

ми. На рис. 4б представлены результаты расчетов смещения резонансов антенны и запрещенной зоны фотонного кристалла как функций нормированного радиуса элементов периодической структуры.

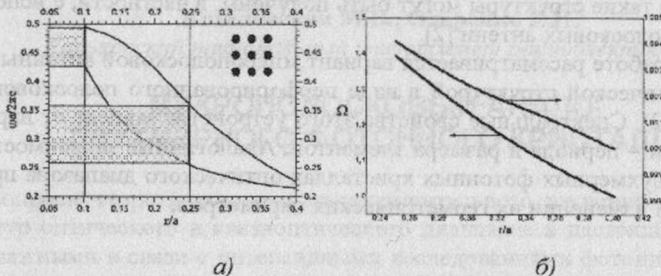


Рис. 4. Результаты расчетов запрещенных зон и их смещения

Таким образом, с помощью перфорированной микрополосковой антенны можно анализировать закономерности изменения спектральных свойств соответствующих двухмерных фотонных кристаллов оптического диапазона.

Литература:

1. Photonic crystals, John D. Joannopoulos, Steven G. Johnson, Joshua N. Winn, Robert D. Meade, 2008.
2. M. Rahman, M.A. Stuchly. Circularly polarized patch antenna with periodic structure, IEE Proc.-Microw. Antennas Propag., Vol. 149, No. 3, June 2002.

Котелевская М.В., Одаренко Е.Н.

Харьковский национальный университет радиозлектроники

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДОВ В ПРОГРАММЕ MIT PHOTONIC BANDS

Исследование физических свойств периодических структур позволяет определить основные закономерности их взаимодействия с электромагнитным излучением. Наличие спектральных областей пропускания и запирания обуславливает возможность использования таких структур в качестве полосовых фильтров, а также других функциональных элементов в различных частотных диапазонах. В оптике наиболее наглядным примером применения периодических структур являются Брэгговские зеркала – многослойные системы с периодическим изменением показателя преломления. В этом случае обычно говорят об одномерном фотонном кристалле. Если периодический закон изменения фи-

зических и геометрических свойств структуры реализуется в двух перпендикулярных направлениях, то формируется двумерный фотонный кристалл [1].

Одной из ключевых задач при анализе фотонных кристаллов является определение их дисперсионных характеристик. В данной работе для этого используется свободно распространяемая программа MIT Photonic Bands (MPB), разработанная С. Джонсоном на основе метода, изложенного в работе [2]. Данное программное обеспечение позволяет получать дисперсионные диаграммы для фотонных кристаллов различной размерности. Поскольку при формировании волноводных трактов часто достаточно ограничиться двумерной моделью, то в дальнейшем все расчеты проводятся для фотонных кристаллов, состоящих из бесконечных цилиндрических элементов. Рассматриваются два базовых варианта – диэлектрические цилиндры в вакууме и вакуумные цилиндры в диэлектрике.

Для формирования волноводов в таких структурах обычно применяется методика создания линейного дефекта, т.е. локального нарушения периодичности. Вместе с тем периодичность должна сохраняться по направлению вдоль волновода. Поскольку здесь волновод является фактически открытым, то локализация электромагнитного излучения в нем возможна только в диапазоне частот, соответствующем запрещенной зоне бесконечной периодической структуры.

На рис. 1а представлены дисперсионные характеристики фотонного кристалла, состоящего из диэлектрических цилиндров, расположенных по тетрагональной схеме в вакууме с пространственным периодом a . Волноводный канал образован путем удаления одного ряда цилиндров вдоль выбранного направления (схема на врезке к рис. 1а). Затемненные области на диаграмме обозначают запрещенные зоны. Наклонная прямая показывает место точек на диаграмме, в которых фазовая скорость равна скорости света.

Данная конфигурация фотонного кристалла имеет запрещенные зоны для ТМ-поляризации излучения, когда компоненты напряженности магнитного поля лежат в плоскости, перпендикулярной образующим цилиндров. На диаграмме видно, что наличие линейного дефекта в кристалле приводит к появлению решения дисперсионного уравнения в пределах запрещенной зоны. Это означает, что волновой процесс будет локализован в области дефекта, т.е. реализуется волноводный режим распространения электромагнитной энергии в фотонном кристалле. В данном случае «запертые» в области дефекта волны можно идентифицировать как Н-волны. В пределах запрещенной зоны дисперсионная кривая формирует однозначную зависимость между волновым числом и частотой излучения.

На рис. 1б представлены результаты расчета дисперсионной диаграммы для волновода большей ширины (удалено три ряда диэлектрических цилиндров). В пределах запрещенной зоны находится уже несколько дисперсионных кривых, т.е. в данном случае реализуется многомодовый режим волновода.

Следует отметить, что при увеличении ширины волновода значительно увеличивается время расчета, необходимое для получения дисперсионной диа-

граммы. Это объясняется необходимостью учета большого количества мод фотонного кристалла при увеличении поперечных размеров суперячейки.

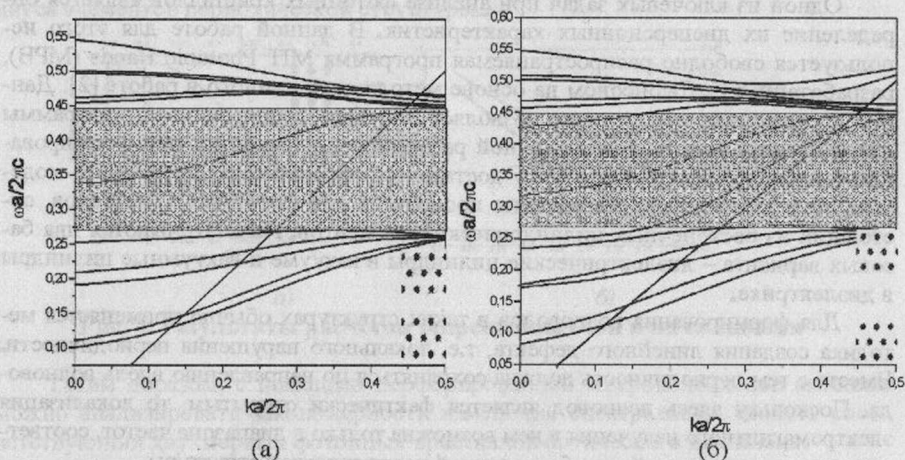


Рис. 1. Дисперсионные характеристики фотонного кристалла с линейным дефектом различной ширины, образованным отсутствующими рядами диэлектрических цилиндров.

Расчет волноводных режимов для фотонных кристаллов, образованных периодически расположенными отверстиями в диэлектрике проводится аналогичным образом. Отличие состоит в поляризации излучения и расположении запрещенных зон. В этом случае локализация излучения в линейном дефекте происходит для ТЕ-поляризации излучения, и соответствующая волноводная волна будет Е-типа.

Литература:

1. K. Sakoda. Optical Properties of Photonic Crystals. Springer, 2001. 223 p.
2. Johnson S. G. and Joannopoulos J. D., Block-iterative frequency-domain methods for Maxwell's equations in a plane wave basis. Optics Express. 2001. no. 3. pp.173-190.