

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛЁНОЧНЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Волк Д.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Хорошко Л.С. – канд. физ.-мат. наук

Предметом исследования данной работы являлось моделирование устройств на основе фотонных кристаллов (ФК). Предложена структура ФК и проанализированы его оптические свойства с применением модуля геометрической оптики пакета COMSOL Multiphysics®.

Фотонными кристаллами являются структуры с модуляцией в пространстве диэлектрических свойств по одному, двум или трём измерениям при масштабе порядка длины волны электромагнитного излучения [1]. Такие структуры могут быть использованы в областях нелинейной оптики, оптоэлектроники, СВЧ-техники и нанофотоники. ФК, работающие в инфракрасной и видимой областях спектра, также могут быть использованы для увеличения вычислительных мощностей и перспективного создания квантового компьютера.

В данной работе исследование свойств фотонных кристаллов проводили с помощью метода трассировки лучей, реализованного в модуле «Геометрическая оптика» программного пакета COMSOL Multiphysics®. В этом методе распространяющиеся электромагнитные волны рассматриваются как лучи, которые могут быть отражены, преломлены или поглощены на границах исследуемой геометрической модели. Рассмотрим простейшую структуру фотонного кристалла, включающую два диэлектрических материала А и В, удовлетворяющих четвертьволновому условию:

$$n_A \cdot q_A = n_B \cdot q_B = \frac{1}{4}. \quad (1)$$

где  $n_A$ ,  $n_B$  – коэффициенты преломления, а  $q_A$ ,  $q_B$  – толщины пленок для различных материалов, соответственно. С увеличением количества чередующихся слоев АВ можно наблюдать эффект образования фотонной запрещенной зоны в спектре пропускания пленочной структуры вида  $(AB)_n$ , как показано на рисунке 1 [2].

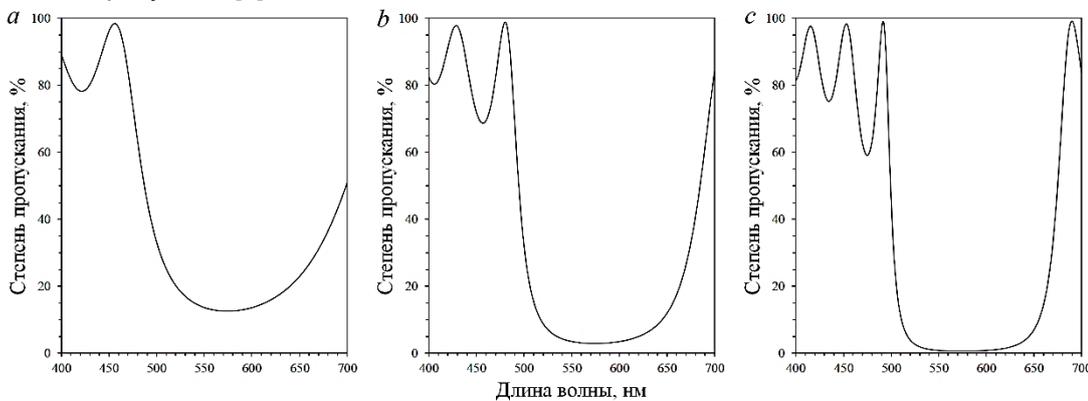


Рисунок 1 – Образование фотонной запрещенной зоны для структуры  $(AB)_n$  с различным значением  $n$ :  
а:  $n = 2$ ; б:  $n = 3$ ; в:  $n = 4$

Повторив два раза подряд один слой в такой структуре мы формируем т.н. «полуволновой дефект», означающий наличие пика резонансного пропускания на определенной длине волны, что позволяет использовать такой фотонный кристалл в качестве селективного фильтра, т.к. изменение толщин четвертьволновых слоев влияет на положение резонансного пика [3]. Если число четвертьволновых слоев с одной стороны полуволнового дефекта не равно числу слоев с другой стороны, то положение резонансного пика смещается в сторону меньшего числа слоев, что позволяет управлять его положением в запрещенной зоне. Для получения нескольких резонансных пиков в фотонной запрещенной зоне необходимо соответствующее количество дефектных слоев.

Таким образом, получена эффективная структура для создания устройств на основе фотонных кристаллов, позволяющая задавать различные параметры для получения различных оптических свойств.

#### Список использованных источников:

- [1] Benisty H. Photonic Crystals: an introduction / H. Benisty, V. Berger, J.-M. Gerard – Springer, Berlin, 2005 – 386 p.
- [2] Зайцев, Д.Ф. Нанофотоника и ее применение / Д.Ф. Зайцев. – Москва: «АКТЕОН», 2011. – 427 с.
- [3] Хорошко, Л.С. Моделирование многослойных ультратонких пленочных фотонных кристаллов для селективных фильтров / Л.С. Хорошко, А.В. Баглов, А.А. Гнатько // – Доклады БГУИР. – 2019. – № 7 (125). – С. 88-94.