



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01Q 17/00 (2017.08)

(21)(22) Заявка: 2017119454, 05.06.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.06.2017

Дата регистрации:
06.11.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.06.2017

(45) Опубликовано: 06.11.2018 Бюл. № 31

Адрес для переписки:

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, 1,
Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова, Фонд "Национальное
интеллектуальное развитие"

(72) Автор(ы):

Сысоев Николай Николаевич (RU),
Шалыгина Елена Евгеньевна (RU),
Шалыгин Александр Николаевич (RU),
Корнилова Алла Александровна (RU),
Гришкевич Анатолий Александрович (RU),
Батинов Дмитрий Семенович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
университет имени М.В. Ломоносова" (МГУ)
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: JPS61228032 A, 11.10.1986.
RU2280229 C2, 20.07.2006. RU2606350 C1,
10.01.2017. RU2171442 C1, 27.07.2001.
US4528229 A, 09.07.1985. US4621012 A,
04.11.1986.

(54) КОМПОЗИТНОЕ РАДИОПОГЛОЩАЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к маскировочным радиопоглощающим покрытиям, снижающим заметность объектов техники, а более конкретно к устройствам для поглощения излучаемых электромагнитных волн, выполненных из композитных пористых материалов на основе вспененных высокомолекулярных соединений, содержащих распределенные электропроводящие элементы.

Композитное радиопоглощающее покрытие содержит основу из пенополиуретана, в объеме которого распределены функциональные

электропроводящие частицы.

Новым является то, что функциональные частицы выполнены в виде фрагментов микропровода длиной 0,3-3,0 мм и диаметром 3-40 мкм из аморфного кобальта, помещенного внутри стеклянной оболочки.

Предложенное техническое решение обеспечило расширение функциональных возможностей маскирующего покрытия высококонтрастных объектов за счет кратного повышения магнитных свойств покрытия.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H01Q 17/00 (2017.08)

(21)(22) Application: **2017119454, 05.06.2017**

(24) Effective date for property rights:
05.06.2017

Registration date:
06.11.2018

Priority:

(22) Date of filing: **05.06.2017**

(45) Date of publication: **06.11.2018** Bull. № 31

Mail address:

**119991, GSP-1, Moskva, Leninskie gory, 1,
Moskovskij gosudarstvennyj universitet imeni
M.V. Lomonosova, Fond "Natsionalnoe
intellektualnoe razvitie"**

(72) Inventor(s):

**Sysoev Nikolaj Nikolaevich (RU),
Shalygina Elena Evgenevna (RU),
Shalygin Aleksandr Nikolaevich (RU),
Kornilova Alla Aleksandrovna (RU),
Grishkevich Anatolij Aleksandrovich (RU),
Batinov Dmitrij Semenovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj
universitet imeni M.V. Lomonosova" (MGU)
(RU)**

(54) **COMPOSITE RADIO-ABSORBING COATING**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry; physics.

SUBSTANCE: invention relates to masking radio-absorbing coatings that reduce the visibility of the objects of technology, and more particularly to devices for absorbing emitted electromagnetic waves, made of composite porous materials based on foamed high-molecular compounds containing distributed electroconductive elements. Composite radio-absorbing coating contains a polyurethane foam base in whose volume the functional electrically conductive particles

are distributed. New is that the functional particles are made in the form of fragments of a microwire 0.3–3.0 mm in length and 3–40 μm in diameter of amorphous cobalt placed inside the glass shell.

EFFECT: proposed technical solution ensured the expansion of the functionality of the masking coating of high-contrast objects due to a multiple increase in the magnetic properties of the coating.

1 cl

**1 C
6 7 1 7 4 9
R U**

**R U
2 6 7 1 7 4 9
C 1**

Изобретение относится к маскировочным радиопоглощающим покрытиям, снижающим заметность объектов техники, а более конкретно, к устройствам для поглощения излучаемых электромагнитных волн, выполненных из композитных пористых материалов на основе вспененных высокомолекулярных соединений, содержащих распределенные электропроводящие элементы.

Уровень данной области техники характеризует широкополосное радиопоглощающее маскировочное покрытие, описанное в изобретении к патенту RU 2280229 C2, F41H 3/00, 2006 г., включающее два примыкающих композитных модуля, каждый из которых содержит комплексные нити различного электросопротивления, выполненные из несущих диэлектрических стеклонитей, плотно обвитых микропроводом, изготовленным из железа с добавлением кобальта, диаметром 3 мм и 5 мм соответственно, которые вплетены в сетчатую основу из стекловолокна, закрепленного на каркасе.

Материал функционального заполнения одного модуля выполнен с электросопротивлением 300 кОм/м, а другого - 60 кОм/м, что расширяет диапазон поглощаемых радиоволн зондирующего излучения, так как один модуль работает в коротковолновой, а другой - в длинноволновой области спектра.

Описанное покрытие обеспечивает снижение уровня максимального значения мощности отраженного сигнала в диапазоне длины волны 0,2-30 см от замаскированных широкополосным радиопоглощающим покрытием высококонтрастных объектов до требуемого уровня и тем самым уменьшается вероятность их обнаружения средствами оптической и радиолокационных разведок.

Это покрытие предназначено для маскировки стационарных крупногабаритных объектов, значимых и дорогостоящих.

Недостатком описанного радиопоглощающего покрытия является высокая трудоемкость и технологическая сложность изготовления и его нанесения на маскируемый объект, что исключает практическое использование для защиты, в частности, подвижной бронетехники от зондирующего радиоизлучения.

Кроме того, доступный в описанной композиции для атмосферной влаги функциональный материал микропровода (железо с добавлением кобальта) при эксплуатации окисляется, в результате чего заметно ухудшаются показатели назначения радиопоглощающего покрытия, что неприемлемо для маскировки ответственных изделий.

Отмеченные недостатки исключены в поглощающем электромагнитные волны покрытии по изобретению Японии, описанному в заявке №61-228032, C08J 9/02, H01Q 17/00, H05K 9/00, 1986 г., содержащее несущую диэлектрическую основу, выполненную из пористого отверждающегося материала - пенополиуретана, в объеме которого распределены функциональные электропроводящие частицы в форме магнитного порошка (до 10 мас. %).

Известное радиопоглощающее покрытие, за счет использования магнитных порошков различной фракционности и материалов, работает в широком диапазоне частот и является высокотехнологичным в изготовлении функционально наполненного пенополиуретана простым смешиванием магнитных порошков с жидкими компонентами вспенивающейся технологической смеси, а также при формировании и нанесении композиции путем разлива или напыления непосредственно на поверхность маскируемого объекта, где завершается полимеризация основы пористой структуры, формируя примыкающее в адгезионном взаимодействии с поверхностью маскируемого объекта несущее покрытие конгруэнтной формы.

Продолжением отмеченных достоинств известного радиопоглощающего покрытия

является присущий недостаток, который заключается в ограниченном диапазоне поглощаемого электромагнитного излучения из-за сферической формы частиц магнитного порошка, так как в силу граничных условий уравнений Максвелла магнитное и электрическое поля наиболее эффективно проникают и, соответственно, поглощаются в частицах игольчатой и пластинчатой форм.

Кроме того, технологическая взвесь компонентов известного состава, из которой вспениванием и последующей полимеризацией формируется пористое композитное покрытие, характеризуется высокой степенью расслоения, когда функциональные частицы, гравитационно оседая, не обеспечивают равномерности их распределения в объеме формируемого слоя, в результате чего технологически гарантированно не обеспечиваются заданные магнитные характеристики и требуемые показатели назначения маскирующего радиопоглощающего покрытия.

Технической задачей, на решение которой направлено настоящее изобретение, является структурное и качественное усовершенствование композитного радиопоглощающего покрытия, изготавливаемого из седиментационно устойчивой технологической взвеси и обеспечивающего эффективное поглощение энергии зондирующего электромагнитного излучения в широком диапазоне волн.

Требуемый технический результат достигается тем, что в известном композитном радиопоглощающем покрытии, содержащем основу из пенополиуретана, в объеме которого распределены функциональные электропроводящие частицы, согласно изобретению, функциональные частицы выполнены в виде фрагментов микропровода длиной 0,3-3,0 мм и диаметром 3-40 мкм из аморфного кобальта, помещенного внутри стеклянной оболочки.

Отличительные признаки предложенного технического решения обеспечили расширение функциональных возможностей маскирующего покрытия за счет кратного повышения магнитных свойств покрытия.

Выполнение функциональных частиц наполнения в виде фрагментированного микропровода обеспечило им игольчатую форму, что по определению увеличило магнитную восприимчивость локальных антенн и композитного радиопоглощающего покрытия в целом.

Выполнение функциональных частиц в виде фрагментов микропровода из аморфного кобальта, который характеризуется гигантским магнитным импедансом, обуславливающим магнитную проницаемость на 1-2 порядка больше, чем у железа (как в аналогах), обеспечивает максимальное поглощение электромагнитного излучения.

Экспериментально установлено, что функциональные частицы из микропровода диаметром 3-40 мкм создают слабый «скин-эффект» в рабочем диапазоне длины волны 0,2-15 см зондирующих радиосигналов, чем обеспечивается максимальная эффективность их поглощения.

При использовании функциональных частиц длиной меньше 0,3 мм маскирующее покрытие характеризуется значительным снижением магнитного импеданса из-за вырождения их игольчатой формы.

Функциональные частицы микропровода длиной более 3,0 мм технологически сложно равномерно распределить в несущей основе покрытия из пенополиуретана, вспенивание которого при этом без специальных мер и дополнительных устройств в пеногенераторе затруднено.

Оптически и радиопрозрачная стеклянная оболочка на фрагментах микропровода повышает анизотропию магнитных свойств функциональных частиц, обеспечивая тем самым повышение эффективности поглощающих свойств покрытия.

Стеклянная оболочка является несущим каркасом для тонкого сердечника в виде мерных фрагментов микропровода, что позволяет комплексные функциональные частицы механически смешивать без деформаций в пеногенераторе с жидкими компонентами пенополиуретана, получая устойчивую к расслоению технологическую взвесь, в которой равномерно распределены игольчатой формы приемники зондирующего излучения, хаотично ориентированные в объеме формируемого покрытия.

Высокая степень адгезии стеклянной оболочки к пенополиуретану практически исключает расслоение технологической взвеси на время полимеризации покрытия.

При хаотическом распределении игольчатых фрагментов микропровода в композиционном покрытии ориентацию на источник зондирующих сигналов имеет не менее трети функционального наполнения, суммарное поглощение которых существенно превышает соответствующую величину для сферических частиц магнитного порошка по прототипу.

Произвольно ориентированные в пространстве игольчатой формы функциональные частицы наполнения основы радиопоглощающего покрытия обеспечивают максимальное взаимодействие с зондирующим облучением маскируемого объекта, падающим под любым углом сканирования к поверхности, то есть является универсальным и высокоэффективным.

Следовательно, каждый существенный признак необходим, а их совокупность в устойчивой взаимосвязи являются достаточными для достижения новизны качества, то есть поставленная в изобретении техническая задача решается не суммой эффектов, а новым сверхэффектом суммы признаков.

Аморфный кобальт, используемый в качестве микропровода, представляет собой сплав кобальта (не менее % атомных %) с добавками кремния, бора, углерода и марганца. Смесь этих компонентов сплавляют и резко охлаждают для получения требуемой структуры и необходимых магнитных свойств при низкой проводимости.

Магнитные сплавы на основе переходных металлов (железо, кобальт, никель) легко намагничиваются во внешнем поле и легко меняют свое магнитное состояние при изменении поля. В сочетании с высоким электросопротивлением, которое в 3-4 раза выше, чем у аналогичных кристаллических сплавов, эти качества делают аморфные сплавы магнитомягкими материалами.

Микропровод из аморфного сплава на основе кобальта, который является магнитомягким материалом с наиболее высокими значениями магнитно-импедансной характеристики (до 1000% Э), обеспечивает хорошую магнитную восприимчивость радиопоглощающего покрытия и, следовательно, большое поглощение зондирующего радиолокационного сигнала.

Аморфная структура микропровода функциональных частиц маскирующего покрытия приводит к очень высокой магнитной проницаемости и низким энергетическим потерям, характеризуется высокой обменной энергией, обеспечивающей упорядочение спинов.

Экспериментально было установлено, что магнитострикция функциональных частиц радиопоглощающего покрытия, представляющих собой микропровод со стеклянной оболочкой зависит главным образом от химического состава аморфного сплава микропровода и внутренних напряжений в композитном элементе.

Микропровод на основе железа (в аналогах) имеет магнито-бистабильный характер, в то время как микропровод по изобретению из аморфного кобальта имеет отрицательную магнитострикцию и характеризуется наклонной петлей гистерезиса.

Поле магнитной анизотропии (H, A/m) в микропроводе растет при увеличении

отношения толщины стеклянной оболочки к диаметру микропровода функциональных частиц покрытия.

В аморфном сплаве на основе кобальта (выше 70%) значения магнито-стрикции достигает околонулевых значений.

5 Внутренние напряжения в микропроводе со стеклянной оболочкой возникают вследствие разницы коэффициентов теплового расширения материалов, достигая значений 100-1000 МПа, причем с увеличением толщины стеклянной оболочки растет поле анизотропии, что позволяет управлять магнитными свойствами радиопоглощающего покрытия через изменение магнитной анизотропии, контролируя
10 внутренние напряжения посредством геометрического соотношения структурных элементов функциональных частиц маскирующего покрытия.

Для увеличения доли рассеянной энергии на отдельных частицах и в покрытии в целом диаметр микропровода определен в диапазоне 3-40 мкм, что в сочетании с невысокой приводимостью аморфного сплава на основе кобальта создает слабый
15 «скин-эффект» в широком диапазоне длин волн, позволяя выполнять радиопоглощающее покрытие с заданными показателями назначения.

Опытные образцы предложенного комплексного радиопоглощающего покрытия на поверхности высококонтрастных объектов формировались напылением из серийного пеногенератора (пистолета), в котором посредством сжатого воздуха смешивались
20 жидкие компоненты (изоцианат и полиол) с предварительно приготовленными мерными фрагментами микропровода из аморфного кобальта в стеклянной оболочке.

Пенополиуретан обладает исключительной адгезией практически к любым материалам, прочно беззасторно сцепляется с поверхностью любых геометрических форм и протяженности, без швов и стыков.

25 При этом покрытие обеспечивает изоляцию маскируемого объекта.

Пенополиуретан относится к группе трудносгораемых и самозатухающих материалов, который не разрушают мелкие грызуны и птицы, на нем исключено появление конденсата, плесени и грибков, что обеспечивает гарантированный срок эксплуатации
покрытия не менее 20 лет.

30 Покрытие по изобретению абсолютно безвредно как для окружающей среды, так и для человека и животных, не выделяет вредных веществ и не имеет запаха.

Ниже в таблице приведены технические показатели примера практической реализации покрытия по изобретению.

Таблица

35

Показатели	Значения
толщина покрытия, мм	50
масса 1м ² материала покрытия, кг	3-5
кажущаяся плотность, кг/м ³	40-50
40 диапазон маскирующего действия, см	0,2-15
коэффициент отражения по нормали, %	1,0-1,5

Использование в качестве несущей основы покрытия самоотверждающегося при полимеризации пористого материала - пенополиуретана обеспечивает преобразование
45 технологической вязкотекучей композиции, содержащей наполнение из распределенных в объеме фрагментов, имеющих оптимальную форму и структуру, микропровода из аморфного кобальта в стеклянной оболочке, позволяет напылением оперативно получить примыкающее в прочном сцеплении с поверхностью маскируемого объекта

готовое покрытие конгруэнтной формы с требуемыми физико-механическими характеристиками.

5 Проведенный сопоставительный анализ предложенного технического решения с выявленными аналогами уровня техники, из которого изобретение явным образом не следует для специалиста по радиолокации, показал, что оно неизвестно, а с учетом практической возможности изготовления распылением композитного радиопоглощающего покрытия посредством существующего пеногенератора, можно сделать вывод о соответствии критериям патентоспособности.

10 (57) Формула изобретения

Композитное радиопоглощающее покрытие, содержащее основу из пенополиуретана, в объеме которого распределены функциональные электропроводящие частицы, отличающееся тем, что функциональные частицы выполнены в виде фрагментов микропровода длиной 0,3-3,0 мм и диаметром 3-40 мкм из аморфного кобальта,
15 помещенного внутри стеклянной оболочки.

20

25

30

35

40

45