

РАССЕЯНИЕ ВОЛН СЛОЕМ МЕТАМАТЕРИАЛА

Многочисленные теоретические работы и экспериментальные исследования, проведенные в последние годы, подтвердили справедливость выводов о свойствах так называемых «левосторонних» сред, в которых диэлектрическая и магнитная проницаемости одновременно отрицательны [1]. Такие среды имеют уникальные свойства, которые отсутствуют у природных веществ и уже находят практические применения. В зарубежной литературе левосторонние среды получили название сред с отрицательной рефракцией (NR-среды “Negative Refraction”), LH-среды (left-handed), метасреды, метаматериалы.

В работе представлены результаты численного моделирования резонансных свойств слоя метаматериала, состоящего из периодически расположенных в пространстве проволочных спиралей разнонаправленной намотки.

Результаты моделирования

Моделирование проводилось на примере структуры, фрагмент которой показан на рис.1.

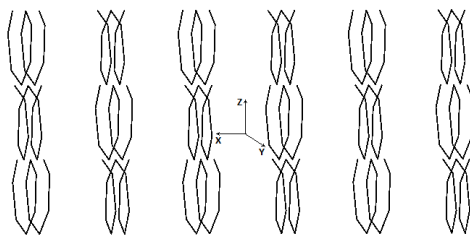
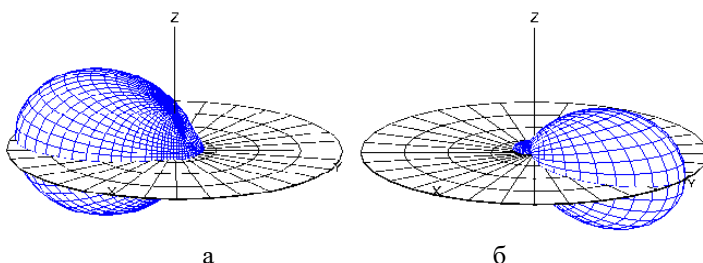


Рисунок 1 – Фрагмент слоя метаматериала

Слой метаматериала располагался в плоскости XOZ и возбуждался плоской волной, распространяющейся вдоль оси Y с электрическим полем, поляризованным вдоль оси Z . При моделировании использовались параметры структуры, которые в точности соответствуют экспериментально проверенным данным работы [2].

В результате моделирования на частоте $f=2$ ГГц выявлен эффект полного отражения, а на частоте $f=2.8$ ГГц – полного прохождения волны

(рис.2). На частоте $f=2.39$ ГГц зафиксировано явление отклонения направления распространения электромагнитной волны на 90° (рис. 3).



а – режим полного отражения; б – режим полного прохождения
Рисунок 2 – Режимы рассеяния волны на разных частотах

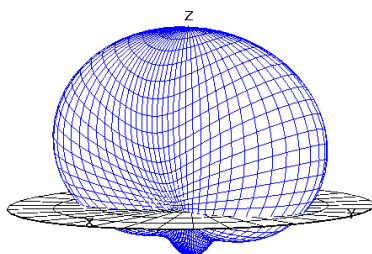


Рисунок 3 – Режим отклонения волны

Исследования показали, что электрофизические параметры рассмотренного слоя метаматериала носят тензорный характер. В частности, в режиме полного прохождения на частоте $f=2.8$ ГГц оценка величины относительной магнитной проницаемости дает значение $\mu_{xx} \approx 35$. При этом длина волны в слое составляет $\lambda_2 \approx 1,8$ см, а в свободном пространстве $\lambda_0 = 10,7$ см.

Заключение

При выбранных размерах спиралей и их взаимном расположении слой метаматериала на частоте $f=2$ ГГц полностью отражает падающую на него волну, а на частоте $f=2,8$ ГГц волна без отражения проходит сквозь слой. На частоте $f=2,39$ ГГц структура отклоняет падающую волну, что характерно для гиротропной магнитной среды. Полученные результаты подтверждают возможность создания искусственных материалов, позволяющих управлять свойствами рассеянных на них волн.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Veselago V.G. The Electrodynamics of Substances with Simultaneously Negative Values of ϵ and μ . *Sov. Phys. Usp.* 1968, vol. 10, P. 509.
2. Lagarkov A.N., Kissel V.N. Numerical and experimental investigation of the superresolution in a focusing system based on a plate of “left-handed” material. *Electromagnetic materials. Proc. of Symp. F, ICMAT 2003.* – World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 2003, pp. 157-160.