

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 Λ меньше длины волны λ 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/λ , 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 Λ 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.