

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
H01Q 23/00 (2018.05)

(21)(22) Заявка: 2017130435, 28.08.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.08.2017Дата регистрации:  
02.10.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.08.2017

(43) Дата публикации заявки: 28.02.2019 Бюл. № 7

(45) Опубликовано: 02.10.2019 Бюл. № 28

Адрес для переписки:  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,  
ЦИС, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Абдуллин Ренат Рашидович (RU),  
Чечеткин Виктор Алексеевич (RU),  
Шабунин Сергей Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: Антенны и устройства СВЧ под  
ред. Д.Н. Воскресенского, Москва, Радио и  
связь, 1981, стр. 103. RU 2246156 C1, 10.02.2005.  
RU 2136090 C1, 27.08.1999. RU 2137267 C1,  
10.09.1999. US 5068670 A1, 26.11.1991. US 4005431  
A1, 25.01.1977.

RU 2701877 C2

## (54) КОНСТРУКЦИЯ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ СВЧ С ЧАСТОТНЫМ СКАНИРОВАНИЕМ

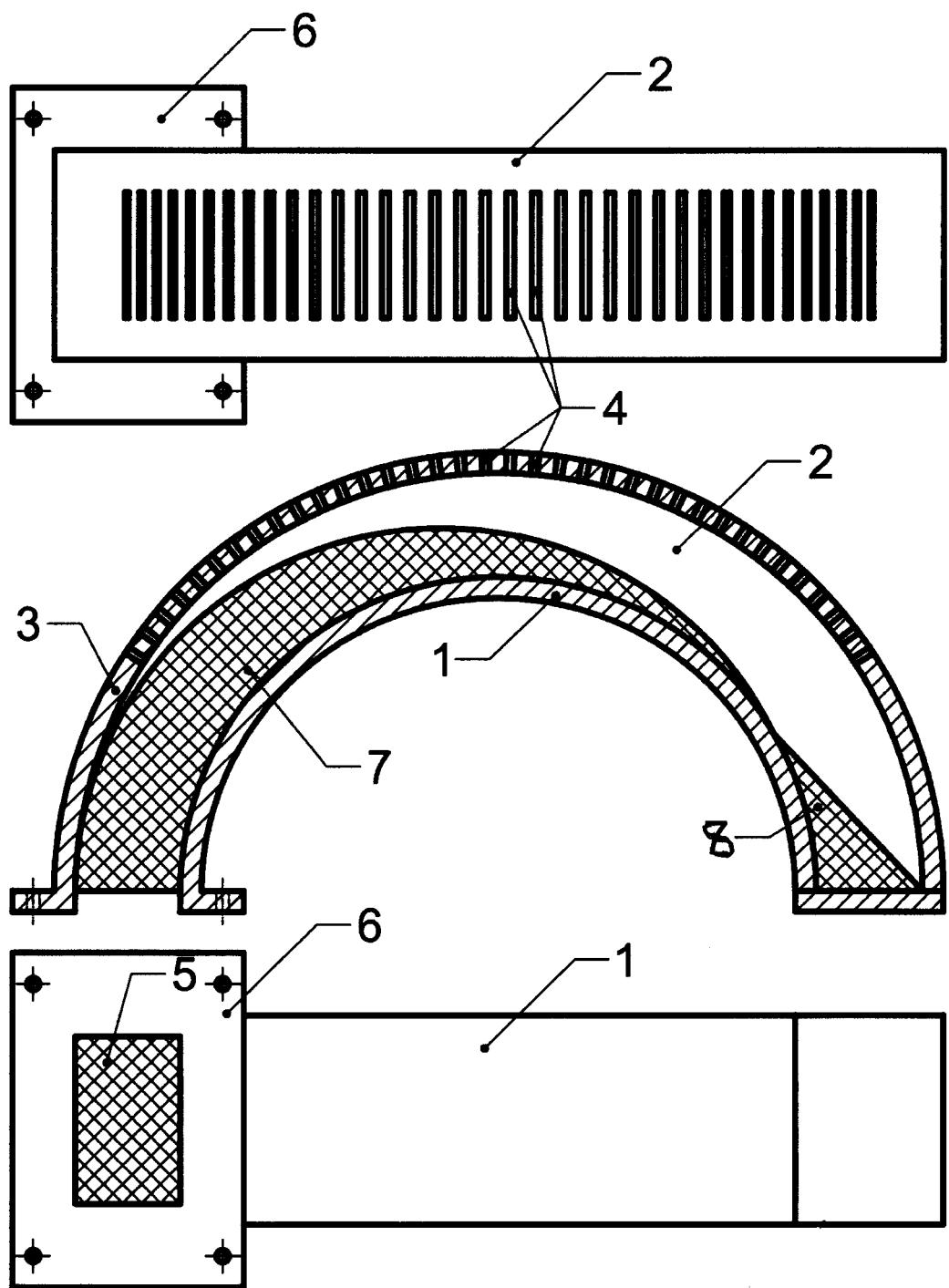
(57) Реферат:

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот (СВЧ) и может быть применено в составе бортовых радиолокационных систем с частотным сканированием. Технической задачей изобретения является существенное увеличение сектора сканирования антенны с высоким быстродействием, оптимизация конструкции, уменьшение ГМХ, а также полная автоматизация управления лучом антенны. Для решения поставленной задачи предлагается конструкция антенной решетки СВЧ с частотным

сканированием, которая содержит прямоугольный волновод с щелевой решеткой, изогнутый по дуге, при этом волновод по своей длине частично заполнен диэлектриком переменной толщины, которая рассчитывается с использованием метода функций Джорджа Грина и изменяется по профилю вдоль центральной оси волновода, а на внешней стороне изгиба расположены поперечные щели, число которых и их геометрические размеры и расстояния между ними определяются длиной волны. 3 з.п. ф-лы, 1 ил.

RU 2701877 C2

R U 2 7 0 1 8 7 7 C 2





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H01Q 23/00 (2018.05)*

(21)(22) Application: 2017130435, 28.08.2017

(24) Effective date for property rights:  
28.08.2017

Registration date:  
02.10.2019

Priority:

(22) Date of filing: 28.08.2017

(43) Application published: 28.02.2019 Bull. № 7

(45) Date of publication: 02.10.2019 Bull. № 28

Mail address:  
620002, g. Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU, TSIS,  
Marks T.V.

(72) Inventor(s):

Abdullin Renat Rashidovich (RU),  
Chechetkin Viktor Alekseevich (RU),  
Shabunin Sergej Nikolaevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Uralskij federalnyj universitet  
imeni pervogo Prezidenta Rossii B.N. Eltsina"  
(RU)

**(54) MICROWAVE ARRAY ANTENNA DESIGN WITH FREQUENCY SCANNING**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to the technique of ultra-high frequencies (UHF) and can be applied as part of airborne radar systems with frequency scanning. In order to solve the task, invention discloses the design of a microwave antenna array with frequency scanning, which comprises a rectangular waveguide with a slotted grid, arched, wherein waveguide along its length is partially filled with dielectric of variable thickness, which is calculated using George Green's function

method and varies along profile along waveguide central axis, and on outer side of bend there are transverse slots, number of which and their geometrical sizes and distance between them are determined by length waves.

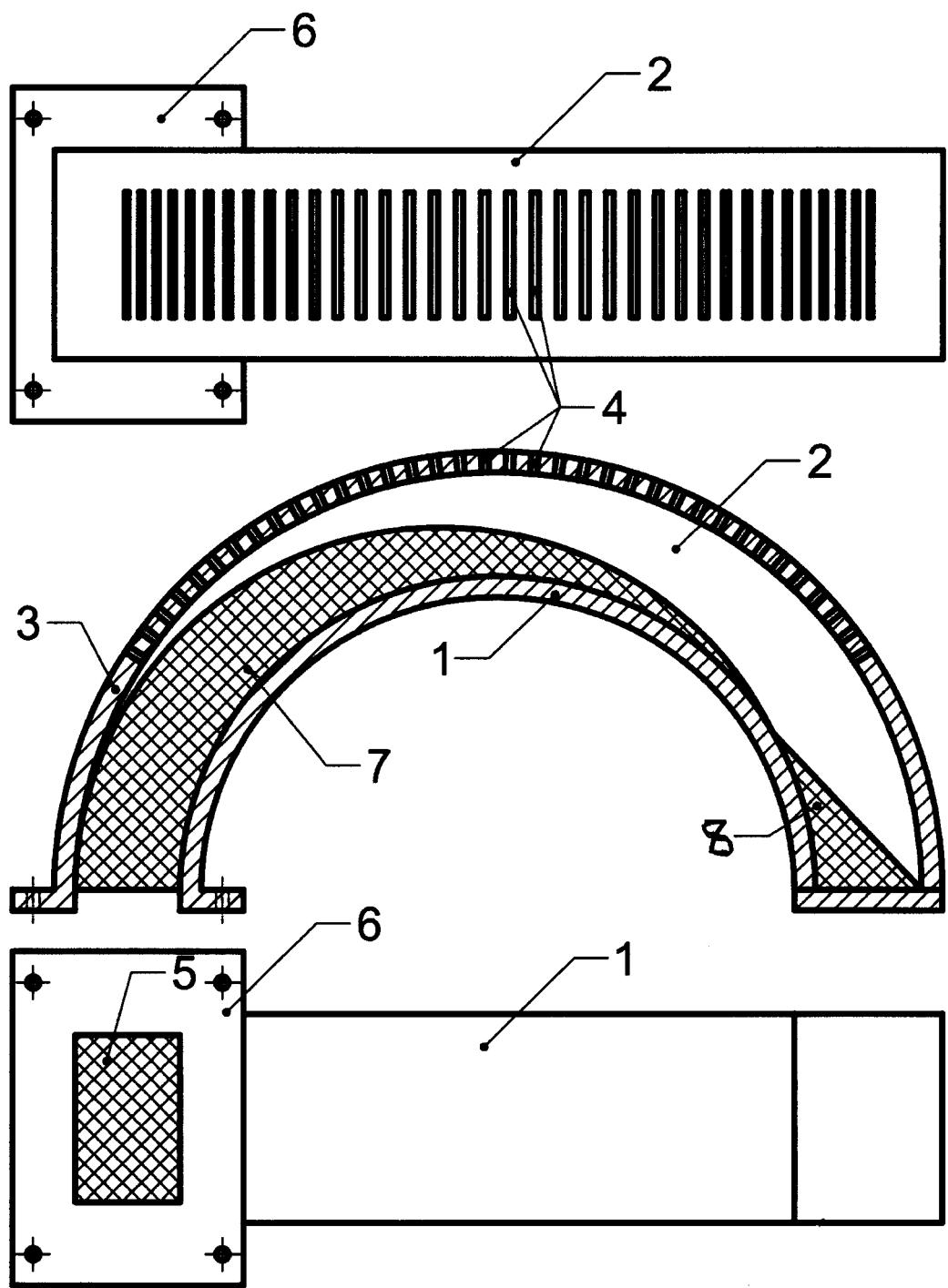
EFFECT: technical problem of invention is significant increase in sector of high-speed antenna scanning, optimization of design, reduced overall mass characteristics, as well as complete automation of control antenna beam.

4 cl, 1 dwg

RU 2701877 C2

R U 2 7 0 1 8 7 7 C 2

R U 2 7 0 1 8 7 7 C 2



R U 2 7 0 1 8 7 7 C 2

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот (СВЧ) и может быть применено в составе бортовых радиолокационных систем с частотным сканированием, также может быть использовано при создании РЛС бокового обзора, обзора подстилающей поверхности на самолетах радиолокационной разведки А-50 (РФ) или АВАКС (США), а также в других специальных типах в соответствии с заданными параметрами антенной системы, характером подстилающей поверхности, а именно: точечная цель, взлетно-посадочная полоса, море, луг, пашня, кустарник, холмистая поверхность, песок, городской ландшафт и прочее.

Общей проблемой при создании подобных РЛС является правильный выбор антенной

системы, а именно: она не должна нарушать аэродинамические качества самолета и обладать высокой разрешающей способностью при минимизации габаритно-массовых характеристик (ГМХ). Реализация требуемых направленных свойств, частотных, энергетических и других характеристик антенн во многом зависит от рабочего диапазона частот. Последние десятилетия ознаменовались широким внедрением радиоустройств техники диапазона СВЧ, в котором антенные создают остронаправленное излучение с шириной луча в единицы и доли градусов и имеют коэффициент усиления, достигающий десятков и сотен тысяч. Это так называемые сканирующие антенны СВЧ на основе фазированных антенных решеток (ФАР).

Широко известны щелевые антенны, представляющие ряд щелей на металлической поверхности плоской или криволинейной формы, в которых возбуждается электромагнитное поле. Для обеспечения узкой диаграммы направленности вырезают группу щелей. Результирующая диаграмма направленности определяется по принципу двойственности, см. кн. М.П. Долуханов «Антены излучают!», Москва, Изд. Связь, 1973, стр. 81-82.

Известна конструкция волноводно-щелевой дуговой решетки с последовательным возбуждением и дискретно коммутируемыми фазовращателями, см. кн. «Антены и устройства СВЧ» под ред. Д.Н. Воскресенского, Москва, Радио и связь, 1981, стр. 103.

Недостатком конструкции являются: сложность конструкции фазовращателей, также сложность их настройки.

Также известно применение диэлектрика в качестве линии передачи по принципу распространения поверхностных волн, где сечение диэлектрического покрытия представляет прямоугольный треугольник, гипotenуза которого сходит на нет, см. кн. М.П. Долуханов «Антены излучают!», Москва, Изд. Связь, 1973, стр. 84-86 - ПРОТОТИП.

Недостаток заключается в довольно сложной конструкции, в частности возбудителя, больших ГМХ.

Технической задачей изобретения является существенное увеличение сектора сканирования антенны с высоким быстродействием, оптимизация конструкции, уменьшение ГМХ, а также полная автоматизация управления лучом антенны.

Технический результат достигается за счет частичного заполнения дугообразного прямоугольного в сечении волновода диэлектриком переменной толщины и оптимизации конструкции сканирующих антенн и расположением их на внешней криволинейной поверхности боковой части фюзеляжа или на его нижней поверхности (радиус кривизны антенны совпадает с радиусом кривизны той части фюзеляжа, где она расположена).

Для решения поставленной задачи предлагается конструкция прямоугольного волновода, изогнутого по дуге со щелевой решеткой, при этом волновод по своей длине частично заполнен диэлектриком переменной толщины, которая изменяется по определенному профилю вдоль центральной оси волновода, а на внешней стороне

изгиба расположены поперечные щели, число которых и их геометрические размеры и расстояния между ними определяются длиной волны.

На чертеже представлена конструкция волноводно-щелевой дугообразной антенной решетки, на которой обозначено:

- 5 1 - нижняя поверхность волновода;
- 2 - собственно волновод;
- 3 - верхняя поверхность волновода;
- 4 - волноводные щели;
- 5 - вход волновода;
- 10 6 - крепление волновода (фланец) с четырьмя отверстиями для крепления;
- 7 - диэлектрик;
- 8 - поглощающая нагрузка (отрезок диэлектрика).

Согласующее устройство на выходе волновода показано условно, также как и СВЧ разъем на входе, радиус и кривизна изгиба также условна.

15 Конструкция имеет следующие соединения: между нижней 1 и верхней 3 поверхностями волновода 2 размещен криволинейный диэлектрик 7, на верхней поверхности волновода 2 размещены (вырезаны) щели 4, расположенные поперек волновода (размеры щелей и расстояние между ними зависят от длины волны).

Электрическая сущность изобретения следующая: особенностью заявленной антенной решетки является использование частично заполненного изогнутого прямоугольного волновода 2 со щелями 4, диэлектриком 7 переменной толщины, что способствует изменению фазовой скорости возбуждения внутри системы и обеспечению сонаправленной ориентации максимумов парциальных диаграмм направленности одиночных излучателей (щелей). Таким образом диэлектрик 7 выполняет функцию распределения сигналов вдоль щелей соседних излучателей.

Таким образом, предложена антенная решетка с частотным сканированием, выполненная из изогнутого в плоскости вектора Е прямоугольного волновода, содержащего на внешней стороне изгиба близко расположенные друг к другу узкие поперечные щели, причем структура поперечного сечения меняется по мере движения волн, а значит, есть возможность управления направлением диаграммы направленности, то есть без специальной программы управления.

Количество щелей, а также их длина, ширина и расстояние между ними выбирается из условия корректной аппроксимации амплитудного распределения, причем управление лучом антенны в меридиональной плоскости (по углу места) осуществляется с помощью изменения частоты генератора.

Ко всем щелям излучателей последовательно подводятся сигналы одинаковой структуры, с экспоненциальным изменением амплитуды и разными начальными фазами.

Диаграмма направленности этой антенной решетки при N излучателей (щелей) определяется выражением:

$$40 \quad E(\theta) = \frac{\sin(0,5N\beta)}{\sin(0,5\beta)}$$

$$45 \quad \text{где } \beta = \left( \frac{2\pi b}{\lambda} \right) (\sin(\theta) - \sin(\theta_0)),$$

$$\theta_0 = \arcsin \left( \frac{\Delta\phi\lambda}{2\pi b} \right) - \text{угол главного лепестка диаграммы направленности},$$

$\Delta\phi$  - разность фаз сигналов между двумя любыми соседними излучателями,  
 $b$  - расстояние между ними по дуге,  $b=1-\sin \alpha$ ;  
 $\alpha$  - угол кривизны.

Распределение толщины диэлектрика по волноводу по показанному на чертеже

закону позволяет избежать настройки фазового распределения в раскрыте фазированной антенной решетки. В настоящее время это выполняется подбором фазовращателей или управляемыми линиями задержки, что довольно нетехнологично.

Закон распределения толщины диэлектрика по волноводу рассчитывается с использованием метода функций Джорджа Грина, см. кн. Н.Н. Бронштейн, К.А.

Семеняев «Справочник по математике», М., изд. Наука, 1965 г., стр. 436, 488, 545, который связывает двойной интеграл по некоторой плоской области с криволинейным интегралом по границе этой области, причем в каждом отдельном случае (различного назначения антенны, частоты и прочее) закон распределения проверяется экспериментально.

Предлагаемая конструкция антенны позволяет:

- значительно снизить ее ГМХ за счет совмещения в одном конструктиве волновода фазовращателей в виде распределенного диэлектрика, антенных излучателей в виде щелей,

- увеличить угол сканирования и разрешающую способность,

- снизить себестоимость,

- обеспечить простоту настройки и эксплуатации,

- выбрать форму антенной решетки (кривизну) по месту установки в фюзеляже самолета таким образом, чтобы она совпадала с его кривизной, следовательно, самолет не имеет выступающих частей, что приводит к улучшению его электродинамических

качеств.

Таким образом, предлагаемая конструкция полностью соответствует современному постулату «стоимость - эффективность».

Литература:

1. Кн. М.П. Долуханов «Антенны излучают!», М., Изд. Связь, 1973 г.

2. Кн. «Антенны и устройства СВЧ» под ред. Д.Н. Воскресенского, М., Радио и связь, 1983 г.

3. Кн. В.Н. Каганов «Радиотехника», М., изд. Форум, 2015 г.

4. Кн. «Справочник по радиолокации» под ред. М.И. Сколник, М., «Советское радио», Т. 2, 1976 г.

5. Кн. Б.А. Панченко, Е.И. Нефедов «Микрополосковые антенны», М.. «Радио и связь», 1986 г.

6. Кн. Н.Н. Бронштейн, К.А. Семеняев «Справочник по математике», М., изд. Наука, 1965 г.

#### 40 (57) Формула изобретения

1. Конструкция антенной решетки СВЧ с частотным сканированием, содержащая прямоугольный волновод с щелевой решеткой, изогнутый по дуге, отличающаяся тем, что волновод по своей длине частично заполнен диэлектриком переменной толщины, которая рассчитывается с использованием метода функций Джорджа Грина и изменяется по профилю вдоль центральной оси волновода, а на внешней стороне изгиба расположены поперечные щели, число которых и их геометрические размеры и расстояния между ними определяются длиной волны.

2. Конструкция по п. 1, отличающаяся тем, что радиус кривизны дуги волновода

определяется радиусом кривизны части фюзеляжа самолета в месте расположения антенны.

3. Конструкция по п. 1, отличающаяся тем, что диэлектрик внутри волновода - это по существу многопозиционный проходной фазовращатель для продольного изменения 5 фазовой скорости возбуждения.

4. Конструкция по п. 1, отличающаяся тем, что поглощающая нагрузка волновода также выполнена из диэлектрика.

10

15

20

25

30

35

40

45

