

изменение параметров в процессе эксплуатации. Приводятся амплитудно-частотные характеристики вибрационных преобразователей электромагнитного типа и пьезоэлектрических.

ЭКРАНЫ ЭМИ НА ОСНОВЕ МАТРИЦ ИЗ ПРОПИТАННЫХ ЖИДКОСТНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н.В. КОЛБУН, И.С. ТЕРЕХ, Д.В. АНДРЕЕНКОВ

В современных условиях возрастающей интенсивности использования электромагнитного излучения большое внимание необходимо уделять защите информации. Развитие методов и средств перехвата информации повышает требования к средствам обеспечения ее безопасности.

Для восстановления информационного сигнала из ПЭМИН достаточно уровня всего в 3 мкВт [1]. При взрыве электромагнитной бомбы мощный импульс электромагнитного излучения выводит из строя все электронное оборудование, включая системы хранения и обработки информации. Основным средством защиты от перечисленных явлений является экранирование.

Вода является хорошим поглотителем электромагнитного излучения СВЧ, однако ее применение ограничено конструктивными сложностями, связанными с теплопроводом и фиксацией жидкости в определенном объеме [1]. Эта задача может решаться как созданием жестких конструкций, заполненных водой, так и применением гибких материалов.

Одним из направлений создания гибких экранов ЭМИ является пропитка материалов, имеющих капиллярно-пористую структуру, различными растворами на основе воды [1].

Удержание воды в материале происходит за счет капиллярных сил, которые зависят от формы связи жидкости со скелетом материала, особенностями его структуры и термодинамическими условиями взаимодействия тела с окружающей средой [2]. Структура капиллярно-пористых сред представляет собой совокупность капилляров различной длины и радиуса, однако для упрощения расчетов и моделирования процессов, связанных с капиллярными силами, чаще всего используют совокупность сквозных цилиндрически капилляров одинакового радиуса. Данная модель применяется чаще всего для описания процессов впитывания жидкостей в такие анизотропные среды, как фильтровальная бумага, ткани, древесина, пористые элементы тепловых труб, и др. [3].

Трикотажные полотна и нетканые волокнистые материалы, представляющие собой переплетение натуральных или химических нитей являются анизотропными капиллярно-пористыми телами [2]. Волокна и нити, в молекулах которых имеются сильнополярные группы, создающие на поверхности волокон значительное силовое поле, обладают большой способностью поглощать жидкости и называются гигроскопичными. Наиболее гигроскопичны волокна натуральные шерсти, шелка, джута, хлопка. Среди химических волокон наилучшими сорбционными свойствами обладают целлюлозные волокна белкового происхождения — вискозные, полинодные; наихудшими — волокна из синтетических волокнообразующих полимеров [4].

Таким образом, применение матриц из волокнистых материалов позволяет за счет капиллярности последних сформировать распределенную структуру воды в виде капель жидкости различного размера, разделенных воздушными промежутками, которые образуются в порах материала и промежутках между отдельными нитями или волокнами.

Отражение ЭМВ от границы раздела сред обуславливается различием волновых сопротивлений этих сред. Формирование распределенной структуры воды позволяет получить большое количество границ раздела сред воздух — жидкость и материал — жидкость, тем самым, увеличивая количество переотражений ЭМВ в материале экрана.

С другой стороны, изменяя электрические свойства воды путем введения в нее различных примесей, можно изменять величину отражаемой и поглощаемой энергии.

Проводилось экспериментальное исследование зависимости величины ослабления энергии ЭМИ и коэффициента отражения от формы поверхности подложки экрана и состава растворного наполнителя.

Исследования проводились с помощью блока индикаторного Я2Р-70 и волноводной измерительной линии с двумя рупорными антеннами. В качестве генераторов использовались в диапазоне 27–36 ГГц измеритель КСВН панорамный Р2-65 (ГКЧ), а в диапазоне 78–115 ГГц — генератор РГ4-14. Образцы полотен закрепляли между рупорными антеннами после предварительной калибровки тракта.

Для эксперимента в качестве основы экрана использовались: уплотненный волокнистый нетканый материал, машинно-вязаное полотно повышенной плотности и машинно-вязаное полотно с рельефным рисунком.

В качестве пропитывающих жидкостей использовались следующие растворы:

№ 1 — водный раствор соли пищевой 10 г/л (NaCl — 68,4%, KCl — 26,3%, MgSO₄ — 5,3%);

№ 2 — водопроводная вода с добавлением этиленгликоля (100 мл воды, 50 мл этиленгликоля);

№ 3 — водный раствор соли с добавлением этиленгликоля (800 мл водного раствора соли, 50 мл этиленгликоля).

Исследования проводились в диапазоне частот 27–36 ГГц и 80–115 ГГц. Полученные результаты представлены в таблице.

Ослабление ЭМИ, вносимое капиллярно-пористыми материалами с разными наполнителями

Капиллярно-пористый материал	Растворный наполнитель	Частота, ГГц							
		27		36		80		115	
		К _{осл} , дБ	КСВ						
Уплотненный волокнистый материал	№ 1	32	3,4	33,8	3,6	43	3	43	2,2
	№ 2	31,5	3,5	32,5	3,8	30	3,5	33	3
	№ 3	32,3	3,8	33,4	4	31	3,5	35	3
Машинно-вязаное полотно повышенной плотности	№ 1	5,5	1,9	5,5	1,6	5,1	2,3	5,2	1,7
	№ 2	10,5	2,2	10,2	2,7	14,5	2,3	16	1,8
	№ 3	9,4	2,5	9,2	2,2	13	1,6	15	1,6
Трикотажное полотно с рельефным рисунком	№ 1	35	1,5	35	1,3	43	1,9	43	1,8
	№ 2	12,5	1,4	12,3	1,4	20	1,9	25	1,8
	№ 3	8	1,5	7,8	1,4	12	1,4	15	1,4

Из полученных результатов видно, что экраны на основе матриц из волокнистых материалов обеспечивают ослабление ЭМИ порядка 30...40 дБ. Введение дополнительных примесей в воду изменяет ее диэлектрические свойства. Добавление в воду пищевой соли NaCl приводит к изменению ее электропроводности, а следовательно, и коэффициента отражения электромагнитной волны. Введение в раствор этиленгликоля уменьшает ослабление сигнала, однако и величина отраженного сигнала уменьшается. Анализ полученных данных показывает, что наибольшее ослабление электромагнитного сигнала достигается при использовании материалов с большей удельной пористостью, но коэффициент отражения таких материалов выше. Формирование геометрически неоднородной поверхности матрицы позволяет снизить коэффициент отражения ЭМИ, сохраняя при этом значение ослабления сигнала.

Литература

1. Гибкие конструкции экранов электромагнитного излучения / Л.М. Лыньков, В.А. Богуш, В.П. Глыбин и др. / Под ред. Л.М. Лынькова. Мн. 2000.
2. Прудник А.М., Борботько Т.В., Колбун Н.В., Ходыко Н.Г., Власова Г.И. Особенности пропитки анизотропных капиллярно-пористых материалов для экранов ЭМИ. Известия Белорусской инженерной академии. №2(14)/2. 2002. С. 162-165.
3. А.В. Кузьмич, В.И. Новикова. Особенности кинетики капиллярного впитывания жидкости. Препринт № 10. Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова АН БССР. Минск, 1988
4. Прокопович Д.Н., Богуш В.А., Лыньков Л.М. Влияние состава и концентрации растворных наполнителей на характеристики гибких радиопоглощающих покрытий. Известия Белорусской инженерной академии. №1(11)/3. 2001. С. 137-140.