



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006112520/09, 14.04.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.04.2006

(45) Опубликовано: 10.02.2008 Бюл. № 4

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2080712 C1, 27.05.1997. SU 1756992
A1, 23.08.1992. RU 2133531 C1, 20.07.1999. EP
0345454 B1, 13.12.1989. FR 2603744 A,
11.03.1988.

Адрес для переписки:

246019, Республика Беларусь, г.Гомель, ул.
Советская, 104, Учреждение образования
"Гомельский государственный университет имени
Франциска Скорины"

(72) Автор(ы):

Семченко Игорь Валентинович (BY),
Хахомов Сергей Анатольевич (BY),
Самофалов Андрей Леонидович (BY)

(73) Патентообладатель(и):

Учреждение образования "Гомельский
государственный университет имени Франциска
Скорины" (BY)

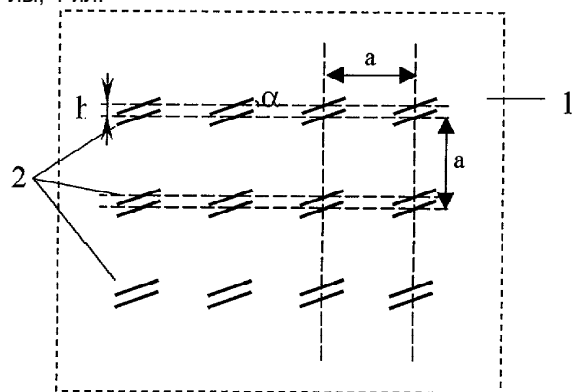
(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к антенной технике и предназначено для преобразования линейно-поляризованной электромагнитной волны в электромагнитную волну с круговой поляризацией вне зависимости от ориентации плоскости линейной поляризации падающей электромагнитной волны при заданном направлении распространения падающей волны. Устройство содержит радиопрозрачный диэлектрический слой и спиральные элементы, образующие решетчатую структуру, и расположенные в нем на одинаковом расстоянии друг от друга. Оси всех спиральных элементов ориентированы в одном направлении и лежат в плоскости диэлектрического слоя, а ось и концы каждого спирального элемента образуют плоскость, перпендикулярную направлению распространения отраженной волны. Каждый спиральный элемент выполнен со следующими параметрами: имеет N_B витков, угол подъема α , который определяют по формуле

$$\alpha = \arcsin\left(-2N_B + \sqrt{4N_B^2 + 1}\right), \quad \text{где } \alpha - \text{угол}$$

подъема спирального элемента, N_B - число витков спирального элемента. Длина проводника, из которого изготовлен спиральный элемент, равна половине длины электромагнитной волны. 2 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

H01Q 15/24 (2006.01)*H01Q 21/06* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2006112520/09, 14.04.2006**(24) Effective date for property rights: **14.04.2006**(45) Date of publication: **10.02.2008 Bull. 4**

Mail address:

**246019, Respublika Belarus', g.Gomel', ul.
Sovetskaja, 104, Uchrezhdenie obrazovaniya
"Gomel'skij gosudarstvennyj universitet imeni
Frantsiska Skoriny"**

(72) Inventor(s):

**Semchenko Igor' Valentinovich (BY),
Khakhomov Sergej Anatol'evich (BY),
Samofalov Andrej Leonidovich (BY)**

(73) Proprietor(s):

**Uchrezhdenie obrazovaniya "Gomel'skij
gosudarstvennyj universitet imeni Frantsiska
Skoriny" (BY)**

(54) **DEVICE FOR TRANSFORMING ELECTROMAGNETIC WAVE POLARIZATION**

(57) Abstract:

FIELD: antenna engineering.

SUBSTANCE: proposed device has radio-transparent insulating layer and helical components forming lattice structure which are equally spaced apart therein. Axes of all helical components are positioned unidirectionally and lie in insulating layer plane; axis and ends of each helical component form plane perpendicular to direction of reflected wave propagation. Each helical component has following characteristics: N_t turns and helix pitch angle α found from formula

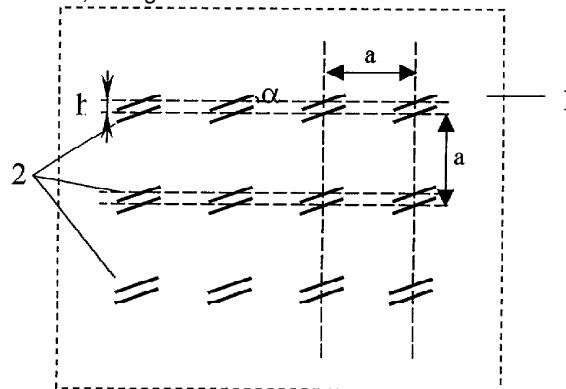
$$\alpha = \arcsin\left(-2N_t + \sqrt{4N_t^2 + 1}\right), \quad \text{where } \alpha \text{ is}$$

angle of helix pitch angle; N_t is turn number of helical component. Length of conductor forming helical component equals half the length of electromagnetic wave.

EFFECT: ability of transforming linearly

polarized electromagnetic wave into circularly polarized wave irrespective of plane position of incident linearly polarized electromagnetic wave at desired direction of incident wave propagation.

3 cl, 4 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к антенной технике, предназначено в частности для преобразования линейно-поляризованной электромагнитной волны в электромагнитную волну с круговой поляризацией, и может применяться, например, для передачи сигналов с круговой поляризацией в СВЧ-диапазоне в системах космической связи.

5 Современный уровень техники характеризуется рядом устройств, способных решить данную задачу в различных областях длин волн.

Из оптики известно классическое устройство для получения волны, поляризованной по кругу, выполненное в виде кристаллической пластинки, вырезанной параллельно оптической оси, при этом толщина пластинки такова, что оптическая разность хода двух
10 лучей, прошедших через пластинку, колебания светового вектора которых совершаются во взаимно перпендикулярных направлениях, составляет четверть длины волны падающего излучения [1].

При этом амплитуды колебаний взаимно перпендикулярных волн должны быть равны. Равенство амплитуд достигается падением линейно-поляризованной электромагнитной
15 волны на пластинку в четверть волны таким образом, чтобы направление колебания ее светового вектора составляло угол 45° с направлением оптической оси пластинки.

Данное устройство действует преимущественно в оптическом диапазоне, работает только при прохождении волны через устройство и функционирует только при определенном направлении колебания светового вектора.

20 Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является устройство для преобразования поляризации электромагнитной волны, содержащее диэлектрический слой с решетчатой структурой, выполненной из одинаковых проводящих элементов [2].

При этом диэлектрический слой представляет собой плату, на одной стороне которой выполнена решетчатая структура из одинаковых проводящих элементов, представляющих
25 собой меандровые линии, расположенные под углом 45° к плоскости линейной поляризации электромагнитной волны и параллельно друг другу.

Кроме того, решетчатая структура имеет параметры, обеспечивающие изменение фазы двух составляющих вектора напряженности электрического поля электромагнитной волны, проходящей через антенный поляризатор.

30 Принцип работы известного устройства основан на ориентации плоскости линейной поляризации падающей электромагнитной волны, что существенно сужает область его применения. Известное устройство обеспечивает получение волны с круговой поляризацией лишь при прохождении электромагнитной волны через устройство, что делает невозможным его применение в отражающих системах.

35 Кроме того, процесс изготовления решетчатой структуры - химический, в соответствии с технологией изготовления печатных плат, что является достаточно трудоемким.

Техническая задача, решаемая заявляемым изобретением, заключается в создании устройства для преобразования поляризации электромагнитной волны из линейной в
40 круговую вне зависимости от ориентации плоскости линейной поляризации падающей электромагнитной волны при заданном направлении распространения падающей волны.

Технический результат, достигаемый при реализации заявляемого изобретения:

- формирование циркулярно-поляризованной волны происходит благодаря излучению связанных между собой электрического дипольного момента и магнитного момента каждого
45 спирального элемента, которые дают равные по абсолютной величине вклады в отраженную волну;

- упрощение процесса изготовления решетчатой структуры.

Технический результат достигается тем, что в устройстве для преобразования поляризации электромагнитной волны, содержащем диэлектрический слой с решетчатой структурой, выполненной из одинаковых проводящих элементов, проводящие элементы
50 выполнены в виде спиральных элементов, размещенных в диэлектрическом слое, так, что оси спиральных элементов ориентированы в одном направлении и лежат в плоскости диэлектрического слоя, а ось и концы каждого спирального элемента образуют плоскость, перпендикулярную направлению распространения отраженной волны, при этом каждый

спиральный элемент имеет число N_b витков и угол α подъема витков, который определяют по формуле

$$\alpha = \arcsin\left(-2N_b + \sqrt{4N_b^2 + 1}\right),$$

5 где α - угол подъема витков спирального элемента,

N_b - число витков спирального элемента.

Кроме того, длина проводника, из которого изготовлен спиральный элемент, равна половине длины электромагнитной волны.

Кроме того, диэлектрический слой является радиопрозрачным.

10 Сущность изобретения заключается в следующем.

В соответствии с теорией электромагнитного взаимодействия полей, изложенной в [3], при излучении циркулярно-поляризованной электромагнитной волны основную роль играют компоненты электрического дипольного момента (p) и магнитного момента (m), направленные вдоль оси спирального элемента. Параметры спиральных элементов, а именно число N_b витков спирального элемента, угол α подъема витков спирального
15 элемента, длина L проводника, из которого изготовлен спиральный элемент, рассчитаны таким образом, чтобы формирование циркулярно-поляризованной волны происходило только благодаря излучению этих компонент. При этом составляющие моментов, ортогональные осям спиральных элементов, могут оказывать только искажающее
20 воздействие на излучение циркулярно-поляризованной волны, и их влияние следует минимизировать. Для этого плоскость, проходящая через ось и концы каждого спирального элемента, ориентирована под углом 90° к направлению распространения отраженной волны, т.к. при такой конфигурации, вследствие симметрии распределения тока вдоль спирального элемента, компоненты электрического дипольного и магнитного моментов,
25 перпендикулярные оси спирального элемента и направлению распространения отраженной волны, равны нулю и не могут оказывать искажающего воздействия на излучение циркулярно-поляризованной волны. Компоненты электрического дипольного и магнитного моментов, параллельные направлению распространения отраженной волны, не дают вклад в отраженную волну и не искажают ее циркулярную поляризацию.

30 Для того чтобы происходило формирование циркулярно-поляризованной отраженной волны, угол α подъема витков спирального элемента определяется по теоретически рассчитанной формуле:

$$\alpha = \arcsin\left(-2N_b + \sqrt{4N_b^2 + 1}\right),$$

35 где α - угол подъема витков спирального элемента,

N_b - число витков спирального элемента.

Данная формула получена путем применения дипольного приближения при рассмотрении излучения спирального элемента при условии главного частотного резонанса и при условии, что электрический дипольный момент и магнитный момент
40 спирального элемента дают равные по абсолютной величине вклады в отраженную волну, вследствие чего эта волна приобретает циркулярную поляризацию.

Длина проводника, из которого изготовлены спиральные элементы, рассчитана из условия главного частотного резонанса, из которого следует, что ток в проводнике достигает наибольшего значения при равенстве длины проводника L половине длины
45 электромагнитной волны, то есть

$$L = \frac{\lambda}{2},$$

где L - длина проводника,

λ - длина волны рабочего диапазона в вакууме.

50 Рассчитанный угол α подъема витков спирального элемента однозначно определяет радиус r витка спирального элемента и шаг h спирального элемента в зависимости от числа N_b витков спирального элемента:

$$r = \frac{L \cos \alpha}{2\pi N_B}, h = \frac{L \sin \alpha}{N_B} \text{ или } h = 2\pi r \times \operatorname{tg} \alpha,$$

где r - радиус витка спирального элемента,

h - шаг спирального элемента,

L - длина проводника,

α - угол подъема витков спирального элемента,

N_B - число витков спирального элемента.

Сопоставительный анализ заявляемого решения с прототипом показывает, что заявляемое устройство отличается от известного геометрической формой проводящих элементов, взаимосвязью параметров и их расположением в диэлектрическом слое, а именно вне зависимости от ориентации плоскости линейной поляризации падающей электромагнитной волны.

Таким образом, заявляемое устройство для преобразования поляризации электромагнитной волны является новым.

Анализ научно-технической и патентной литературы современного уровня техники в данной области выявил широкое использование признака «спиральный элемент, а именно цилиндрическая спираль» в цилиндрических спиральных антеннах осевого излучения (см. Антенны и устройства СВЧ. Расчет и проектирование антенных решеток и излучающих элементов. Под ред. профессора Д.И.Воскресенского. М.: Советское радио, 1972, с.241, А.С. СССР №1246196, кл. H01Q 11/88, опубл. 23.07.86 г., А.С. СССР №1626294, кл. H01Q 3/24, опубл. 7.02.92 г.).

Известные цилиндрические спиральные антенны, содержащие отражающий экран, и расположенную над ним токопроводящую однозаходную цилиндрическую спираль (или спирали), соединенную с питающим фидером, отличаются только конструктивными параметрами активных спиралей и их взаимным расположением друг относительно друга и общего расположения относительно отражающего экрана. В известных устройствах реализован режим осевого излучения с эллиптической поляризацией излучения. В заявляемом устройстве спиральный элемент является пассивным, в отличие от известных, и обеспечивает достижение иного технического результата, а именно, формирования циркулярно-поляризованной волны в направлении, перпендикулярном осевому, вследствие излучения равных по абсолютной величине и связанных между собой компонент электрического дипольного и магнитного моментов.

Так же выявлено наличие использования признака - антенная решетка из цилиндрических спиралей (см. патент РБ №4062, кл. H01Q 21/24, опубл. 2001.09.30).

Известная антенная решетка содержит активные цилиндрические спирали с противоположной намоткой витков из проводника и идентичными углом намотки, не меньшем 14 градусов, количеством витков, равным по меньшей мере трем, и плоский отражающий экран, причем активные спирали расположены над отражающим экраном и перпендикулярны ему своими осями, а каждая активная спираль имеет вход питания со стороны экрана.

Известное устройство предназначено для получения линейно-поляризованного излучения. В заявляемом устройстве решетчатая структура выполнена из одинаковых проводящих элементов в виде пассивных, в отличие от известных спиральных элементов и обеспечивает в совокупности с другими признаками достижение иного технического результата, а именно, формирования циркулярно-поляризованной волны.

Анализ научно-технической и патентной информации не выявил в известных технических решениях заявляемой совокупности существенных признаков и изобретение явным образом не следует из уровня техники, что позволяет сделать вывод, что заявляемое устройство для преобразования поляризации электромагнитной волны имеет изобретательский уровень.

Заявляемое устройство для преобразования поляризации является промышленно применимым, так как в случае его использования возможна реализация указанной области назначения.

На фиг.1 схематично изображено заявляемое устройство для преобразования поляризации.

На фиг.2 - спиральный элемент.

На фиг.3 - спиральный элемент в развернутом виде.

5 Заявляемое устройство для преобразования поляризации электромагнитной волны содержит радиопрозрачный диэлектрический слой 1 (см. фиг.1) и спиральные элементы 2, образующие решетчатую структуру. При изготовлении устройства спиральные элементы 2 располагают друг от друга, так, чтобы оси 3 всех спиральных элементов 2 были ориентированы в одном направлении и лежали в плоскости диэлектрического слоя 1, а ось 10 3 и концы каждого спирального элемента 2 образовывали плоскость, перпендикулярную направлению распространения отраженной волны. Спиральные элементы 2 заливают радиопрозрачным диэлектрическим материалом и дают затвердеть, либо вставляют в параллельные бороздки в твердом радиопрозрачном диэлектрическом слое 1. Каждый спиральный элемент (см. фиг.2) выполнен со следующими параметрами: имеет число N_b 15 витков, угол α подъема витков, радиус r витка, шаг h и длину L проводника (см. фиг.3).

Было изготовлено устройство для преобразования падающей линейно-поляризованной электромагнитной волны в электромагнитную волну с круговой поляризацией. В качестве радиопрозрачного диэлектрического слоя использовали пенопласт. Параметры решетчатой 20 структуры были рассчитаны для частоты 3 ГГц. Решетчатая структура выполнена из одинаковых медных спиральных элементов с числом $N_b=2$ витков; углом $\alpha=7,1^\circ$ подъема витков; длиной $L=0,05$ м проводника; радиусом $r=3,95 \times 10^{-3}$ м витка; шагом $h=3,1 \times 10^{-3}$ м.

Для измерения поляризационной характеристики применяли метод, основанный на использовании приемной антенны с линейной поляризацией поля (рупорная антенна).

25 Рупорная антенна излучает линейно-поляризованную электромагнитную волну. Отраженное устройством излучение исследуется в направлении, перпендикулярном плоскости, проходящей через ось и концы каждого спирального элемента.

Результаты испытаний приведены на графике (фиг.4), иллюстрирующем зависимость коэффициента эллиптичности от частоты падающей электромагнитной волны. В области резонансной частоты 3 ГГц устройство обеспечивает получение электромагнитной волны с 30 круговой поляризацией, с коэффициентом эллиптичности, близким к единице (порядка 0,98).

Источники информации

1. Г.С.Ландсберг. Оптика. М.: Наука, 1976. 928 с.
2. А.С. СССР №1821853 А1, Н01Q 15/00, опубл. 1993 (прототип).
- 35 3. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теория поля. М.: Наука, 1973. Т.2. 504 с.

Формула изобретения

1. Устройство для преобразования поляризации электромагнитной волны, содержащее диэлектрический слой с решетчатой структурой, выполненной из одинаковых проводящих 40 элементов, отличающееся тем, что проводящие элементы выполнены в виде спиралей, размещенных в диэлектрическом слое так, что оси спиральных элементов ориентированы в одном направлении и лежат в плоскости диэлектрического слоя, а ось и концы каждого спирального элемента образуют плоскость, перпендикулярную направлению распространения отраженной волны, при этом каждый спиральный элемент имеет N_b 45 витков и угол подъема α , который определяют по формуле

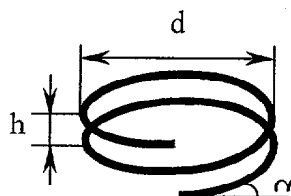
$$\alpha = \arcsin\left(-2N_b + \sqrt{4N_b^2 + 1}\right),$$

где α - угол подъема спирального элемента,

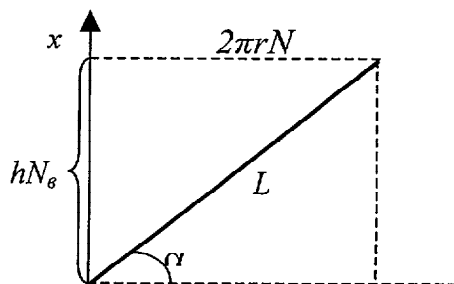
N_b - число витков спирального элемента.

50 2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что длина проводника, из которого изготовлен спиральный элемент, равна половине длины электромагнитной волны.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что диэлектрический слой является радиопрозрачным.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4