

**А.В. Семченко, В.В. Сидский, О.И.
Тюленкова** УО «Гомельский
государственный университет имени
Франциска Скорины», Гомель, Беларусь

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ

Введение

Разработка новых высокоэффективных широкополосных радиопоглощающих материалов становится весьма актуальной для решения проблемы уменьшения помех и электромагнитной совместимости устройств. В зависимости от решаемых задач возможно использование либо покрытий, отражающих излучение от защищаемого объекта, либо наоборот, материалов, поглощающих энергию электромагнитного излучения (ЭМИ), т.е. радиопоглощающих материалов и покрытий (РПМ и РПП). В ряде случаев эффективным оказывается применение обоих способов защиты. Поскольку способность материала поглощать высокочастотное излучение зависит от его состава и структуры, то каждый материал характеризуется наилучшим уровнем поглощения лишь на определенных частотах, вследствие чего одной из проблем, возникающих в процессе разработки РПМ, является сложность достижения их широкополосности [1]. Эффективность поглощения ЭМИ определяется структурой и составом радиопоглощающего материала. РПМ должен обеспечить поглощение электромагнитного излучения в определенном частотном диапазоне при минимальном отражении за счет взаимодействия электромагнитной волны с радиопоглощающим материалом и преобразования ЭМИ в другие виды энергии. В современных разработках РПМ для поглощения энергии электромагнитных волн используются, в основном, традиционные электропроводящие дисперсные (сажи, графит, металлические частицы), волокнистые (углеродные, металлические, металлизированные полимерные) и магнитные (спеченные ферритовые пластины, порошки ферритов, карбонильное железо и др.) наполнители, применяемые как по отдельности, так и совместно, образуя сложные композиционные структуры. Одним из направлений в создании радиопоглощающих материалов является создание электродинамических материалов на основе многослойной структуры, обладающей заданными

электрофизическими свойствами, например, заданным уровнем отражения в некотором диапазоне частот. При этом желательно, чтобы такая структура обладала минимальной толщиной и массой. Использование двухслойного или многослойного поглотителя из тонких слоев композиционных материалов позволяет создать эффективные структуры РПМ толщиной несколько миллиметров [2].

1. Методы исследования

Исследование структурно-механических свойств синтезированных композитов проводили на современном рентгеновском дифрактометре ДРОН-7 (НПП «Буревестник», Россия). Качественный фазовый анализ осуществляли сравнением набора экспериментальных межплоскостных расстояний d с рентгенограммами базы данных Международного центра дифракционных данных ICDD PDF2 [3]. Определение фазы осуществляли в программе «Match!».

2. Экспериментальная часть

Методика получения радиопоглощающих материалов состоит из нескольких этапов. На первом этапе приготавливается смесь из аэросила технического, гидроксида натрия, дистиллированной воды в следующем соотношении – 2:1:3. Для получения однородной массы компоненты перемешивали в течение 5 минут. Затем в полученный раствор добавляли наполнитель в количестве (15–20) %, снова тщательно перемешивали компоненты и помещали в сушильный шкаф с температурой (70–80) °С. В таблице 1 представлены данные о содержании компонентов наполнителя для кремнийоксидной матрицы.

Таблица 1 – Массовое содержание компонентов наполнителя для кремнийоксидной матрицы

Название компонента	Массовое содержание компонентов, %	
	№1	№2
Оксид железа - $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$	20	15
Углерод – С	40	35
Оксид цинка - ZnO	40	50

Время отверждения смеси составляет около 3-4 часов. Отвержденную смесь засыпают в форму, которая ставится в

муфельную печь, где происходит термическая обработка при температуре (850–900) °С. Формы предварительно выстланы фольгой, предотвращающей прилипание расплавленной массы к её стенкам в процессе термообработки. Термообработка проводилась в течение 30-40 минут. Материал извлекался после полного остывания форм.

Также нами предложена методика получения радиопоглощающих материалов из оксида кремния (аэросил ОХ-50), жидкого стекла, порошка силикатного стекла, карбонильного железа, сажи и добавок ПАВ в процентном отношении, приведенном в таблице 2.

Для получения однородной массы компоненты перемешивали в течение 5 минут. Затем полученную массу помещали в сушильный шкаф с температурой (70-80) °С. Сушка смеси осуществлялась в сушильном шкафу SNOL 20/300. Время отверждения смеси составляет около 6-7 часов. Отвержденную смесь засыпают в форму, которая ставится в муфельную печь, где происходит термическая обработка при температуре (800 – 850) °С. Формы предварительно выстланы фольгой, предотвращающей прилипание расплавленной массы к её стенкам в процессе термообработки.

Термообработка проводилась в течение 15-20 минут. Материал извлекался после полного остывания формы.

Таблица 2 – Содержание компонентов для создания радиопоглощающих композитов

Название компонента	Массовое содержание компонентов шихты, %	
	№1	№2
Жидкое стекло	58,5	58,5
Железо карбонильное	11,4	11,4
Оксид кремния (ОХ-50)	16,7	16,7
Порошок стекла (М4)	11,7	11,7
Углерод – С	1,7	1,7
ПАВ*	–	2

* Содержание ПАВ свыше 100 %.

3. Результаты и обсуждения

На рисунке 1 приведена рентгенограмма композита, сформированного в виде силикатной матрицы с карбонильным железом и углеродом в качестве наполнителей. Идентификация серии пиков

позволяет сделать однозначный вывод о том, что в порах SiO_2 матрицы появляются частицы нанокристаллической фазы магнетита Fe_3O_4 . Наиболее интенсивны дифракционные пики магнетита Fe_3O_4 , соответствующие индексу (311). Установлено, что поверхностноактивные добавки способствуют увеличению кристалличности синтезированных композитов.

Для образцов композитных материалов на основе порошков карбонильного железа и дисперсного углерода в силикатной матрице были проведены исследования частотных зависимостей действительной (ϵ') и мнимой (ϵ'') частей диэлектрической проницаемости. Образцы отличались различными добавками поверхностно-активных веществ (ПАВ). В качестве ПАВ были использованы: глицерин, моноэтаноламин и полиэтиленгликоль.

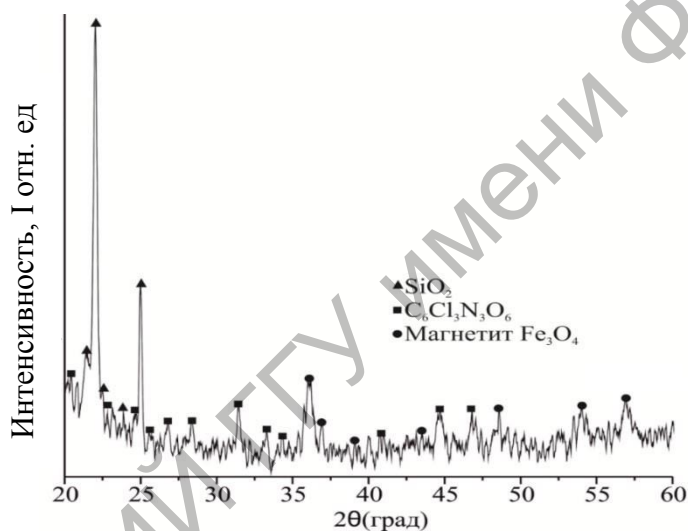


Рисунок 1 — Рентгенограмма композита

Литература

1. Chung, D.D.L. Electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon materials / D.D.L. Chung // Carbon. – 2001. – Vol. 39, № 2. – P. 279–285.
2. Николайчук, Г.А., Радиопоглощающие материалы на основе наноструктур / Г.А. Николайчук, В.П. Иванов, С. В. Яковлев // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. – 2010. – №1. – С. 92–95.
3. Международный центр дифракционных данных // Официальный сайт International Centre for Diffraction Data® (ICDD®) [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.icdd.com/translation/rus/about.htm>, (дата обращения 10.09.2018).