

ЭФФЕКТ СИЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОРИЕНТАЦИИ ВЕКТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ОТ ЧАСТОТЫ ПРИ РЕЗОНАНСНОМ ПРЕОБРАЗОВАНИИ КРУГОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ В ЛИНЕЙНУЮ НА РЕШЕТКЕ ИЗ МНОГОЗАХОДНЫХ СПИРАЛЕЙ

© А. Н. Сивов, А. Д. Чуприн, А. Д. Шатров

Рассмотрена задача дифракции кругополяризованных волн, нормально падающих на решетку из анизотропных цилиндров с проводимостью вдоль винтовых линий, которые полагаются правыми. Найденны геометрические параметры решетки и центральная частота, при которых кругополяризованная волна точно преобразуется в линейно поляризованную прошедшую и отраженную волны. При возбуждении волной правой круговой поляризации электрический вектор в прошедшей волне направлен вдоль осей цилиндров, а в отраженной — поперек. Если падает волна левой круговой поляризации, то, наоборот, отраженное электрическое поле направлено вдоль осей цилиндров, а прошедшее — поперек. Показано, что для такой решетки в достаточно широкой полосе частот прошедшее и отраженное поля остаются почти линейно поляризованными (коэффициент эллиптичности не превышает 0.05). Установлено, что в случае возбуждения волной правой круговой поляризации при изменении частоты вблизи центральной происходят значительные повороты в противоположных направлениях электрических векторов в прошедшем и отраженном полях; при возбуждении волной левой круговой поляризации ориентация электрического вектора указанных полей сохраняется практически неизменной. Установлено также, что в этой окрестности центральной частоты прошедшие и отраженные мощности для обоих типов возбуждения близки по величине.

В настоящее время значительное внимание уделяется исследованию искусственных структур и сред, образованных проволочными спиралями и обладающих киральными свойствами. Изучаются как структуры со случайным распределением элементов, так и упорядоченные структуры. В [1] теоретически исследованы решетки из однозаходных спиралей и каскады таких решеток с целью создания искусственных сред, вращающих плоскость поляризации линейно поляризованной волны. В [2] обнаружен эффект низкочастотного резонанса в тонкой многозаходной спирали с малым

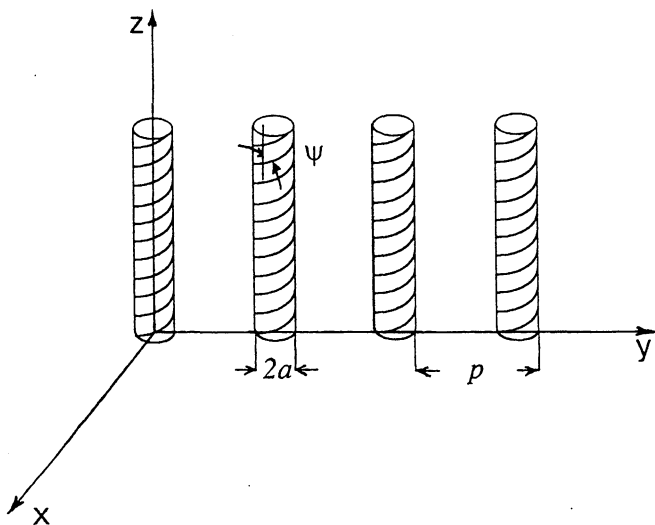


Рис. 1. Геометрия решетки.

углом скрутки. Установлено, что этот резонанс селективен относительно кругополяризованных волн, например для правозаходных спиралей он возникает лишь при облучении правокругополяризованной волной.

В настоящей работе исследуются свойства решетки из таких резонансных анизотропно проводящих цилиндров при облучении кругополяризованными волнами. При этом используется численная методика, развитая в [3]. Геометрия решетки представлена на рис. 1. На решетку нормально падает кругополяризованная волна единичной амплитуды, распространяющаяся в положительном направлении оси x :

$$E_y = \frac{1}{\sqrt{2}} \exp(-jkx), \quad E_z = \frac{\pm j}{\sqrt{2}} \exp(-jkx). \quad (1)$$

Знаки “+” и “-” соответствуют правому и левому вращениям. Предполагается, что период решетки p меньше длины волны λ , что при нормальном падении исключает возникновение дифракционных лепестков. Прощедшее и отраженное поля вдали от решетки представим в виде

$$E_{y,z} = T_{y,z} \exp(-jkx), \quad (2)$$

$$E_{y,z} = R_{y,z} \exp(jkx). \quad (3)$$

На основе методики [3] численно установлено, что при угле скрутки $\psi = 15^\circ$, коэффициенте заполнения $q = 2a/p = 0.34$

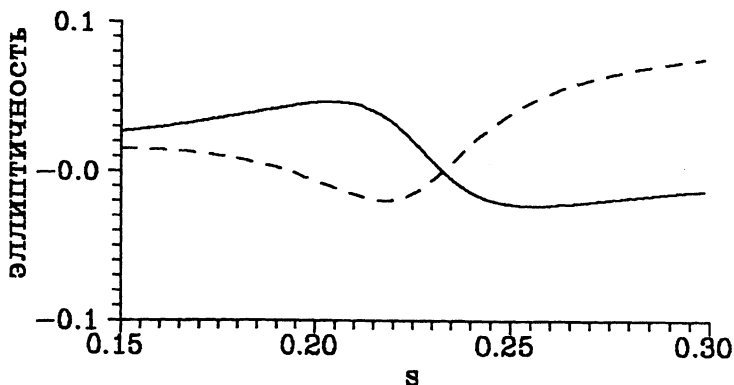


Рис. 2. Коэффициент эллиптичности прошедшей волны при правой (сплошная кривая) и левой (пунктир) круговой поляризации падающей волны.

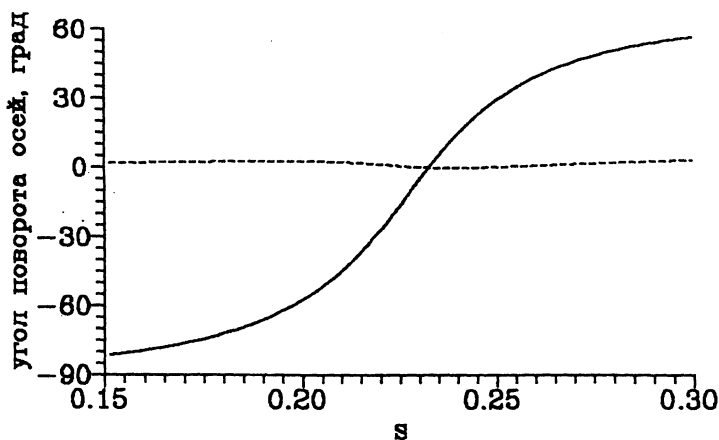


Рис. 3. Коэффициент эллиптичности отраженной волны при правой (сплошная кривая) и левой (пунктир) круговой поляризации падающей волны.

и $s = p/\lambda = 0.235$ происходит полное преобразование кругополяризованной волны в линейно поляризованную, причем при правокругополяризованном возбуждении

$$T_y = 0, \quad T_z = -0.66j, \quad (4)$$

$$R_y = -0.75, \quad R_z = 0, \quad (5)$$

а при возбуждении левокругополяризованной волной

$$T_y = 0.66, \quad T_z = 0, \quad (6)$$

$$R_y = 0, \quad R_z = 0.75j. \quad (7)$$

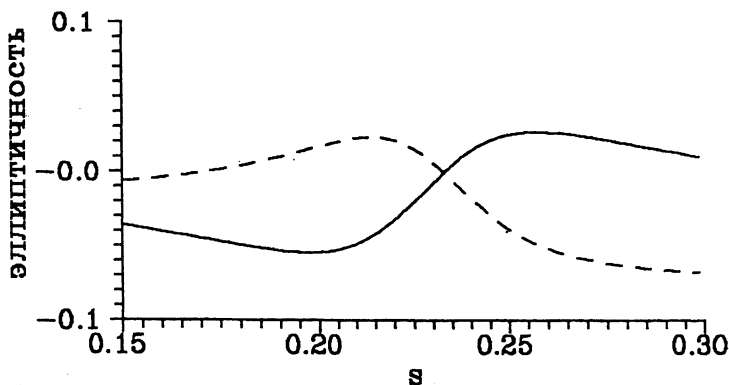


Рис. 4. Угол поворота осей поляризационного эллипса как функция s для прошедшей волны при правой (сплошная кривая) и левой (пунктир) круговой поляризации падающей волны.

На рис. 2,3 изображены коэффициенты эллиптичности прошедшей и отраженной волн как функции s для правокругового и левокругового возбуждения соответственно. Как видно из рисунков, во всем рассматриваемом диапазоне изменения s упомянутые поля можно считать линейно поляризованными. На рис. 4,5 приведены углы поворота θ осей поляризационного эллипса в функции от s в прошедшем (рис. 4) и отраженном (рис. 5) полях при возбуждении волнами левой и правой круговой поляризации. Видно, что для левокругового возбуждения углы поворота весьма незначи-

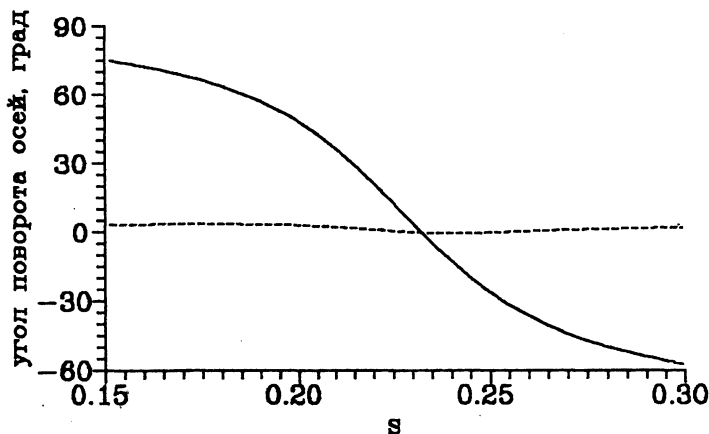


Рис. 5. Угол поворота осей поляризационного эллипса как функция s для отраженной волны при правой (сплошная кривая) и левой (пунктир) круговой поляризации падающей волны.

тельны во всем диапазоне (порядка единиц градусов). При правокруговом возбуждении картина существенно меняется как для прошедшего, так и для отраженного полей. Как видно из рисунков, здесь углы поворота изменяются в широких пределах, причем в прошедшем и отраженном полях с изменением частоты повороты происходят в противоположных направлениях, и, например, при $s = 0.27$ углы поворота прошедшего и отраженного полей составляют соответственно $+45^\circ$ и -45° , что означает параллельность электрических векторов этих полей, в то время как при $s = 0.235$ они ортогональны. Прошедшая и отраженная мощности для обеих поляризацій в рассматриваемом диапазоне слабо изменяются и примерно равны 0.5.

Таким образом, в настоящей работе показано, что решетка из правовинтовых анизотропно проводящих цилиндров при определенных параметрах преобразует падающую на нее кругополяризованную волну в прошедшую и отраженную линейно поляризованные волны с примерно равными мощностями. При правокруговом возбуждении в цилиндрах решетки возникает низкочастотный резонанс, на центральной частоте которого электрический вектор в прошедшей волне параллелен осям цилиндров, а в отраженной — ортогонален. С изменением частоты ориентация электрического вектора в прошедшей и отраженной волнах изменяется в весьма широких пределах, в частности, эти векторы могут оказаться параллельными. Для левокругового возбуждения низкочастотный резонанс не возникает; при этом электрический вектор в отраженной волне параллелен осям цилиндров, а в прошедшей — ортогонален, и их ориентации практически не зависят от частоты.

Работа частично поддерживалась Российским фондом фундаментальных исследований, грант № 95-02-06075-а.

Список литературы

- [1] Yueh S.H., Kong J.A. // Journal of Electromagnetic Waves and Applications. 1991. V. 5. P. 701-714.
- [2] Svigelj J., Michielssen E., Mittra R. // Proc. of 3rd Int. Workshop on Chiral, Bi-isotropic and Bi-anisotropic Media. 1994. Perigueux pp. 89-94.
- [3] Chuprin A.D., Shatrov A.D., Sivov A.N. // Proc. 15th Int. Symp. on Electromagnetic Theory. St. Petersburg, 1995. P. 242-244.
- [4] Chuprin A.D., Shatrov A.D., Sivov A.N. // Proc. 24th European Microwave Conference. Cannes, 1994. P. 596-601.
- [5] Shatrov A.D., Sivov A.N., Chuprin A.D. // Electron. Lett. 1994. V. 30. P. 1558-1560.

Институт радиотехники
и электроники РАН
Фрязинская часть

Поступило в Редакцию
27 октября 1995 г.