

УДК 621.3.011.22

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЭКРАНОВ НА ОСНОВЕ ФОЛЬГИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЗНАЧЕНИЯ ИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТРАЖЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ

Е.А.А. АЛЬ-МАШАТТ, О.В. БОЙПРАВ, Л.М. ЛЫНЬКОВ, Н.И. МУХУРОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 16 июня 2016

Представлены результаты исследования влияния высоты геометрических неоднородностей поверхности конструкций электромагнитных экранов, выполненных из фольгированных материалов на основе алюминия, на значения их коэффициентов отражения и передачи электромагнитного излучения в диапазоне частот 0,7...17 ГГц. Предложены способы практического применения таких конструкций.

Ключевые слова: алюминий, коэффициенты отражения и передачи электромагнитного излучения, фольгированный материал.

Введение

В настоящее время для изготовления электромагнитных экранов широко используются фольгированные материалы на основе алюминия. Это связано с тем, что они характеризуются свойством электрической проводимости, обуславливающей возможность получения на их основе конструкций электромагнитных экранов, отличающихся низкими значениями коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот от десятков мегагерц до десятков гигагерц и высокой эффективностью экранирования. Кроме того, фольгированным материалам свойственны пониженная масса (по сравнению с металлическими листами) и гибкость. Однако для таких конструкций характерен недостаток – высокие значения коэффициента отражения ЭМИ. Это в ряде случаев может обуславливать возникновение стоячих электромагнитных волн (явления интерференции волн, падающих на поверхность конструкции электромагнитного экрана, и волн, отражаемых от этой поверхности). Один из способов исключения названного недостатка заключается в формировании на поверхности таких конструкций геометрических неоднородностей определенного размера, которые будут диффузно рассеивать электромагнитные волны, взаимодействующие с ними.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании влияния высоты геометрических неоднородностей поверхности фольгированных материалов на основе алюминия на значения коэффициентов отражения и передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц конструкций экранов на их основе.

Методика проведения эксперимента

Для достижения цели, поставленной в рамках настоящей работы, были решены следующие задачи:

- 1) изготовлены образцы конструкций электромагнитных экранов на основе фольгированных материалов с геометрическими неоднородностями поверхности и без них;
- 2) в соответствии с методикой [1] проведены измерения коэффициентов отражения (в режимах согласованной нагрузки и короткого замыкания) и передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц изготовленных образцов конструкций электромагнитных экранов;

3) выполнено аналитическое сравнение характеристик отражения и передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц изготовленных образцов конструкций электромагнитных экранов.

В результате решения первой задачи получены образцы конструкций электромагнитных экранов трех типов. Высота геометрических неоднородностей поверхностей образцов типов 1 и 2 составляла соответственно 0,5 и 1 см. На поверхности образца типа 3 отсутствовали геометрические неоднородности. Процесс изготовления образцов заключался в закреплении на целлюлозных подложках с использованием клеевого состава полос фольгированного материала на основе алюминия. Ширина полос – 1 см. Целлюлозные подложки, использованные для изготовления образцов конструкций электромагнитных экранов типов 1 и 2, представляли собой листы гофрокартона с объемными элементами на поверхности (рис. 1). Для изготовления образца конструкции электромагнитного экрана типа 3 в качестве целлюлозной подложки использован лист гофрокартона без объемных элементов на поверхности.

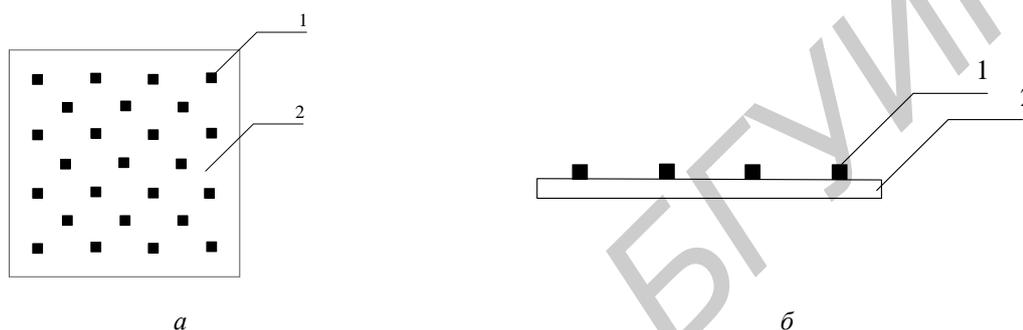


Рис. 1. Схематическое изображение внешнего вида сверху (*а*) и сбоку (*б*) целлюлозных подложек, использованных для изготовления образцов конструкций электромагнитных экранов типов 1 и 2:

1 – объемный элемент поверхности подложки; 2 – лист гофрокартона

На рис. 2 представлено схематическое изображение внешнего вида изготовленных образцов конструкций электромагнитных экранов.

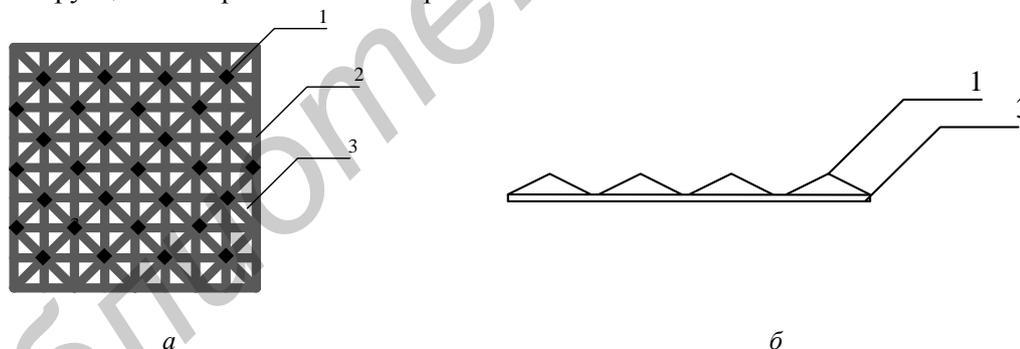


Рис. 2. Схематическое изображение внешнего вида сверху (*а*) и сбоку (*б*) изготовленных образцов конструкций электромагнитных экранов: 1 – геометрическая неоднородность поверхности образца конструкции электромагнитного экрана (для образцов типов 1 и 2); 2 – полоса фольгированного материала на основе алюминия; 3 – лист гофрокартона

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных экспериментов установлено, что параметры геометрических неоднородностей поверхностей конструкций электромагнитных экранов, изготовленных из фольгированных материалов на основе алюминия, оказывают влияние на значения коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц и коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 3...17 ГГц таких конструкций. На рис. 3–5 представлены характеристики, соответствующие зависимостям названных коэффициентов от частоты в диапазоне 0,7...17 ГГц. Показано, что значения коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7...3 ГГц исследованных образцов конструкций электромагнитных экранов типов 2 и 3 составляют $-0,5...-3$ дБ, а в диапазоне 3...17 ГГц $-0,5...-10$ дБ. Величины названного параметра в указанных диапазонах для конструкции типа 1 соответственно составляют $-0,5...-5,5$ дБ и $-0,5...-18$ дБ.

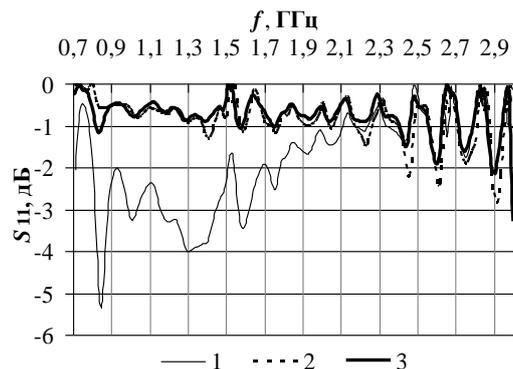


Рис. 3. Частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне 0,7...3 ГГц исследованных образцов конструкций электромагнитных экранов на основе фольгированных материалов:
1 – образец типа 1; 2 – образец типа 2; 3 – образец типа 3

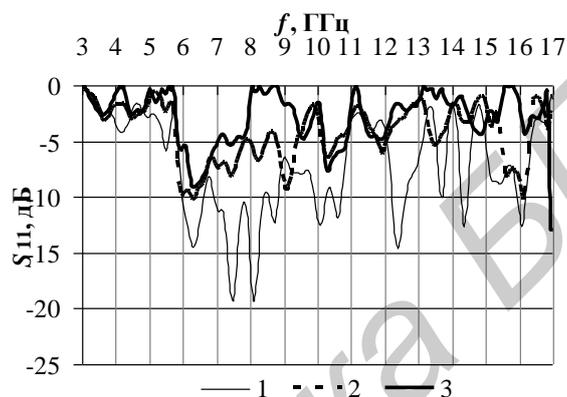


Рис. 4. Частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне 3...17 ГГц исследованных образцов конструкций электромагнитных экранов на основе фольгированных материалов:
1 – образец типа 1; 2 – образец типа 2; 3 – образец типа 3

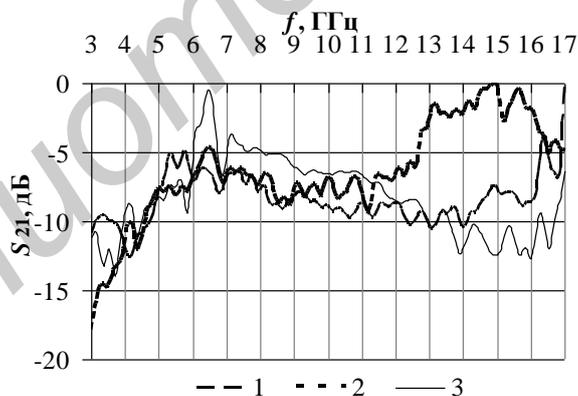


Рис. 4. Частотные зависимости коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне 3...17 ГГц исследованных образцов конструкций электромагнитных экранов на основе фольгированных материалов:
1 – образец типа 1; 2 – образец типа 2; 3 – образец типа 3

На основе полученных результатов измерений можно сделать вывод о том, что формирование на поверхности конструкции электромагнитного экрана, изготовленного из фольгированного материала на основе алюминия, геометрических неоднородностей высотой 0,5 см не оказывает существенного влияния на значения коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц такой конструкции. Увеличение с 0,5 до 1 см высоты геометрических неоднородностей поверхности рассматриваемых конструкций приводит к снижению на 0,5...4 дБ значений их коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7...2,2 ГГц и на 0,5...12 дБ в диапазоне частот 3...17 ГГц. Это может быть связано с тем, что высота геометрических неоднородностей поверхностей конструкций электромагнитных экранов, значение которой составляет 1 см и более, соотносится с длиной электромагнитных

волн в диапазоне 0,7...17 ГГц в соответствии с критерием Релея, что обуславливает явление их диффузного рассеяния на таких неоднородностях [2]. Значения коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7...3 ГГц исследованных образцов конструкций электромагнитных экранов независимо от их типа (т.е. независимо от высоты геометрических неоднородностей их поверхностей) составляют $-10...-30$ дБ. В диапазоне частот 3...17 ГГц величина указанного параметра для исследованных образцов составляет $-0,5...-17$ дБ. Установлено, что формирование на поверхности конструкций электромагнитных экранов геометрических неоднородностей высотой 0,5 см не оказывает существенного влияния на значения их коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 3...17 ГГц. Увеличение с 0,5 до 1 см высоты этих неоднородностей на поверхности рассматриваемых конструкций экранов приводит к увеличению на 1...12 дБ значений их коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 3...17 ГГц. Это может быть связано с тем, что с увеличением с 0,5 до 1 см высоты геометрических неоднородностей поверхностей исследованных конструкций электромагнитных экранов увеличиваются геометрические размеры их отверстий, что приводит к увеличению энергии электромагнитных волн, проходящих через эти отверстия.

Установлено, что закрепление на металлическом отражателе исследованных конструкций электромагнитных экранов не оказывает существенного влияния на значения коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц.

Заключение

Показано, что путем формирования геометрических неоднородностей на поверхности конструкций электромагнитных экранов, изготовленных из фольгированных материалов на основе алюминия, может быть обеспечено снижение с $-0,5...-10$ дБ до $-0,5...-18$ дБ значений их коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц. Это обусловлено явлением диффузного рассеяния на геометрических неоднородностях ее поверхности электромагнитных волн, взаимодействующих с такой конструкцией. При этом высота таких неоднородностей должна составлять 1 см и более. Так как закрепление конструкций электромагнитных экранов с геометрическими неоднородностями поверхности, изготовленных из фольгированных материалов на основе алюминия, на металлическом отражателе не оказывает существенного влияния на значения их коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц, то такие конструкции допустимо применять в целях уменьшения энергии стоячих электромагнитных волн в помещениях, экранированных посредством металлических листовых материалов. При этом на поверхностях таких материалов необходимо закреплять предложенные конструкции электромагнитных экранов.

INFLUENCE OF SURFACE MICRORELIEF PARAMETERS OF ELECTROMAGNETIC SHIELDS CONSTRUCTIONS BASED ON FOIL MATERIALS ON THEIR REFLECTION AND TRANSMISSION COEFFICIENTS

E.A.A. ALMASHAT, O.V. BOIPRAV, L.M. LYNKOU, N.I. MUKHUROV

Abstract

The research results of influence of the surface geometrical irregularities height of electromagnetic shields constructions made from foil materials based on aluminum on their electromagnetic radiation reflection and transmission coefficients values in frequency range 0.7...17 GHz are presented. The practical utilization ways of such constructions are proposed.

Keywords: aluminum, electromagnetic radiation reflection and transmission coefficient, the foil material.

Список литературы

1. Радиозранирующие модульные конструкции на основе порошкообразных материалов / Под ред. Л.М. Лынькова. М., 2013.
2. Гололобов Д.В., Кирильчук В.Б. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. Минск, 2003.