

Рисунок 1 – Зависимость изменения активной (а) и реактивной (б) части импеданса АУ AD-25/CW-3512 в рабочей полосе частот ($\Delta f = 200$ МГц):
1 – значения, измеренные в помещении; 2 – аппроксимированные значения.

Ниже представлен пример дробно-рациональной функция, аппроксимирующей значения импеданса АУ AD-25/CW-3512, измеренные в помещении.

$$Z_{\text{вх}}(s) = \frac{1 + 6,557s + 10,254s^2 + 35,984s^3 + 26,786s^4 + 59,43s^5 + 20,081s^6 + 28,927s^7}{3,088 + 7,63s + 24,297s^2 + 41,745s^3 + 57,668s^4 + 72,964s^5 + 42,312s^6 + 40,471s^7}$$

Заключение. Представленные результаты были получены при $\delta \leq 5$ Ом, что соответствует относительной погрешности не более 10 %, так как рассматриваемое АУ рассчитано на нагрузку в 50 Ом, что позволяет говорить о высокой степени адекватности полученных АММ.

Сформированные АММ позволяют наиболее точно оценить характер изменения импеданса (коэффициента передачи по мощности, КСВ и других параметров.) АУ за счет получения функции сопротивления АУ. Следует заметить, что полученные АММ возможно использовать при реализации согласующих цепей в дальнейших исследованиях.

1. Филиппович, Г. А. Широкополосное согласование сопротивлений / Г. А. Филиппович. – Минск: ВАРБ, 2004. – 167 с.
2. Карни, Ш., Теория цепей. Анализ и синтез. – М. «Связь», 1973. – 368с.
3. Исаев, В. О., Дубовик, И. А., Бойкачев, П. В. Результаты исследования влияния условий эксплуатации на импеданс антенных устройств радиостанций ОВЧ/УВЧ диапазонов // «Вестник» ВАРБ №2(63) 2019. – С.32–40.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАНАРНОЙ ДВУХВИТКОВОЙ СПИРАЛИ КАК ЭЛЕМЕНТА МЕТАМАТЕРИАЛОВ И МЕТАПОВЕРХНОСТЕЙ

Кравченко А.Ю.,

аспирант ГГУ имени Ф. Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь

Научный руководитель – Семченко И.В., доктор физ.-мат. наук, профессор

Метаматериалы представляют собой искусственно созданные структуры с особыми электромагнитными свойствами, которые невозможно получить при использовании обыкновенных материалов. Они представляют собой микро-резонаторы, управляя структурными параметрами которых, можно управлять параметрами всей системы. Массивы данных структур, при их особых геометрических параметрах, могут проявлять частотно-селективные свойства, полезные при создании поглощающих, отражающих и фильтрационных покрытий различного частотного диапазона.

Целью данной работы является моделирование планарной двухвитковой спирали, для которой с высокой степенью точности будет выполняться равенство электрического дипольного и магнитного моментов (рисунок 1).

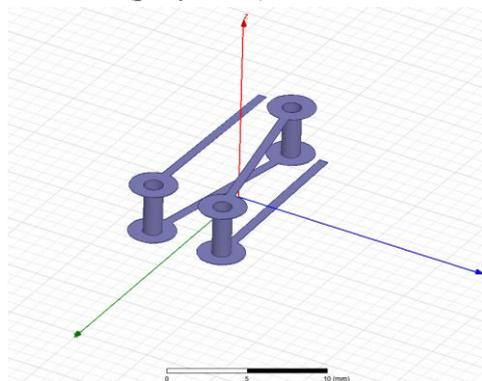


Рисунок 1 – Планарная двухвитковая спираль

Материал и методы. Планарная спираль предполагает возможность соединения двух слоёв метаматериалов проводящими элементами путём металлизации отверстий в диэлектрической подложке. Массивы таких спиралей могут быть изготовлены путем использования технологий производства печатных плат. Данная структура будет эффективно активироваться как электрическим, так и магнитным полем электромагнитной волны, что позволит в дальнейшем перейти к созданию поглощающих и поляризационных устройств нового типа с селективными свойствами для СВЧ и терагерцовых (ТГц) волн. При расчётах используются аналитические методы, разработанные в работах [1–3].

Результаты и их обсуждение. Падающая волна будет распространяться вдоль оси oz . В связи с этим достаточно определить только компоненты тензоров поляризуемости, соответствующие плоскости $хоу$. Другие компоненты могут быть найдены подобным методом при распространении падающей волны в направлении осей $ох$ и $оу$.

Для определения всех компонент тензоров поляризуемости необходимо знать отклик частицы на две падающие волны. Формулы для нахождения компонент поляризуемости были получены в работах [4-5].

Для получения компонент поляризуемости с использованием численного моделирования необходимо измерить амплитуду и фазу падающей и рассеянной волны.

Для получения данных значений была использована программа Ansoft HFSS, предоставленная университетом Аалто (Финляндия).

Задавая параметры структурного элемента с учетом условия главного частотного резонанса, проводим численное моделирование частотной зависимости 8-ми комплексных амплитуд рассеянных волн вблизи резонансной частоты для двух направлений распространения падающей волны и двух состояний её поляризации. Рассеянные волны также рассматриваются как распространяющиеся вдоль оси oz и навстречу ей. Для каждой амплитуды рассчитана её действительная и мнимая часть. Пример такой зависимости приведен на рисунке 2.

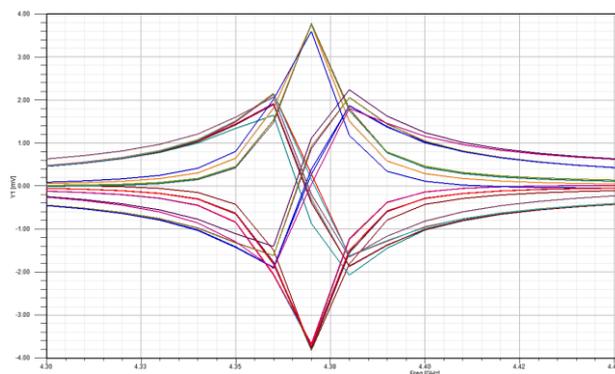


Рисунок 2 – Графики частотной зависимости действительных и мнимых частей амплитуд рассеянных волн

Из графика следует, что 4 комплексные амплитуды приблизительно равны друг другу по абсолютной величине, но имеют противоположный знак. Такое поведение кривых частотной зависимости свидетельствует об оптимальной форме планарной спирали.

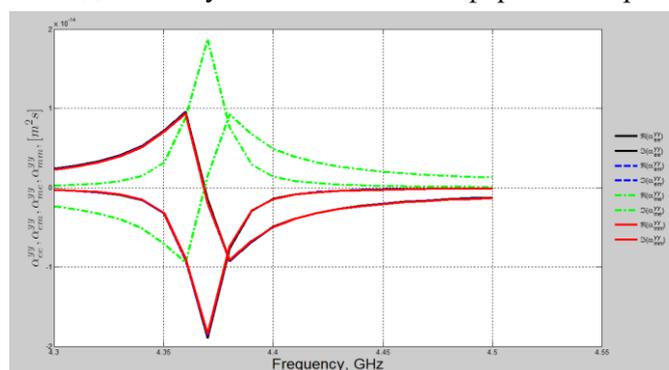


Рисунок 3 – Графики частотной зависимости действительной и мнимой частей поляримостей планарной спирали

Для расчета компонент поляримостей в программе MatLab была создана программа, позволяющая построить графики частотной зависимости компонент поляримостей через компоненты комплексных амплитуд рассеянных волн. Пример такой зависимости приведен на рисунке 3.

Полученные графики также подтверждают оптимальность планарной спирали, поскольку все поляримости либо равны друг другу с высокой степенью точности, либо отличаются только знаком.

Изменяя параметры структурного элемента метаматериала (элементарной ячейки), можно добиться равенства как действительных, так и мнимых частей компонент электрического и магнитного дипольного моментов на резонансной частоте – такая ячейка будет сбалансированной.

Заключение. В результате исследований были найдены все компоненты тензоров поляримостей для электрически малой планарной спирали, в том числе и при её оптимальной форме. Такие частицы и их массивы могут создаваться на двухсторонней печатной плате путём использования известных технологий. Таким образом, могут быть созданы метаматериалы и метаповерхности с селективными свойствами для поглощения и преобразования поляризации СВЧ и ТГц волн.

1. Lewin L. The electrical constants of a material loaded with spherical particles, Radio Commun. Eng. 94 (1947). – P. 65–68.
2. Sihvola A. Electromagnetic Mixing Formulas and Applications, 1st ed., IEEE Publishing, London, 1999.
3. Tretyakov S.A. Analytical Modeling in Applied Electromagnetics, Artech House Publishers, Norwood, 2003.
4. Bianisotropic metasurfaces: physics and applications / Viktor S. Asadchy [et al.] // Nanophotonics, 2018. – P. 1069–1094.
5. V.S. Asadchy et al. / Photonics and Nanostructures – Fundamentals and Applications 12 – 2014. – P. 298–304.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ АВТОПИЛОТА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Лопухов А.В.,

*адъюнкт УО «Военная академия Республики Беларусь», г. Минск, Республика Беларусь
Научный руководитель – Сидорович О.В., канд. техн. наук, доцент*

Большинство методов синтеза основано на использовании методов силового внешнего воздействия на объект управления (ОУ), математические модели линеаризуются, и как следствие не полное соответствие реальному физическому объекту. Связь между каналами управления осуществляется косвенно.

Появляется необходимость совершенствования подходов и методов теории синтеза систем управления, так как область применения таких аппаратов весьма широка.