостатком. Целесообразно использовать оптимальный диапазон значений ϵ от 8 до 16. Также необходимо учитывать тот факт, что немаловажную роль играет такой параметр материала подложки, как тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$. Этот параметр влияет на КПД антенны, и его оптимальное значение должно находиться в диапазоне $(10^{-3} \dots 10^{-5})$.

Таким образом, учитывая вышесказанное, в качестве материала подложки микрополосковой антенны метрового диапазона целесообразно использовать металлизированный диэлектрик с диэлектрической проницаемостью ϵ (8...16) и тангенсом угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ ($10^{-3} \dots 10^{-5}$).

При выборе толщины диэлектрика h нужно исходить из предъявляемых требований по электрическим и механическим параметрам к бортовым антенно-фидерным устройствам космических аппаратов. В данном случае оптимально использовать толщину антенны h в пределах $(0,1-0,01) \lambda$. С помощью данного варианта габариты антенн составят от 0,3 м до 2,3 м.

Но тем не менее из полученных результатов видно, что применение полуволновых микрополосковых антенн метрового диапазона также не приемлемо в качестве бортовых антенн малых космических аппаратов из-за полученных габаритов.

Поэтому предложен вариант построения закороченных микрополосковых антенн метрового диапазона, который позволяет разрабатывать четвертьволновые микрополосковые антенны метрового диапазона. Как известно [Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.М., Пономарев Л.И. Антенны и устройство СВЧ / под редакцией Д.И. Воскресенского. Изд. 3-е. М.: Радиотехника. 2008], четвертьволновые антенны имеют меньшие габариты по сравнению с полуволновыми антеннами.

Учитывая вариант построения закороченных микрополосковых антенн, формулы (4) и (5) преобразуются:

$$w \approx \frac{c}{4f_p} \sqrt{\frac{2}{(\epsilon+1)}}, \quad (6)$$

$$L \approx \frac{c}{4f_p \sqrt{\epsilon_{эфф}}}, \quad (7)$$

Т.е. при сравнении формул (6) и (7) с формулами (4) и (5) очевидно, что линейные размеры закороченной четвертьволновой микрополосковой антенны примерно в два раза меньше, чем у полуволновой микрополосковой антенны.

Итак, предлагается способ миниатюризации микрополосковых антенн метрового

диапазона, который заключается в создании четвертьволновой антенны с научно-экспериментально подобранными оптимальными электрическими характеристиками.

5 Сущность изобретения заключается в применении закорачивания излучателя в структуре микрополосковой полуволновой антенны метрового диапазона, создаваемой на базе металлизированного диэлектрика, для получения четвертьволновой антенны. При этом подбирают материал диэлектрической подложки с оптимальными характеристиками (диэлектрической проницаемостью ϵ и тангенсом угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$), а также толщину диэлектрика h .

10 Использование данного способа миниатюризации позволит создавать микрополосковые антенны с габаритами от 0,18 м до 1,1 м, а также обеспечит высокие показатели по энергетическим параметрам антенны (коэффициент стоячей волны, диаграмма направленности, коэффициент усиления, КПД, полоса пропускания и т.д.).

Предложенный способ позволит упростить миниатюризацию микрополосковых антенн метрового диапазона и уменьшить ее линейные габариты примерно в два раза. 15 Устройство, реализующее предлагаемый способ создания микрополосковых антенн метрового диапазона, может быть выполнено, например, в виде микрополосковой антенны, содержащей металлизированную диэлектрическую подложку в форме параллелепипеда, на верхней плоской стороне которой размещен плоский излучатель в форме металлического прямоугольника определенного размера (нижняя сторона 20 подложки - полностью металлизирована). В конструкцию антенны введен короткозамыкатель, расположенный на одном торце подложки (другие торцы - свободны от металла). Точка запитки антенны (от внешнего коаксиального кабеля) расположена на излучателе в определенном месте, где выполнено отверстие в толще диэлектрической подложки для подвода кабеля или высокочастотного соединителя 25 (разъема) снизу с последующим подсоединением к точке запитки на металлической поверхности излучателя.

Уменьшение габаритов антенны достигается благодаря использованию короткозамыкателя, выполненного в виде закорачивающей пластины на одном из торцов диэлектрической подложки, который позволяет создать вместо полуволновой 30 микрополосковой антенны четвертьволновую микрополосковую антенну при сохранении заданных энергетических параметров. Место точки запитки антенны подбирается экспериментально в процессе настройки на резонансную (рабочую) частоту для обеспечения минимально возможного значения коэффициента стоячей волны на резонансной (рабочей) частоте антенны и широкой полосы рабочих частот с 35 приемлемым значением коэффициента стоячей волны.

Перечень чертежей

Фиг. 1. 3-D модель микрополосковой антенны метрового диапазона.

Фиг. 2. График зависимости коэффициента стоячей волны 3-D модели микрополосковой антенны метрового диапазона.

40 Фиг. 3. График зависимости диаграммы направленности 3-D микрополосковой антенны метрового диапазона.

Фиг. 4 График зависимости коэффициента усиления 3-D модели микрополосковой антенны метрового диапазона.

Осуществление изобретения

45 Способ реализуется следующим образом. Берут металлизированный диэлектрик, толщина которого подобрана с учетом соотношения $h=(0,1 \dots 0,01)*\lambda$, где λ - длина рабочей волны антенны. На одной плоской стороне диэлектрика с помощью печатных технологий, например методом фотолитографии, вытравливают излучатель в виде

прямоугольника, касающегося одной пары смежных краев подложки, другую плоскую сторону не трогают. Торцы также вытравливают таким образом, что на одном из них остается металлический слой в виде металлической стенки, которая становится короткозамыкателем излучателя на нижний металлический слой подложки. В качестве диэлектрика используют СВЧ-материал с большим значением коэффициента диэлектрической проницаемости ϵ в пределах от 8 до 16 и тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ в пределах от 10^{-3} до 10^{-5} .

На фиг. 1 представлена конструктивная схема патентуемого устройства.

Микрополосковая антенна состоит из излучателя 1 прямоугольной формы, расположенного на металлизированной диэлектрической подложке 2, имеющей форму параллелепипеда. Короткозамыкатель 3 расположен на одном боковом торце антенны. Запитка антенны осуществляется с помощью коаксиального кабеля или высокочастотного соединителя в точке запитки 4. Место точки запитки 4 подбирается экспериментально. Фиг. 2. График зависимости коэффициента стоячей волны 3-D модели микрополосковой антенны метрового диапазона, где по оси абсцисс отложена частота в МГц, а по оси ординат значение коэффициента стоячей волны б/р. Как правило, к коэффициенту стоячей волны бортовых антенн космических аппаратов предъявляется требование, которое заключается в ограничении этого параметра не более 2. Как видно из представленного графика, что рабочей частотой модели антенны является 150 МГц, что соответствует метровому диапазону волн, а значение коэффициента стоячей волны на рабочей частоте 150 МГц составляет 1,1 и не превышает заданного предела, равного 2 в диапазоне частот (примерно ± 2 МГц).

Фиг. 3. График зависимости диаграммы направленности 3-D модели микрополосковой антенны метрового диапазона, где по оси абсцисс отложено значение угла в градусах, а по оси ординат - значение напряженности поля E в дБ. Как правило, к диаграмме направленности бортовых антенн космических аппаратов предъявляется требование, которое заключается, в зависимости от целевой задачи антенной системы, в ее ширине. Как видно из представленного графика, диаграмма направленности имеет преимущественное направление на центр Земли (излучение вдоль оси абсцисс), а также обеспечивает излучение в пределах $\pm 45^\circ$, т.е. достаточно широкое.

Фиг. 4 График зависимости коэффициента усиления 3-D модели микрополосковой антенны метрового диапазона, где по оси абсцисс отложены значение угла в градусах, а по оси ординат - значение коэффициента усиления в дБ. Как правило, к коэффициенту усиления бортовых антенн космических аппаратов предъявляется требование, которое заключается, в зависимости от целевой задачи антенной системы, в получении максимально возможного коэффициента усиления для обеспечения более качественной и уверенной передачи данных. Как видно из представленного графика, коэффициент усиления модели в направлении центра Земли составляет порядка 1,2 дБ (усиление вдоль оси абсцисс), а усиление в пределах $\pm 45^\circ$ составляет примерно 0,6 дБ, т.е. данная модель антенны обладает хорошим коэффициентом усиления.

Итак, способ создания микрополосковых антенн метрового диапазона с минимальными габаритами реализуется с помощью введения в конструкцию антенны короткозамыкателя, выполненного в виде закорачивающей стенки, и в применении в качестве материала подложки металлизированного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью ϵ в пределах от 8 до 16 и тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ в пределах от 10^{-3} до 10^{-5} и толщиной $(0,1 \dots 0,01) \cdot \lambda$.

С помощью системы автоматизированного проектирования Electromagnetic Professional (EMPro), для проектирования антенн и устройств СВЧ, было осуществлено

электродинамическое моделирование модели микрополосковой антенны метрового диапазона с круговой поляризацией. Для моделирования были использованы следующие входные данные:

- материал диэлектрика - фольгированный арилокс листовой наполненный (ФЛАН);
- значение диэлектрической проницаемости ϵ б/р - 10;
- значение тангенса диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ б/р - $1,5 \cdot 10^{-3}$;
- толщина подложки - 20 мм;
- запитка антенны осуществлялась с помощью штыря, который проходил через диэлектрик и соединялся с излучателем;
- метод моделирования - метод конечных элементов;
- габариты модели антенны - 220*165*20 мм.

Предлагаемый способ создания микрополосковых антенн метрового диапазона позволяет создать миниатюрную простую в исполнении антенну метрового диапазона с высокими показателями по энергетическим характеристикам.

Описание работы антенны

По внешнему коаксиальному кабелю происходит запитка антенны в точке запитки 4. Данное месторасположение точки запитки, подобранное экспериментальным путем, осуществляет возбуждение двух ортогональных вырожденных типов колебаний в одной точке. Излучение энергии излучателя 1, расположенного на диэлектрической подложке 2, в пространство осуществляется торцами антенны за исключением того торца, который закрыт металлической стенкой - короткозамыкателем 3.

Формула изобретения

1. Способ создания микрополосковых антенн метрового диапазона, заключающийся в том, что в качестве материала антенны применяют плоскую металлизированную подложку с определенными диэлектрическими характеристиками, верхнюю плоскость которого используют для размещения излучателя определенной формы, а нижнюю - для экранирования, отличающийся тем, что излучатель накоротко замыкают на экран, а в качестве подложки используют однослойный диэлектрик с постоянным волновым сопротивлением и следующими характеристиками:

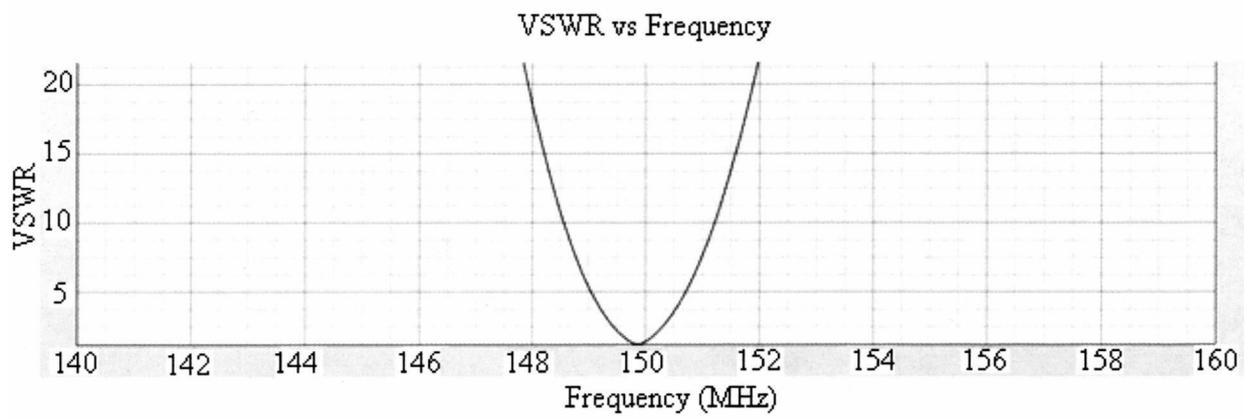
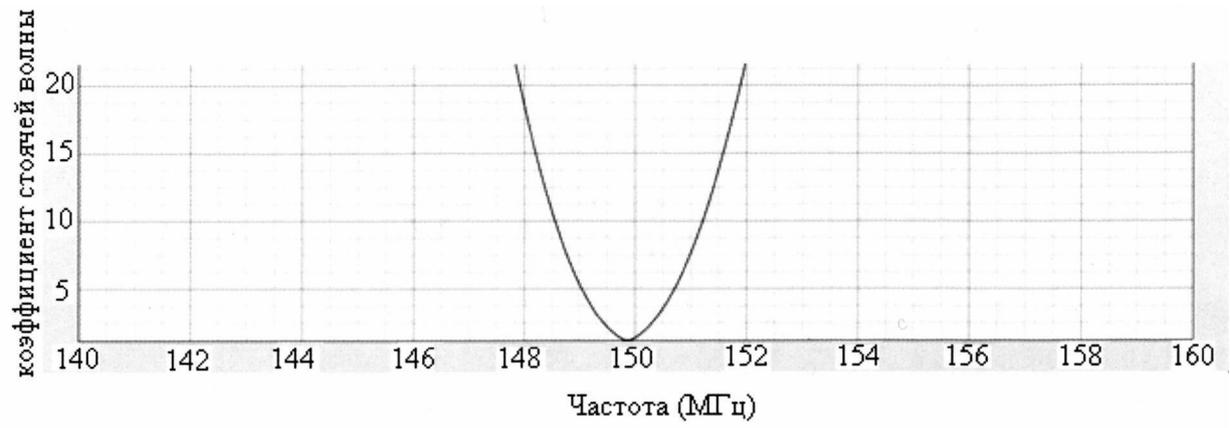
диэлектрическая проницаемость $\epsilon=8 \dots 16$,

тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta=10^{-3} \dots 10^{-5}$,

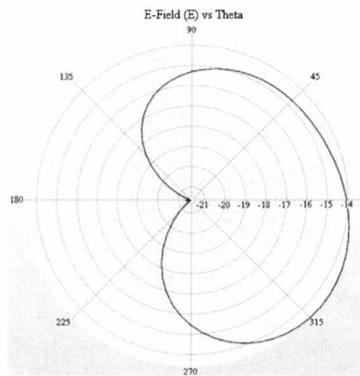
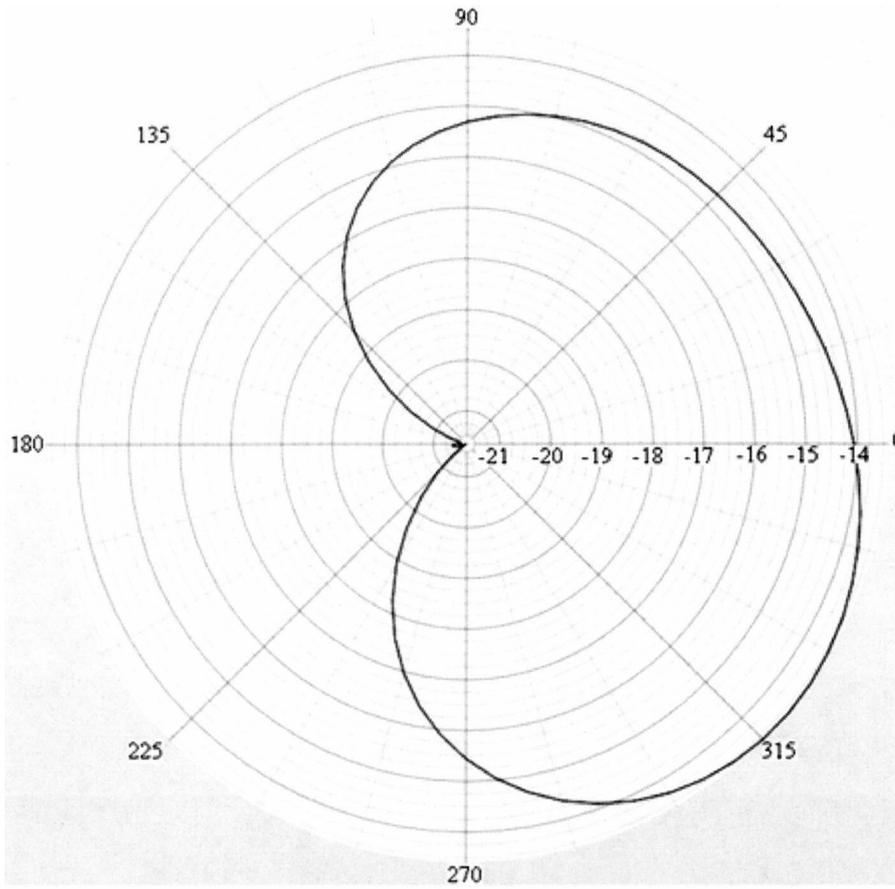
толщина $h=(0,1 \dots 0,01)\lambda$, где λ - длина волны.

2. Устройство, реализующее способ создания микрополосковых антенн метрового диапазона, включающее в себя плоскую металлизированную диэлектрическую подложку в форме параллелепипеда определенной толщины, на одной плоской стороне которой выполнен излучатель, а на обратной - металлический экран, отличающееся тем, что излучатель выполнен в форме четырехугольной металлической пластины, примыкающей парой смежных сторон к двум смежным краям подложки, диэлектрическая подложка выполнена однослойной, один торец диэлектрической подложки содержит короткозамыкатель в виде металлической стенки, соединяющей излучатель с экраном, а излучатель содержит точку запитки, местоположение которой подбирается экспериментально в процессе настройки.

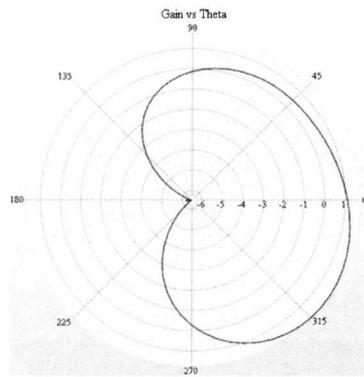
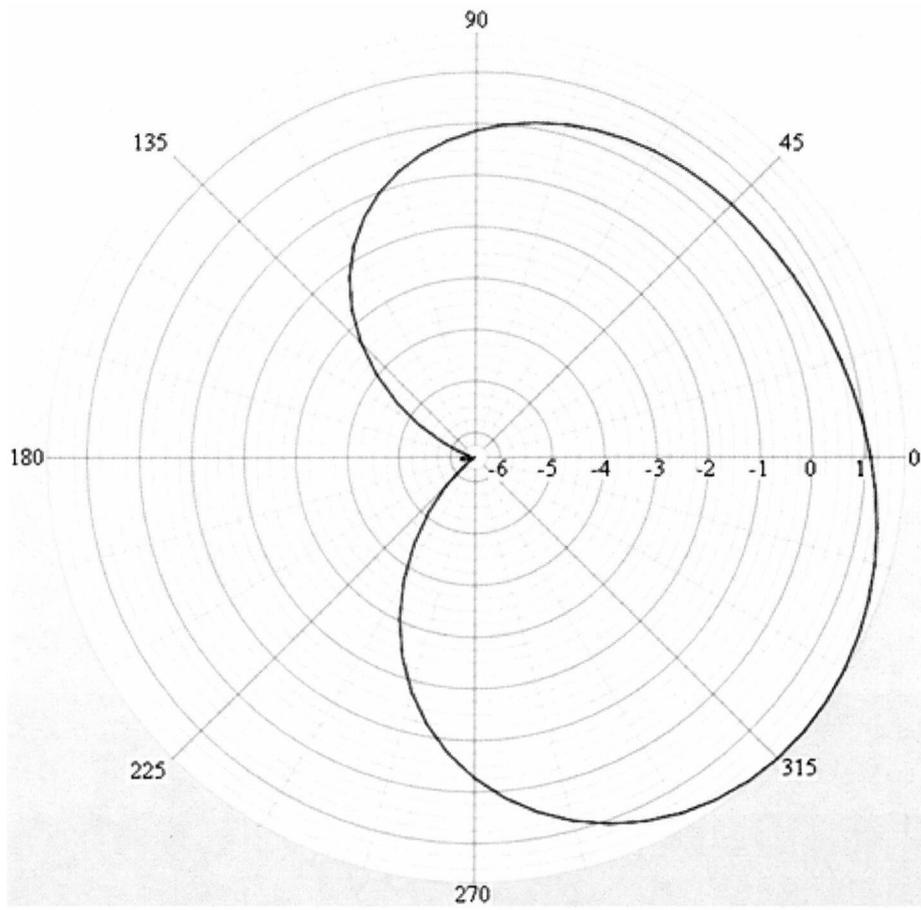
3. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что в диэлектрической подложке выполнено сквозное отверстие в области точки запитки для обеспечения возможности соединения излучателя с внешним устройством.



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4