

**Пространственная дисперсия в диэлектрических композитах***А.А. Ушков, А.А. Щербаков*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

В работе исследуются оптические свойства трехмерно-периодических диэлектрических структур, в режиме, когда периоды  $\Lambda$  меньше длины волны  $\lambda$  падающего излучения. Важную роль в описании этих свойств играет пространственная дисперсия, которая возникает из-за нелокальности связи между полем и поляризацией среды. Величина пространственной дисперсии оценивается параметром  $a/\lambda$ , где  $a$  - характерный масштаб среды, и обычно даже в оптическом диапазоне она не превышает  $a/\lambda \sim 10^{-3}$ . Несмотря на малость эффекта, он приводит к появлению семи оптических осей у кубических решеток [1]. В случае искусственных композитов нами обнаружено, что при  $a/\lambda \sim 10^{-1}$  подобными необычными свойствами обладают решетки и других симметрий.

Пространственная дисперсия приводит к зависимости тензора диэлектрической проницаемости не только от частоты, но и от волнового вектора:  $\varepsilon_{ij}(\omega, \mathbf{k})$ . Малость эффекта позволяет в случае центрально-симметричной элементарной ячейки ограничиться рассмотрением только квадратичных поправок по  $\mathbf{k}$ :

$$\varepsilon_{ij}(\omega, \mathbf{k}) \approx \varepsilon_{0ij}(\omega) + \beta_{ijlm}(\omega) k_l k_m \quad (1)$$

Тензор  $\beta_{ijlm}(\omega)$  состоит из 81 элемента, однако его физический смысл и симметрия рассмотренных нами сред уменьшает число ненулевых элементов до 12. В частных случаях сред с равными двумя или тремя периодами количество независимых параметров уменьшается соответственно до 7 и 3 [2].

В данной работе были проведены расчеты волновых (изочастотных) поверхностей трехмерных диэлектрических композитов *ab initio*-методом с использованием GPU-сервера. Количественно найдены зависимости элементов тензора  $\beta_{ijlm}(\Lambda/\lambda)$  и проанализированы деформации волновых поверхностей при изменении параметра  $\Lambda$  и соотношений между периодами.

В частности, было обнаружено, что оптическая ось, проходящая вдоль кристаллографического направления в случае кубической симметрии, расщепляется на две равнонаклонных к ней оси в среде с неодинаковыми периодами. При этом наибольшее количество оптических осей, равное 10, наблюдается для структур с тремя различными периодами.

Работа была выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, соглашение № 16-29-11747.

**Литература**

1. Агранович В.М., Гинзбург В.Л. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. М.: Наука, 1965.
2. Nye J.F. Physical properties of Crystals. Oxford: Clarendon Press, 1964.