



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2019-124-6-100-104>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 621.315.4/.61

ЭКРАНИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ЯЧЕЙСТЫХ СТРУКТУР С УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИМ МАТЕРИАЛОМ И ФОЛЬГИРОВАННЫМ ВСПЕНЕННЫМ ПОЛИЭТИЛЕНОМ

АБДУЛХАДИ Х.Д.А., ПРУДНИК А.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 23 сентября 2019

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2019

Аннотация. Предложен способ создания экранов электромагнитного излучения с применением нетканого иглопробивного полотна, содержащего углеродные добавки, и вспененного полиэтилена, покрытого алюминиевой фольгой. Для повышения коэффициентов отражения и поглощения предлагается создание ячейистой структуры, содержащей фрагменты обоих видов материалов с длиной от 20 до 40 мм и шириной от 5 до 8 мм. Измерение экранирующих характеристик проводилось на автоматизированном измерителе модуля коэффициентов передачи и отражения SNA 0.01–18 в диапазоне частот 0,7...17,0 ГГц. Показано, что значения коэффициентов отражения в диапазоне частот составили –0,5...–4,5 дБ при значениях коэффициента передачи ЭМИ –4,0...–25,0 дБ.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, экранирование, иглопробивное полотно, углеродная добавка, вспененный полиэтилен, экранирующая характеристика.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Абдулхадиди Х.Д.А., Прудник А.М. Экранирующие свойства ячейистых структур с углеродсодержащим материалом и фольгированным вспененным полиэтиленом. Доклады БГУИР. 2019; 6(124): 100-104.

SHIELDING PROPERTIES OF THE CELLULAR STRUCTURES WITH CARBON-CONTAINING MATERIALS AND FOILED FOAM POLYETHYLENE

HAITHAM D.A. ABDULHADI, ALEKSANDER M. PRUDNIK

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

Submitted 23 September 2019

© Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2019

Abstract. The method to produce electromagnetic radiation shields using a non-woven needle-punched fabric containing carbon additives and foamed polyethylene coated with aluminum foil is proposed. To increase the reflection and absorption coefficients, it is proposed to create a cellular structure containing fragments

of both types of materials with length from 20 to 40 mm and width from 5 to 8 mm. The measurement of the shielding characteristics was carried out on the automated meter of the transmission and reflection coefficient SNA 0.01–18 in the frequency range 0.7...17.0 GHz. It is shown that the values of the reflection coefficients in the frequency range 0.7...17.0 GHz were $-0.5...-4.5$ dB and the values of the transmission coefficient of electromagnetic radiation were $-4.0...-25.0$ dB.

Keywords: electromagnetic radiation, shielding, needle-punched fabric, carbon additive, foamed polyethylene, shielding characteristic.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Abdulhadi H.D.A., Prudnik A.M. Shielding properties of the cellular structures with carbon-containing materials and foiled foam polyethylene. Doklady BGUIR. 2019; 6(124): 100-104.

Введение

В последние десятилетия возрастает количество процессов и производств, технологический цикл которых предполагает использование источников излучения диапазона СВЧ. Наличие источников излучения данного диапазона вынуждает искать решение проблем, связанных с обеспечением электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры, а также с защитой организма человека от этого излучения. В связи с этим актуализируется необходимость создания материалов для экранирования компонентов и узлов радиоэлектронной аппаратуры, а также изготовления средств индивидуальной защиты. Такого рода материалы характеризуются свойствами отражения и ослабления энергии электромагнитного излучения [1–3].

В части создания материалов для экранирования компонентов и узлов радиоэлектронной аппаратуры основным требованием обычно является низкое значение коэффициента передачи энергии электромагнитного излучения (ЭМИ), а в части изготовления средств индивидуальной защиты организма человека – высокое значение коэффициента отражения энергии ЭМИ. В качестве основ для изготовления экранирующих материалов часто применяются текстильные материалы, как тканые, так и нетканые.

Методика проведения эксперимента

Предложена ячеистая структура, содержащая фрагменты иглопробивного углеродсодержащего нетканого материала и вспененного полиэтилена, имеющего закрытоячеистую структуру и покрытого алюминиевой фольгой толщиной 20 мкм. Иглопробивной углеродсодержащий нетканый материал вырабатывался на производственной линии, состоящей из чесальной машины, преобразователя прочеса и иглопробивной машины. В состав этого материала входили полиэфир (70 %), полипропилен (20 %) и угольные волокна УГЦВ-1-Р (10 %). Толщина материала составляла 6 мм, а его поверхностная плотность – 250 г/м^2 [4].

Длина фрагментов материалов, использованных для изготовления структуры, составляла от 20 до 40 мм, ширина – от 5 до 8 мм. Эти фрагменты размещались в объеме структуры в случайном друг относительно друга порядке. Размер ячеек структуры – $5 \times 5 \text{ см}^2$, что может обуславливать множественное переотражение взаимодействующих с нею электромагнитных волн.

Для анализа коэффициентов отражения и передачи ЭМИ изготовленной структуры выполнялось сравнение значений напряженности электрического поля в одной и той же точке пространства при ее наличии и отсутствии [5]. При этом использовался измеритель коэффициентов передачи и отражения, работающий по принципу выделения и детектирования уровней падающей и отраженной волн, по методике, описанной в [6]. Используемая измерительная установка состоит из следующих элементов: блок обработки измерительных сигналов, генератор качающейся частоты, блок преобразования и обработки прошедшей волны (В), а также блок преобразования и обработки падающей/отраженной волны (А/Р) (рис. 1).

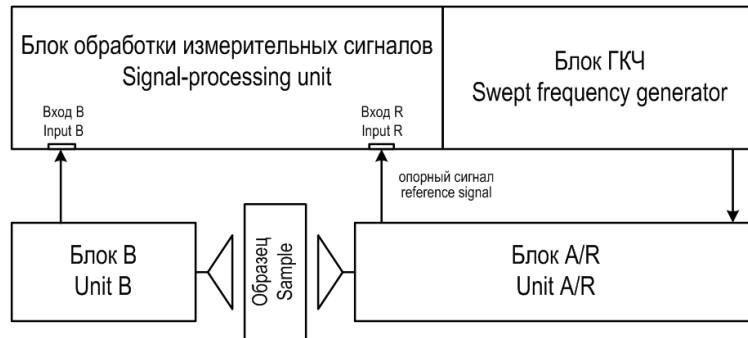


Рис. 1. Структурная схема измерительной установки
Fig. 1. Block diagram of the measurement setup

Результаты и их обсуждение

В результате измерений показано, что в диапазоне частот 0,7...17 ГГц значения коэффициента отражения ЭМИ предложенной ячеистой структуры составили $-0,5...-1,5$ дБ в режиме холостого хода и $-0,5...-4,5$ дБ в режиме короткого замыкания (рис. 2, *a*), в то время, как в диапазоне частот 2...17 ГГц их значения составили $-2,5...-17$ дБ в режиме холостого хода и $-2...-20$ дБ в режиме короткого замыкания (рис. 2, *b*).

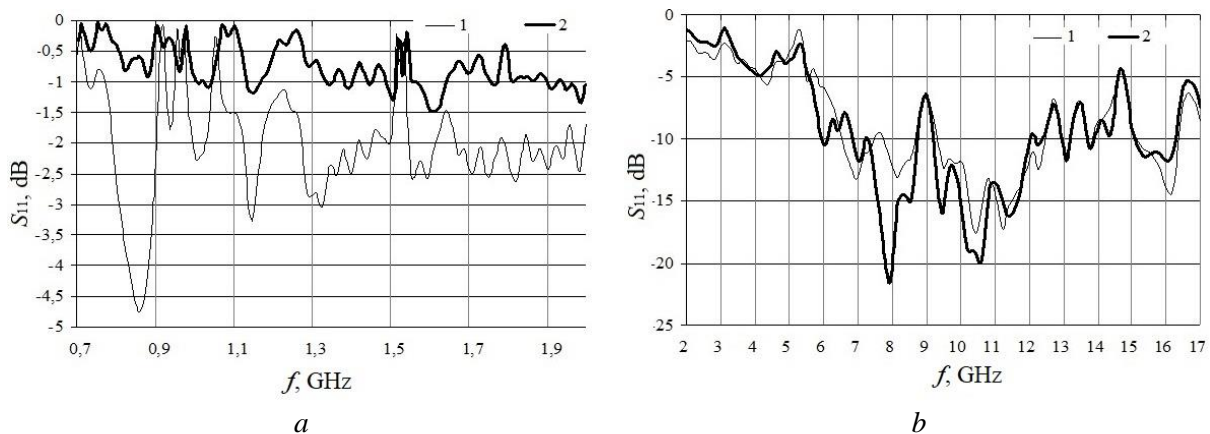


Рис. 2. Частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ предложенной ячеистой структуры:
a – в диапазоне частот 0,7...2 ГГц; *b* – в диапазоне частот 2...17 ГГц
(1 – режим холостого хода; 2 – режим короткого замыкания)

Fig. 2. The frequency dependencies of EMR reflection coefficient of the proposed cell structure:
a – in the range 0,7...2 GHz; *b* – in the range 2...17 GHz (1 – the idle mode; 2 – the short circuit mode)

Получены также значения коэффициента передачи ЭМИ, которые в диапазоне частот 0,7...2 ГГц (рис. 3, *a*) составили $-10...-25$ дБ, в то время, как в диапазоне частот 2...17 ГГц (рис. 3, *b*) они составили $-4...-12$ дБ.

На основе результатов сравнительного анализа экранирующих характеристик предложенной ячеистой структуры с фрагментами иглопробивного углеродсодержащего материала и фольгированного вспененного полиэтилена с экранирующими характеристиками сплошного углеродсодержащего иглопробивного материала можно сделать вывод о том, что экранирующие свойства изготовленных структур не уступают экранирующим свойствам углеродсодержащего иглопробивного материала. Так, для сравнения, значения коэффициента отражения ЭМИ сплошного углеродсодержащего иглопробивного материала варьируются в диапазоне $-2,0...-29$ дБ в зависимости от процентного содержания углерода, а коэффициента передачи ЭМИ – в диапазоне $-6,0...-12,6$ дБ [7].

Также необходимо обратить внимание, что угольные волокна являются относительно дорогостоящим материалом, что делает нецелесообразным их использование для изготовления экранирующих материалов в условиях крупносерийного производства.

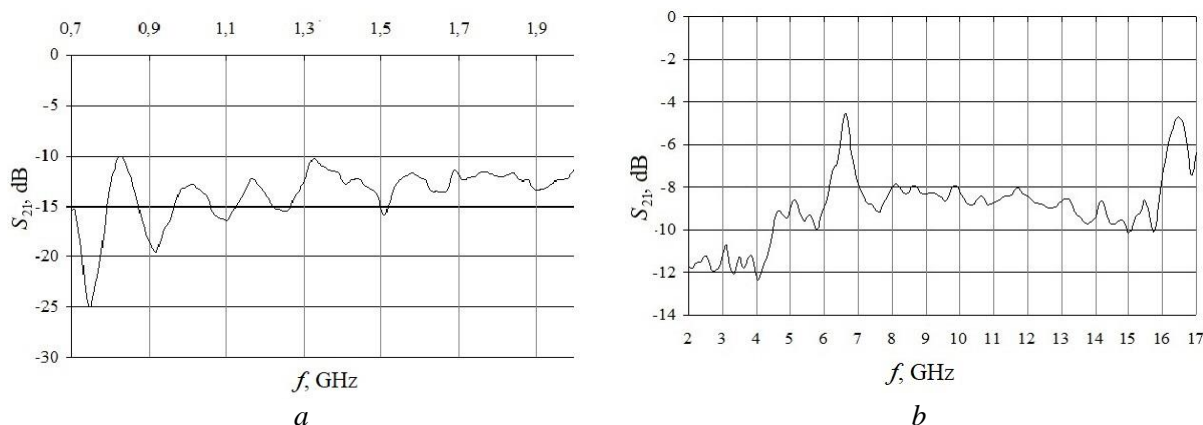


Рис. 3. Частотные зависимости коэффициента передачи ЭМИ предложенной ячеистой структуры:
a – в диапазоне частот 0,7–2 ГГц; *b* – в диапазоне частот 2–17 ГГц
Fig. 3. The frequency dependencies of the transmission coefficients of the proposed cell structure:
a – in the range 0,7–2 GHz; *b* – in the range 2–17 GHz

Заключение

Получены частотные зависимости коэффициентов отражения и передачи ЭМИ ячеистых структур с фрагментами иглопробивного углеродсодержащего нетканого материала и вспененного полиэтилена, покрытого алюминиевой фольгой толщиной 20 мкм. Показано, что значения коэффициента отражения ЭМИ указанных структур находятся в диапазоне $-0,5 \dots -4,5$ дБ, а значения коэффициента передачи – в диапазоне $-4,0 \dots -25,0$ дБ (при условии, что для изготовления структуры использованы фрагменты материалов с длиной от 20 до 40 мм и шириной от 5 до 8 мм, а размер ячеек структуры – 5×5 см²).

Установлено, что путем варьирования процентного содержания углерода в иглопробивном нетканом материале и геометрических размеров фрагментов вспененного полиэтилена, покрытого алюминиевой фольгой, можно подобрать не только оптимальные электромагнитные свойства изготавливаемых на основе указанных материалов структур и экранов ЭМИ, но и добиться существенного снижения их стоимости. Например, при повышении содержания углерода можно существенно увеличить коэффициент отражения, при этом массогабаритные параметры существенно не изменятся. Величина содержания проводящих включений будет определяться требованиями к диапазону частот, в котором должно обеспечиваться необходимое значение коэффициентов отражения и передачи ЭМИ. Такие структуры и экраны ЭМИ не будут нуждаться в транспортной упаковке, что является еще одним фактором, позволяющим добиваться снижения их стоимости.

Таким образом, полученные результаты показывают, что предложенные и исследованные ячеистые структуры с фрагментами нетканого иглопробивного полотна, содержащего углеродные добавки, и вспененного полиэтилена могут использоваться при производстве радиопоглощающих материалов для экранирования ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17,0 ГГц. При производстве изделий конечного потребления предложенные структуры могут быть использованы для создания укрывных материалов со свободным формообразованием.

Список литературы

1. Экраны электромагнитного излучения на основе магнитных материалов. Технологии. Конструкции. Применения / В.А. Богущ [и др.]. Минск: Бестпринт, 2016. 223 с.
2. Комбинированные материалы для имитации естественных сред в видимом и инфракрасном диапазонах длин волн для систем защиты информации / Л.М. Лыньков [и др.]. Минск: Бестпринт, 2014. 159 с.
3. Shielding Properties of Electromagnetic Radiation Absorbers with Geometrical and Structure Heterogeneities / L.M. Lyn'kov [et al.] // Eng. & Tech. J. Part A. 2014. Vol. 32, № 12. P. 2891–2903.

4. Production technology and shielding properties of the needle-punched non-woven fabrics with carbon additives / A. Prudnik [et al.] // Electromagnetic disturbances EMD 2017: proc. of the 24th International conference. Poland, Belostok, 20–22 September 2017. P. 108–111.
5. Гибкие экраны электромагнитного излучения на основе углеродосодержащих клеевых составов / Е.С. Белоусова [и др.] // Докл. БГУИР. 2017. № 8 (110). С. 73–78.
6. Механические и электромагнитные свойства экранов на основе иглопробивного материала с проводящими и диэлектрическими покрытиями / Х.Д.А. Абдулхади [и др.] // Весці НАН Беларусі. Сер. фізіка-тэхнічных навук. 2019. Т. 64, № 1. С. 44–50.
7. Электромагнитные характеристики углеродсодержащего нетканого материала с геометрическими неоднородностями / Х.Д.А. Абдулхади [и др.] // Докл. БГУИР. 2017. № 1 (95). С. 87–90.

References

1. Jekrany jelektromagnitnogo izluchenija na osnove magnitnyh materialov. Tehnologii. Konstrukcii. Primenenija / V.A. Bogush [i dr.]. Minsk: Bestprint, 2016. 223 s. (in Russ.)
2. Kombinirovannye materialy dlja imitacii estestvennyh sred v vidimom i infrakrasnom diapazonah dlin voln dlja sistem zashhity informacii / L.M. Lyn'kov [i dr.]. Minsk: Bestprint, 2014. 159 s. (in Russ.)
3. Shielding Properties of Electromagnetic Radiation Absorbers with Geometrical and Structure Heterogeneities / L.M. Lyn'kov [et al.] // Eng. & Tech. J. Part A. 2014. Vol. 32, № 12. P. 2891–2903.
4. Production technology and shielding properties of the needle-punched non-woven fabrics with carbon additives / A. Prudnik [et al.] // Electromagnetic disturbances EMD 2017: proc. of the 24th International conference. Poland, Belostok, 20–22 September 2017. P. 108–111.
5. Gibkie jekrany jelektromagnitnogo izluchenija na osnove uglerosoderzhashhih kleevyh sostavov / E.S. Belousova [i dr.] // Dokl. BGUIR. 2017. № 8 (110). S. 73–78. (in Russ.)
6. Mehanicheskie i jelektromagnitnye svojstva jekranov na osnove igloprobivnogo materiala s provodjashhimi i dijelektricheskimimi pokrytjiami / H.D.A. Abdulhadi [i dr.] // Vesci NAN Belarusi. Ser. fizika-tjehnichnyh navuk. 2019. T. 64, № 1. S. 44–50. (in Russ.)
7. Jelektromagnitnye harakteristiki uglerosoderzhashhego netkanogo materiala s geometricheskimi neodnorodnostjami / H.D.A. Abdulhadi [i dr.] // Dokl. BGUIR. 2017. № 1 (95). S. 87–90. (in Russ.)

Сведения об авторах

Абдулхади Х.Д.А., аспирант Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Прудник А.М., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Information about the authors

Abdulhadi H.D.A., PG student of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Prudnik A.M., associate professor of the Engineering Psychology and Ergonomics Department of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Адрес для корреспонденции

220013, Беларусь,
г. Минск, ул. П. Бровки, 6,
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
тел. +375-17-293-88-24;
e-mail: aleksander.prudnik@bsuir.by
Прудник Александр Михайлович

Address for correspondence

220013, Belarus,
Minsk, P. Brouki str., 6,
Belarusian State University
of Informatics and Radioelectronics
tel. +375-17-293-88-24;
E-mail: aleksander.prudnik@bsuir.by
Prudnik Aleksander Mikhailovich