



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК

**H01Q13/00** (2006.01)**H01Q13/10** (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2012134545/08, 10.08.2012**

(24) Дата начала отсчета срока действия  
патента:  
**10.08.2012**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **10.08.2012**

(45) Опубликовано: [10.01.2014](#)

(56) Список документов, цитированных в  
отчете о  
поиске: **RU 2419928 C1, 27.05.2011. RU  
2183889 C2, 20.06.2002. RU 2184411 C2,  
27.06.2002. RU 2012956 C1, 15.05.1994. US  
6573872 B2, 03.06.2003. US 5815122 A,  
29.09.1998. US 2002/0067315 A1, 06.06.2002.  
WO 2007/009216 A1, 25.01.2007.**

Адрес для переписки:  
**660036, г.Красноярск, Академгородок, 50,  
Президиум КНЦ СО РАН ООО НПФ  
"Электрон"**

(54) **ЩЕЛЕВАЯ ПОЛОСКОВАЯ АНТЕННА ВЫТЕКАЮЩЕЙ ВОЛНЫ С КРУГОВОЙ  
ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к антенной технике и может быть применено для приема сигналов Глобальных навигационных спутниковых систем, включая ГЛОНАСС, GPS, GALILEO и OmniSTAR. Технический результат - улучшение технических характеристик антенны, а именно: уменьшение коэффициента эллиптичности, увеличение подавления кросс-поляризации и расширение рабочего диапазона частот. Щелевая полосковая антенна вытекающей волны с круговой поляризацией, включающая диэлектрическую подложку, на нижней металлизированной стороне которой выполнена подводящая микрополосковая линия, имеющая форму спирали, а на верхней металлизированной стороне выполнены основные щелевые излучатели, закрученные по спирали вокруг геометрического центра антенны и включающие прямые и изогнутые сегменты различной длины, на верхней металлизированной стороне диэлектрической подложки между основными щелевыми излучателями выполнены дополнительные щели с меньшей электрической длиной, чем электрическая длина основных щелевых излучателей, дополнительные щели не соединены с основными щелевыми

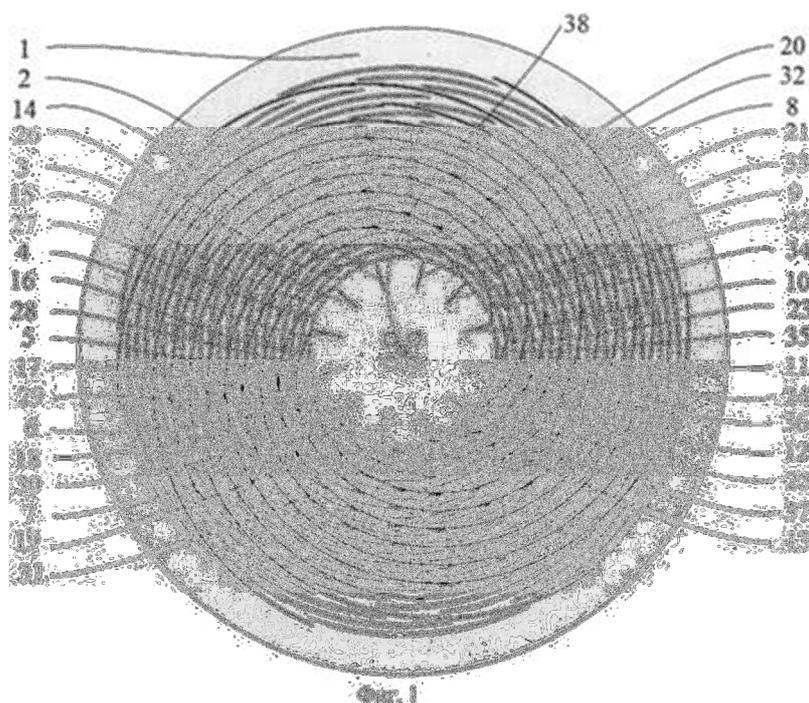
(72) Автор(ы):

**Владимиров Валерий Михайлович (RU),  
Шепов Владимир Николаевич (RU),  
Крылов Юрий Валерьевич (RU),  
Марков Владимир Витальевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ НАУЧНО-  
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА  
"ЭЛЕКТРОН" (RU)**

излучателями и выполнены в виде концентрических дуг, расположенных вокруг геометрического центра антенны, или в виде отрезков спиралей. 1 з.п. ф-лы, 11 ил.



Изобретение относится к антенной технике, а именно к щелевым полосковым антеннам вытекающей волны с круговой поляризацией, и может быть применено для приема сигналов Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), включая ГЛОНАСС, GPS, GALILEO и OmniSTAR.

Технические требования к приемным антеннам ГНСС различаются в зависимости от назначения приемников. Для точных метрологических приложений ГНСС необходима широкополосная слабонаправленная приемная антенна, обладающая стабильным фазовым центром, характеристиками идеальной правой круговой поляризации и подавлением многолучевости. Кроме того, желательно, чтобы антенна высокоточного позиционирования была низкопрофильной.

Известна щелевая спиральная антенна с интегрированным трансформатором и фидером [Patent US 5,815,122, Filed: Jan. 11, 1996, Pub. Date: Sep.29, 1998]. Антенна выполнена на диэлектрической подложке, на которую с обеих сторон нанесен проводящий слой. В верхнем проводящем слое выполнена спиральная щелевая линия (ЩЛ), а в нижнем - спиральная микрополосковая линия (МПЛ). Спиральи ЩЛ и МПЛ закручены от края антенны к ее центру. При этом спираль МПЛ проходит между спиральями ЩЛ. Верхний проводящий слой заземлен и является экраном для МПЛ. В такой конструкции антенны МПЛ является и фидером и выполняет функции трансформатора сопротивления. Данная антенна имеет круговую поляризацию.

Недостатками такой антенны являются высокий коэффициент эллиптичности (выраженный в дБ) и большая неравномерность фазовой диаграммы направленности (ДН) в азимутальной плоскости, что ограничивает применение данной антенны для приема навигационных сигналов ГНСС.

Еще одним известным изобретением является щелевая полосковая антенна вытекающей волны [Patent US 2002/0067315 A1, Filed: 16 Aug., 1999, Pub. Date: 6 Jun., 2002]. Антенна выполнена на диэлектрической подложке с двусторонней металлизацией. В металле верхней стороны диэлектрической подложки выполнены резонансные щелевые излучатели. Электрическая длина щелевых излучателей настраивается на требуемый рабочий диапазон частот антенны. Для формирования правой либо левой круговой поляризации щелевые излучатели закручены вокруг геометрического центра антенны соответственно по правовинтовой либо левовинтовой спирали. Щелевые излучатели могут включать прямые и изогнутые сегменты одинаковой или разной длины. На нижней металлизированной стороне диэлектрической подложки выполнена подводящая МПЛ, внутренняя часть которой формирует дугу. Один конец МПЛ соединяется с фидером, а другой нагружен на активное сопротивление, равное волновому сопротивлению МПЛ для формирования в МПЛ бегущей волны. Положение точек подключения фидера и активного сопротивления определяется требуемой

правой или левой круговой поляризацией.

Недостатками такой антенны являются высокий коэффициент эллиптичности и низкий уровень подавления кросс-поляризации. Кроме того, подводящая МПЛ, выполненная в форме дуги, не позволяет обеспечить сильную индуктивную связь со щелевыми излучателями, необходимую для расширения рабочего диапазона частот антенны.

Наиболее близкой по совокупности существенных признаков является щелевая полосковая антенна вытекающей волны с излучающей структурой, включающей фрактальные петли [Patent WO 2007/009216 AI Filed: 19 July 2005, Pub. Date: 25 January 2007]. Антенна выполнена на диэлектрической подложке с двусторонней металлизацией. На верхней стороне подложки в металле выполнены основные резонансные щелевые излучатели, закрученные по спирали вокруг геометрического центра антенны. Основные щелевые излучатели начинаются в центральной области подложки и заканчиваются в области связи с дополнительными резонансными щелевыми излучателями, выполненными по краю диэлектрической подложки и названными фрактальными петлями. Щели основных и дополнительных излучателей соединены между собой. Электрические длины и основных щелевых излучателей, и дополнительных щелевых излучателей настраиваются на рабочий диапазон частот антенны.

На нижней металлизированной стороне диэлектрической подложки выполнена подводящая спиральная МПЛ с несколькими витками. МПЛ выходит из центра антенны и закручивается по спирали вокруг геометрического центра антенны таким образом, чтобы, пересекая проекции всех щелевых излучателей на нижнюю сторону антенны, обеспечить нужный коэффициент связи между МПЛ и излучателями. Выполнение подводящей МПЛ в форме спирали с несколькими витками позволяет увеличить индуктивную связь МПЛ с резонансными щелевыми излучателями и, тем самым, расширить рабочий диапазон частот антенны. Кроме того, выполнение подводящей МПЛ в форме нескольких витков спирали, направление закрутки которой определяется требуемым типом круговой поляризации, позволяет увеличить уровень подавления кросс-поляризации.

Данная щелевая полосковая антенна вытекающей волны с круговой поляризацией является широкополосной, слабонаправленной, низкопрофильной, обладает единым фазовым центром, совпадающим с геометрическим центром антенны. Однако рабочий диапазон частот такой антенны ограничен. Это обусловлено тем, что для расширения рабочего диапазона частот данной антенны необходимо дальнейшее увеличение индуктивной связи подводящей МПЛ со щелевыми излучателями. В рассматриваемой антенне это затруднительно, так как для этого необходимо либо сместить щелевые излучатели, либо изменять параметры спирали подводящей МПЛ. Смещение излучателей приводит к ухудшению технических характеристик оптимально настроенной антенны, а изменение шага спирали приводит к изменению ее длины, так как необходимо обеспечить связь подводящей МПЛ со всеми щелевыми излучателями. Изменение же длины подводящей МПЛ приводит к рассогласованию ее взаимодействия со щелевыми излучателями, настроенными на края рабочего диапазона частот антенны, и, как следствие, к ухудшению технических характеристик антенны.

Техническим результатом изобретения является улучшение технических характеристик антенны, в частности: уменьшение коэффициента эллиптичности, увеличение подавления кросс-поляризации и расширение рабочего диапазона частот.

Указанный технический результат достигается тем, что в заявляемой антенне, содержащей диэлектрическую подложку, на нижней металлизированной стороне которой выполнена подводящая МПЛ, имеющая форму спирали, а на верхней металлизированной стороне выполнены основные резонансные щелевые излучатели, закрученные по спирали вокруг геометрического центра антенны и включающие прямые и изогнутые сегменты различной длины, новым является то, что на верхней металлизированной стороне диэлектрической подложки между основными щелевыми излучателями выполнены дополнительные щели с меньшей электрической длиной, чем электрическая длина основных щелевых излучателей. Дополнительные щели не соединены с основными щелевыми излучателями и выполнены в виде концентрических дуг, расположенных вокруг геометрического центра антенны, или в виде отрезков спиралей. На нижней металлизированной стороне диэлектрической подложки выполнены микрополосковые проводники, которые соединены одним концом с внешним витком спирали подводящей МПЛ и проходят под основными щелевыми излучателями.

Отличие заявляемой антенны от наиболее близкого аналога заключается в том, что на верхней металлизированной стороне диэлектрической подложки между закрученными по спирали основными щелевыми излучателями выполнены дополнительные щели с меньшей электрической длиной, чем электрическая длина основных щелевых излучателей. Дополнительные щели выполнены либо в виде концентрических дуг, расположенных вокруг геометрического центра антенны, либо в виде отрезков

спиралей и не соединены с основными щелевыми излучателями. На нижней металлизированной стороне диэлектрической подложки выполнены микрополосковые проводники, которые соединены одним концом с внешним витком спирали подводящей МПЛ и проходят под основными щелевыми излучателями.

Благодаря дополнительным щелям, выполненным в металле верхней стороны диэлектрической подложки, пучности СВЧ тока Н-волны равномернее распределены вдоль основных щелевых излучателей антенны, что приводит к уменьшению коэффициента эллиптичности и увеличению подавления кросс-поляризации антенны. Кроме того, выполнение дополнительных щелей с меньшей электрической длиной, чем электрическая длина основных щелевых излучателей, позволяет сместить собственные резонансные частоты дополнительных щелей в более высокочастотную область, устранив тем самым их влияние на формирование ДН антенны в рабочем диапазоне частот. Выполнение на нижней металлизированной стороне диэлектрической подложки микрополосковых проводников, соединенных одним концом с внешним витком спирали подводящей МПЛ и проходящих под основными щелевыми излучателями, позволяет усилить индуктивную связь подводящей МПЛ с основными щелевыми излучателями. Благодаря более сильной связи подводящей МПЛ с основными щелевыми излучателями становится возможным расширение рабочего диапазона частот антенны. Кроме того, выполнение микрополосковых проводников, соединенных одним концом с внешним витком спирали подводящей МПЛ и проходящих под основными щелевыми излучателями, позволяет регулировать величину индуктивной связи подводящей МПЛ с каждым основным щелевым излучателем в отдельности путем изменения длины некоторых дополнительных микрополосковых проводников, не изменяя при этом параметры всей спирали, что позволяет улучшить технические характеристики антенны.

Изобретение поясняется фиг.1-11. Данные иллюстрации являются частичным пояснением заявляемой антенны и не отражают все аспекты заявки полностью. В частности, иллюстрации фиг.1-11 приведены для антенны с правой круговой поляризацией.

Подписи к фигурам

Фиг.1. Верхняя сторона диэлектрической подложки заявляемой антенны с дополнительными щелями, выполненными в виде концентрических дуг вокруг геометрического центра антенны.

Фиг.2. Верхняя сторона диэлектрической подложки заявляемой антенны с дополнительными щелями, выполненными в виде отрезков спиралей.

Фиг.3. Нижняя сторона диэлектрической подложки заявляемой антенны.

Фиг.4. Верхняя сторона диэлектрической подложки заявляемой антенны с дополнительными щелями, выполненными в виде концентрических дуг вокруг геометрического центра антенны и расположенными вблизи окончания основных щелевых излучателей.

Фиг.5. Сравнение коэффициента стоячей волны по напряжению для антенны с дополнительными щелями (73) и без дополнительных щелей (74).

Фиг.6. Частотная зависимость коэффициента усиления (относительно изотропного излучателя) в зените заявляемой антенны, где 75 - правая, 76 - левая круговая поляризация.

Фиг.7. Амплитудная диаграмма направленности заявляемой антенны в частотных диапазонах L1, L2 и L3, где 77, 79, 81 - правая, 78, 80, 82 - левая круговая поляризация.

Фиг.8. Зависимость коэффициента эллиптичности заявляемой антенны от угла возвышения  $\theta$  на частоте 1575 МГц при изменениях азимутального угла  $\phi$  от 0° до 360°.

Фиг.9. Зависимость коэффициента усиления заявляемой антенны (относительно изотропного излучателя) от угла возвышения  $\theta$  на частоте 1202 МГц при изменениях азимутального угла  $\phi$  от 0° до 360°, где 83 - правая, 84 - левая круговая поляризация.

Фиг.10. Зависимость коэффициента усиления заявляемой антенны (относительно изотропного

излучателя) от угла возвышения  $\theta$  на частоте 1227.6 МГц при изменениях азимутального угла  $\phi$  от 0° до 360°, где 85 - правая, 86 - левая круговая поляризация.

Фиг.11. Зависимость коэффициента усиления заявляемой антенны (относительно изотропного излучателя) от угла возвышения  $\theta$  на частоте 1575.4 МГц при изменениях азимутального угла  $\phi$  от 0° до 360°, где 87 - правая, 88 - левая круговая поляризация.

На фиг.1, фиг.2 и фиг.4 показаны некоторые примеры выполнения верхней стороны, а на фиг.3 - нижней стороны диэлектрической подложки (1) заявляемой щелевой полосковой антенны вытекающей волны с круговой поляризацией. Диэлектрическая подложка имеет двустороннюю металлизацию. В металле верхней стороны подложки выполнены резонансные основные щелевые излучатели, закрученные по спирали вокруг геометрического центра антенны, который совпадает с ее фазовым центром. Направление закрутки определяется требуемой правой или левой круговой поляризацией.

Количество основных щелевых излучателей может выполняться произвольным. В частности, на фиг.1, фиг.2 и фиг.4 показаны варианты выполнения антенны с двенадцатью основными щелевыми излучателями. Закрученные по спирали основные щелевые излучатели могут включать прямые (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13) и изогнутые (14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25) сегменты одинаковой или разной длины.

Геометрическая длина основных щелевых излучателей может быть равной или отличаться друг от друга. Она выполняется приблизительно равной половине длины волны ( $\lambda/2$ ) либо длине волны ( $\lambda$ ) Н-типа, распространяющейся в щелевых излучателях заявляемой антенны. При этом  $\lambda/2$  или  $\lambda$  может определяться для произвольной частоты внутри рабочего диапазона частот антенны. В частности, на фиг.1 и фиг.2 показаны антенны, работающие на волновой моде колебаний. При этом наиболее длинные основные щелевые излучатели настроены приблизительно на частоту 1150 МГц, а наиболее короткие - на 1620 МГц.

Между основными щелевыми излучателями выполнены дополнительные щели. Они не соединены с основными щелевыми излучателями. Между основными щелевыми излучателями и дополнительными щелями всегда расположен металлизированный участок диэлектрической подложки, ширина и длина которого могут отличаться для разных основных щелевых излучателей и разных дополнительных щелей.

Дополнительные щели могут быть выполнены в виде концентрических дуг вокруг геометрического центра антенны (фиг.1, фиг.4) а также в виде отрезков спиралей (фиг.2). Дополнительные щели имеют разную электрическую длину. Наиболее короткие дополнительные щели расположены ближе к центру антенны и обозначены: 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 на фиг.1 и 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50 на фиг.2. Ближе к краю антенны дополнительные щели более длинные (позициями не обозначены), чем в центральной части антенны. Это обусловлено тем, что основные щелевые излучатели выполнены в виде отрезков спирали и закручены вокруг геометрического центра антенны. Тем не менее, электрическая длина самых длинных дополнительных щелей меньше электрической длины самых коротких основных щелевых излучателей. Поэтому собственные резонансные частоты дополнительных щелей находятся в более высокочастотном диапазоне и практически не влияют на индуктивную связь основных щелевых излучателей с подводящей МПП в рабочем диапазоне частот антенны. Это показывает фиг.5, на которой приведена частотная зависимость измеренного коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) для антенны с дополнительными щелями (73) и без дополнительных щелей (74).

Количество дополнительных щелей и место их расположения между основными щелевыми излучателями может быть произвольным. В частности, на фиг.4 показан один из вариантов выполнения верхней стороны антенны, когда дополнительные щели выполнены в виде концентрических дуг вокруг геометрического центра антенны и расположены между закрученными по спирали основными щелевыми излучателями только вблизи их окончания. При этом позициями 66, 67, 68, 69, 70 показана только часть дополнительных щелей, выполненных в виде концентрических дуг с разным радиусом.

В антенне также могут быть выполнены отверстия для крепления (72) и металлизированные отверстия (71) для подавления поверхностной волны.

На нижней стороне диэлектрической подложки заявляемой антенны (фиг.3) выполнена подводящая МПЛ, имеющая форму спирали. Спираль МПЛ начинается в геометрическом центре антенны (38) и закручивается вокруг него таким образом, чтобы пересечь проекции основных щелевых излучателей на нижнюю сторону антенны. Направление закрутки спирали определяется требуемым типом круговой поляризации. В частности, подводящая МПЛ, показанная на фиг.3, выполнена для антенны с правой круговой поляризацией.

Количество витков спирали МПЛ может быть различно. В частности, на фиг.3 показана подводящая МПЛ с двумя витками спирали. Для установления режима бегущей волны МПЛ нагружена на активное сопротивление (63), равное волновому сопротивлению МПЛ. Для расширения рабочего диапазона частот антенны МПЛ в конце спирали (62) может быть соединена с экраном на верхней металлизированной стороне.

Волновое сопротивление на входе МПЛ может отличаться от волнового сопротивления спирали МПЛ и согласовываться с ним с помощью плавного или ступенчатого трансформатора сопротивлений. В частности, на фиг.3 показана МПЛ с плавным трансформатором волнового сопротивления (65).

Микрополосковые проводники на нижней металлизированной стороне диэлектрической подложки обозначены позициями: 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61. Микрополосковые проводники соединены одним концом с внешним витком спирали (64) и проходят под основными щелевыми излучателями. Количество микрополосковых проводников может быть произвольным, т.е. они могут проходить как под всеми основными излучателями, так и выборочно. Микрополосковые проводники могут быть выполнены в произвольной форме и включать прямолинейные и спиралевидные участки. Микрополосковые проводники могут быть выполнены одинаковой или разной длины. На фиг.3 показан частный случай, когда микрополосковые проводники заканчиваются на одном расстоянии (R) от центра антенны (показано штриховой линией).

С помощью предложенных новых технических решений удастся значительно улучшить технические характеристики заявляемой щелевой полосковой антенны вытекающей волны с круговой поляризацией. В частности, измеренный КСВН одной из разработанных антенн составляет не более 1.5 в диапазоне частот от 1.13 до 1.66 (ГГц) (фиг.5). При этом заявляемая антенна низкопрофильная, обладает единым стабильным фазовым центром, совпадающим с геометрическим центром антенны, низким коэффициентом эллиптичности (фиг.8) и высоким уровнем подавления кросс-поляризации, как в рабочем диапазоне частот (фиг.6), так и в рабочем диапазоне углов (фиг.7, 9-11), где  $\Theta = 0$  - зенит ДН антенны.

Антенна работает следующим образом. СВЧ сигнал с круговой поляризацией принимается резонансными основными щелевыми излучателями, закрученными по спирали вокруг геометрического центра антенны. Электрические длины основных излучателей настроены на необходимый рабочий диапазон частот. Благодаря дополнительным щелям, выполненным в верхней металлизированной стороне диэлектрической подложки, улучшается коэффициент эллиптичности антенны и увеличивается подавление кросс-поляризации, что повышает стойкость антенны к многолучевости. Кроме того, для подавления многолучевости антенна помещена в экран специальной конструкции.

СВЧ мощность от основных щелевых излучателей передается в подводящую микрополосковую линию. Микрополосковые проводники, выполненные на нижней стороне диэлектрической подложки, позволяют усилить электромагнитную связь подводящей МПЛ с основными щелевыми излучателями. Благодаря более сильной индуктивной связи подводящей МПЛ с основными щелевыми излучателями и регулированию связи МПЛ с каждым основным щелевым излучателем в отдельности становится возможным расширение рабочего диапазона частот антенны и улучшение технических характеристик антенны внутри рабочего диапазона частот.

Далее через трансформатор волнового сопротивления, выполненный на подводящей МПЛ, СВЧ сигнал поступает в фидер.

#### Формула изобретения

1. Щелевая полосковая антенна вытекающей волны с круговой поляризацией, включающая диэлектрическую подложку, на нижней металлизированной стороне которой выполнена подводящая микрополосковая линия, имеющая форму спирали, а на верхней металлизированной стороне выполнены основные щелевые излучатели, закрученные по спирали вокруг геометрического центра антенны и включающие прямые и изогнутые сегменты различной длины, отличающаяся тем, что на

верхней металлизированной стороне диэлектрической подложки между основными щелевыми излучателями выполнены дополнительные щели с меньшей электрической длиной, чем электрическая длина основных щелевых излучателей, дополнительные щели не соединены с основными щелевыми излучателями и выполнены в виде концентрических дуг, расположенных вокруг геометрического центра антенны, или в виде отрезков спиралей.

2. Щелевая полосковая антенна вытекающей волны с круговой поляризацией по п.1, отличающаяся тем, что на нижней металлизированной стороне диэлектрической подложки выполнены микрополосковые проводники, которые соединены одним концом с внешним витком спирали подводящей микрополосковой линии и проходят под основными щелевыми излучателями.

## РИСУНКИ

