

## Оптика

**Заец Т. М., Одаренко Е. Н.**

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина  
Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина*

### **ДИСПЕРСИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДОВ**

В настоящее время перспективным направлением современной оптики является управление излучением с помощью фотонных кристаллов (ФК) [1]. Особый практический интерес представляют собой волноведущие структуры на основе ФК, в которых возможно прохождение электромагнитной волны практически без потерь в любом, заранее выбранном направлении.

При проектировании фотонно-кристаллических волноводов (ФКВ) важной задачей является расчёт их дисперсионных характеристик, которые позволяют определить ряд эксплуатационных параметров. Поэтому в настоящее время актуальной является задача исследования закономерностей изменения дисперсии ФКВ в зависимости от различных параметров (геометрических размеров элементов структур, их материальных параметров и т. д.) [2].

В данной работе рассматривается один из вариантов изменения конфигурации ФКВ и воздействие этого изменения на дисперсионные характеристики устройства. Очевидно, что наибольшее влияние на характеристики ФКВ оказывают параметры элементов периодической структуры, которые непосредственно примыкают к волноведущему каналу. В связи с этим основное внимание в работе уделяется именно этим элементам.

В качестве исходной конфигурации ФК для формирования волновода используется квадратная сетка, в узлах которых расположены бесконечные диэлектрические цилиндры (двумерный ФК). На рис. 1 представлена дисперсионная характеристика данной структуры для ТМ поляризации (вектор магнитного поля лежит в плоскости рисунка). По оси абсцисс отложено безразмерное волновое число, по оси ординат – безразмерная частота. Здесь

$a$  – период структуры,  $c$  – скорость света в вакууме. Горизонтальной полосой обозначена первая фотонная запрещённая зона. Именно этот участок спектра используется для построения ФКВ.

На врезке к рис. 1 представлена схема данной структуры. Дисперсионные характеристики рассчитывались с помощью программного пакета MIT Photonic Bands (MPB) в пределах первой зоны Бриллюэна [3].

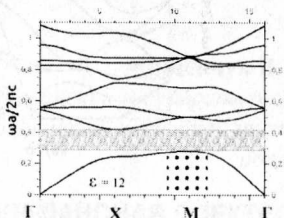


Рис. 1 – Дисперсионная характеристика ФК

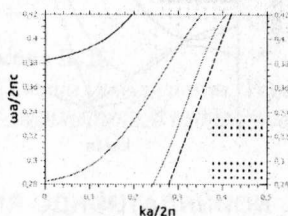


Рис. 2 – Дисперсионная характеристика ФКВ

На рис. 2 представлена дисперсионная диаграмма ФКВ, схема которого показана на врезке к рисунку. В данном случае дисперсионные кривые построены в пределах первой запрещенной зоны базового ФК (см. рис. 1).

Наклонной штриховой прямой на рис. 2 обозначена линия света. В данном случае в запрещённой зоне формируются три дисперсионные кривые, что указывает на возможность существования трёх мод. Очевидно, что фазовая скорость для всех локализованных мод ФКВ в данном случае превышает скорость света в вакууме.

Рассмотрим далее дисперсионные характеристики ФКВ при увеличении вдвое радиуса цилиндров, примыкающих к волноводному каналу (рис. 3а), а также в предельном случае, когда канал ФКВ вырождается в пустотелый диэлектрический волновод (рис. 3б).

Из рис. 3 видно, что изменения конфигураций элементов ФК на границах волноводного канала приводит к существенному изменению дисперсионных характеристик волноводной структуры. Увеличивается количество дисперсионных кривых в запрещенной зоне, что свидетельствует об обогащении модового состава ФКВ. Кроме того, в отличие от стандартного

волновода (рис. 2) здесь реализуются не только быстрые, но и замедленные волны, фазовая скорость которых меньше скорости света в вакууме.

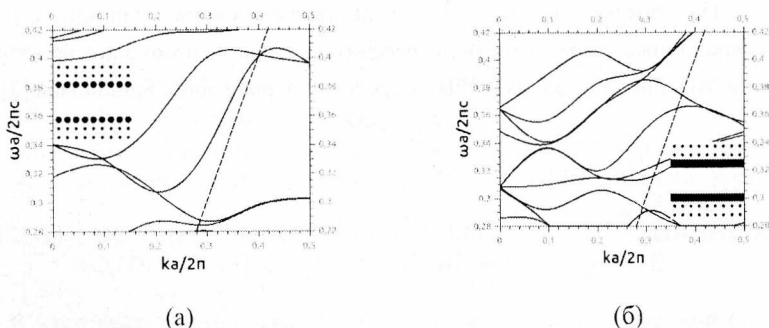


Рис. 3 – Дисперсионные диаграммы модифицированных ФКВ.

Таким образом, модификация ФКВ, которая заключается в изменении конфигурации элементов ФК на границах волноводного канала, приводит к существенному изменению дисперсионных характеристик. Изменяется количество мод, локализованных в области дефекта периодической структуры. Причём, наряду с волноводными модами формируются поверхностные моды, которые являются замедленными по сравнению со скоростью света в вакууме.

### Литература

1. Lourtioz J.M., Henri Benisty H., et al. Photonic Crystals. – Springer-Verlag, 2008. – 514 p.
2. Baba T., Adachi J., Ishikura N. Dispersion-controlled slow light in photonic crystal waveguides// Proc. Jpn. Acad. – 2009, No. 10. – P. 443-452.
3. Johnson S. G., Joannopoulos J. D. Block-iterative frequency-domain methods for Maxwell's equations in a planewave basis // Optics Express. – 2001, No. 3. – P. 173-190.