



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*H01Q 17/00* (2019.08); *G12B 17/02* (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019124575, 30.07.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.07.2019

Дата регистрации:  
12.02.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.07.2019

(45) Опубликовано: 12.02.2020 Бюл. № 5

Адрес для переписки:  
660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, стр.  
38, ИФ СО РАН, отдел патентной и  
изобретательской работы

(72) Автор(ы):

Беляев Борис Афанасьевич (RU),  
Шабанов Дмитрий Александрович (RU),  
Ламберг Константин Вячеславович (RU),  
Сержантов Алексей Михайлович (RU),  
Лексиков Александр Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Федеральный  
исследовательский центр "Красноярский  
научный центр Сибирского отделения  
Российской академии наук" (RU)

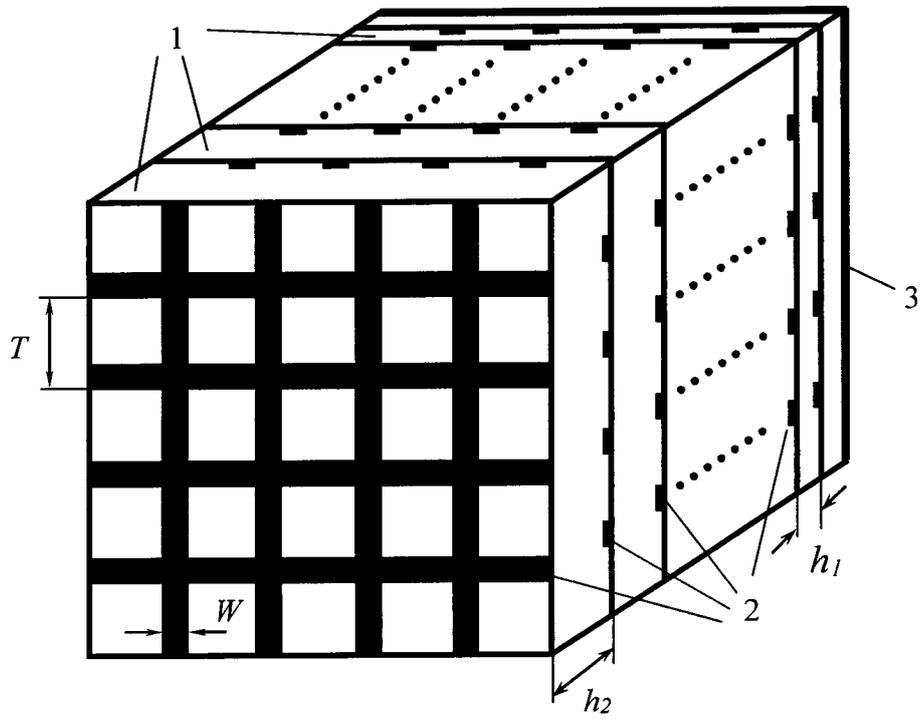
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2271058 C1, 27.02.2006. RU  
2578769 C2, 27.03.2016. RU 2456722 C1,  
20.07.2012. RU 2688635 C1, 22.05.2019. CN  
105633592 A, 01.06.2016.

## (54) МНОГОСЛОЙНОЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЕ ПОГЛОЩАЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и предназначено для уменьшения радиолокационной заметности объектов военной техники, например летательных аппаратов. Техническим результатом изобретения является расширение полосы рабочих частот поглощающего покрытия. Изобретение представляет собой сверхширокополосное поглощающее покрытие, содержащее диэлектрические слои, на поверхности которых

нанесена двумерно-периодическая решетка из полосок металла или другого проводящего материала. Такие решетки имеются на всех поверхностях, за исключением внешней поверхности последнего слоя, на которой нанесен проводящий отражающий экран. Толщина каждого из половины от общего количества диэлектрических слоев, прилегающих к отражающему экрану, в два раза меньше, чем остальных слоев. 2 ил.



Фиг. 1

RU 2714110 C1

RU 2714110 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H01Q 17/00* (2006.01)  
*G12B 17/02* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H01Q 17/00 (2019.08); G12B 17/02 (2019.08)*

(21)(22) Application: **2019124575, 30.07.2019**

(24) Effective date for property rights:  
**30.07.2019**

Registration date:  
**12.02.2020**

Priority:

(22) Date of filing: **30.07.2019**

(45) Date of publication: **12.02.2020** Bull. № 5

Mail address:

**660036, g. Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50, str.  
38, IF SO RAN, otdel patentnoj i izobretatelskoj  
raboty**

(72) Inventor(s):

**Belyaev Boris Afanasevich (RU),  
Shabanov Dmitrij Aleksandrovich (RU),  
Lamberg Konstantin Vyacheslavovich (RU),  
Serzhantov Aleksej Mikhajlovich (RU),  
Leksikov Aleksandr Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyj  
issledovatel'skij tsentr "Krasnoyarskij nauchnyj  
tsentr Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii  
nauk" (RU)**

(54) **MULTILAYER ULTRA-WIDEBAND ABSORBENT COATING**

(57) Abstract:

FIELD: radio equipment.

SUBSTANCE: invention relates to super high frequency technology and is intended to reduce radar visibility of military equipment, such as aircraft. Invention is an ultra-wideband absorbent coating containing dielectric layers, on the surface of which there is a two-dimensional periodic grid made of strips of metal or other conducting material. Such grids are available on all surfaces, except for the outer surface

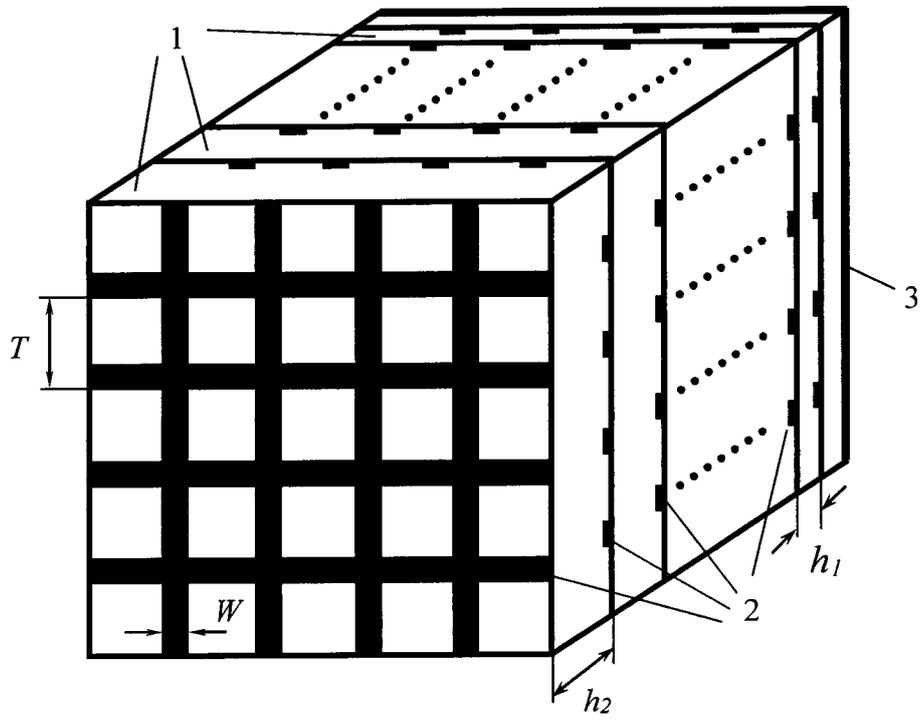
of the last layer, on which the conducting reflecting screen is applied. Thickness of each of half of total number of dielectric layers adjoining reflecting screen is twice less than that of other layers.

EFFECT: technical result of the invention is the expansion of the operating frequency band of the absorbent coating.

1 cl, 2 dwg

RU 2 714 110 C1

RU 2 714 110 C1



Фиг. 1

RU 2714120 C1

RU 2714110 C1

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и предназначено для уменьшения радиолокационной заметности объектов военной техники, например, летательных аппаратов, кораблей и др.

5 Известно поглощающее покрытие [Патент RU №2271058, МКИ<sup>7</sup> H01Q 17/00, бюл. №6 от 27.02.2006]. Поглощающее покрытие содержит первый и второй диэлектрические слои, управляемый слой, третий диэлектрический слой, на одной стороне которого расположен проводящий отражающий экран. Управляемый слой выполнен в виде тонкой пленки напыленного графита и расположен между первым и вторым  
10 диэлектрическими слоями. На внешней стороне первого диэлектрического слоя расположена первая двумерно-периодическая решетка из полосок напыленного металла, между вторым и третьим диэлектрическими слоями расположена вторая двумерно-периодическая решетка из полосок напыленного металла. Параметры слоев выбраны из условий обеспечения минимума уровня отраженного сигнала в требуемой полосе частот. Недостатком такого поглощающего покрытия является недостаточно широкая  
15 рабочая полоса частот.

Наиболее близким аналогом является сверхширокополосное поглощающее покрытие [Патент RU №2678937, МКИ<sup>7</sup> H01Q 17/00, бюл. №4 от 04.02.2019 (прототип)], которое содержит диэлектрические слои, на поверхности которых нанесена двумерно-  
20 периодическая решетка из полосок, выполненных из металла или другого проводящего материала. Такие решетки имеются на всех поверхностях, за исключением внешней поверхности последнего слоя, на которой нанесен проводящий отражающий экран. По сравнению с первым аналогом это поглощающее покрытие имеет более широкую рабочую полосу частот. Недостатками поглощающего покрытия являются  
25 недостаточная в некоторых случаях ширина полосы рабочих частот.

Техническим результатом изобретения является расширение полосы рабочих частот поглощающего покрытия.

Указанный технический результат достигается тем, что в поглощающем покрытии, содержащем диэлектрические слои с напыленными двумерно-периодическими решетками  
30 из полосок металла и проводящий отражающий экран на внешней поверхности последнего слоя, новым является то, что половина от общего количества диэлектрических слоев, которая прилегает к отражающему экрану, имеет толщину каждого слоя, равную одной четвертой длины волны, а толщина остальных слоев равна половине длины волны на центральной частоте рабочей полосы частот.

35 Отличие заявляемого устройства от наиболее близкого аналога заключается в том, что толщина половины диэлектрических слоев, которые прилегают к отражающему экрану равна одной четвертой длины волны, а толщина остальных слоев равна половине длины волны на центральной частоте рабочей полосы частот.

40 Это отличие позволяет сделать вывод о соответствии заявляемого технического решения критерию «новизна». Признаки, отличающие заявляемое техническое решение от прототипа, не выявлены в других технических решениях и, следовательно, обеспечивают заявляемому решению соответствие критерию «изобретательский уровень».

Сущность изобретения поясняется рисунками:

45 На фиг. 1 показана конструкция заявляемого сверхширокополосного покрытия с топологией проводников двумерно-периодической металлической решетки.

На фиг. 2 изображена рассчитанная в программе электродинамического анализа амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) коэффициента отражения заявляемого поглощающего покрытия.

Заявляемое сверхширокополосное поглощающее покрытие (Фиг. 1) содержит диэлектрические слои 1, на поверхности которых нанесена двумерно-периодическая решетка из полосок 2 выполненных из металла или другого проводящего материала. Такие решетки имеются на всех поверхностях, за исключением внешней поверхности  
5 последнего слоя, на которой нанесен проводящий отражающий экран 3. Толщина половины от общего количества диэлектрических слоев, прилегающих к отражающему экрану в два раза меньше, чем остальных слоев.

Заявляемое поглощающее покрытие работает следующим образом. Падающая на покрытие электромагнитная волна по мере прохождения многослойной структуры за  
10 счет интерференции волн, отраженных от границ диэлектрических слоев, испытывает резонансное поглощение в проводниках двумерно-периодической решетки. Уровень отражения электромагнитных волн, и ширина полосы рабочих частот поглощающего покрытия определяются параметрами двумерно-периодической решетки и диэлектрических слоев. При соответствующем выборе этих параметров коэффициент  
15 отражения электромагнитных волн с частотами, попадающими в рабочую полосу поглощающего покрытия, значительно снижается.

Как известно, поиск новых высокоэффективных широкополосных радиопоглощающих материалов становится весьма актуальным для решения проблемы  
20 уменьшения помех и электромагнитной совместимости устройств. Одним из перспективных направлений является применение многослойных покрытий из различных материалов.

В заявляемом поглощающем покрытии, как и в покрытии-прототипе, используется слоистая структура из нескольких диэлектрических слоев. Внешняя сторона последнего  
25 слоя полностью металлизирована, а на остальных поверхностях нанесены двумерно-периодические решетки из металла, полученные, например, методом вакуумного напыления. Принципиальным отличием от покрытия-прототипа является то, что в заявляемой конструкции применяется два типа диэлектрических слоев. Толщина  $h_1$   
30 половины от общего количества диэлектрических слоев, которые прилегают к отражающему экрану, равна одной четвертой длины волны на центральной частоте рабочего диапазона и может быть найдена по формуле:

$$h_1 = \frac{c}{4f_0\sqrt{\epsilon}}.$$

Здесь  $h$  - толщина диэлектрика (м),  $c$  - скорость света в вакууме (м/с),  $f_0$  - центральная  
35 частота рабочего диапазона (Гц),  $\epsilon$  - относительная диэлектрическая проницаемость материала слоев.

Остальные диэлектрические слои имеют толщину  $h_2$  в два раза большую:

$$h_2 = \frac{c}{2f_0\sqrt{\epsilon}}.$$

Таким образом, в отличие от ближайшего аналога в заявляемом покрытии имеются  
40 две последовательности диэлектрических слоев, одна из которых прилегает к отражающему экрану и имеет толщину слоев  $h_1$ , а вторая последовательность имеет толщину слоев  $h_2$  в два раза большую. В таком поглощающем покрытии каждый из диэлектрических слоев является электродинамическим резонатором, а двумерно-периодические решетки служат зеркалами с заданными отражательными свойствами, обеспечивающими необходимую связь между резонаторами, а также связь первого резонатора с пространством. Подбором конструктивных параметров заявляемого

покрытия можно достигнуть малой величины коэффициента отражения в широкой полосе частот.

5 Более протяженная рабочая полоса частот заявляемой конструкции поглощающего покрытия по сравнению с покрытием-прототипом достигается за счет применения диэлектрических слоев с разной толщиной, сгруппированных в две слоистые структуры, которые, по существу, для падающей электромагнитной волны представляют два последовательно расположенных поглощающих покрытия. Одно из этих покрытий с большей толщиной слоев работает в области нижних частот, а другое с меньшей толщиной слоев работает в области верхних частот, что в итоге приводит к расширению 10 полосы рабочих частот покрытия. Это подтверждается результатами расчетов в программе электродинамического анализа.

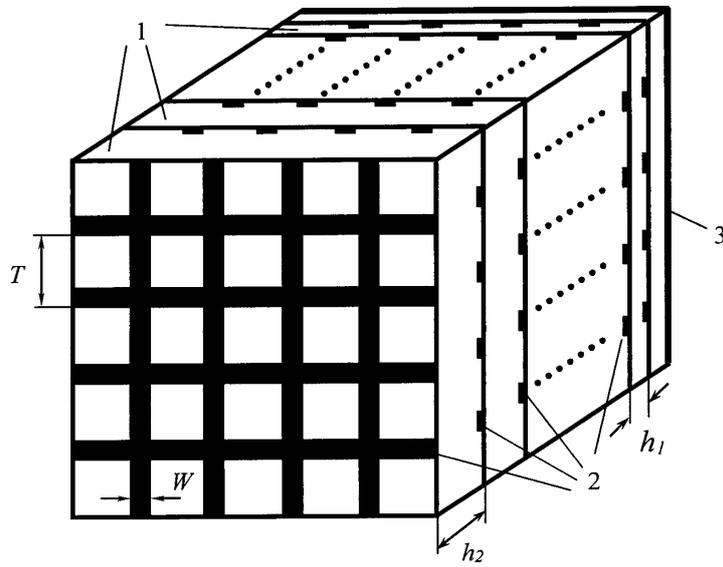
На фиг. 2 изображена рассчитанная в программе электродинамического анализа АЧХ заявляемого поглощающего покрытия, состоящего из одиннадцати диэлектрических слоев толщиной  $h_1$  и последовательно расположенных за ними 15 одиннадцати слоев толщиной  $h_2$ . Зависимость получена после оптимизации конструктивных параметров поглощающего покрытия по критерию максимальной рабочей полосы при заданном коэффициенте отражения -10 дБ. В результате конструктивные параметры поглощающего покрытия были следующими: относительная диэлектрическая проницаемость слоев  $\epsilon=2$ , толщины слоев  $h_1=2.65$  мм,  $h_2=5.3$  мм, ширина 20 проводников решетки  $W=200$  мкм, толщина металлизации проводников равнялась 2 мкм, период решетки составил  $T=3$  мм. Проводимость  $\sigma$  материала решетки изменялась для последовательности толстых слоев по степенному закону  $\sigma_i=\sigma_a k^{2(i-1)}$ , а для 25 последовательности тонких слоев по степенному закону  $\sigma_i=\sigma_b k^{(i-1)}$  (здесь  $\sigma_a=3.1$  кСм/м,  $\sigma_b=12.5$  кСм/м,  $k=0.87$ , а  $i$  - номер слоя, причем нумерация слоев идет в обратном порядке - от последнего слоя к первому).

Для указанных конструктивных параметров поглощающего покрытия нижняя граница рабочей полосы частот по уровню коэффициента отражения не более - 10 дБ 30 составляет  $f_H=0.7$  ГГц, а верхняя граница равна  $f_B=39.4$  ГГц. Коэффициент перекрытия по частоте заявляемого поглощающего составляет  $f_B/f_H=56.2$  и оказывается значительно большим, чем у поглощающего покрытия-прототипа, для которого  $f_B/f_H=22$ .

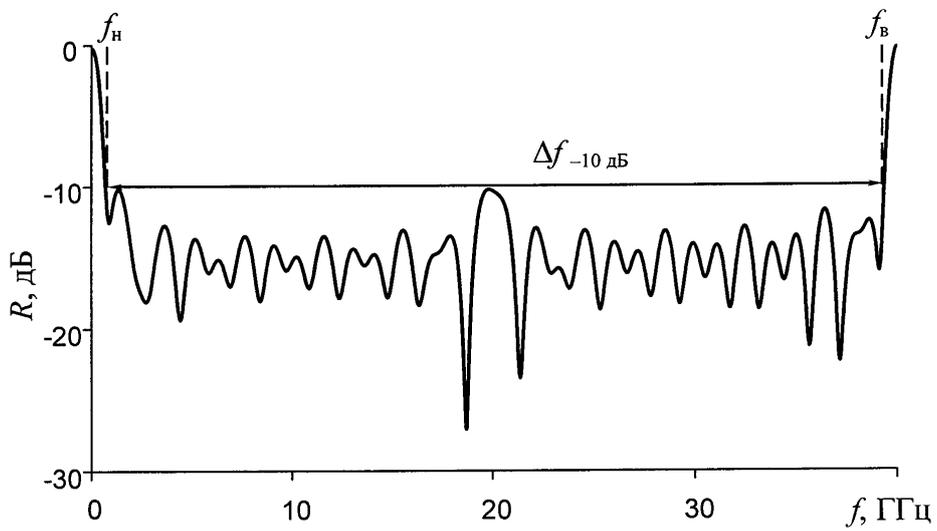
35 Таким образом, заявляемое поглощающее покрытие имеет более чем в два раза широкую по сравнению с ближайшим аналогом рабочую полосу частот, что подтверждает заявляемый технический результат.

#### (57) Формула изобретения

40 Сверхширокополосное поглощающее покрытие, содержащее диэлектрические слои с напыленными двумерно-периодическими решетками из полосок металла и проводящий отражающий экран на внешней поверхности последнего слоя, отличающееся тем, что половина от общего количества диэлектрических слоев, которая прилегает к отражающему экрану, имеет толщину каждого слоя, равную одной четвертой длины волны, а толщина остальных слоев равна половине длины волны на центральной частоте рабочей полосы частот. 45



Фиг. 1



Фиг. 2