

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

**№ 2228565**

**РАДИОПОГЛОЩАЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ  
И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ**

Патентообладатель(ли): **Санкт-Петербургский  
государственный технический университет**

Автор(ы): **см. на обороте**

Заявка № 2002135819

Приоритет изобретения **19 декабря 2002 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре  
изобретений Российской Федерации **10 мая 2004 г.**

Срок действия патента истекает **19 декабря 2022 г.**

*Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной  
собственности, патентам и товарным знакам*



Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11)

2228565<sup>(13)</sup> С1

(51) МПК 7 H01Q17/00

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: по данным на 17.01.2014 - действует

Пошлина: учтена за 11 год с 20.12.2012 по 19.12.2013

(21), (22) Заявка: 2002135819/092002135819/09, 19.12.2002

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**19.12.2002**(45) Опубликовано: **10.05.2004**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2125327 С1, 20.01.1999.  
RU 2066508 С1, 10.09.1996.  
SU 1790795 А3, 23.01.1993.  
RU 2155420 С1, 27.08.2000.  
RU 2086570 С1, 10.08.1997.  
US 4688040 A, 18.08.1987.  
US 4173018 A, 30.10.1979.  
GB 1074895 A, 05.07.1967.  
EP 0692840 A, 17.01.1996.

Адрес для переписки:  
**195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29,  
Санкт-Петербургский ГТУ (ЦПИ), С.В. Козыреву**

(72) Автор(ы):

**Алексеев А.Г.,  
Старостин А.П.,  
Яковлев С.В.,  
Луцев Л.В.,  
Козырев С.В.**

(73) Патентообладатель(и):

**Санкт-Петербургский государственный  
технический университет**

**(54) РАДИОПОГЛОЩАЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к материалам для поглощения электромагнитных волн и способам их получения. Техническим результатом является поглощение электромагнитного излучения в наземной, морской, авиационной и космической технике, что позволяет повысить скрытность объектов и уменьшить вероятность их обнаружения радиолокаторами. Радиопоглощающее покрытие включает основу из по меньшей мере одного слоя переплетенных арамидных высокомодульных нитей с нанесенной на нити вакуумным напылением пленкой из гидрогенизированного углерода с вкрапленными в него ферромагнитными кластерами при следующем соотношении компонентов, мас.%: ферромагнитные кластеры 50-80; гидрогенизованный углерод - остальное. Способ получения радиопоглощающего покрытия включает вакуумное распыление в аргоно-водородной рабочей среде графита и ферромагнитного материала и осаждение продуктов распыления в виде пленки на переплетенные арамидные высокомодульные нити при соотношении потоков углерода и ферромагнитного материала 0,25-1,0, при этом распыление ведут при следующем содержании аргона и водорода, мас.%: аргон 50-98; водород 2-50. 2 с. и 22 з.п., ф-лы, 6 ил.

Изобретение относится к материалам для поглощения электромагнитных волн и способам их получения, предназначено для поглощения электромагнитного излучения в наземной, морской, авиационной и космической технике, что позволяет повысить скрытность объектов и уменьшить вероятность их обнаружения радиолокаторами.

Имеющиеся в настоящее время радиопоглощающие материалы основаны на способности поглощения падающего излучения мелкодисперсными составляющими: металлической, графитовой и ферромагнитной пылью, а также чистым графитом. Одним из направлений в создании радиопоглощающих материалов является создание электродинамических материалов на основе синтеза слоистой структуры, обладающей заданными электрофизическими свойствами, например заданным уровнем отражения радиоволн в некотором диапазоне частот. При этом желательно, чтобы такая структура обладала минимальной толщиной [1].

Известен радиопоглощающий материал [2], состоящий из смеси 0,30-0,45 или 0,55-0,75 мольных долей титаната стронция и 0,70-0,55 или 0,45-0,25 мольных долей соответственно соединений с общей формулой  $\text{BiMO}_3$ , где М выбирается из группы элементов, включающей хром, марганец, железо.

Известный материал имеет высокие значения действительной части диэлектрической проницаемости и высокие диэлектрические потери в сверхвысокочастотном (СВЧ) диапазоне. Однако для эффективного поглощения радиоволн материал должен иметь значительную толщину и может применяться только в виде плиток.

Известен способ получения радиопоглощающего материала [2], включающий в себя смешивание карбоната стронция, оксида титана и дополнительного компонента  $\text{BiMO}_3$  (где M=Cr, Mn, Fe), обжиг смеси на воздухе, формование и спекание при температуре от 800 до 1300°C в течение нескольких часов в зависимости от химического состава материала.

Известный способ не позволяет получить эластичный радиопоглощающий материал.

Известен радиопоглощающий материал [3], предназначенный для нанесения на различные изделия исследовательского, медицинского, бытового и др. назначения. Радиопоглощающий материал содержит в качестве полимерного связующего синтетический клей "Элатон" на основе латекса, в качестве магнитного наполнителя – порошкообразный феррит или карбонильное железо при следующем соотношении компонентов, мас.%: синтетический клей "Элатон" на основе латекса 80-20; порошкообразный феррит или карбонильное железо 20-80.

Известный радиопоглощающий материал пригоден для нанесения на поверхности различной геометрии, однако имеет недостаточную эффективность поглощения радиоволн.

Известен способ приготовления радиопоглощающего материала [3], включающий последовательную загрузку полимерного связующего - синтетического клея "Элатон" на основе латекса и магнитного наполнителя в виде порошкообразного феррита или карбонильного железа в смеситель и их перемешивание вращающимся приспособлением в течение 7-10 мин. Перемешивающее приспособление поочередно вращают в противоположных направлениях в течение 50-60 с.

Известный способ позволяет получать эластичное покрытие, однако при малой его толщине эффективность поглощения радиоволн оказывается недостаточно высокой.

Известен радиопоглощающий материал [4], включающий первый слой пористого эластичного материала, например полиуретана, покрытый вторым слоем пористого эластичного материала с распределенными в нем проводящими частицами, например частицами графитовой пудры, или частицами углеродного материала, смешанными с металлическими частицами.

Известный радиопоглощающий материал имеет недостаточную механическую прочность.

Известен способ получения радиопоглощающего материала [4], включающий заливку в форму первого слоя вспененного материала, покрытие первого слоя вторым слоем вспененного материала с распределенными в нем частицами проводящего материала, герметизацию формы и ее вакуумирование. В результате получают структуру уменьшенной плотности с закрытыми порами, содержащую равномерно распределенные в ее толще проводящие частицы.

Известный способ позволяет получать эластичный радиопоглощающий материал толщиной не более 2,5 мм, однако его механическая прочность оказывается недостаточно высокой, что сужает его область применения.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков к заявляемому изобретению является радиопоглощающее покрытие [5], принятное за прототип. Покрытие выполнено в виде неоднородной по всем направлениям поверхности, состоящей из чередующихся между собой по всем направлениям этой поверхности емкостных и индуктивных элементов. Емкостный элемент представляет собой слоистую поверхность, все слои которой электрически разделены стандартными конденсаторными диэлектрическими материалами и образованы плоскостями пластинок симметричной формы, выстроенных в плоскости слоя в правильные ряды и столбцы так, что точки пересечений линий

разграничения одного слоя на ряды и столбцы находятся напротив центров симметрии пластинок соседних слоев. Индуктивный элемент представляет собой однослойную поверхность, основу которой составляет графитовое волокно либо сетка, залитые радиопрозрачным цементирующим составом с внедренными в него мелкодисперсными ферромагнитными частицами.

Известное радиопоглощающее покрытие-прототип ослабляет отраженные радиоволны противофазным отражением падающих волн и позволяет не только поглощать падающую волну, но и значительно ослабить волну отраженную, однако оно имеет сложную структуру, трудоемко в изготовлении и недостаточно эластично.

Известное радиопоглощающее покрытие-прототип изготавливают следующим образом [5]. Основу композита, представляющую собой электропроводную, металлическую или выполненную из графитового волокна сетку, заливают радиопрозрачным цементирующим составом с мелкодисперсными ферромагнитными наполнителями. На основу наносят однослойную или многослойную поверхность. Каждый слой выполняют из множества тонких плоских электропроводных пластинок. Пластиинки имеют регулярную форму прямоугольника, трапеции, треугольника, шестиугольника, круга - одинаковую для всех пластинок. По всей поверхности слоя пластиинки выстраивают в регулярные ряды и столбцы. Плоскости пластиинок совмещают с плоскостью слоя, в котором находятся пластиинки. Оси симметрии чешуек одного ряда или столбца находятся на одной линии. Все соседние слои смещают относительно друг друга так, чтобы линии разделения рядов и столбцов одного слоя находились над осьми симметрии пластиинок соседнего ряда или слоя. Все соседние слои разделяют между собой стандартными конденсаторными диэлектрическими материалами.

Известный способ-прототип очень сложен и трудоемок, что сдерживает его широкое применение.

Задачей заявляемого изобретения являлась разработка легкого, тонкого и эластичного радиопоглощающего материала, обладающего высоким коэффициентом поглощения электромагнитного излучения, а также простого, малозатратного способа его изготовления.

Поставленная задача решается тем, что радиопоглощающее покрытие включает основу из по меньшей мере одного слоя переплетенных арамидных высокомодульных нитей с нанесенной на нити вакуумным напылением пленкой из гидрогенизированного углерода с вкрапленными в него ферромагнитными кластерами при следующем соотношении компонентов, мас.%:

Ферромагнитные кластеры 50-80

Гидрогенизованный углерод Остальное

Основа может быть выполнена в виде тканого полотна. В качестве арамидных высокомодульных нитей могут быть использованы, в частности, кевларовые нити, выполненные из крученых или прямых волокон.

Пленка из гидрогенизированного углерода с вкрапленными в него ферромагнитными кластерами может быть выполнена толщиной 500-1500 нм.

Ферромагнитные кластеры, вкрапленные в пленку, могут иметь размер 0,05-2,0 мкм.

Кластеры могут быть выполнены, например, из кобальта или никеля, а также из любых других известных ферромагнитных материалов, обладающих высокой степенью поглощения СВЧ излучения.

Радиопоглощающее покрытие может быть выполнено из четырех слоев переплетенных арамидных нитей с нанесенной на них упомянутой пленкой.

Поставленная задача решается также тем, что радиопоглощающее покрытие получают способом, включающим вакуумное распыление графита и ферромагнитного материала в аргоноводородной рабочей среде и осаждение продуктов распыления в виде пленки на переплетенные арамидные высокомодульные нити при соотношении потоков углерода и ферромагнитного материала 0,25-1,0. При этом упомянутое распыление ведут при следующем содержании аргона и водорода, мас.%:

Аргон 50-98

Водород 2-50

Вакуумное распыление целесообразно вести при давлении аргоноводородной рабочей среды 5-20 мТорр.

Вакуумное распыление можно осуществлять любым известным способом, например в виде лазерного распыления, в виде ионно-плазменного распыления, в частности в виде магнетронного распыления графитовой и ферромагнитной мишени.

Магнетронное распыление целесообразно вести при плотности ионного тока  $10^{-2}$ - $5 \cdot 10^{-1}$  А/см<sup>2</sup>.

В качестве ферромагнитного материала могут распыляться любые известные ферромагнитные материалы, обладающие высокой степенью поглощения СВЧ излучения, например кобальт, никель, ферриты.

Осаждение продуктов распыления можно осуществлять на нити в виде тканого полотна.

Осаждение продуктов распыления на упомянутые нити рационально вести при скорости роста пленки 5-20 нм/мин.

В качестве нитей основы можно использовать кевларовые нити.

Кевларовые нити могут быть выполнены из крученых или прямых волокон.

Осаждение упомянутых продуктов распыления целесообразно вести до получения толщины упомянутой пленки 500-1500 нм и размера ферромагнитных кластеров 0,05-2,0 мкм.

Соотношение ферромагнитных кластеров и гидрогенизированного углерода определяется тем, что при содержании ферромагнитного материала менее 50 мас.% значительно ухудшается свойство покрытия поглощать электромагнитное излучение, а при содержании ферромагнитного материала более 80 мас.% вместо кластеров образуется сплошная пленка.

Заявляемое радиопоглощающее покрытие отличается от покрытия-прототипа тем, что основа выполнена не из электропроводной, металлической или изготовленной из графитового волокна сетки, залитой радиопрозрачным цементирующим составом с мелкодисперсными ферромагнитными наполнителями, а из переплетенных арамидных высокомодульных нитей с нанесенной на нити вакуумным напылением пленкой из гидрогенизированного углерода, в поверхность которой вкрашены ферромагнитные кластеры. В результате получается легкий, тонкий и эластичный радиопоглощающий материал, обладающий высоким коэффициентом поглощения электромагнитного излучения. Как выяснили авторы, гранулированные структуры, содержащие ферромагнитные наночастицы в изолирующих и полупроводниковых матрицах, при определенных условиях обладают высокой степенью поглощения СВЧ излучения. Свойство поглощения СВЧ излучения обусловлено электронной структурой наночастиц, локализованными электронными состояниями в пленке гидрогенизированного углерода, спиновой релаксацией ферромагнитных частиц и зависит от заявляемой совокупности частиц ферромагнитного материала определенного размера, вкрашенных в пленку гидрогенизированного углерода, и подложки в виде слоя переплетенных арамидных высокомодульных нитей.

Заявляемое радиопоглощающее покрытие и способ его получения иллюстрируются чертежами, где на фиг.1 приведен вид однослойного радиопоглощающего покрытия в поперечном сечении;

на фиг.2 приведен вид многослойного радиопоглощающего покрытия в поперечном сечении;

на фиг.3 показана фотография радиопоглощающего покрытия при увеличении в 6000 раз;

на фиг.4 - то же, что на фиг.1, при увеличении в 40 раз;

на фиг.5 приведена зависимость коэффициента потерь электромагнитного излучения при его отражении (R) и при прохождении (T) радиопоглощающего покрытия, основа которого выполнена из 4 слоев переплетенных арамидных высокомодульных нитей, покрытых пленкой гидрогенизированного углерода с вкрашенными кластерами кобальта (60 мас.%) толщиной 910 нм;

на фиг.6 схематически показан один из вариантов установки магнетронного распыления.

Радиопоглощающее покрытие включает основу из одного (см. фиг.1) или нескольких (см. фиг.2) слоев 1 переплетенных арамидных высокомодульных нитей 2, на которые вакуумным напылением нанесена пленка 3 из гидрогенизированного углерода. В пленку 3 вкрашены ферромагнитные кластеры 4. Пленка 3 содержит ферромагнитные кластеры 4 в количестве 50-80 мас.%, остальную массу пленки 3 составляет гидрогенизированный углерод. Основа может быть выполнена в виде тканого полотна (см. фиг.4). В качестве арамидных высокомодульных нитей 2 целесообразно использовать кевларовые нити, прочность которых в несколько раз превышает прочность стальной проволоки той же массы и свойства которых не изменяются до температуры 280°C. Кевларовые нити могут быть выполнены из крученых или прямых волокон. Пленка 3 выполняется обычно толщиной 500-1500 нм. Ферромагнитные кластеры (см. фиг.3), как правило, имеют размер от 0,05 до 2,0 мкм и близкую к сферической геометрической форму. Исследование микроструктуры заявляемого радиопоглощающего покрытия производилось при помощи электронного микроскопа JSM 35. Кластеры 4 могут быть выполнены из любого известного ферромагнитного материала, обладающего значительным поглощением СВЧ излучения. В качестве таких материалов могут быть использованы, например, кобальт, никель, ферриты.

На фиг.5 приведены экспериментальные данные о поглощении СВЧ излучения заявлением радиопоглощающим покрытием.

Микроволновое поглощение исследовалось в диапазоне частот 2-18 ГГц на волноводных измерительных линиях для случая нормально падающего электромагнитного (ЭМ) излучения (см. фиг.5). Определялись действительные и мнимые части диэлектрической ( $\epsilon'$ ,  $\epsilon''$ ) и магнитной ( $\mu'$ ,  $\mu''$ ) проницаемостей и коэффициенты потерь ЭМ волны при отражении (R) и при прохождении (T):  $R(T) = -10 \cdot \lg(W_{R(T)}/W)$  [dB], где W,  $W_R$ ,  $W_T$  - мощности падающей, отраженной и прошедшей волн. Для

поглощения ЭМ излучения гранулированной структурой необходимо иметь большие значения  $\epsilon''$  и  $\mu''$  и волновой импеданс  $Z = [(\mu' + i\mu'') / (\epsilon' + i\epsilon'')]^{1/2}$  должен быть близок к единице. Было установлено, что заявляемое покрытие имеет большие значения  $\epsilon'$ ,  $\epsilon''$ , что можно объяснить образованием кластерных электронных состояний на ферромагнитных наночастицах. Высокие значения  $\mu''$  определяются быстрой релаксацией спин-наночастиц, которая обусловлена спин-поляризационным механизмом. Эти факторы приводят к увеличению коэффициента поглощения Т ЭМ излучения с ростом частоты. В результате исследований была зафиксирована анизотропия поглащающих свойств заявляемого покрытия в 3-4 раза при его развороте в волноводной линии на 90°, связанная с анизотропией диэлектрических свойств волокон кевлара. Это объясняется образованием прочной связи (физико-механической и химической) в паре "пленка гидрогенизированного углерода с вкрапленными в него кластерами кобальта (пленка а-C:H(Co) - кевлар" при известной анизотропии свойств кевлара. Косвенным подтверждением образования химической связи в паре "пленка а-C:H(Co) - кевлар" служит отсутствие следов разрушения пленок при многократных перегибах радиопоглащающего покрытия и значительных внешних механических воздействиях.

Для изготовления заявляемого радиопоглащающего покрытия может быть использован любой известный способ вакуумного распыления, например лазерное распыление, ионное распыление из автономных ионных источников, ионно-плазменное распыление, в частности магнетронное распыление графитовой и ферромагнитной мишени. Магнетронное распыление, по сравнению с другими методами нанесения пленок, обладает рядом достоинств, основными из которых являются высокая скорость роста пленок, их хорошая адгезия и незначительное загрязнение посторонними газовыми включениями, низкая температура нагрева подложек, возможность распыления как проводников, так и диэлектриков и получения сверхтонких пленок с малыми радиационными дефектами, безинерционность процесса.

На фиг.6 схематически показан один из возможных вариантов установки для нанесения пленки из гидрогенизированного углерода с вкрапленными в него ферромагнитными кластерами на основу из арамидных высокомодульных волокон магнетронным распылением. Установка включает вакуумный колпак 5, устанавливаемый на основании 6 посредством вакуумного уплотнителя 7. Основание 6 снабжено патрубком 8 для откачки колпака 5 и напуска рабочей среды. В верхней части колпака 5 установлена посредством вакуумного уплотнителя 9 магнитная система 10. На основании 6 закреплен подложкодержатель 11. Под магнитной системой 10 размещен составной катод-мишень 12 из распыляемых материалов. Между подложкой 11 и катодом-мишенью 12 расположен анод 13 с экраном 14. Катод-мишень 12 и анод 13 подключены к источнику 15 постоянного электрического тока. Заявляемый способ получения радиопоглащающего материала осуществляют следующим образом.

На подложкодержателе 11 размещают слой 1 переплетенных арамидных высокомодульных нитей 2 например в виде тканого полотна, прошедших предварительную очистку. В качестве таких нитей можно использовать кевларовые нити в виде крученых или прямых волокон. Устанавливают на основание 6 колпак 5 посредством вакуумного уплотнителя 7. Пространство под колпаком 5 через патрубок 8 откачивают с помощью форвакуумного вакуумного насоса (не показан) и затем заполняют аргоно-водородной рабочей средой при содержании аргона 50-98 мас.% и водорода 2-50 мас.%. Целесообразно давление аргоно-водородной среды поддерживать в пределах 5-20 мТорр. При подключении составного катода-мишени 12, выполненного из графитового и ферромагнитного материалов, и анода 13 к источнику 15 постоянного электрического тока над катодом-мишенью 12 создаются неоднородное электрическое поле и аномальный тлеющий разряд, под действием которых происходит образование плазмы и ионная бомбардировка катода-мишени 12. Замкнутое магнитное поле, создаваемое магнитной системой 10, локализует плазму непосредственно у поверхности распыляемого катода-мишени 12. Под действием ионной бомбардировки эмиттированные катодом-мишенью 12 электроны захватываются идерживаются магнитным полем, совершая сложное циклическое движение у поверхности катода-мишени 12, пока не произойдет их столкновение с атомами аргона и молекулами водорода. В результате таких столкновений электроны теряют большую часть энергии на ионизацию рабочей среды (прежде чем они попадут на анод 13), что увеличивает концентрацию положительных ионов у поверхности катода-мишени 12, усиливает его ионную бомбардировку, скорость распыления материалов катода (графита и ферромагнитного материала). Оптимальный интервал плотности ионного тока составляет  $10^{-2}\text{--}5 \cdot 10^{-1} \text{ А/см}^2$ . Распыляемые таким образом компоненты катода-мишени 12 - углерод и ферромагнитный материал M, соотношение потоков которых 0,25-1,0 (в качестве ферромагнитного материала могут быть взяты кобальт, никель, феррит и др.) осаждаются на нити 2, образуя пленку 3 а-C:H(M). Оптимальные результаты получают при

скорости роста пленки 3-5-20 нм/мин и толщине пленки 3 500-1500 нм.

#### Пример 1.

Заявляемым способом получали радиопоглощающее покрытие в виде слоя переплетенных кевларовых нитей с нанесенной на нити пленкой толщиной 500 нм из гидрогенизированного углерода с вкрапленными в него кластерами кобальта размером от 0,05 до 2,0 мкм при содержании кобальта 80 мас.% и гидрогенизированного углерода 20 мас.%, полученной магнетронным распылением графитовой и кобальтовой мишней в аргоно-водородной рабочей среде при давлении 5 мТорр, при содержании аргона 50 мас.% и водорода 50 мас.%, при плотности ионного тока  $10^{-2}$  А/см<sup>2</sup>, скорости роста пленки 5 нм/мин и при соотношении потоков углерода и кобальта 0,25.

#### Пример 2.

В тех же условиях, что в примере 1 получали радиопоглощающее покрытие в виде слоя переплетенных кевларовых нитей с нанесенной на нити пленкой толщиной 700 нм из гидрогенизированного углерода с вкрапленными в него кластерами никеля размером от 0,05 до 1,5 мкм при содержании никеля 80 мас.% и гидрогенизированного углерода 20 мас.%.

#### Пример 3.

Заявляемым способом получали радиопоглощающее покрытие в виде слоя переплетенных кевларовых нитей с нанесенной на нити пленкой толщиной 1500 нм из гидрогенизированного углерода с вкрапленными в него кластерами кобальта размером от 0,05 до 1,0 мкм, при содержании кобальта 50 мас.% и гидрогенизированного углерода 50 мас.%, полученной магнетронным распылением графитовой и кобальтовой мишней в аргоно-водородной рабочей среде при давлении 20 мТорр, при содержании аргона 98 мас.% и водорода 2 мас.%, при плотности ионного тока  $5 \cdot 10^{-1}$  А/см<sup>2</sup>, скорости роста пленки 20 нм/мин и при соотношении потоков углерода и кобальта 1,0.

#### Пример 4.

В тех же условиях, что в примере 3, получали радиопоглощающее покрытие в виде слоя переплетенных кевларовых нитей с нанесенной на нити пленкой толщиной 1200 нм из гидрогенизированного углерода с вкрапленными в него кластерами никеля размером от 0,05 до 1,8 мкм при содержании никеля 50 мас.% и гидрогенизированного углерода 50 мас.%.

#### Пример 5.

Радиопоглощающее покрытие было изготовлено из четырех слоев переплетенных кевларовых нитей с нанесенной на нити пленкой толщиной 1500 нм из гидрогенизированного углерода с вкрапленными в него кластерами кобальта размером от 0,05 до 1,0 мкм при содержании кобальта 50 мас.% и гидрогенизированного углерода 50 мас.%.

#### Пример 6.

Радиопоглощающее покрытие было изготовлено из четырех слоев переплетенных кевларовых нитей с нанесенной на нити пленкой толщиной 500 нм из гидрогенизированного углерода с вкрапленными в него кластерами кобальта размером от 0,05 до 2,0 мкм при содержании кобальта 80 мас.% и гидрогенизированного углерода 20 мас.%.

Исследования радиопоглощающих покрытий, полученных заявлением способом, дали результаты, аналогичные приведенным на фиг.5. Таким образом, заявляемое покрытие является эффективным поглощающим СВЧ излучение материалом на частотах больших 8 ГГц.

#### Источники информации

1. Виноградов А.П., Лагарьков А.Н. и др. - Радиотехника и электроника - 1996, т.4, №2, с.158-161.
2. Патент РФ №2167840, МПК С 04 В 35/00, опубликован 27.05.2001.
3. Патент РФ №2107705, МПК С 09 D 5/32, опубликован 27.03.1998.
4. Патент США №6231794, МПК Н 01 Q 17/00, опубликован 01.05.2001.
5. Патент РФ №2125327, МПК Н 01 Q 17/00, опубликован 20.01.1999.

#### Формула изобретения

1. Радиопоглощающее покрытие, включающее основу из по меньшей мере одного слоя переплетенных арамидных высокомодульных нитей с нанесенной на нити вакуумным напылением пленкой из гидрогенизированного углерода с вкрапленными в него ферромагнитными кластерами при следующем соотношении компонентов, мас.%:

Ферромагнитные кластеры 50 - 80

Гидрогенизированный углерод Остальное

2. Радиопоглощающее покрытие по п.1, отличающееся тем, что упомянутая основа выполнена в виде тканого полотна.

3. Радиопоглощающее покрытие по п.1, отличающееся тем, что в качестве упомянутых арамидных высокомодульных нитей использованы кевларовые нити.
4. Радиопоглощающее покрытие по п.3, отличающееся тем, что кевларовые нити выполнены из крученых волокон.
5. Радиопоглощающее покрытие по п.3, отличающееся тем, что кевларовые нити выполнены из прямых волокон.
6. Радиопоглощающее покрытие по п.1, отличающееся тем, что упомянутая пленка выполнена толщиной 500-1500 нм.
7. Радиопоглощающее покрытие по п.1, отличающееся тем, что упомянутые ферромагнитные кластеры имеют размер 0,05-2,0 мкм.
8. Радиопоглощающее покрытие по п.1, отличающееся тем, что упомянутые ферромагнитные кластеры выполнены из кобальта.
9. Радиопоглощающее покрытие по п.1, отличающееся тем, что упомянутые ферромагнитные кластеры выполнены из никеля.
10. Радиопоглощающее покрытие по п.1, отличающееся тем, что упомянутая основа выполнена из четырех упомянутых слоев переплетенных арамидных высокомодульных нитей с нанесенной упомянутой пленкой.

11. Способ получения радиопоглощающего покрытия, включающий вакуумное распыление в аргоноводородной рабочей среде графита и ферромагнитного материала и осаждение продуктов распыления в виде пленки на переплетенные арамидные высокомодульные нити при отношении потоков углерода и ферромагнитного материала 0,25-1,0, при этом упомянутое распыление ведут при следующем содержании аргона и водорода, мас.%:

Аргон 50 - 98

Водород 2 - 50

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что вакуумное распыление ведут при давлении аргоноводородной рабочей среды 5-20 мТорр.

13. Способ по п.11, отличающийся тем, что упомянутое вакуумное распыление осуществляют в виде лазерного распыления.

14. Способ по п.11, отличающийся тем, что вакуумное распыление осуществляют в виде ионно-плазменного распыления.

15. Способ по п.14, отличающийся тем, что упомянутое ионно-плазменное распыление осуществляют в виде магнетронного распыления графитовой и ферромагнитной мишени.

16. Способ по п.15, отличающийся тем, что упомянутое распыление ведут при плотности ионного тока  $10^{-2}$ - $5 \cdot 10^{-1}$  А/см<sup>2</sup>.

17. Способ по п.11, отличающийся тем, что в качестве ферромагнитного материала распыляют кобальт.

18. Способ по п.11, отличающийся тем, что в качестве ферромагнитного материала распыляют никель.

19. Способ по п.11, отличающийся тем, что упомянутое осаждение продуктов распыления осуществляют на упомянутые нити в виде тканого полотна.

20. Способ по п.11, отличающийся тем, что упомянутое осаждение продуктов распыления на упомянутые нити ведут при скорости роста пленки 5-20 нм/мин.

21. Способ по п.11, отличающийся тем, что в качестве упомянутых нитей используют кевларовые нити.

22. Способ по п.21, отличающийся тем, что упомянутые кевларовые нити выполняют из крученых волокон.

23. Способ по п.21, отличающийся тем, что упомянутые кевларовые нити выполняют из прямых волокон.

24. Способ по п.11, отличающийся тем, что на упомянутые нити наносят упомянутую пленку толщиной 500-1500 нм.

## РИСУНКИ

[Рисунок 1](#), [Рисунок 2](#), [Рисунок 3](#), [Рисунок 4](#), [Рисунок 5](#), [Рисунок 6](#)