

ГРАДИЕНТНАЯ ФОТОННО-КВАЗИКРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ ЛИНЗА ЛЮНЕБЕРГА

Дьяченко П.Н.

Институт систем обработки изображений РАН,
Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

Аннотация

Предложена концепция градиентных фотонных квазикристаллов и исследованы свойства таких структур на примере линзы Люнеберга, построенной на основе додекагонального фотонного квазикристалла. Показано, что градиентная фотонно-квазикристаллическая линза Люнеберга имеет лучшие фокусирующие свойства по сравнению с градиентной фотонно-кристаллической линзой в диапазоне частот, оптимальном для экспериментальной реализации.

Ключевые слова: фотонные квазикристаллы, линза Люнеберга.

Градиентные фотонные структуры активно исследуются в настоящее время в связи с возможностью использования таких структур для создания планарных оптических устройств, таких, как линза Люнеберга [1]. Предложенная недавно концепция градиентных фотонных кристаллов (ГФК) позволяет управлять светом при помощи двумерного фотонного кристалла с градиентом в одном из направлений [2]. Подобные ГФК-структуры были использованы для создания управляющих и фокусирующих устройств [3].

Предыдущие исследования двумерных ГФК были направлены на реализацию определённых оптических устройств, но они не принимали во внимание геометрию решётки. В ранних исследованиях изучались только ГФК на основе квадратной и гексагональной решётки. В работе [4] введено понятие градиентных фотонных квазикристаллов (ГФКв) и исследованы свойства таких структур на примере линзы Люнеберга на основе додекагонального фотонного квазикристалла.

Рассмотрим фотонный кристалл с квадратной решёткой и фотонный квазикристалл с симметрией 12-го порядка (додекагональный квазикристалл). Обе структуры состоят из кварцевых диэлектрических стержней ($\epsilon = 2,37$). Из уравнений Максвелла-Гарнетта теории эффективных сред можно получить геометрическую структуру ГФК и ГФКв линз Люнеберга. На рис. 1 показана геометрия ГФКв линзы (а) и ГФК линзы (б). Радиус линз равен $15a$, где a – расстояние между цилиндрами.

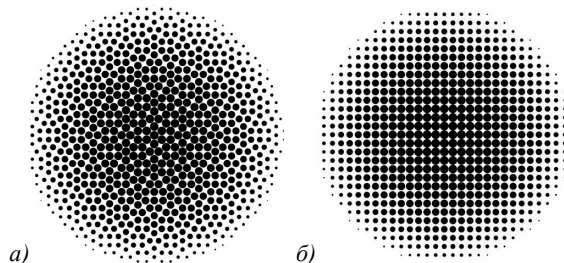


Рис. 1. Геометрическая структура ГФКв линзы (а) и ГФК линзы (б)

Для расчёта оптических свойств данных линз был использован метод конечных разностей при по-

мощи программного обеспечения МЕЕР (Массачусетский технологический институт, США). На рис. 2 показаны коэффициенты пропускания для ГФКв линзы (сплошная линия), ГФК линзы (точечная линия) и классической линзы Люнеберга (пунктирная линия) для ТЕ-поляризации. Можно заметить, что на частоте $\omega = 0,376$ ($\omega a/2\pi c$), где c – скорость света, эффективность ГФКв линзы значительно выше, чем ГФК линзы. Для экспериментальной реализации оптических градиентных устройств желательно, чтобы высокая эффективность устройства достигалась при высоких частотах. Это объясняется тем, что размер минимальных элементов структуры увеличивается в этом случае, что очень важно, поскольку разрешение электронно-лучевой литографии ограничено.

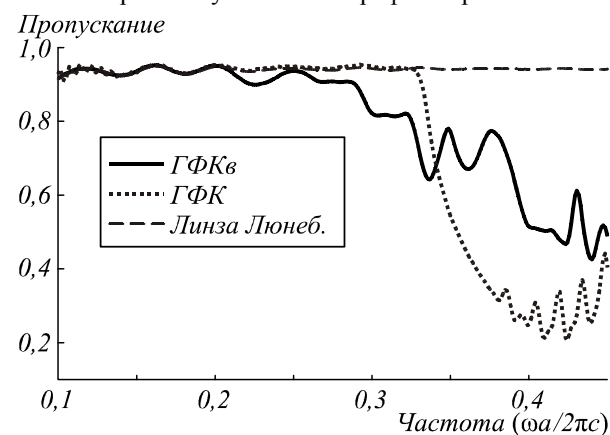


Рис. 2. Коэффициенты пропускания для ГФКв линзы (сплошная линия), ГФК линзы (точечная линия) и классической линзы Люнеберга (пунктирная линия)

На рис. 3 показано распределение H_z поля вдоль структуры для ГФКв линзы (а) и ГФК линзы (в), а также распределение интенсивности магнитного поля для ГФКв линзы (б) и ГФК линзы (г). Как можно заметить на данном графике, ГФКв линза работает лучше по сравнению с ГФК линзой для ТЕ-поляризации. Мы наблюдаем сильное брэгговское отражение в центре ГФК линзы (рис. 3в), что объясняет низкую эффективность линзы. Высокая эффективность ГФКв линзы определяется отсутствием периодичности, вследствие чего, брэгговское отражение не возникает на данной частоте.

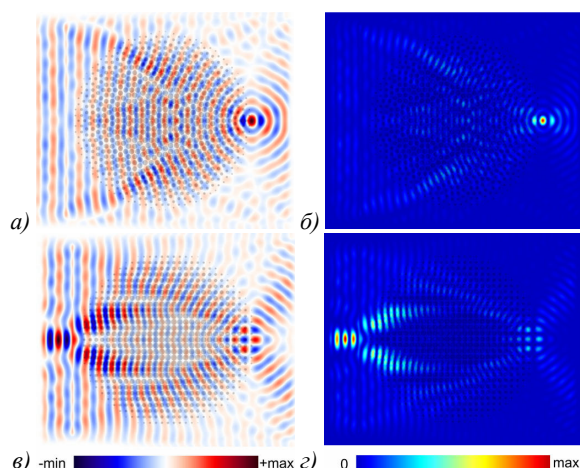


Рис. 3. Распределение H_z поля вдоль структуры для ГФКв линзы (а) и ГФК линзы (б); распределения интенсивности магнитного поля для ГФКв линзы (в) и ГФК линзы (г)

Таким образом, исследована градиентная фотонно-квасикристаллическая линза Лüneберга, построенная на основе додекагонального фотонного квазикристалла.

Показано, что градиентная фотонно-квасикристаллическая линза Лüneберга имеет лучшие фокусирующие свойства по сравнению с градиентной фотонно-кристаллической линзой в диапазоне

частот, оптимальном для экспериментальной реализации.

Благодарности

Работа поддержана Целевой программой Президиума РАН «Поддержка молодых учёных» на 2011-2012 гг. и гранту Президента РФ по поддержке ведущих научных школ.

Литература (References)

1. **Hunt, J.** Planar, flattened Luneburg lens at infrared wavelengths / J. Hunt, T. Tyler, S. Dhar, Y.-J. Tsai, P. Bowen, S. Larouche, N.M. Jokerst and D.R. Smith // *Opt. Express.* – 2012. – Vol. 20. – P. 1706-1713.
2. **Centeno, E.** Graded photonic crystals / E. Centeno and D. Cassagne // *Opt. Lett.* – 2005. – Vol. 30. – P. 2278-2280.
3. **Do, K.-V.** Experimental demonstration of light bending at optical frequencies using a non-homogenizable graded photonic crystal / K.-V. Do, X. Le Roux, D. Marris-Morini, L. Vivien and E. Cassan // *Opt. Express.* – 2012. – Vol. 20. – P. 4776-4783.
4. **Dyachenko, P.N.** Graded photonic quasicrystals / P.N. Dyachenko, V.S. Pavelyev and V.A. Soifer // *Opt. Lett.* – 2012. – Vol. 37. – P. 2178-2180.

GRADED PHOTONIC QUASICRYSTAL LUNEBURG LENS

P.N. Dyachenko

Image Processing Systems Institute of the RAS,

S.P. Korolyov Samara State Aerospace University (National Research University)

Abstract

We introduce graded photonic quasicrystals and investigate properties of such structures on the example of Luneburg lens based on a dodecagonal photonic quasicrystal. It is shown that the graded photonic quasicrystal Luneburg lens has better focusing properties as compared with the graded photonic crystal lens in a frequency range suitable for experimental realization.

Key words: photonic quasicrystals, Luneburg lens.

Сведения об авторе



Дьяченко Павел Николаевич, 1984 года рождения, окончил Южно-Уральский государственный университет в 2007 году по специальности «Прикладная математика и физика». Работает в Институте систем обработки изображений РАН в должности научного сотрудника. Соавтор 17 работ.

E-mail: dyachenko@ssau.ru.

Pavel Nikolayevich Dyachenko (b. 1984), received his Masters degree in «Applied mathematics and physics» from South Ural State University in 2007. Dyachenko P.N. works as a researcher at Image Processing Systems Institute of the Russian Academy of Sciences. Co-author of 17 papers.

Дизайн: Я.Е. Тахтаров. Оформление и верстка: С.В. Смагин и Я.Е. Тахтаров.

Подписано в печать 15.06.2012 г. Усл. печ. л. 6,93.

Отпечатано в типографии ООО «Предприятие «Новая техника».

Заказ № 13. Тираж 100 экз. Печать офсетная. Формат 62x84 1/8.