

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ ШУНГИТСОДЕРЖАЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Махмуд М.Ш., Прудник А.М., Лыньков Л.М.

Беларусь, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
[aleks@bsuir.by](mailto:aleks@bsuir.by)

Для защиты информации от утечки по каналам побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН) применяются экранирующие материалы, а также конструкции на их основе. Кроме того, различные экранирующие материалы и их сочетания используются для обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), для снижения радиолокационной заметности объектов военной техники [1]. Материалы, поглощающие ЭМИ, используются как при строительстве и отделке помещений, так и для создания разборных модульных конструкций [2]. Основным принципом экранирования является перенаправление энергии электромагнитных волн за счет отражения от поверхностей материалов, а также на поглощении волн внутри их.

Для исследования экранирующих характеристик шунгитсодержащих материалов были подготовлены три вида шунгитсодержащих (с размером фракций шунгита  $\leq 0,5$  мм) композиционных материалов. Первый вид материала включал в себя шунгит (35%), хлорид кальция (30%) и цемент марки ПЦ 500 Д20 (35%). Второй вид материала — шунгит (35%), хлорид кальция (30%) и гипс (алебастр) (35%). Третий вид материала — шунгит (35%), хлорид кальция (30%) и диоксид титана (35%). Далее подготавливались водные растворы описанных композиционных материалов, которые потом наносились слоем в 4 мм на форму из расположенных (с шагом 48 мм), усеченных восьмиугольных пирамид высотой 30 мм с размерами сечения и основания  $10 \times 10$  мм и  $20 \times 20$  мм.

Экранирующие характеристики материалов измеряли с помощью панорамного измерителя коэффициентов передачи и отражения, работающего по принципу раздельного выделения и непосредственного детектирования уровней падающей и отраженной волн. Измеритель имеет коаксиальный СВЧ измерительный тракт сечением 7/3,04 мм.

Полосы качания частоты измерителя: при измерении коэффициента отражения  $S_{11}$  — 0,01–2,15 ГГц и 2–18 ГГц, а при измерении коэффициента передачи  $S_{21}$  — 0,01–3,0 ГГц и 2–18 ГГц с количеством частотных точек, в которых проводятся измерения, равным 256 в каждом диапазоне. Измерения в каждой частотной точке выполнялись по 3 раза с усреднением результата.

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. 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  $\pm 1$  %.

Значения коэффициентов передачи шунгитсодержащих материалов в диапазоне 0,5–3 ГГц составили до  $-7 \dots -30$  дБ, и  $-10 \dots -30$  дБ в диапазоне 2–18 ГГц. Значения коэффициентов отражения в диапазоне 0,5–3 ГГц составили  $-3 \dots -7$  дБ, а в диапазоне 2–18 ГГц, соответственно  $-5 \dots -7$  дБ.

### Литература

- Борботько Т.В., Калинин Ю.К., Колбун Н.В., Криштопова Е.А., Лыньков Л.М. Углеродсодержащие минералы и области их применения. - Минск, Бестпринт – 2009 – 156 с.
- Колбун Н.В., Петров С.Н., Прудник А.М. Исследование электромагнитных и акустических характеристик многослойных материалов для систем интегральной защиты // Доклады БГУИР. 2009. Т. 7, № 3. С. 79–85.



Рис. 1. Структурная схема измерительной установки SNA 0 01.18