

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 24441

(13) С1

(45) 2024.11.20

(51) МПК

H 01Q 17/00 (2006.01)

B 32B 7/03 (2019.01)

(54) **СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНОГО
ПОГЛОТИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
СВЧ-ДИАПАЗОНА С УПОРЯДОЧЕННО-СТРУКТУРИРОВАННЫМ
ПОВЕРХНОСТНЫМ СЛОЕМ И ШИРОКОПОЛОСНЫЙ
ПОГЛОТИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ,
ИЗГОТОВЛЕННЫЙ ЭТИМ СПОСОБОМ**

(21) Номер заявки: а 20230113

(22) 2023.05.12

(71) Заявитель: Учреждение образования
"Белорусский государственный уни-
верситет информатики и радио-
электроники" (ВУ)

(72) Авторы: Бойправ Ольга Влади-
мировна; Богуш Вадим Анатольевич;
Лыньков Леонид Михайлович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Белорусский государствен-
ный университет информатики и
радиоэлектроники" (ВУ)

(56) CN 110600888 A, 2019.

EA 043202 B1, 2023.

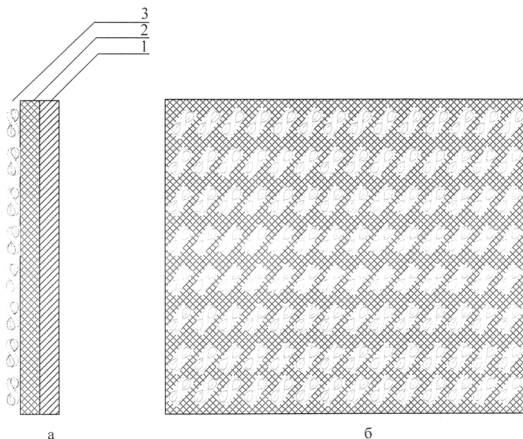
ВУ 23305 С1, 2021.

US 5229773 A, 1993.

US 2015/0303870 A1.

(57)

1. Способ изготовления широкополосного поглотителя электромагнитного излучения СВЧ-диапазона с упорядоченно-структурированным поверхностным слоем, при котором формируют отражающий - внутренний относительно фронта распространения электромагнитного излучения - слой поглотителя путем откраивания от рулона фольгированной полимерной пленки фрагмента, длина, ширина и форма которого эквивалентны длине, ширине и форме изготавливаемого поглотителя, затем формируют диэлектрический - промежуточный - слой поглотителя путем откраивания от рулона синтетического тканого или нетканого материала или от рулона полимерной пленки фрагмента, длина, ширина и форма которого эквивалентны длине, ширине и форме изготавливаемого поглотителя, выполняют соединение сформированных отражающего и диэлектрического слоев, затем



ВУ 24441 С1 2024.11.20

формируют поверхностный - наружный - слой поглотителя, для чего откраивают от рулона фольгированной полимерной пленки фрагменты прямоугольной формы, значение длины которых не превышает трети от значения длины электромагнитной волны на средней частоте в рабочей полосе частот изготавливаемого поглотителя, а значение ширины - пяти сотых от значения длины электромагнитной волны на средней частоте в рабочей полосе частот изготавливаемого поглотителя, полученные фрагменты формируют в виде лент Мебиуса и закрепляют их на поверхности диэлектрического слоя с одинаковой ориентацией относительно поверхности и с одинаковым шагом, значение которого не превышает четырех десятых от значения длины электромагнитной волны на средней частоте в рабочей полосе частот изготавливаемого поглотителя.

2. Широкополосный поглотитель электромагнитного излучения СВЧ-диапазона с упорядоченно-структурированным поверхностным слоем, изготовленный способом по п. 1.

Изобретение относится к устройствам для поглощения излучаемых антенной волн и может быть использовано для защиты приборов электронной техники от воздействия электромагнитного излучения СВЧ-диапазона.

Известно малоотражающее покрытие [1], состоящее из трех слоев, первый из которых является поглотителем, два последующих - трехмерными решетками из резонансных металлических плоских элементов в виде греческих букв "омега", зафиксированных в диэлектрических матрицах.

Известен электромагнитный экран с гиротропными свойствами [2], состоящий из диэлектрического слоя, изготовленного из гибкого полимерного материала, и полосковых киральных элементов.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является поглотитель радиочастотного излучения [3], способ изготовления которого состоит в нанесении слоя метаматериала на подложку, характеризующуюся диэлектрическими свойствами, и добавлении резистивного и емкостного компонентов к нанесенному слою метаматериала.

Недостатком поглотителя [3] является то, что его рабочие полосы частот являются узкими в связи с тем, что входящий в его структуру слой метаматериала является плоским.

Задачей предлагаемого изобретения является расширение рабочей полосы частот поглотителя электромагнитного излучения СВЧ-диапазона с упорядоченно-структурированным поверхностным слоем.

Указанная задача решается тем, что поглотитель электромагнитного излучения СВЧ-диапазона с упорядоченно-структурированным поверхностным слоем изготавливается в соответствии со способом, включающим в себя следующие этапы.

Этап 1. Формирование отражающего - внутреннего относительно фронта распространения электромагнитного излучения - слоя поглотителя путем откраивания от рулона фольгированной полимерной пленки фрагмента, длина, ширина и форма которого эквивалентны длине, ширине и форме изготавливаемого поглотителя электромагнитного излучения.

Этап 2. Формирование диэлектрического - промежуточного относительно фронта распространения электромагнитного излучения - слоя поглотителя путем откраивания от рулона синтетического тканого или нетканого материала или от рулона полимерной пленки фрагмента, длина, ширина и форма которого эквивалентны длине, ширине и форме изготавливаемого поглотителя электромагнитного излучения.

Этап 3. Ниточное или клеевое соединение отражающего и диэлектрического слоев.

Этап 4. Формирование поверхностного - наружного относительно фронта распространения электромагнитного излучения - слоя путем последовательной реализации нижепредставленных подэтапов.

ВУ 24441 С1 2024.11.20

Подэтап 4.1 Получение элементов, предназначенных для формирования поверхностного слоя изготавливаемого поглотителя электромагнитного излучения последовательной реализации следующих действий:

1) открывание от рулона фольгированной полимерной пленки фрагментов прямоугольной формы с учетом следующих требований:

значение длины фрагментов не должно превышать трети от значения длины электромагнитной волны на средней частоте в рабочей полосе частот изготавливаемого поглотителя электромагнитного излучения;

значение ширины фрагментов не должно превышать пять сотых от значения длины электромагнитной волны на средней частоте в рабочей полосе частот изготавливаемого поглотителя электромагнитного излучения;

2) формирование лент Мебиуса из каждого фрагментов, полученных в результате реализации действия 1.

Подэтап 4.2. Ниточное или клеевое закрепление элементов в виде лент Мебиуса, полученных в результате реализации подэтапа 4.1, на поверхности фрагмента диэлектрического слоя, соединенного с фрагментом отражающего слоя в результате реализации этапа 3, с учетом следующих требований:

элементы должны быть размещены на поверхности фрагмента диэлектрического слоя с одинаковым шагом;

значение шага размещения элементов не должно превышать четырех десятых от значения длины электромагнитной волны на средней частоте в рабочей полосе частот изготавливаемого поглотителя электромагнитного излучения;

все элементы после их закрепления на поверхности диэлектрического слоя должны быть одинаково ориентированы относительно этой поверхности.

На фигуре представлено схематическое изображение видов сбоку (а) и сверху (б) широкополосного поглотителя электромагнитного излучения СВЧ-диапазона с упорядоченно-структурированным поверхностным слоем, изготовленного в соответствии с предложенным способом. Широкополосный поглотитель электромагнитного излучения СВЧ-диапазона с упорядоченно-структурированным поверхностным слоем, изготовленный в соответствии с предложенным способом, состоит из отражающего - внутреннего относительно фронта распространения электромагнитного излучения - слоя в виде фрагмента фольгированной полимерной пленки 1, диэлектрического - промежуточного относительно фронта распространения электромагнитного излучения - слоя в виде фрагмента синтетического тканого или нетканого материала или фрагмента полимерной пленки 2, поверхностного - наружного относительно фронта распространения электромагнитного излучения - слоя в виде совокупности элементов в виде лент Мебиуса, сформированных из фрагментов фольгированной полимерной пленки 3.

Ширина рабочей полосы частот широкополосного поглотителя электромагнитного излучения СВЧ-диапазона с упорядоченно-структурированным поверхностным слоем, изготовленного в соответствии с представленным способом, составляет 125,0 % от значения средней частоты в этой полосе. Значение коэффициента поглощения электромагнитного излучения широкополосного поглотителя электромагнитного излучения СВЧ-диапазона с упорядоченно-структурированным поверхностным слоем, изготовленного в соответствии с предложенным способом, в рабочей полосе частот изменяется в пределах от 0,6 до 0,98.

Широкополосный поглотитель электромагнитного излучения СВЧ-диапазона с упорядоченно-структурированным поверхностным слоем, изготовленный в соответствии с представленным способом, характеризуется более широкой рабочей полосой частот по сравнению с аналогом, т. к. совокупность элементов в виде лент Мебиуса, сформированных из фрагментов фольгированной полимерной пленки, образующая поверхностный слой, представляет собой как совокупность резонансных элементов, обеспечивающих резонансное поглощение энергии электромагнитного излучения на частотах СВЧ-диапазона,

BY 24441 C1 2024.11.20

которым соответствуют длины электромагнитных волн, сопоставимые с диаметрами вышеуказанных лент [4, 5], так и совокупность геометрических неоднородностей, высота которых сопоставима с длинами волн СВЧ-диапазона и которые за счет этого, а также за счет того, что их волновое сопротивление превышает волновое сопротивление воздуха (т. е. первичной среды распространения взаимодействующего с ними электромагнитного излучения), обеспечивают рассеяние взаимодействующего с ними электромагнитного излучения в широкой полосе частот СВЧ-диапазона.

Источники информации:

1. RU 2497245, 2013.
2. BY 11795, 2018.
3. CN 110600888 B, 2019.
4. RONDE U.L. et al. Mobius Strips and Metamaterial Symmetry: Theory and Applications. *Microwave Journal*, 2014, vol. 57, no. 11, p. 76-88.
5. HAMILTON J.K. et al. Absorption modes of Möbius strip resonators. *Scientific Reports*, 2021, vol. 11, article number: 9045. Найдено на [<https://doi.org/10.1038/s41598-021-88280-x>].