

УДК 535.5, 535.016

ШИРОКОПОЛОСНОЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННОЕ ВЫРОЖДЕНИЕ ТЕ И ТМ МОД ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МЕТАПОВЕРХНОСТИ В МИКРОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Асадулина С.М. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – канд. физ.-мат. н., Ермаков О.Е.

(Университет ИТМО)

В работе предложен дизайн и исследованы свойства (дисперсия, изочастотные контуры, распределение полей собственных мод) метаповерхности, представляющей собой периодический массив керамических цилиндров с высоким показателем преломления, с целью достижения поляризационного вырождения ТЕ и ТМ волноводных мод в широком спектральном диапазоне. Полученные результаты не только открывают поляризационную степень свободы локализованного света, но и предоставляют принципиально новые возможности для создания устройств плоской оптики.

Введение. В любой изотропной среде ТЕ и ТМ моды вырождены для всех частот и направлений распространения, что позволяет эффективно управлять поляризацией света. Однако, в случае сильно локализованных состояний (например, волноводные и поверхностные волны) поляризационная степень свободы отсутствует, поскольку ТЕ и ТМ моды, в общем случае, не вырождены. Данный факт существенно ограничивает функциональные возможности устройств плоской оптики. В частности, отсутствие широкополосного вырождения собственных локализованных мод не позволяет создать поляризатор волноводных и поверхностных волн.

В этой работе проведена численная оптимизация параметров метаповерхности в микроволновом диапазоне и достигнуто вырождение поверхностных ТЕ и ТМ поляризованных мод в диапазоне частот от 4 до 7.7 ГГц во всех направлениях распространения.

Основная часть. В данной работе рассмотрена метаповерхность, представляющая собой периодическую квадратную решетку 25x25 цилиндров из керамического материала с диэлектрической проницаемостью около 40 и фиксированным диаметром 5.2 мм. Путем численной оптимизации были подобраны оптимальные параметры высоты и периода структуры, 4.85 и 10 мм соответственно, для достижения широкополосного поляризационного вырождения. Основная идея заключается в перекрытии электрического и магнитного откликов структуры в ближнем поле.

Для окруженных воздухом цилиндров, были рассчитаны дисперсионные зависимости волноводных мод в диапазоне частот до 8 ГГц в CST Microwave Studio с использованием пакета Eigenmode Solver. Разность между значениями волновых векторов ТЕ и ТМ мод не превышает $0.005 \pi/a$ в диапазоне частот от 4 до 7.7 ГГц. Построены изочастотные контуры, показывающие устойчивость поляризационного вырождения в различных направлениях распространения волны. Кроме того, одинаковая дисперсионная зависимость ТЕ и ТМ поляризованных волноводных мод подтверждается распределениями полей, возбуждаемыми магнитным (петля с током) и электрическим (коаксиальный кабель) источниками дипольного типа соответственно. На основе предложенной метаповерхности численно продемонстрирована концепция волноводного поляризатора, который преобразует поляризацию распространяющейся волноводной моды на одной частоте.

Выводы. Подобран оптимальный дизайн диэлектрической метаповерхности для достижения широкополосного поляризационного вырождения волноводных мод в диапазоне частот от 4 до 7.7 ГГц. Наиболее оптимальные условия вырождения наблюдались при значениях периода 10мм и высоты 4.85мм. В дальнейшем планируется исследование треугольной решетки цилиндров и экспериментальная проверка полученных результатов. В частности, планируется

создать прототип планарного волноводного поляризатора. Данная концепция может быть перенесена в оптический и инфракрасный диапазоны с использованием других материалов.