

## ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА РАДИОПОГЛОЩАЮЩЕГО МАТЕРИАЛА С РЕЗИСТИВНЫМ ПОКРЫТИЕМ $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$

Тарасова О. С.<sup>1</sup>, Ситников А. В.<sup>1</sup>, Клапанов А. В.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Воронежский государственный технический университет

E-mail: [oksanchik2603@mail.ru](mailto:oksanchik2603@mail.ru)

## HIGH-FREQUENCY MAGNETIC PROPERTIES OF A RADIO-ABSORBING MATERIAL WITH A RESISTIVE COATING $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$

Tarasova O. S.<sup>1</sup>, Sitnikov A. V.<sup>1</sup>, Klapanov A. V.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Voronezh State Technical University

In the frequency range from 270 MHz to 10 GHz, the frequency dependences of the complex magnetic permeability of structures absorbing electromagnetic radiation based on frequency selective gratings were studied, where the composite  $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$  was used as a resistive material.

Композитные материалы, содержащие ферромагнитные или суперпарамагнитные частицы в диэлектрической матрице, обладают сочетанием перспективных для применений магнитных, электрических, оптических и механических свойств.

В данной работе были получены новые структуры, поглощающие электромагнитное излучение, на основе резистивных частотно-избирательных решеток, где в качестве резистивного материала использовался композит  $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$  полученный ионно-лучевым распылением [1].

Для определения оптимальных параметров, влияющих на функциональные свойства покрытий, поглощающих электромагнитное излучение, в данной работе было получено шесть систем образцов с различным содержанием диэлектрической и металлической фаз, напыления производились в два этапа. Параметры образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1

№	Состав	h, мкм	$\rho$ , Ом*м	$\rho$ , Ом/кв	Частота, ГГц
1	$(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{72,4}(\text{SiO}_2)_{27,6}$		1,72	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$11,18 \approx 2,75$
2	$(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{66,1}(\text{SiO}_2)_{33,9}$		1,44	$7,93 \cdot 10^{-5}$	$114,64 \approx 1,5$
3	$(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{66,1}(\text{SiO}_2)_{33,9}$		1,41	$3,34 \cdot 10^{-5}$	$23,72 \approx 1,24-1,9$
4	$(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}$		1,4	$6,1 \cdot 10^{-5}$	$40,69 \approx 1,26$
5	$(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{53,1}(\text{SiO}_2)_{46,9}$		1,39	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$149,89 \approx 0,88-1,54$
6	$(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{47,6}(\text{SiO}_2)_{52,4}$		1,4	$4,06 \cdot 10^{-3}$	$2896,64 \approx 0,7-2$

Частотные зависимости действительной и мнимой частей комплексной магнитной проницаемости были получены путем сравнения резонансных характе-

ристик полуволнового коаксиального резонатора без образца и с образцом, помещенным в пучность магнитного поля стоячей волны. Диапазон измеряемых частот составлял  $0,3 \div 10$  ГГц. Значения действительной и мнимой частей комплексной магнитной проницаемости, для образца №2, показало максимум мнимой части  $\mu''$  комплексной магнитной проницаемости, соответствующий частоте естественного ферромагнитного резонанса и составляет  $1,5$  ГГц. Значения  $\mu''$  существенно выше нулевых во всем диапазоне измерений ( $0,3-10$  ГГц). В области частот порядка  $0,3-3$  ГГц  $\mu'$  испытывает значительное уменьшение. Частота естественного ферромагнитного резонанса, для образцов №1, №3, №4, №5, №6, имеет достаточно широкий пик и лежит в диапазоне частот  $0,7 - 2,75$  ГГц, Действительная часть комплексной магнитной проницаемости  $\mu'$  испытывает значительное изменение в максимуме значения  $\mu''$ . Характер изменения значения  $\mu'$  аналогичен для всех образцов.

Результаты исследования частотных зависимостей комплексной магнитной проницаемости выявили прекрасные высокочастотные свойства функциональных тонкопленочных покрытий с частотами естественного ферромагнитного резонанса в пределах  $0,7 - 2,75$  ГГц. Для всех исследуемых образцов характерен широкий максимум мнимой части комплексной магнитной проницаемости.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-42-363011 p\_мол\_a*

1. О.С., Ситников А.В., Калинин Ю.Е., Пастернак Ю.Г., Мишин А.Д., Розанов К.Н., Грановский А.Б., Чугуевский В.И., Материаловедение, Вып. №10, стр. 18-22, (2018).