

基于COMSOL的二维光子晶体特性仿真

曾恒亮^{1, 2}, 张萌^{1, 3}, 寇杰^{1, 2}, 姚本溪^{1, 2}

1. 中国科学院大学, 北京 100190;
2. 中国科学院光电技术研究所, 成都 610209;
3. 中国科学院半导体研究所, 北京 100083;

简介: 光子晶体能够实现对光自由操纵和控制, 本文研究对象为正方晶格二维光子晶体, 基于其泛函形式, 利用 COMSOL Multiphysics® 进行仿真, 直观了解光子晶体器件的特性。

结果: 根据泛函形式和假定模型参数分别对线型缺陷、点缺陷、线-点结合缺陷等光子晶体进行仿真分析。

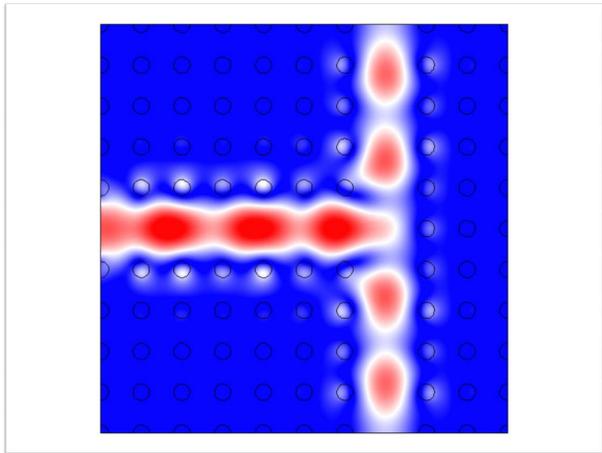


图 1. T型缺陷正方晶格二维光子晶体光场分布图

计算方法: 由Maxwell方程组和光学Bloch可推导出二维光子晶体TE和TM偏振模式的泛函形式, 分别如下:

$$F(\Phi) = \iint \left\{ \frac{1}{\epsilon(\mathbf{r})} \left[\left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial y} \right)^2 \right] - 2ik \cdot \frac{1}{\epsilon(\mathbf{r})} \Phi \cdot \left[\frac{\partial \Phi}{\partial x} + \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right] + \left[k^2 \frac{1}{\epsilon(\mathbf{r})} - ik \cdot \nabla \frac{1}{\epsilon(\mathbf{r})} - \left(\frac{\omega}{c} \right)^2 \right] \Phi^2 \right\} d\Omega$$

$$F(\Phi) = \iint \left\{ \frac{1}{\epsilon(\mathbf{r})} \left[\left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial y} \right)^2 \right] - 2ik \cdot \frac{1}{\epsilon(\mathbf{r})} \Phi \cdot \left[\frac{\partial \Phi}{\partial x} + \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right] + \left[k^2 \frac{1}{\epsilon(\mathbf{r})} - \left(\frac{\omega}{c} \right)^2 \right] \Phi^2 \right\} d\Omega$$

研究中基于的正方晶格二维光子晶体晶格常数为 $a=0.6\mu\text{m}$, 基质为空气, 介电常数为1, 介质柱半径为 $r=0.2*a$, 介电常数4.4.

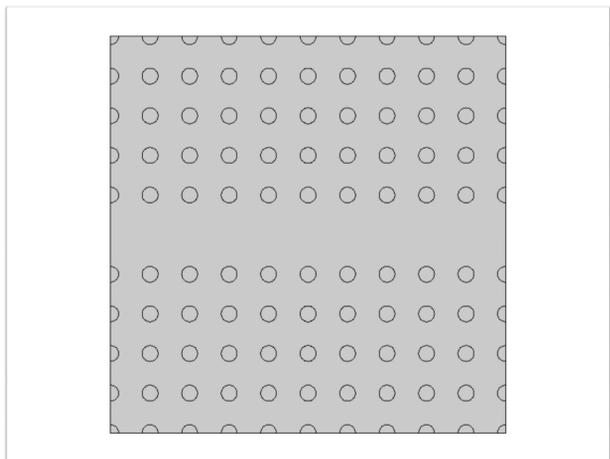


图 2. 二维正方格光子晶体基本模型

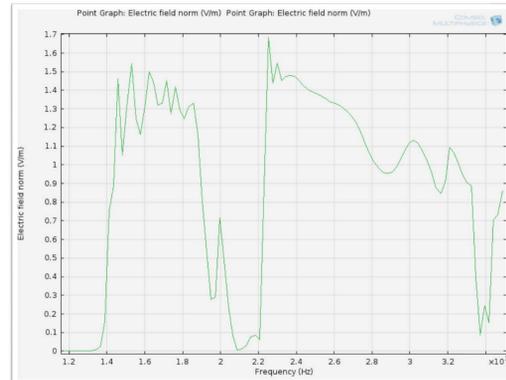


图 3. 线型缺陷光子晶体频谱分布图

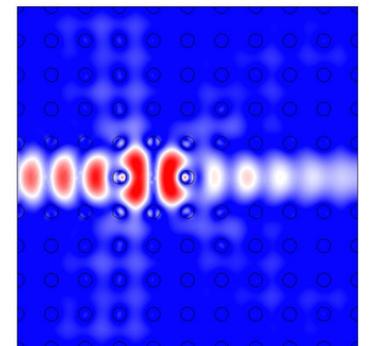


图 4. 中央点缺陷光子晶体光场分布图

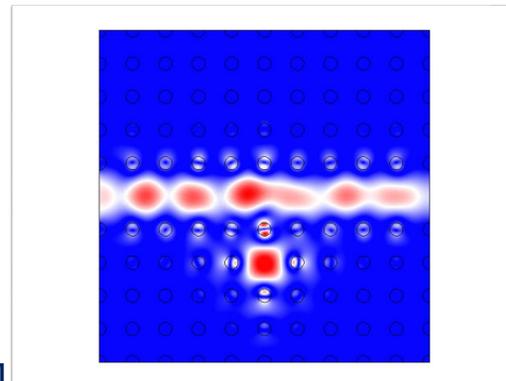


图 5. 线-点缺陷光子晶体光场分布图

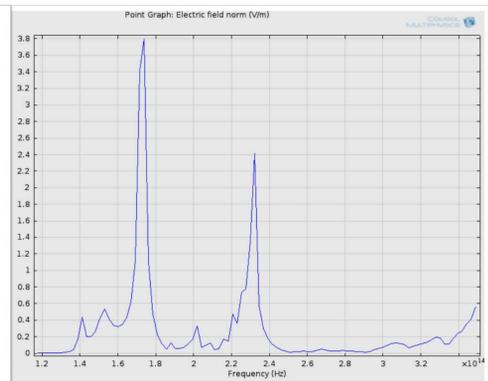


图 6. 线-点缺陷光子晶体在点缺陷处频谱分布图

结论: 仿真结果较好体现光子晶体特性, 同时可以看到线型、中央点缺陷、线-点缺陷同光纤、光滤波器、光波分复用等有一定类似性, 进一步研究各种器件影响特性, 可以很好实现对光进行控制。

参考文献:

1. 欧阳征标等, 多层光子晶体滤波研究[J], 光学学报, 01, 017 (2002)
2. 李未等, 二维三角形光子晶体带隙与耦合特性研究[J], 03, 019 (2011)
3. 姜源源等, 正方形多芯光子晶体光纤的有限元分析, 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2011年第3期