

УДК 621.315.4/61

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ

Х.Д.А. АБДУЛХАДИ, Е.А.А. АЛЬ-МАШАТТ, Н.М.А. АЛСАЙХ,
О.В. БОЙПРАВ, А.М. ПРУДНИК

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 3 февраля 2017

Аннотация. Представлены результаты исследования электромагнитных характеристик углеродсодержащих нетканых материалов с геометрическими неоднородностями в диапазоне частот 0,7...17 ГГц.

Ключевые слова: нетканый материал, углеродное волокно, коэффициент передачи, коэффициент отражения.

Abstract. The results of the study of electromagnetic characteristics of the carbon-containing non-woven fabric with geometric irregularities in the frequency range 0.7...17 GHz are presented.

Keywords: non-woven material, carbon fiber, transmission coefficient, reflection coefficient.

Doklady BGUIR. 2017, Vol. 103, No. 1, pp. 87-91

The electromagnetic characteristics of the carbon-containing non-woven fabric with geometric irregularities

H.D.A. Abdulhadi, E.A.A. Almashat, N.M.E. Elsayyah, O.V. Boprav, A.M. Prudnik

Введение

В настоящее время экранирующие и поглощающие материалы широко применяются для обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), для защиты информации от утечки по каналам побочных электромагнитных излучений и наводок, для снижения радиолокационной заметности объектов военной техники, защиты РЭА от поражающего воздействия электромагнитных импульсов. Кроме того, такие материалы применяются для создания безэховых камер, а также для средств защиты биологических объектов от воздействия электромагнитного излучения [1].

В качестве основ для экранирующих и поглощающих материалов могут применяться текстильные материалы. В силу широкой номенклатуры текстильных материалов и большого разнообразия технологий их производства, в качестве основ для экранирующих и поглощающих материалов используются как тканые, так и нетканые материалы с учетом технических требований, которые предъявляются к экранам, а также условий их эксплуатации [2].

Методика эксперимента

Для создания экранов ЭМИ предлагается использовать нетканые материалы с добавлением угольных волокон. Изготовление углеродсодержащего нетканого материала осуществлялось на иглопробивном агрегате АИН-1800, в состав которого входили чесальная машина ЧВ-12-180Ш, преобразователь прочеса ПП-201 и иглопробивная машина ИМ-1800. Изготовленное нетканое иглопробивное полотно содержало 70% полиэфирных волокон

(0,33 текс, 65 мм, извитое), 20 % полипропиленовых волокон (0,33 текс, 60 мм, извитое) и 10 % угольных волокон марки УГЦВ-1-Р (0,11 текс, 62 мм). Толщина полотна составляла 6 мм, поверхностная плотность – 250 г/м².

Для изучения влияния геометрических неоднородностей на поверхности углеродсодержащего нетканого материала на коэффициенты передачи и отражения были изготовлены элементы псевдопирамидальной формы с размерами сечений и основания 8×8 мм, 16×16 мм, 24×24 мм и высотой 18 мм.

Были изготовлены две группы экспериментальных образцов. Первая из углеродсодержащего нетканого материала, а вторая из углеродсодержащего нетканого материала, расположенного на металлизированном лавсане толщиной 8 мкм, ламинированном полиэтиленом толщиной 12 мкм. Элементы псевдопирамидальной формы размещались как на целлюлозном основании, так и на поверхности углеродсодержащего нетканого материала. Эффективность экранирования ЭМИ материалом оценивалась соотношением между напряженностями электрического поля в точке пространства при отсутствии и наличии в ней этого материала и характеризовалась коэффициентами отражения и передачи ЭМИ.

Для исследования экранирующих характеристик использовался панорамный измеритель коэффициентов передачи и отражения SNA 0,01-18, работающий по принципу раздельного выделения и непосредственного детектирования уровней падающей и отраженной волн. Измерения выполнялись по три раза с усреднением результата и включали в себя три этапа.

На первом этапе осуществлялась калибровка, во время проведения которой устанавливался оптимальный уровень мощности для работы детекторов измерителя. В данной модификации измерителя калибровка выполнялась автоматически.

Второй этап заключался в измерении коэффициентов передачи по схеме, изображенной на рис. 1.

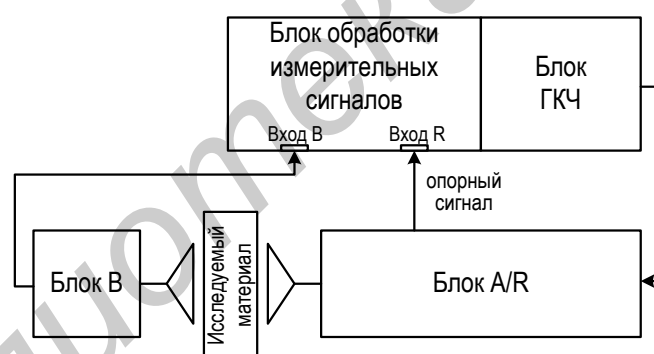


Рис. 1. Структурная схема измерительной установки SNA 0,01-18

При этом генератор качающейся частоты (ГКЧ) измерителя формировал сигнал в заданной полосе частот и через блок А/Р подавал его в передающую антенну. Блок обработки измерительных сигналов регистрировал ЭМИ, прошедшее через исследуемый образец.

Третий этап заключался в измерении коэффициентов отражения. При этом на выходе устанавливался короткозамыкатель, ГКЧ измерителя формировал сигнал в заданной полосе частот и через блок А/Р подавал его в передающую антенну. Блок обработки измерительных сигналов регистрировал ЭМИ, отраженное от исследуемого образца. Относительная погрешность измерений составила ± 1 %.

Обсуждение результатов

Для описанных выше образцов проводили измерения характеристик ослабления и отражения в диапазоне частот 0,7...17 ГГц. Результаты измерения зависимости коэффициентов передачи от частоты представлены на рис. 2.

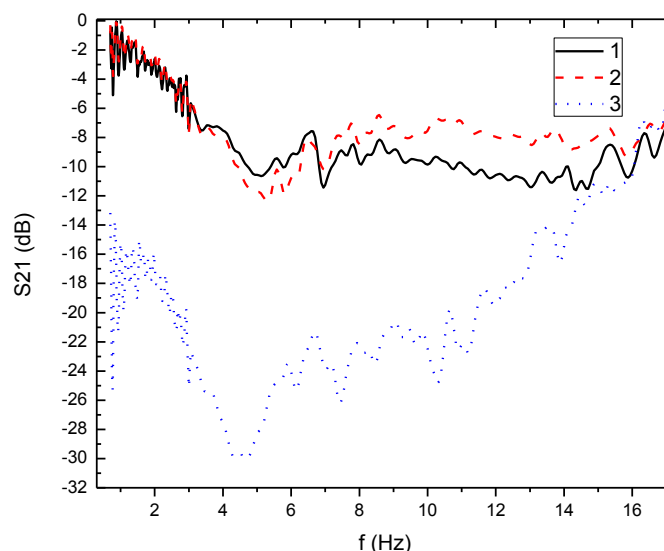


Рис. 2. Частотные зависимости коэффициентов передачи элементов псевдопирамидальной формы: 1 – без металлизированного лавсана на целлюлозном основании, 2 – с металлизированным лавсаном на целлюлозном основании, 3 – с металлизированным лавсаном на углеродсодержащем нетканом материале

Из рис. 2 видно, что при добавлении к углеродсодержащему нетканому материалу металлизированного лавсана толщиной 8 мкм существенно увеличивает коэффициент передачи (с – 2...–10 дБ до –12...–30 дБ). Результаты измерения зависимости коэффициентов отражения от частоты элементов псевдопирамидальной формы на целлюлозном основании представлены на рис. 3.

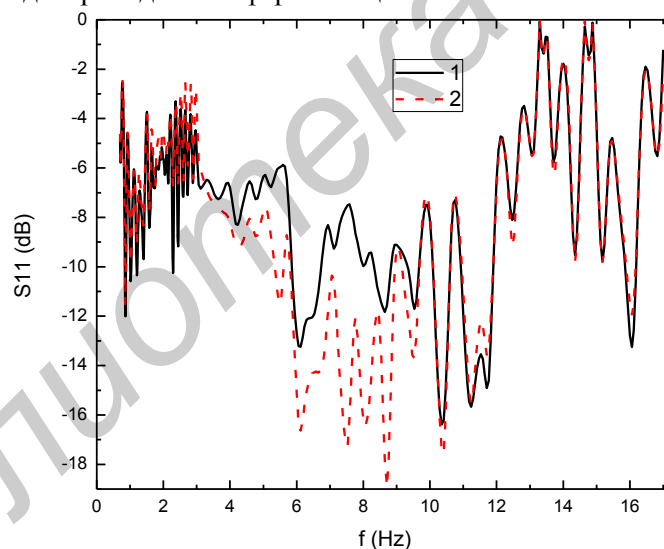


Рис. 3. Частотные зависимости коэффициентов отражения элементов псевдопирамидальной формы на целлюлозном основании (1 – без металлизированного лавсана, 2 – с металлизированным лавсаном)

Из рис. 3 видно, что при использовании углеродсодержащего нетканого материала на металлизированном лавсане коэффициент отражения незначительно увеличивается в диапазоне 4–6 ГГц (на 2–3 дБ), существенно возрастая в диапазоне 6–12 ГГц (3–5 дБ), оставаясь неизменным при прочих значениях частот.

Результаты измерения зависимости коэффициентов отражения от частоты элементов псевдопирамидальной формы на углеродсодержащем нетканом материале представлены на рис. 4. Из рисунка видно, что при использовании углеродсодержащего нетканого материала на металлизированном лавсане коэффициент отражения существенно возрастает в диапазоне 1–3 ГГц (до 10 дБ), незначительно увеличиваясь в диапазоне 3–8 ГГц (1–2 дБ), оставаясь неизменным при прочих значениях частот.

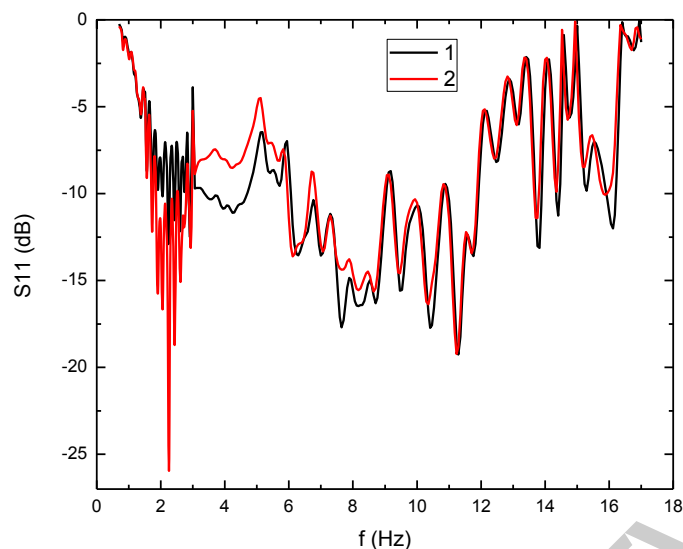


Рис. 4. Частотные зависимости коэффициентов отражения элементов псевдопирамидальной формы на углеродсодержащем нетканом материале (1 – без металлизированного лавсана, 2 – с металлизированным лавсаном)

Заключение

Получены зависимости коэффициентов передачи и отражения от частоты элементов псевдопирамидальной формы на целлюлозном и нетканом основаниях. Показано, что при применении углеродсодержащего нетканого материала с металлизированным лавсаном значения коэффициента передачи находятся в диапазоне $-14 \dots -28$ дБ, а значения коэффициентов отражения находятся в диапазоне $-5 \dots -15$ дБ. Также установлено, что при использовании элементов псевдопирамидальной формы из углеродсодержащего нетканого материала, материал основания несущественно влияет на значения коэффициентов отражения.

Список литературы / References

1. Hemming L. Architectural electromagnetic shielding handbook. Softcover, 1992. 222 p.
2. Textiles in electromagnetic radiation protection / Maity S. [et. al.] // Journal of Safety Engineering. 2013. № 2 (2). P. 11–19.

Сведения об авторах

Абдулхадид Х.Д.А., Аль-Машатт Е.А.А., Алсайх Н.М.А., аспиранты кафедры защиты информации Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Бойправ О.В., ассистент кафедры защиты информации Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Прудник А.М., к.т.н., доцент, доцент кафедры экологии Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Information about the authors

Abdulhadi H.D.A., Almashat E.A.A., Elsayyah N.M.E., postgraduate students of information security department of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Boiprav O.V., assistant of information security department of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Prudnik A.M., PhD, associate professor, associate professor of ecology department of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. П. Бровки, д. 6,
Белорусский государственный
университет информатики и радиоэлектроники
тел. +375-17-293-22-09;
e-mail: aleksander.prudnik@bsuir.by;
Прудник Александр Михайлович

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,
Minsk, P. Brovka st., 6,
Belarusian State University
of Informatics and Radioelectronics
tel. +375-17-293-22-09;
e-mail: aleksander.prudnik@bsuir.by;
Prudnik Aleksandr Mikhailovich