

УДК 535.015

СОЗДАНИЕ КВАЗИОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ СРЕДЫ ИЗ ПРОВОДОВ ДЛЯ СВЧ ДИАПАЗОНА

Карсаков Г.В. (Университет ИТМО), Матченя И.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – Аспирант, инженер Корешин Е.А.
(Университет ИТМО)

В докладе представлены результаты исследования металнзы на основе двойной среды из проводов. С помощью разработанной программы трассировки лучей и полноразмерного моделирования показаны возможности фокусирования лучей и формирования самовосстанавливающегося пучка. Оба режима подтверждены экспериментально.

Введение. Разрешение обычных устройств передачи изображения ограничено пределом дифракции, а также продольной аберрацией, возникающей в оптической системе. Однако метаматериалы позволяют создавать структуры, свойства которых невозможно получить в природных материалах. Ранее было показано, что из них можно изготовить металнзы для передачи изображений со сверхразрешением. Веселаго предложил модель материала с отрицательным коэффициентом преломления, ввиду одновременно отрицательных диэлектрической и магнитной проницаемостей $\epsilon = \mu = -1$. Преломление на границе такого материала описывается классическим уравнением Снеллиуса, однако падающая и прошедшая волны оказываются по одну сторону от нормали. Такое явление называется отрицательным преломлением и может быть использовано для реализации плоских фокусирующих линз. Позже было показано, что затухающие волны в таких средах усиливаются, что позволяет передавать изображения со сверхразрешением. Однако отрицательные значения ϵ и μ обычно вызваны резонансными эффектами, которые сопряжены со значительными диссипативными потерями.

В рамках данной работы исследуется альтернативный подход достижения отрицательного преломления, а именно использование метаматериала с гиперболической дисперсией и положительными ϵ и μ . Объектом исследования является двойная среда из проводов, состоящая из двух перпендикулярных наборов параллельных проводов.

Основная часть. Предыдущие исследования двойной среды из проводов рассматривали распространяющиеся волны с вектором электрического поля в плоскости проводов, однако в такой поляризации среда обладает большой диэлектрической проницаемостью, что приводит к узкой полосе рабочих частот и сильной зависимости коэффициента прохождения от угла падения. В рамках данной работы рассматривается поляризация волн с вектором магнитного поля в плоскости проводов, что решает вышеуказанные проблемы.

Важным представляемым результатом является программа трассировки лучей. В основе программы стоят 2 фундаментальных закона физики: граничные условия на границе материалов и закон дисперсии. Из равенства тангенциальных составляющих волнового вектора и вида изоповерхности (множества всевозможных волновых векторов в материале для одной частоты) программа рассчитывает направления распространения вектора Пойнтинга для набора плоских монохроматических волн в метаматериале до и после прохождения границы раздела. Гиперболические изочастотные контуры обеспечивают направление преломление, при котором падающий и преломлённый луч находятся по одну сторону от нормали. Так, программа трассировки лучей позволяет оценить картину распространения волн после прохождения.

Результаты работы данной программы демонстрируют, что, решая задачу сосредоточения лучей в одной точке и обратную к ней с помощью варьирования геометрических параметров металнзы, можно добиться фокусирования лучей в малой области, а также формирования самовосстанавливающегося пучка.

С помощью программы трассировки лучей были подобраны оптимальные геометрические параметры метализы, при которых расходящиеся волны точечного источника собираются в фокусное пятно с обратной стороны устройства. Численное моделирование в CST и экспериментальные исследования подтвердили фокусирующие свойства метализы.

Выводы. Мы исследовали прохождение волн через слой двойной среды из проводов и получили картину распространения волн до и после прохождения слоя. На основе этих данных создали металинзу, позволяющую фокусировать прошедшие волны и формировать самовосстанавливающийся пучок.

Этот метаматериал может быть использован в приложениях, требующих концентрации света, в концентрационной фотоэлектрике, а также для формирования стабильного самовосстанавливающегося канала для передачи информации. Таким образом, металинза на основе двойной среды из проводов может выступать в качестве оптических элементов в СВЧ диапазоне частот, в том числе для концентрации энергии и телекоммуникационных систем.

Написана программа трассировки лучей, может быть использована при проектировании устройств, в основе которых лежат среды контролируемые законами распространения электромагнитных волн.

Карсаков Г.В. (автор)

Подпись

Корешин Е. А. (научный руководитель)

Подпись