



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01Q 17/00 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018114351, 18.04.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.04.2018

Дата регистрации:
04.02.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.04.2018

(45) Опубликовано: 04.02.2019 Бюл. № 4

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),
Сержантов Алексей Михайлович (RU),
Тюрнев Владимир Вениаминович (RU),
Панин Дмитрий Сергеевич (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
2486541 C2, 27.06.2013. RU 2571906 C1,
27.12.2015. CN 105304978 A, 03.02.2016. WO
2010147568 A1, 23.12.2010.

(54) СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЕ ПОГЛОЩАЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике
сверхвысоких частот и предназначено для
уменьшения радиолокационной заметности
объектов военной техники, например летательных
аппаратов. Сверхширокополосное поглощающее
покрытие содержит диэлектрические слои, на
поверхности которых нанесена двумерно-
периодическая решетка из полосок металла. Эти
решетки располагаются на всех поверхностях

слоев за исключением внешней поверхности
последнего слоя, на которой расположен
проводящий отражающий экран. Оптическая
толщина диэлектрических слоев равна четверти
длины волны на центральной частоте рабочего
диапазона поглощающего покрытия. Технический
результат заключается в расширении полосы
рабочих частот поглощающего покрытия. 4 ил.

RU
2 678 937
C1

RU
2 678 937
C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H01Q 17/00 (2018.08)

(21)(22) Application: **2018114351, 18.04.2018**

(24) Effective date for property rights:
18.04.2018

Registration date:
04.02.2019

Priority:

(22) Date of filing: **18.04.2018**

(45) Date of publication: **04.02.2019** Bull. № 4

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Belyaev Boris Afanasevich (RU),
Serzhantov Aleksej Mikhajlovich (RU),
Tyurnev Vladimir Veniaminovich (RU),
Panin Dmitrij Sergeevich (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) **ULTRA-WIDEBAND ABSORBENT COATING**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to super high frequency technology and is intended to reduce radar visibility of military equipment, such as aircraft. Ultra-wideband absorbent coating contains dielectric layers on the surface of which a two-dimensional periodic grid metal strips is applied. These grids are located on the hole surfaces of the layers with the exception of outer

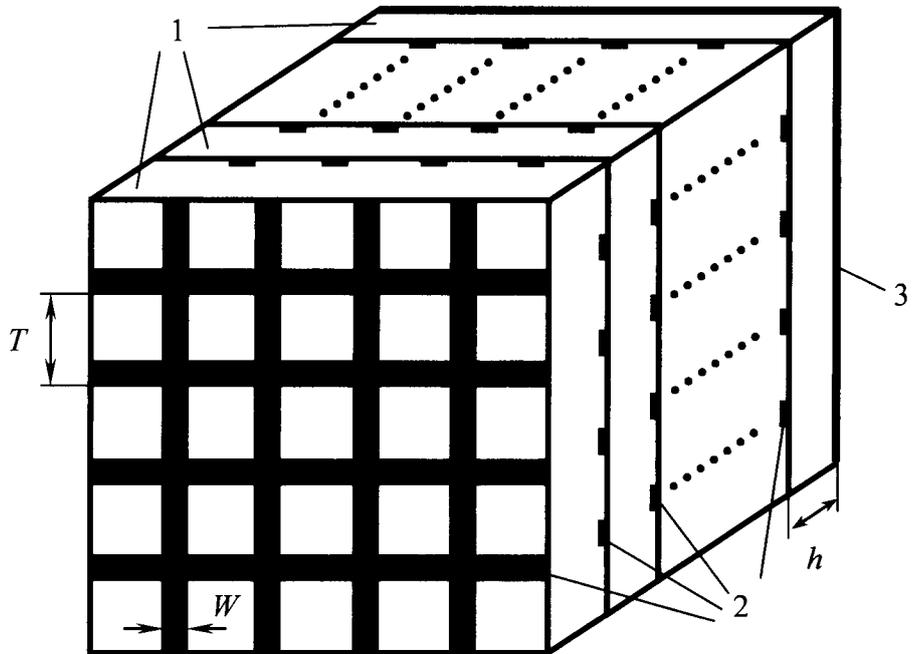
surface of the last layer, on which the conductive reflecting screen is located. Optical thickness of dielectric layers is equal to a quarter of the wavelength at the center frequency of the working range of absorbent coating.

EFFECT: technical result is to expand the working frequency band of absorbent coating.

1 cl, 4 dwg

RU 2 678 937 C1

RU 2 678 937 C1



Фиг. 1

RU 2678937 C1

RU 2678937 C1

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

Известно сверхширокополосное радиопоглощающее покрытие [Патент RU №2571906, МКИ⁷ В32В 7/02, Н01Q 17/00 бюл. №36 от 27.12.2015], выполненное в виде многослойного металлополимероматричного композиционного материала, слои которого имеют различную толщину. При этом в каждом слое в качестве наполнителя используется комплекс ферромагнитных частиц с различными формами (чешуйчатой, сфероидальной) и разными размерами. Значительное ступенчатое снижение диэлектрической проницаемости от первого к последнему слою при плавном снижении магнитной проницаемости от второго к последнему слою обеспечивают плавное снижение коэффициента отражения при подборе толщин слоев покрытия. Сложная частотная дисперсия магнитной проницаемости слоев покрытия в совокупности с плавной дебаевской частотной зависимостью диэлектрической проницаемости слоев обеспечивает условия для ступенчатого уменьшения импеданса слоев покрытия от верхнего слоя к металлической подложке, что позволяет получить низкие значения коэффициента отражения в широкой полосе частот. Недостатками покрытия является низкая технологичность изготовления, сложность обеспечения повторяемости параметров слоев и, в некоторых случаях, недостаточно широкая полоса рабочих частот.

Наиболее близким аналогом является поглощающее покрытие [Патент RU №2271058, МКИ⁷ Н01Q 17/00, бюл. №6 от 27.02.2006 (прототип)]. 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 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 рабочая полоса 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 из полосок металла и проводящий отражающий экран на внешней поверхности последнего слоя, новым является то, что толщина диэлектрических слоев равна четверти длины волны на центральной частоте рабочей полосы частот.

Отличие заявляемого устройства от наиболее близкого аналога заключается в том, что толщина диэлектрических слоев равна четверти длины волны на центральной частоте рабочей полосы частот.

Таким образом, отмеченный выше отличительный от прототипа признак 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:

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

На фиг. 2 изображена рассчитанная зависимость модуля коэффициента отражения от ширины металлических проводников решетки при разном количестве диэлектрических слоев.

На фиг. 3 представлена рассчитанная зависимость модуля коэффициента отражения от периода решетки при разном количестве диэлектрических слоев.

На фиг. 4 изображена рассчитанная в программе электродинамического анализа амплитудно-частотная характеристика коэффициента отражения заявляемого поглощающего покрытия в широкой полосе частот.

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 последнего слоя, на которую нанесен проводящий отражающий экран 3.

Предлагаемое поглощающее покрытие работает следующим образом. Падающая на покрытие электромагнитная волна по мере прохождения многослойной структуры за 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 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 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 слоя полностью металлизирована, а на остальных поверхностях нанесены двумерно-периодические решетки из металла, полученные, например, методом вакуумного напыления. Существенным отличием от покрытия-прототипа является то, что оптическая толщина диэлектрических слоев h в заявляемой конструкции равна четверти длины волны на центральной частоте рабочего диапазона и может быть найдена по формуле:

$$h = \frac{c}{4f_0\sqrt{\epsilon}}$$

Здесь h - толщина диэлектрика (м), c - скорость света (м/с), f_0 - центральная частота рабочего диапазона (Гц), ϵ - относительная диэлектрическая проницаемость материала слоев.

Таким образом, каждый из диэлектрических слоев заявляемого поглощающего покрытия 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. Исследования показывают, что подбором конструктивных параметров заявляемого покрытия можно достигнуть малой (менее - 10 дБ) величины коэффициента

отражения в широкой полосе частот. Более протяженная рабочая полоса частот заявляемой конструкции поглощающего покрытия по сравнению с покрытием-прототипом достигается за счет резонансного поглощения электромагнитных волн в результате их интерференции в сильно связанных электродинамических слоях-резонаторах. Благодаря сильному взаимодействию этих слоев-резонаторов происходит расталкивание частот резонансов в заявляемой много-резонаторной структуре и формирование широкой рабочей полосы с малым коэффициентом отражения электромагнитных волн. В покрытии-прототипе толщина диэлектрических слоев много меньше длины волны, поэтому ширина полосы рабочих частот в нем существенно меньше.

На фиг. 2 изображена рассчитанная в программе электродинамического анализа зависимость коэффициента отражения заявляемого поглощающего покрытия от ширины металлических проводников двумерно-периодической решетки. Зависимость рассчитана для центральной частоты (10 ГГц) рабочего диапазона при следующих конструктивных параметрах структуры: относительная диэлектрическая проницаемость слоев $\epsilon=2$, толщина слоев $h=5.3$ мм, период двумерно-периодической решетки $T=2$ мм, толщина металлизации проводников равнялась 1 мкм, проводимость материала решетки $\sigma=10$ кСм/м, количество слоев $N=13$. Видно, что при выбранных конструктивных параметрах существует оптимальное значение ширины проводников двумерно-периодической решетки $W=0.1$ мм, которое соответствует минимальному значению коэффициента отражения покрытия. На фиг. 3 представлена рассчитанная зависимость коэффициента отражения от периода двумерно-периодической решетки. Зависимость рассчитана для центральной частоты рабочего диапазона при следующих конструктивных параметрах структуры: относительная диэлектрическая проницаемость слоев $\epsilon=2$, толщина слоев $h=5.3$ мм, ширина проводников решетки $W=80$ мкм, толщина металлизации проводников равнялась 1 мкм, проводимость материала решетки $\sigma=14$ кСм/м. Видно, что при выбранных конструктивных параметрах существует оптимальное значение периода решетки $T=1.5$ мм, которое соответствует минимальному значению коэффициента отражения покрытия.

На фиг. 4 изображена рассчитанная в программе электродинамического анализа амплитудно-частотная характеристика коэффициента отражения заявляемого поглощающего покрытия в широкой полосе частот. Зависимость получена после оптимизации конструктивных параметров поглощающего покрытия по критерию максимальной рабочей полосы при заданном коэффициенте отражения - 10 дБ. Конструктивные параметры поглощающего покрытия были следующими: относительная диэлектрическая проницаемость слоев $\epsilon=2$, толщина слоев $h=5.3$ мм, ширина проводников решетки $W=80$ мкм, толщина металлизации проводников равнялась 1 мкм, проводимость материала решетки изменялась от $\sigma=27$ кСм/м до $\sigma=8$ кСм/м от первого к последнему слою, период решетки $T=3.9$ мм.

Из представленной зависимости видно, что заявляемое поглощающее покрытие имеет широкую рабочую полосу частот с перекрытием по частоте $f_B / f_H = 22$ при коэффициенте отражения не более - 10 дБ, что значительно лучше, чем у представленных аналогов и подтверждает заявляемый технический результат.

(57) Формула изобретения

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

толщина диэлектрических слоев равна четверти длины волны на центральной частоте рабочей полосы частот.

5

10

15

20

25

30

35

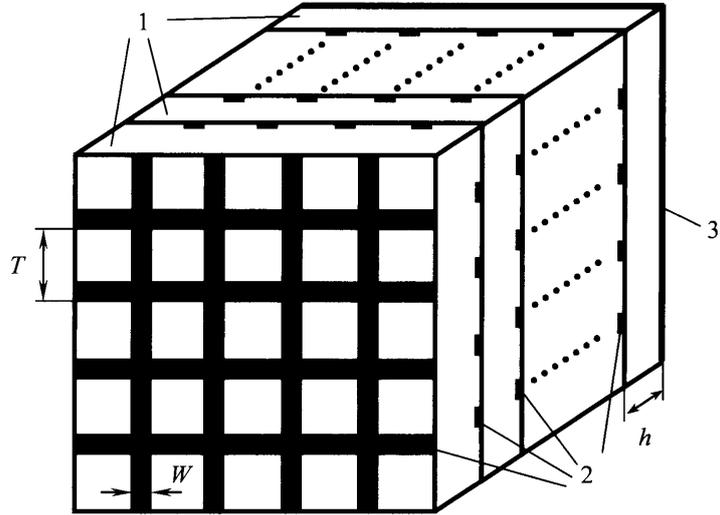
40

45

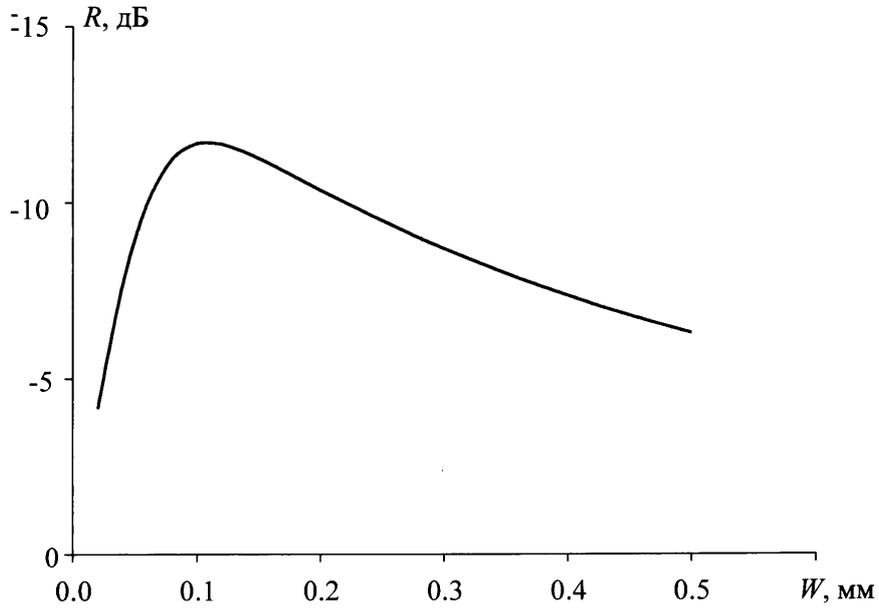
1

1/2

СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЕ
ПОГЛОЩАЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ



Фиг. 1

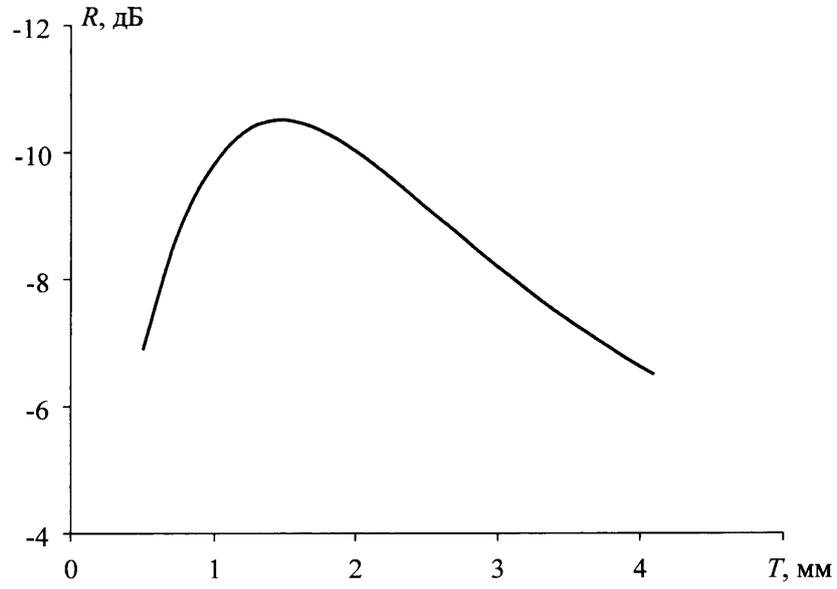


Фиг. 2

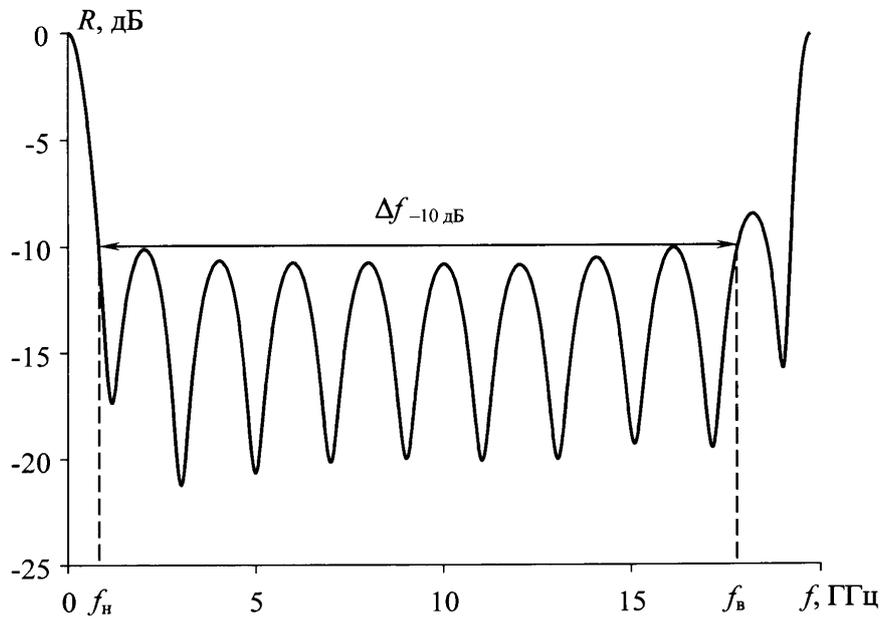
2

2/2

СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЕ
ПОГЛОЩАЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ



Фиг. 3



Фиг. 4