

## ПОГЛОТИТЕЛИ МИКРОВОЛН НА ОСНОВЕ МЕТАМАТЕРИАЛОВ И МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ СЛОЕВ

И.В. Семченко<sup>1</sup>, А.Л. Самофалов<sup>1</sup>, В.А. Банний<sup>2</sup>, Е.Н. Волнянко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Гомель, Беларусь; isemchenko@gsu.by

<sup>2</sup>Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь; banniy@tut.by

<sup>3</sup>Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси, Гомель, Беларусь

За последние десятилетия значительно возрос интерес к исследованию и созданию композиционных искусственных сред — метаматериалов, обладающих магнито-электрическими свойствами в СВЧ-диапазоне [1, 2]. Метаматериалы — это системы, состоящие из микрорезонаторов, обладающие электромагнитными свойствами, управлять которыми можно, варьируя параметры системы. Исследования метаматериалов представляют как фундаментальный интерес, так и открывают широкие прикладные возможности по созданию приборов для управления ближним электромагнитным полем, включая новые типы электромагнитных сенсоров, компактные антенны, линзы с субволновым разрешением, объекты, скрытые в определенном диапазоне частот и др.

**Цель** работы состоит в установлении закономерностей взаимодействия электромагнитного излучения (ЭМИ) СВЧ-диапазона с метаматериалами, состоящими из омега-элементов классической и прямоугольной формы, учёте влияния металлополимерного полидисперсного слоя и разработке одностороннего и двустороннего «идеального» поглотителя СВЧ волн на основе таких структур.

**Материалы и методы исследования.** В качестве объектов исследования выбраны метаповерхности, представляющие собой упорядоченные специальным образом в пространстве двумерные массивы частиц (омега-элементов), размеры которых много меньше длины волны возбуждающего излучения, а также металлополимерные полидисперсные слои. В качестве базового связующего композиционных полидисперсных слоев выбран полиэтилен высокой плотности (ПЭ, ГОСТ 16338–77), как это сделано в работе [3]. Экспериментальные листовые образцы поглотителей будут изготовлены методом термического прессования порошкообразных смесей ПЭ с магнитными (карбонильное железо (ТУ 6-09-300-78), никель (ГОСТ 9722–78), магнитно-мягкий феррит (ТУ 6-09-5111-84, марка 2500 НМС) и комбинарованными (технический углерод и феррит) [3].

**Методы исследования** — аналитические расчёты, численное моделирование, радиофизические исследования с использованием безэховой камеры и векторного анализатора при нормальном падении электромагнитной волны на поверхность образцов в диапазоне частот от 0,3 до 6 ГГц.

**Результаты и их обсуждение.** В работе решена граничная задача для структуры, состоящей из

метаматериала, содержащего омега-элементы прямоугольной формы и металлополимерного полидисперсного слоя, обладающего значительным поглощением и выполняющего роль подложки. Посредством численного моделирования проведено сравнение двух вариантов омега-резонаторов, имеющих квадратную либо прямоугольную форму. Предложено использовать данные омега-частицы в качестве элементов метаматериала, обладающего сильным поглощением и одновременно слабым отражением СВЧ волн. С применением компьютерного моделирования на основе метода конечных элементов и аналитического подхода для определения поляризуемостей электрически малых резонаторов произвольной формы смоделирован метаматериал, содержащий сбалансированные в СВЧ-диапазоне омега-резонаторы. Проведен систематический анализ свойств отражения, прохождения и поглощения предложенного метаматериала для ТЕ и ТМ поляризации падающих СВЧ волн и установлены оптимальные значения межэлементного расстояния и периода элементарной ячейки метаматериала. Проведено исследование поглощающих свойств металлополимерного полидисперсного слоя в зависимости от параметров функционального наполнителя (ФН) и дана оценка влияния содержания ФН на радиофизические характеристики композиционных материалов на основе полимеров.

Результаты исследований вносят вклад в область создания средств защиты биологических объектов, радио- и электронной аппаратуры от ЭМИ СВЧ-диапазона.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта № Ф18КИ-028 от 25.01.2018 г.

1. I.V. Semchenko [et al.] Investigation of electromagnetic properties of a high absorptive, weakly reflective metamaterial-substrate system with compensated chirality // Journal of Applied Physics. — 2017 (121), 015108-1 — 015108-8
2. Цянь Сонгсонг, Банний В.А., Самофалов А.Л., Семченко И.В., Хахомов С.А. Поглотители электромагнитного излучения СВЧ-диапазона на основе полимерных композитов и киральных структур // Проблемы физики, математики и техники. — 2014, № 4, 40—45
3. Банний В.А., Пинчук Л.С., Гольдаде В.А. Физико-химические и технологические особенности формирования полимерных композитных радиопоглощающих материалов // Материаловедение. — 2007, № 6, 17—24