

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%, MgSO<sub>4</sub> — 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 <sub>осл</sub> , дБ	КСВ	К <sub>осл</sub> , дБ	КСВ	К <sub>осл</sub> , дБ	КСВ	К <sub>осл</sub> , 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.