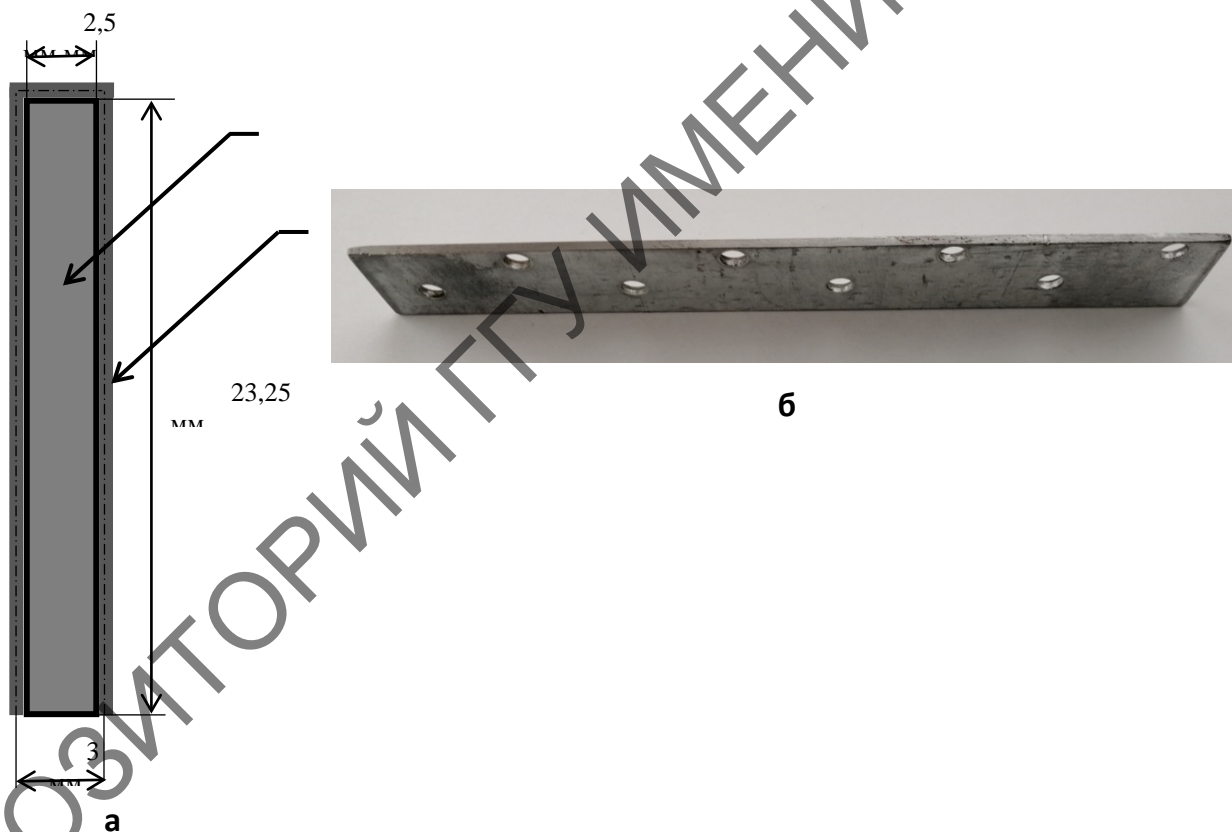


А. А. Гузовец, Д. В. Слепенков (ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)
Науч. рук. И. В. Семченко, д-р. физ.-мат. наук, профессор

СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА НА ОСНОВЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ОМЕГА-ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ НИХРОМОВОЙ ПРОВОЛОКИ

В ходе проделанной работы создан образец метаматериала на основе прямоугольных омега-элементов из нихромовой проволоки диаметром 0,5 мм, которая изгибается по контуру заранее изготовленного шаблона (рисунок 1(а,б)), при этом осевая длина проволоки соответствует условию полуволнового резонанса и все размеры элемента (рисунок 1(а)) соответствуют теоретически найденным сбалансированным параметрам.



1– сечение шаблона, 2– сечение проволоки
Рисунок 1 – Чертеж (а) и фотография шаблона (б) для изготовления
прямоугольных омега-элементов с рассчитанными параметрами

Для создания экспериментального образца было изготовлено 1024 прямоугольных омега-элемента с рассчитанными параметрами (рисунок 2).



Рисунок 2 – Фотография изготовленного прямоугольного омега-элемента с рассчитанными параметрами

Для изготовления образца двумерной решётки за основу был взят пеноплекс, так как он обладает всеми необходимыми требованиями, в первую очередь, радиопрозрачностью, легкостью, прочностью и доступностью. Лист пенопласта размером 0,5 x 0,5 м и толщиной 20 мм расчерчен в соответствии с схемой расстановки прямоугольных омега-элементов (рисунок 3), где отрезками показаны бороздки в слое пенополистирола, в которые вставлялись элементы. Сплошные отрезки показывают элементы, которые расположены концами вниз, а штриховые отрезки – концами вверх. Бороздки наносились тонким лезвием. Расстояние между отрезками соответствует межэлементному расстоянию s и периоду решетки p , которые были получены в результате моделирования метаматериала.

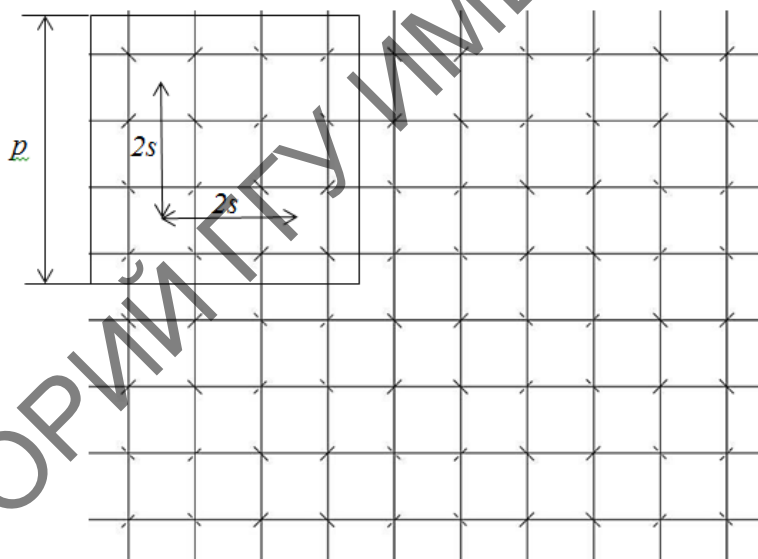


Рисунок 3 – Схема расстановки прямоугольных омега-резонаторов в образце

Схема расстановки прямоугольных омега-резонаторов в образце была распечатана на плоттере и закреплена на листе пенополистирола. Канцелярским ножом делались надрезы по отрезкам в бумаге. В надрезы вставлялись прямоугольные омега-резонаторы. Фотография изготовленного экспериментального образца метаматериала на основе сбалансированных омега-резонаторов показана на рисунке 4.

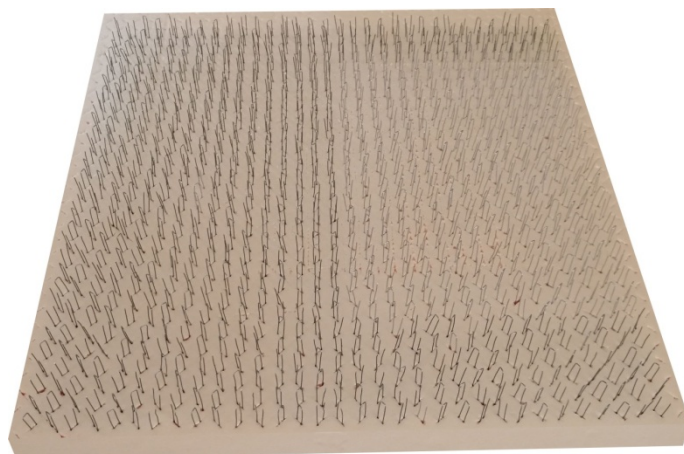
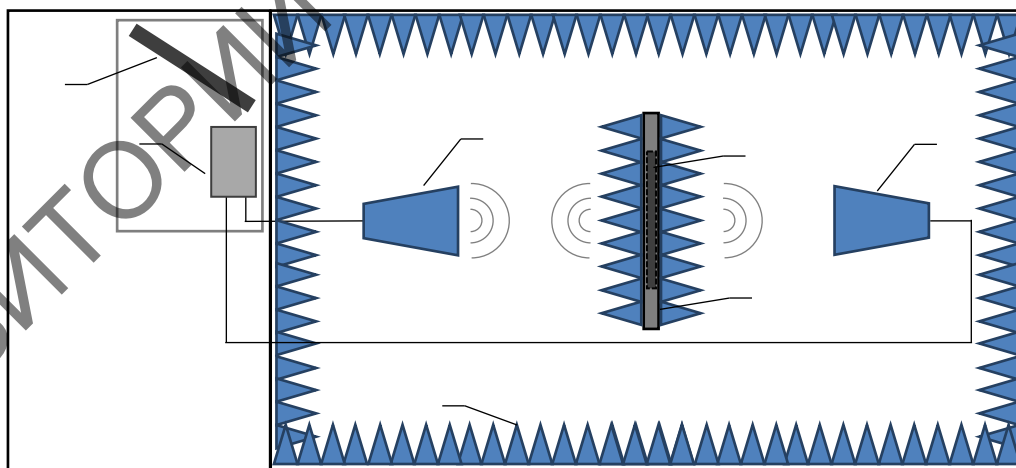


Рисунок 4 – Фотографии изготовленного экспериментального образца метаматериала

Экспериментальные исследования проведены в безэховой камере. Безэховая камера представляет собой помещение, облицованное изнутри радиопоглощающим материалом (ТОРА) с целью уменьшения отражения от стен и обеспечения в некотором объеме камеры – безэховой зоне – заданного малого уровня отражений, то есть условий, приближающихся к условиям «свободного пространства». Стенки безэховой камеры с высокой эффективностью экранирования от магнитных и электрических полей выполнены из железосодержащего сплава. Тонкий стальной экран позволяет гасить магнитное поле на 60 дБ.

Схема проведения эксперимента и безэховой камеры показана на рисунке 5.



- 1, 2 – передающая и приемная антенны П6-23А; 3 – экспериментальный образец, 4 – защитный экран, покрытый поглотителем с окошком для закрепления экспериментального образца, 5 – векторный анализатор цепей АКЦП-6602, 6 – ЭВМ для получения и обработки сигнала с векторного анализатора, 7 – безэховая камера, 8 – поглотитель электромагнитных волн «ТОРА»

Рисунок 5 – Схема проведения эксперимента в безэховой камере

В работе в качестве излучающей и приемной антенны используется широкополосная измерительная антенна П6-23А, которая представляет собой рупорно-линзовую антенну со стандартным коаксиальным соединителем. Использовался векторный анализатор электрических цепей, который предназначен для измерения характеристики прохождения сигнала через тестируемое устройство и характеристики отражения сигналов от его портов. Эти характеристики называются S-параметрами.

Измерения проводились при нормальном падении электромагнитной волны на образец метаматериала в диапазоне частот от 2 до 4 ГГц. В этих диапазонах проведены измерения параметров S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22} с образцом, без образца и с металлическим листом.

Результат измерения приведен в виде графика частотной зависимости коэффициентов отражения, прохождения и поглощения по амплитуде изображен на рисунке 6.

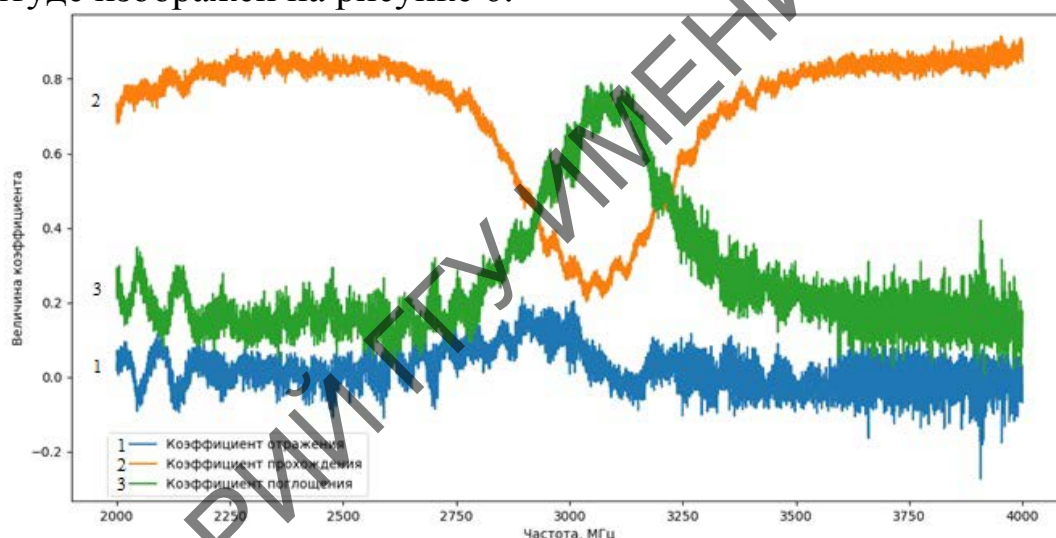


Рисунок 6—График частотной зависимости коэффициентов отражения, прохождения и поглощения по амплитуде

Из графика следует, что изготовленный экспериментальный образец проявляет высокие поглощающие свойства вблизи резонансной частоты. Теоретический расчет был проведен для 3 ГГц, при проведении эксперимента резонансные свойства проявились при 3,067 ГГц. Это можно объяснить погрешностью при изготовлении образца вручную. При этом исследованный образец демонстрирует коэффициент отражения, близкий к нулю не только вблизи резонансной частоты, но и в достаточно широком частотном диапазоне. Такое свойство позволяет называть разработанный метаматериал «прозрачным» вне полосы поглощения.

Литература

1. Семченко, И.В. Электромагнитные волны в метаматериалах и спиральных структурах / И.В. Семченко, С.А. Хахомов. – Минск: Беларуская навука, 2019. – 279 с.

А. А. Гузовец (ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)
Науч. рук. **И. В. Семченко**, д-р. физ.-мат. наук, профессор

ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ «ИДЕАЛЬНОГО» ДВУСТОРОННЕГО ПОГЛОТИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ОМЕГА-ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ НИХРОМОВОЙ ПРОВОЛОКИ

Для изготовления образца двумерной решётки за основу был взят лист пенопласта размером 0,5 x 0,5 м и толщиной 20 мм. Фотография изготовленного экспериментального образца метаматериала показана на рисунке 1.

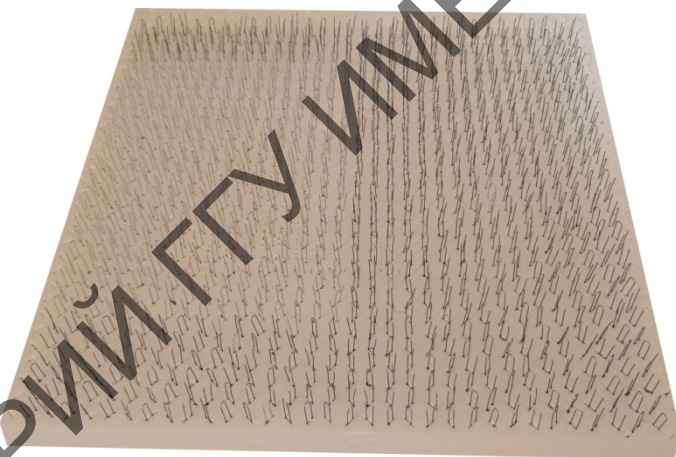


Рисунок 1 – Фотографии изготовленного экспериментального образца метаматериала

Экспериментальные исследования проведены в безэховой камере. Безэховая камера представляет собой помещение, облицованное изнутри радиопоглощающим материалом (ТОРА) с целью уменьшения отражения от стен. Поглотитель электромагнитных волн «ТОРА» (рисунок 2) обеспечивает проведение высокоточных измерений характеристик антенной техники и испытаний радиоэлектронной аппаратуры на электромагнитную совместимость.