

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ В СЛОИСТЫХ СРЕДАХ: ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА

Н. Дадашзадех, О. Г. Романов

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: romanov@bsu.by

В настоящее время значительное внимание исследователей уделяется разработке методов численного моделирования распространения лазерного излучения в фотонно-кристаллических структурах, основанных на непосредственном интегрировании уравнений Максвелла. Данный подход позволяет проследить динамику взаимодействия электромагнитного излучения с различного рода оптическими системами на базе фотонных кристаллов, не прибегая к каким-либо приближениям и упрощениям. Адекватное численное моделирование дает возможность во многом заменить трудоемкие и затратные экспериментальные работы на начальных этапах исследований. Одним из наиболее перспективных численных методов является метод конечно-разностной аппроксимации уравнений Максвелла в пространственной и временной области (*FDTD*-метод) [1].

В данной работе *FDTD*-метод решения уравнений Максвелла применяется для численного анализа задачи о прохождении сверхкоротких световых импульсов через тонкие диэлектрические слои, а также многослойные диэлектрические структуры. Рассчитываются распределения векторов напряженности электрического и магнитного поля вблизи границ раздела сред, анализируются энергетические соотношения для падающего, прошедшего и отраженного светового импульса.

В качестве примера рассмотрим распространение сверхкороткого светового импульса $E = E_0 \exp\left[-\frac{(t-t_0)^2}{\tau_i}\right] \sin\left(2\pi\frac{\lambda}{c}t\right)$ длительностью $\tau_i = 5 \div 20$ фс, с длиной волны излучения $\lambda = 1$ мкм через структуру, состоящую из 6 чередующихся слоев толщины $l = 400$ нм с показателями преломления $n_1 = 1$ и $n_2 = 2.5$. Выбор данных параметров позволяет продемонстрировать основные свойства фотонных кристаллов – наличие запрещенных частотных зон в спектрах пропускания или отражения. Расчет фурье-спектров прошедшего и отраженного световых импульсов, представленных на рис. 1, проводился в программе *Origin*. Рассмотрим спектры в области, близкой к несущей частоте $\tilde{\omega} = 1$. Как видно из рис. 1, 2, частота $\tilde{\omega} = 1$ в спектре отражения соответствует

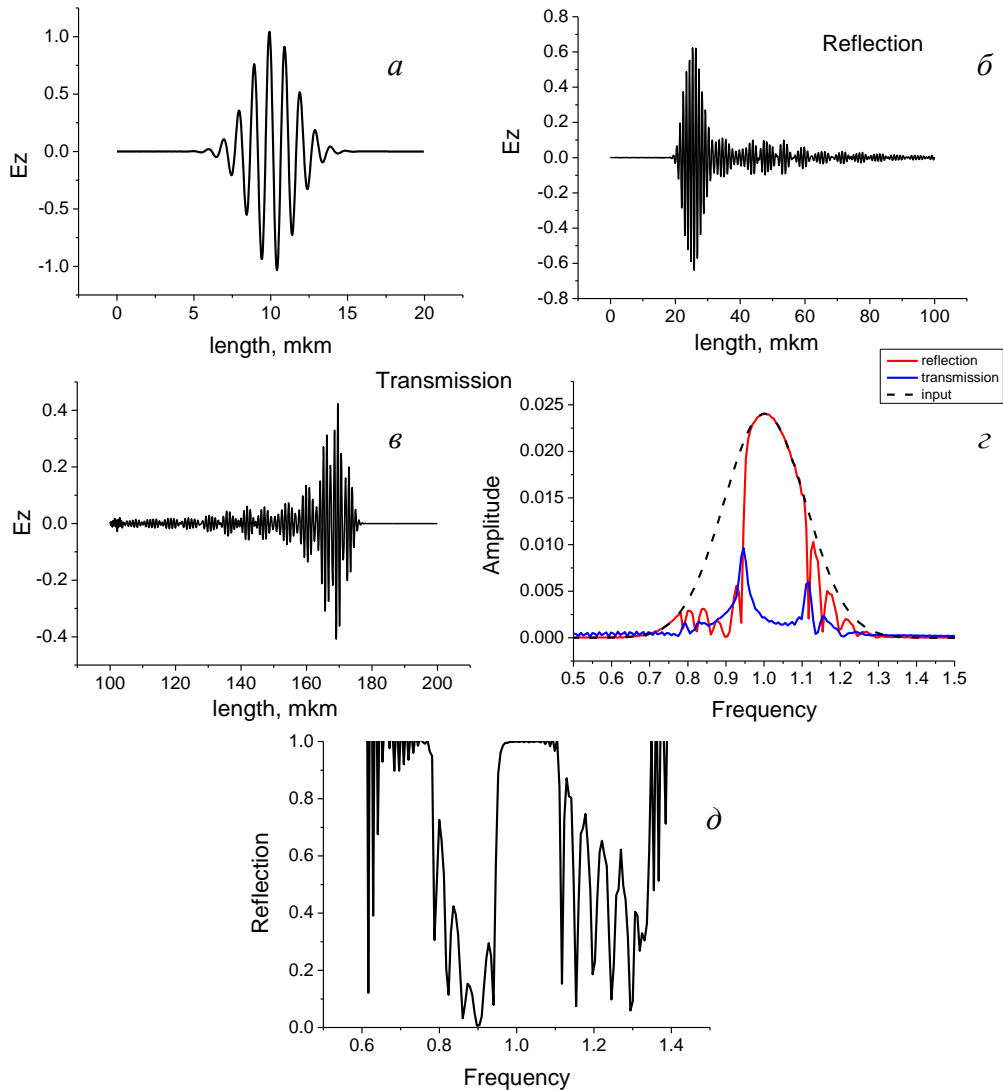


Рис. 1. Вид сигналов: входного (а), отраженного (б) и прошедшего (в), их Фурье-спектров (г) и спектра пропускания структуры (д)

максимуму, а в спектре пропускания – минимуму. Таким образом, вблизи несущей частоты $\tilde{\omega} = 1$ можно выделить фотонную запрещенную зону, где пропускание отсутствует, а отражение максимально (рис. 1 д).

В заключение отметим, что использование в численных расчетах сверхкоротких импульсов с широким фурье-спектром позволяет в одном численном эксперименте рассчитать спектр пропускания и отражения фотонной структуры, что является весьма удобным с точки зрения, по крайней мере, затрат компьютерного времени.

1. Kawano K., Kitoh T. Introduction to Optical Waveguide Analysis: Solving Maxwell's Equations and the Schrödinger Equation. John Wiley and Sons Inc. 2001.