Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный архитектурно-строительный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов
XIII Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых

Том 1. Физика

РОССИЯ, ТОМСК, 26 – 29 апреля 2016 г.

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

XIII International Conference of students, graduate students
and young scientists

Volume 2. Physics

RUSSIA, TOMSK, April 26 – 29, 2016

Томск 2016

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ОТКЛИК ТЕКСТУРОВАННОГО МАГНИТНОГО МАТЕРИАЛА

К.О. Фролов

Научный руководитель: доцент, к. ф.- м. н. О.А. Доценко

Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: FrolovKirill.O@yandex.ru

EFFECT OF AN EXTERNAL MAGNETIC FIELD ON THE ELECTROMAGNETIC RESPONSE OF THE MAGNETIC MATERIAL WITH TEXTURE

K.O. Frolov

Scientific Supervisor: Associate professor, candidate of science O.A. Dotsenko

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: FrolovKirill.O@yandex.ru

Abstract. *The frequency dependences of the transmission and reflection coefficients of composite based on* $Ba_3Co_{2,4}Fe_{23,2}O_{41}$ *ferrite with hexagonal crystalline structure are given. Coaxial method was used to measure at the frequency range 0.01–18 GHz. It is shown that to obtaining of composite with optimal electromagnetic characteristics the static magnetic field is equal 4.1 mT.*

Рост уровня развития современной науки и техники опережает теоретические разработки по получению новейших материалов для промышленного комплекса. Наибольший дефицит материально-производственной базы наблюдается в радиотехнической промышленности. Уже в конце 20-го века было ясно, что создание новых структурных и функциональных радиоматериалов, так необходимых для дальнейшего развития всей радиотехнической промышленности, отстает от растущего спроса на новые, высокотехнологичные материалы. [1 – 2]

Материалы с управляемыми электромагнитными свойствами имеют большой потенциал для дальнейшего развития радиоэлектроники. Одними из представителей данного класса являются ферро- и ферримагнитные материалы [3, 4]. На электромагнитные свойства данных материалов очень большое влияние оказывают внешние электрические и магнитные поля. Это свойство позволяет использовать ферриты в качестве активной фазы при производстве композиционных материалов. Воздействие внешнего магнитного поля на ферритовые композиционные материалы, в процессе их изготовления, позволяет контролировать анизотропные свойства получаемой структуры и управлять электромагнитными характеристиками.

В настоящее время единственным способом получения информации об электромагнитных характеристиках магнитных материалов на сверхвысоких частотах является их экспериментальное исследование. В данной работе представлены частотные зависимости коэффициентов отражения и прохождения от образцов полимерного композиционного многослойного материала на основе гексаферрита состава $Ba_3Co_{2,4}Ti_{0,4}Fe_{23,2}O_{41}$. Образцы для измерения представляли собой тороиды, из

которых для измерения коаксиальным методом собиралась многослойная структура (рис. 1). Коэффициенты отражения и прохождения измерялись коаксиальным методом в диапазоне частот 0.01 – 18.0 ГГц с использованием векторного анализатора Р2М-18 фирмы Микран.

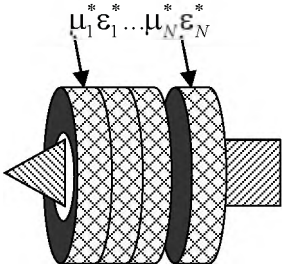

Рис. 1 Структура исследуемого образца

Экспериментальные образцы были изготовлены по технологии, описанной в работе [5]. Смесь для изготовления экспериментальных образцов состояла из ферритового наполнителя, изготовленного по стандартной керамической технологии [2] и связующего – эпоксидного клея марки ЭДП-20. Она наливалась в четыре идентичные формы, которые помещались в установку для текстурования магнитных полимерных материалов [5], в которой каждый из образцов, в процессе полимеризации, находился в постоянном магнитном поле. Характеристики полученных образцов приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Описание экспериментальных образцов

	Состав образцов	*Массовая пропорция*	*Толщина образцов, мм*	Напряженность внешнего магнитного поля, мТл
1	Z-гексаферрит + ЭДП - 20	65:35	1.095	4.1
2			1.120	6.1
3			1.195	8.1
4			1.120	10.2

Результаты измерения коэффициентов отражения от многослойного материала, находящегося на металле, представлены на рисунках 2 и 3. Коэффициент прохождения, измеренный по схеме «на проход», представлен на рисунке 4.

Из полученных результатов (рис. 2 и 3) видно, что порядок расположения слоев практически не влияет на получаемый результат. Наиболее широкополосным поглотителем электромагнитного излучения стал материал, полученный из образцов 4, 3, 2 (рис. 3, круглые точки). Полоса поглощения по уровню минус 10 дБ находится в диапазоне от 5,5 ГГц до 11 ГГц. Пик поглощения на уровне -42 дБ был получен для конструкции, состоящей из образцов 4, 3, 2, 1 (рис. 3, треугольные точки).

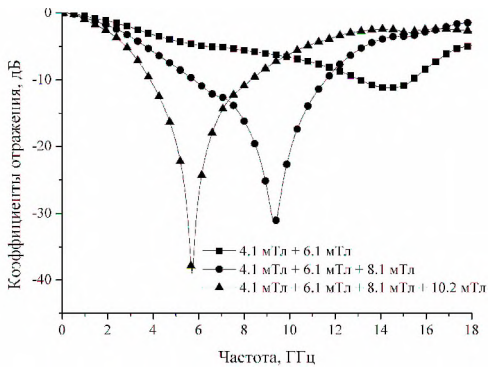

Рис. 2. Частотная зависимость коэффициента отражения для слоев 1, 2, 3, 4.

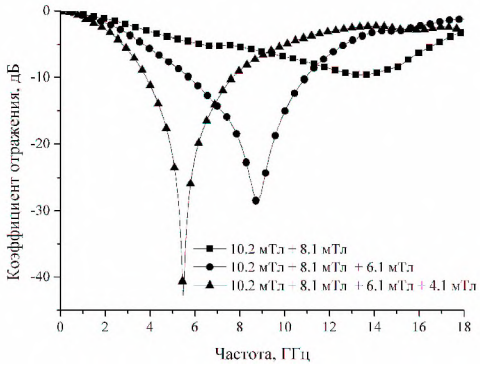

Рис. 3. Частотная зависимость коэффициента отражения для слоев 4, 3, 2, 1.

Исследование коэффициента прохождения образцов материала показало следующее. Наибольшие уровень и ширина спектрального поглощения получена у материала из слоев 4, 3, 2, 1. Для данного материала область поглощения 50 % мощности находится в диапазоне от 3 ГГц до 16 ГГц.

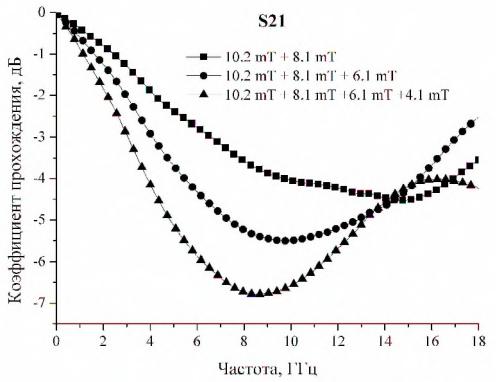

Рис. 4. Частотная зависимость коэффициента прохождения для слоев 4, 3, 2, 1.

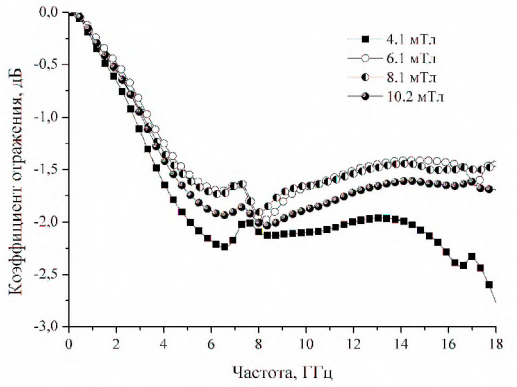

Рис. 5. Частотная зависимость коэффициентов отражения отдельных образцов.

Исследование однослойных материалов (рис. 5) показало, что оптимальная напряженность поля, для получения наибольшего коэффициента поглощения от однослойного материала, составляет 4.1 мТл. Рост величины коэффициента отражения с увеличением величины внешнего магнитного поля указывает на изменение анизотропных свойств материала в процессе полимеризации. При достаточно больших полях, например 10.2 мТл (рис. 5), в материале появляются краевые эффекты из-за неоднородности формирования магнитной фазы внутри полимерной матрицы.

Работа выполнена в рамках Программы повышения конкурентоспособности Национального исследовательского Томского государственного университета. Исследование проводилось в центре коллективного пользования Томского государственного университета «Центр радиофизических измерений, диагностики и исследования параметров природных и искусственных материалов». Благодарим доцента Томского государственного университета В.А. Журавлева за ценные советы и помощь в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Matisoff B.S., “Handbook of Electronics Packaging Design and Engineering, Van Nostrand Reinhold” New York, 656, 1990.
2. Smit J, Wijn H.P.J. “Ferrites” New York: Wiley, p. 384, 1959.
3. Zhuravlyova Ye. V., Kuleshov G. E., Dotsenko O. A., Ul`yanova O. A. “Electromagnetic response of compositematerials based on ferroelectric/ferrite” IEEE Cat. Nr. CFP 15788 pp. 633-634, 2015.
4. Zhijuan Su, Steven B., Bolin Hu, Yajie C., Vincent G. H. “Magnetic and microwave properties of U-type hexaferrite films with high remanence and low ferromagnetic resonance linewidth” IAP vol. 155, pp. 17A504–1–4, 2014.
5. Wagner D.V., Dotsenko, O.A. “Electromagnetic properties of Z-hexaferrities composites with magnetic texture” // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM. 2014. 6882494, pp. 132-135.