

50-я научная конференция МФТИ
Факультет проблем физики и энергетики
Секция квантовой оптики

УДК 538.958

Котов О.В.¹, Лозовик Ю.Е.²

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Институт спектроскопии РАН

**Спектры отражения, прохождения и поглощения
трёхмерного фотонного кристалла, содержащего
сверхпроводящие материалы**

Фотонные кристаллы — среды, как правило, искусственные, в которых коэффициент преломления периодичен по пространственным координатам. Фотонные кристаллы можно подразделить на одномерные, двумерные и трёхмерные. В данной работе исследуется трёхмерный фотонный кристалл. Если геометрия одномерных фотонных кристаллов чаще всего однозначна — это система чередующихся в одном направлении плоскопараллельных слоёв с различными показателями преломления, то геометрия трёхмерных фотонных кристаллов куда более разнообразна. Наиболее распространёнными примерами трёхмерных фотонных кристаллов являются: система шариков, помещённых в узлы решётки (прямой опал), система шарообразных отверстий внутри сплошного материала (инверсный опал), система пересекающихся и чередующихся в пространстве по трём направлениям стержней — «поленница» («log piles»). Как и в обычных кристаллах, у трёхмерных фотонных кристаллов в виде системы шариков основными типами кристаллических решёток являются кубическая, гранецентрированная, гексагональная и т. д.

Фотонные кристаллы вызывают большой интерес для многочисленных практических приложений, в основном благодаря своему свойству не пропускать электромагнитные волны в определённом частотном диапазоне — фотонной щели, зависящей от геометрических параметров фотонного кристалла и от свойств материала. Фотонные кристаллы могут быть применены при создании квантового компьютера, в качестве высокоскоростных волноводов (фотонно-кристаллическое волокно) или оптических переключателей, детекторов, счётчиков, одномодовых светодиодов, фильтров, триггеров: за счёт изменения некоторых параметров фотонных кристаллов можно сдвигать и менять размер фотонной щели (переключение по частотам), или, например, для создания или суперпризм и суперлинз.

Данная работа посвящена исследованию влияния температуры на спектральные свойства трёхмерного фотонного кристалла, содержащего сверхпроводящие материалы. Рассматривается структура фотонного кристалла с геометрией прямого гранецентрированного опала, состоящего из трёх слоев, разрезанных перпендикулярно

кристаллографическому направлению (111). Для такой структуры с периодом решётки a расстояние между соседними сферами: $r = a/\sqrt{2}$. Каждый слой такого фотонного кристалла представляет собой двумерную треугольную решётку с периодом r . В узлах решётки расположены непересекающиеся сферы из сверхпроводящего материала. Для определённости в качестве такого материала выбран высокотемпературный сверхпроводник YBaCuO с температурой перехода $T_c = 91$ К. Материалом самих слоёв, в которые помещены сферы, выбран обычный диэлектрик с магнитной проницаемостью $\mu = 1$ и диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 4,41$. Теоретически для наилучшего контраста удобнее было бы рассматривать слои с проницаемостью $\varepsilon = 1$, то есть воздух, но технологически изготовить такую структуру жёстко зафиксированных в воздухе шариков не возможно.

В настоящее время существует несколько способов расчёта оптических свойств фотонных кристаллов. Для расчёта рассматриваемой структуры, в силу сферической симметрии входящих в неё компонент, наиболее целесообразно было воспользоваться методом разложения по сферическим волнам Корринга–Кона–Ростокера (ККР) [1]. В данной работе расчёт производился с помощью его модификации layer-KKR [2]. Этот метод представляет собой совмещение метода ККР с методом матрицы перехода. Расчёт внутри одного периода фотонной решётки ведётся с помощью ККР, а далее, получив таким образом матрицу перехода для одного периода и возведя её в степень числа периодов, получаем результаты для всего кристалла. Очевидно, что такой модифицированный метод работает значительно быстрее обычного ККР, так как численный счёт производится только для одного периода.

С помощью метода layer-KKR в данной работе исследовано изменение спектральных свойств трёхмерного фотонного кристалла, содержащего сверхпроводящий материал, под влиянием температуры. Зависимость диэлектрической проницаемости сверхпроводника от температуры описывалась в рамках модели Казимира–Гортера. Интерес к фотонным кристаллам, содержащим сверхпроводник, связан с удобством управления свойствами фотонного кристалла с помощью внешнего параметра — температуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kohn W., Rostoker N.* Solution of the equation in periodic lattices with an application to metallic lithium // Phys. Rev. — 1954. — N. 94. — P. 5.
2. *Stefanou S., Yannopoulos V., Modinos A.* Heterostructures of photonic crystals frequency bands and transmission coefficients // Computer Physics Communication. — 1998. — N. 13. — P. 49–77.

Представленная выше версия доклада является ознакомительной.

Версию доклада, предназначенную для печати, можно найти в факультетском сборнике трудов конференции. Электронные материалы конференции публикуются по адресу http://www.mipt.ru/nauka/conf50/plen_sections/