

УДК 537.874

ГИБКИЕ СЛОИСТЫЕ РАДИОПОГЛОТИТЕЛИ НА ОСНОВЕ ФОЛЬГИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бойправ О.В., Богуш Н.В., Павлёнок М.В.

*Белорусский государственный университет
 информатики и радиоэлектроники
 Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В работе представлены результаты теоретического и экспериментального обоснования методики изготовления гибких слоистых радиопоглотителей на основе фольгированных материалов. По сравнению с аналогами радиопоглотители, изготовленные в соответствии с обоснованной методикой, характеризуются более низкими значениями коэффициента передачи электромагнитного излучения в СВЧ-диапазоне, достигающими величины $-35,0$ дБ. Такие радиопоглотители рекомендованы для использования в целях электромагнитного экранирования помещений, в которых расположены радиоизмерительные приборы.

Ключевые слова: радиопоглотитель, коэффициент отражения, коэффициент передачи, фольгированный материал.

FLEXIBLE LAYERED RADIO ABSORBERS BASED ON FOIL MATERIALS

Boiprav O., Bogush N., Pevlyonok M.

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
 Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The paper presents the results of theoretical and experimental substantiation of the technique for manufacturing flexible layered radio absorbers based on foiled materials. Compared with analogues, radio absorbers manufactured in accordance with the substantiated methodology are characterized by lower values of the electromagnetic radiation transmission coefficient in the microwave range, reaching -35.0 dB. Such radio absorbers are recommended for use for the purpose of electromagnetic shielding of rooms in which radio measuring instruments are located.

Key words: radio absorber, reflection coefficient, transmission coefficient, foil material.

*Адрес для переписки: Бойправ О.В., ул. П. Бровки, 6, Минск 220113, Республика Беларусь
 e-mail: smu@bsuir.by*

В настоящее время радиопоглотители находят широкое применение в целях обеспечения требуемого уровня электромагнитного фона в помещениях, в которых расположены радиоизмерительные приборы. Это обусловлено тем, что такой фон напрямую влияет на уровень погрешности измерений, проводимых с помощью этих приборов. В этой связи разработка и исследование радиопоглотителей является актуальным научным направлением в области функциональных материалов. В настоящей работе представлены результаты исследования, целью которого было поставлено теоретическое и экспериментальное обоснование методики изготовления гибких слоистых радиопоглотителей на основе фольгированных материалов. Это исследование являлось развитием исследований, результаты которых приведены в работах [1–3].

Постановке обозначенной цели предшествовало выдвижение гипотезы о возможности дополнительного снижения значений коэффициента передачи электромагнитного излучения разработанных в соответствии со способом [4] радиопоглотителей путем включения в их структуру слоя в виде дифракционной решетки, образованной путем упорядоченного расположения на их по-

верхности фрагментов фольгированного материала, характеризующихся правильной геометрической формой.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: 1) изготовление экспериментальных образцов в соответствии с разработанной методикой; 2) измерение значений коэффициента передачи электромагнитного излучения в СВЧ-диапазоне изготовленных образцов; 3) сравнительный анализ характеристик передачи электромагнитного излучения в СВЧ-диапазоне образцов, изготовленных в соответствии с разработанной методикой, и образцов, изготовленных в соответствии со способом [4]. Разработанная методика включает в себя следующие этапы.

Этап 1. Изготовление первого слоя радиопоглотителя в соответствии со способом 4.

Этап 2. Формирование второго слоя радиопоглотителя путем поочередной реализации следующих процессов.

2.1 Раскрой фольгированного самоклеящегося материала на фрагменты прямоугольной формы с учетом совокупности следующих условий:

– ширина фрагментов сопоставима со значением длины волны, частота которой равна среднему значению рабочего диапазона частот изготавливаемого радиопоглотителя;

– длина фрагментов сопоставима с длиной первого слоя изготавливаемого радиопоглотителя;
– количество фрагментов эквивалентно количеству вертикальных швов, сформированных в результате простегивания первого слоя поглотителя в соответствии со способом [4].

2.2 Закрепление фрагментов раскроенного фольгированного самоклеящегося материала на одной из сторон первого слоя поглотителя таким образом, чтобы:

– фрагменты располагались поверх вертикальных швов, сформированных в результате простегивания первого слоя поглотителя в соответствии со способом [4];

– направление расположения фрагментов совпадало с направлением вертикальных швов, сформированных в результате простегивания первого слоя поглотителя в соответствии со способом [4].

2.3 Раскрой фольгированного самоклеящегося материала на фрагменты прямоугольной формы с учетом совокупности следующих условий:

– ширина фрагментов сопоставима со значением длины волны, частота которой равна среднему значению рабочего диапазона частот изготавливаемого радиопоглотителя;

– длина фрагментов сопоставима с шириной первого слоя изготавливаемого радиопоглотителя;

– количество фрагментов эквивалентно количеству горизонтальных швов, сформированных в результате простегивания первого слоя поглотителя в соответствии со способом 4.

2.4 Закрепление фрагментов раскроенного фольгированного самоклеящегося материала на одной стороне первого слоя поглотителя таким образом, чтобы:

– фрагменты располагались поверх горизонтальных швов, сформированных в результате простегивания первого слоя поглотителя в соответствии со способом [4];

– направление расположения фрагментов совпадало с направлением горизонтальных швов, сформированных в результате простегивания первого слоя поглотителя в соответствии со способом [4];

– фрагменты располагались на той же стороне, что и фрагменты, закрепленные в результате реализации процесса 2.2.

Измерения значений коэффициента передачи электромагнитного излучения образцов радиопоглотителей, изготовленных в соответствии с предложенной методикой, и образцов радиопоглотителей, изготовленных в соответствии со способом [4] были проведены с помощью панорамного измерителя коэффициентов отражения и передачи SNA 0.01–18. Полученные на основе результатов таких измерений частотные зависимости представлены на рисунке 1. Из этого рисунка видно,

что значения коэффициента передачи электромагнитного излучения в диапазоне частот 0,7–15,0 ГГц слоистых радиопоглотителей, изготовленных в соответствии с предложенной методикой, на 5,0–10,0 дБ ниже значений аналогичного параметра радиопоглотителей, изготовленных в соответствии со способом [4]. Это обусловлено явлением дифракции электромагнитных волн на входящем в структуру таких радиопоглотителей слое на основе упорядоченно расположенных фрагментов фольгированного материала.

Таким образом, гипотеза, выдвижение которой предшествовало постановке цели представленного в работе исследования, подтвердилась.

Радиопоглотители, изготовленные в соответствии с предложенной методикой, наиболее целесообразно использовать в целях электромагнитного экранирования помещений, в которых расположены радиоизмерительные приборы.

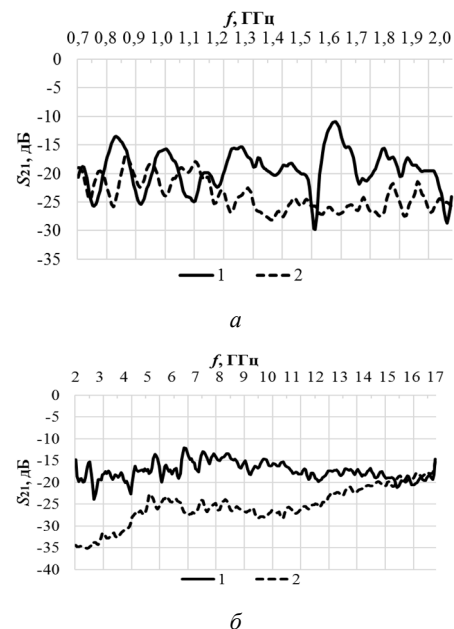


Рисунок 1 – Частотные зависимости коэффициента передачи электромагнитного излучения в диапазоне 0,7–2,0 ГГц (а) и 2,0–17,0 ГГц (б) образцов радиопоглотителей, изготовленных в соответствии со способом [4], (кривые 1) и образцов радиопоглотителей, изготовленных в соответствии с предложенной методикой (кривые 2)

Благодарности. Работа выполнена в рамках НИР «Эластичные и воздухопроницаемые электромагнитные экраны на основе фольгированных материалов для обеспечения информационной и экологической безопасности» по заданию 1.5 «Разработка новых материалов и технологий для систем электромагнитной защиты радиоэлектронного и информационного оборудования, биологических объектов от воздействия широкого спектра электромагнитных излучений, обеспечения электромагнитной безопасности населения

и электромагнитной совместимости электро-, радиотехнических средств и оборудования» ГПНИ «Материаловедение, новые материалы и технологии» на 2021–2025 гг.

Литература

1. Эластичные электромагнитные экраны на основе комбинированных металлосодержащих элементов / О. В. Бойправ [и др.] // Комплексная защита информации : материалы XXIII научно-практической конференции. Суздаль, 22–24 мая 2018 г. – С. 312–315.
2. Электромагнитные экраны на основе трикотажных и фольгированных материалов для технических

средств защиты информации / Л. М. Лыньков [и др.] // Комплексная защита информации : материалы XIX научно-практической конференции. Витебск, 21–23 мая 2019 г. – С. 78–80.

3. Эластичные медьсодержащие электромагнитные экраны для снижения радиолокационной заметности наземных объектов / О. В. Бойправ [и др.] // Комплексная защита информации : материалы XX научно-практической конференции. Минск, 25–27 мая 2021 г. – С. 78–80.

4. Способ изготовления эластичного электромагнитного экрана и электромагнитный экран, изготовленный этим способом : пат РБ 23305 / Л. М. Лыньков, В. А. Богущ, О. В. Бойправ. – Опубл. 28.02.2021.

УДК 681.7.023.72

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШАРОВИДНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ

Козерук А.С., Филонова М.И., Сухоцкий А.А., Богдан Д.Ю.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Проведен анализ способов обработки шаровидных деталей.

Ключевые слова: изготовление шаровидных деталей, пневмоцентробежная обработка, хрупкий материал.

IMPROVED TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING SPHERICAL PARTS FROM BRITTLE MATERIALS

Kozeruk A., Filonova M., Sukhotsky A., Bogdan D.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Annotation. The analysis of methods for processing spherical parts was carried out.

Key words: production of spherical parts, pneumocentrifugal processing, brittle material.

*Адрес для переписки: Филонова М.И., пр. Независимости, 65, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: filonovami@bntu.by*

В данной работе рассматриваются особенности производства шаровидных деталей из хрупких материалов (таких как оптическое стекло, керамика, драгоценные и полудрагоценные камни) малого диаметра. Эти материалы имеют высокую стоимость, и в то же время накладывают целый ряд ограничений на возможные способы их формообразования.

Первоначальная конфигурация заготовки чаще всего кубическая, поскольку хрупкий материал проще всего распилить на отдельные кубики, а другое силовое или термическое воздействие приводит к образованию дефектов. Поэтому актуальным является вопрос разработки способов формообразования шаровидной детали из кубической, а также совершенствование технологии свободной притирки.

По известной технологии сферические детали малого диаметра изготавливают, применяя три этапа шлифования и операцию полирования [1].

Современная технология финишной абразивной обработки деталей шарообразной формы свободной притиркой основана на формировании

точной сферической поверхности при одновременном вращении детали и упруго прижимаемого к ней чашечного притира [1, 2].

Обработка на отмеченных установках происходит в жестких осях, что не позволяет исключить влияние вибраций технологического оборудования на микропогрешности формируемой поверхности детали.

Применение жесткого инструмента в виде алмазных кругов не позволяет получить шаровидные детали высокой степени однородности в пределах одной партии.

В работах [3, 4] предложен способ пневмоцентробежной обработки (ПЦО) стеклянных шариков, который обеспечивает практически стопроцентный выход годных заготовок с отклонением их формы от правильной сферы в пределах 0,01 мм и шероховатостью поверхности $Ra = 0,6$ мкм на операции шлифования. Кроме этого, метод отличается простотой. Его сущность состоит в том, что заготовки кубической формы помещают между верхним и нижним соосно расположенными инструментами с коническими рабочими