

А.В. САРАФАННИКОВА¹, А.И. ГАРИФУЛЛИН¹,
Р.Х. ГАЙНУТДИНОВ^{1,2}

¹*Казанский (Приволжский) федеральный университет*

²*Институт перспективных исследований АН Республики Татарстан, Казань*

РАСЧЁТ ЗОННОЙ СТРУКТУРЫ ОДНОМЕРНЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ МЕТОДОМ ПЛОСКИХ ВОЛН И МЕТОДОМ МАТРИЦ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

В этой работе производится расчёт дисперсионных соотношений для одномерного фотонного кристалла при нормальном падении излучения при помощи метода плоских волн, а также для падения под углом при помощи метода матриц переноса. Приводятся графики для диапазона частот видимого света.

A.V. SARAFANNIKOVA¹, A.I. GARIFULLIN¹,
R.H. GAINUTDINOV^{1,2}

¹*Kazan Federal University*

²*Institute of Perspective Researches of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan*

CALCULATION OF ONE-DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTAL BAND STRUCTURE USING THE PLANE WAVES METHOD AND THE PROPAGATION MATRIX METHOD

In this work, the dispersion relations in a one-dimensional photonic crystal are calculated at normal incidence of radiation using the plane wave method, and also for incidence at an angle using the transfer matrices method. The graphs are given for the frequency range of visible light.

Одномерные фотонные кристаллы – материалы, обладающие множеством интересных свойств, так как они обладают узким спектром пропускания, что позволяет применять их для регистрации комбинационного рассеяния, или в качестве плоских волноводов [1].

Цель работы – вычислить дисперсионные соотношения, необходимые для создания фотонного кристалла, соответствующего нуждам. Для расчёта дисперсионных соотношений в фотонном кристалле при нормальном падении излучения будет использован метод плоских волн. Зонная структура, полученная при помощи этого метода [2], хорошо согласуется с экспериментальными данными. При допущении, что каждый слой фотонного кристалла однороден, а все границы раздела представляют собой параллельные плоскости в этом методе используется

теорема Блоха. При помощи неё необходимо разложить вектор напряжённости магнитного поля по плоским волнам. Для этого необходима периодическая функция, в роли которой выступит обратная диэлектрическая проницаемость, разложенная в ряд Фурье. Вычисляя различное количество компонент, можно получить различную точность и пронаблюдать запрещённые зоны в фотонном кристалле [3, 4]. В этой работе рассчитаны дисперсионные соотношения и соотношения для 2 и 10 компонент магнитного поля. При помощи этого метода возможно построить трёхмерные графики дисперсионных соотношений, но для этого требуются большие вычислительные мощности, поэтому будем рассматривать только компоненту k_z . В распределении компонент магнитного поля можно отметить возникновение стоячих волн между попарными компонентами на границах зон Бриллюэна ($k_z = \pm n\pi/2$, где n – целое число), что приводит к образованию фотонных запрещённых зон при данных значениях k_z .

Чтобы рассмотреть падение света под некоторым углом, будет применён метод матриц распространения. При рассмотрении фотонного кристалла в этом методе учитываются все три компоненты волнового вектора. В [5] описан вывод трансцендентного уравнения, с помощью которого вычислены дисперсионные соотношения в данной работе.

В данной работе были рассмотрены два случая распространения света:

1) свет падает на фотонный кристалл перпендикулярно его поверхности, дисперсионное соотношение зависит только от k_z компоненты волнового вектора k ;

2) свет падает под некоторым углом, в этом случае учитывается компонента k_x .

Для нормального падения излучения на поверхность фотонного кристалла производится вычисление дисперсионного соотношения только для компонент магнитного поля, так как при нормальном падении ТЕ и ТМ поляризации неразличимы. Во втором случае необходимо вычислять дисперсионное соотношение для каждой поляризации. При $k_x = 10^5 \text{ м}^{-1}$, ширина запрещённых зон уменьшается, что согласуется с теорией.

Список литературы

1. Кособукин В.А. // Окно в микромир. 2002. № 4. С. 4-9.
2. Белотелов В. И., Звездин А.К. // Квант. 2006. № 2. С.15-18.
3. Дегтяренко Н.Н., Каргин Н.И. Введение в физику и моделирование фотонных кристаллов. Учебное пособие. Москва: МИФИ, 2012.
4. Нурлигареев Д.Х., Сычугов В.А. //Квант. электроника. 2008. Т. 38. № 5. С. 452-461.
5. Skorobogatiy M., Yang J. Fundamentals of photonic crystal guiding. Cambridge University Press, 2009.