

ОБЗОР И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ЭМС

Разгуляева Н.Г., Шуров А.П., Малкин А.И.

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

Екатеринбург, Россия

nadyusha.razgulyaeva@gmail.ru

Аннотация. Приведена классификация материалов, предназначенных для обеспечения требований ЭМС, по различным параметрам. Экспериментально исследованы электродинамические параметры нескольких образцов пирамидальных по форме материалов из жесткого формованного пенополиуретана в защитной оболочке из микроффокартона и из мягкого искусственного материала. Показано, что электродинамические параметры некоторых образцов материалов меняются нелинейно во всем частотном диапазоне. В частности, образцы материала из жесткого формованного пенополиуретана имеют нелинейные зависимости по всем измеряемым параметрам.

Ключевые слова: относительная диэлектрическая проницаемость, относительная магнитная проницаемость, электродинамические параметры.

REVIEW AND STUDY OF MATERIALS WITH A HIGH VALUE OF THE IMAGINARY PART OF THE DIELECTRIC CONSTANT

Razgulyaeva N.G., Shurov A.P., Malkin A.I.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Abstract. The classification of materials for EMC testing according to various parameters is given. The electrodynamic parameters of several samples of pyramidal materials made of hard molded polyurethane foam in a protective shell made of microfoam and soft artificial material were experimentally studied. It is shown that the electrodynamic parameters of some samples of materials vary nonlinearly over the entire frequency range. In particular, samples of rigid molded

polyurethane foam material have nonlinear dependencies on all measured parameters.

Keywords: permittivity, dielectric losses, electrodynamic parameters.

1. Введение

Материалы с большим значением мнимой части относительной диэлектрической проницаемости играют критическую роль во многих отраслях, включая аэрокосмическую и гражданскую инфраструктуру. Они обеспечивают защиту объектов от электромагнитного излучения, выполняя ряд таких функций, как поглощение радиоволн, снижение радиолокационной заметности, защита от СВЧ-излучений, обеспечение требований ЭМС и многое другое. В данной статье рассмотрены разновидности таких материалов, а также проведены исследования электромагнитных параметров некоторых образцов пирамидальных по форме материалов.

2. Основная часть

Основные требования ЭМС зависят от области применения и характеристик исследуемых объектов, но основным является защита от ЭМИ. Решение этой задачи включает в себя использование материалов с экранирующими и поглощающими свойствами.

Материалы для обеспечения требований ЭМС обладают способностью препятствовать прохождению электромагнитных волн радиочастотного диапазона. Такие материалы могут быть как металлическими, так и неметаллическими [1]. Существует большое количество способов получения материалов для обеспечения требований ЭМС. Основной принцип работы таких материалов основан на нескольких фундаментальных физических процессах, которые обеспечивают эффективное экранирование радиоволн: диэлектрическое поглощение, магнитное поглощение, многократное переотражение и резонансное поглощение [2]. Для более эффективного поглощения ЭМИ используют материалы, имеющие большое значение мнимой

части относительной диэлектрической проницаемости, так как этот параметр является мерой потерь энергии.

В связи с применением таких материалов в различных областях науки, техники и промышленности возникает необходимость в классификации материалов по различным параметрам: по природе материала, по структуре, по частотному диапазону, по применению. Наиболее часто используемыми материалами являются металлические, сеточные, фольгированные материалы, токопроводящие краски и электропроводные клеи, применяемые в качестве экранирующих. Преимуществом их использования является высокая эффективность, легкость монтажа (кроме металлических) и механическая прочность. Также широким применением обладают материалы с большим значением мнимой части относительной диэлектрической проницаемости. По структуре они могут быть однослойными, многослойными, неоднородными. Такие материалы помимо преимуществ экранирующих материалов обладают хорошими электродинамическими свойствами, имеют большую эффективность и диапазон рабочих частот.

Одними из основных параметров такого материала, определяющим основные электрофизические характеристики полученного экрана, являются вещественная и мнимая части относительной эффективной диэлектрической проницаемости.

Для измерения относительной диэлектрической проницаемости был использован один из наиболее распространенных методов – метод линии передачи на основе волноводной линии.

Эксперимент был проведен в несколько этапов:

1. Подготовка образцов из двух видов материалов (Таблица 1).

Таблица 1 – Нумерация образцов

№ образца	Тип образца	Толщина образца, мм
1	Картонное покрытие твердого материала	1,51
2	Наполнитель картонного материала	9,7
3	Внешний слой материала на основе поролона	9,7
4	Внутренний слой материала на основе поролона	9,7

2. Образцы помещаются в волноводный держатель стандарта WR – 90, сечением 23x10 мм.

3. Измерение коэффициентов мнимой и вещественной части относительных диэлектрической ($\epsilon = \epsilon' - j \epsilon''$) и магнитной ($\mu = \mu' - j \mu''$) проницаемости в диапазоне частот 8,20 – 12,40 ГГц. Используемое оборудование: векторный анализатор цепей Rohde&Schwarz ZVA 24.

Полученные значения мнимых (ϵ'' , μ'') и вещественных (ϵ' , μ') частей относительной диэлектрической и магнитной проницаемостей представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

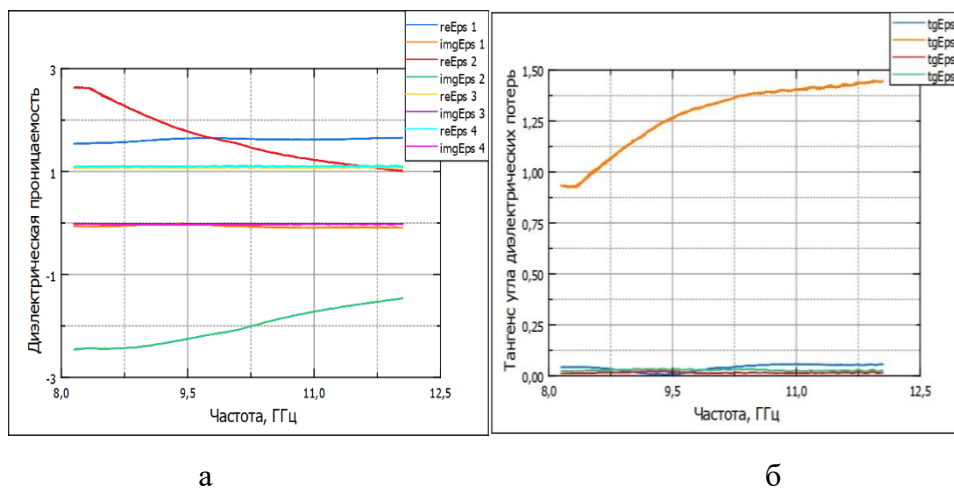


Рисунок 1 – Частотные зависимости мнимой (im) и вещественной (re) составляющих относительной диэлектрической проницаемости (а) и тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta_d = \epsilon''/\epsilon'$ (б) для образцов 1–4

3. Заключение

Исследованы четыре образца материалов, для обеспечения требований ЭМС: внешняя оболочка и наполнитель для двух разновидностей поглощающих материалов. С помощью метода линии передачи получены значения относительных диэлектрической и магнитной проницаемостей.

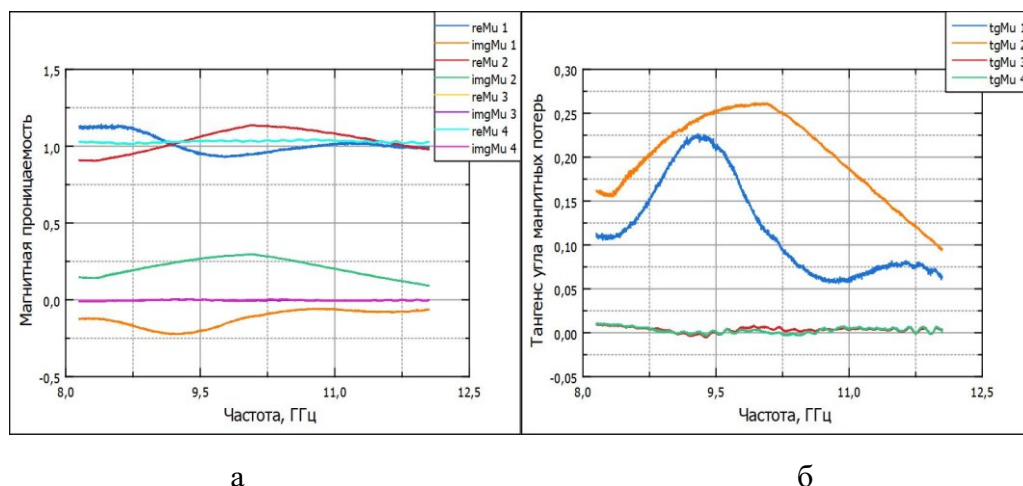


Рисунок 2 – Частотные зависимости мнимой (im) и вещественной (re) составляющих относительной диэлектрической проницаемости (а) и тангенс угла магнитных потерь $tg\delta_m = \mu''/\mu'$ (б) для образцов 1–4

Построены и исследованы зависимости электродинамических параметров от частоты в диапазоне от 8 до 12 ГГц. По результатам проведенной работы можно сделать вывод, что зависимости параметров измерений для образцов 3 и 4 наиболее равномерны и линейны, в то время как характеристики для образцов 1 и 2 сильно нелинейны, что объясняется особенностью структуры материала. Параметры образца 2 по результатам анализа имеют наихудшие характеристики, что позволяет сделать вывод о несоответствие образца требованиям ЭМС.

Библиографический список

1. Самоквасова Ю. Н., Ромащенко М. А. Обзор материалов, применяемых при экранировании РЭС для решения задач обеспечения ЭМС и эму //Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2012. – Т. 2. – С. 214–215.
2. Дринберг А. С. Влияние электромагнитного излучения на различные материалы и покрытия (обзор) //Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2017. – №. 38 (64). – С. 19–24.