

ФОКУСИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ДВУМЕРНЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ*

А.Ю. Ветлужский

Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

Рассматриваются методы фокусировки электромагнитных волн, основанные на использовании двумерных фотонных кристаллов, образованных металлическими и диэлектрическими элементами. В первом случае физическая основа создания систем фокусировки излучения заключается в проявлении металлическими фотонными кристаллами на частотах первой разрешенной зоны свойств однородной среды с ультранизкими значениями показателя преломления. Во втором – для фокусировки используется возможность конструктивной интерференции волн прямого прохождения и краевых волн, дифрагирующих на краях пространственно ограниченных диэлектрических структур.

Ключевые слова: фотонные кристаллы, фокусировка, локализация излучения, резонаторы, линзы, коллиматоры.

Введение

Фотонные кристаллы (ФК) – среды с периодически меняющейся в пространстве диэлектрической проницаемостью с характерным масштабом периодичности, сопоставимым с длиной волны электромагнитного излучения. Современная концепция ФК была сформулирована в работе [1]. Ключевое понятие теории фотонных кристаллов – запрещенная зона, означающее полосу частот, в пределах которой подавляется распространение электромагнитных волн через ФК. Физическая природа такого подавления заключается в брэгговском рассеянии излучения на периодических неоднородностях среды. Таким образом, спектр пропускания любого ФК представляет собой чередование запрещенных и разрешенных зон, при этом в диапазоне последних излучение практически свободно проходит через ФК.

Области практического применения ФК существенным образом зависят от характера пространственной периодичности кристалла. Одномерные ФК могут, например, рассматриваться как основа эффективных резонаторов радио- и оптического диапазонов [2], а двумерные – как базовый элемент различного рода волноводных и преобразующих световые потоки устройств [3]. Трехмерные кристаллические структуры, способные к формированию полных запрещенных зон, могут обеспечить полный контроль спонтанного испускания фотонов, что позволит, в принципе, создавать беспороговые лазеры [4]. Однако, несмотря на уникальные свойства трехмерных структур и проводимые в последние годы их всесторонние теоретические исследования, непосредственная их практическая реализация для использования в оптическом диапазоне все еще представляет значительные трудности. Поэтому двумерные ФК, создание которых современными технологическими методами не составляет сложностей, а интересные физические свойства выглядят на настоящее время даже более разнообразными, чем у их трехмерных аналогов, вызывают особый интерес в силу возможности непосредственного практического применения.

Особое место среди ФК занимают металлические структуры/проволочные среды (*wire media*). Наиболее распространенным их видом являются двумерно-периодические решетки, образованные цилиндрическими элементами малого радиуса и большой, по сравнению с длиной волны, протяженности, имеющие высокую проводимость в радио- и инфракрасном диапазонах. Основной особенностью металлических ФК, отличающей их от диэлектрических структур, является наличие полной низкочастотной запрещенной зоны, формирующейся при *ТМ*-поляризации излучения (вектор *E* параллелен осям элементов). Физический механизм, приводящий к ее формированию, не связан с брэгговским рассеянием, а может быть объяснен на основе проведения прямой аналогии между возбуждением среды из тонких проводников с поведением плазмонных образований в твердом теле.

* Работа поддержана Министерством образования и высшей школы РФ (грант № 075-15-2020-787 для реализации проекта «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории»).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>