

基于金属波导的结构色散实现各向异性超材料

季文杰^{1,2}, 罗杰^{2*}, 赖耘^{1*}

1. National Laboratory of Solid State Microstructures, School of Physics, and Collaborative Innovation Center of Advanced Microstructures, Nanjing University, Nanjing 210093, China
 2. School of Physical Science and Technology, Soochow University, Suzhou 215006, China

简介: 基于金属波导的结构色散, 研究人员可以仅利用正介电常数的电介质实现等效的负或零介电常数的波导超材料, 然而这些波导超材料通常是各向同性的[1]。因此, 本工作探究了利用金属波导的结构色散实现各向异性超材料的可行性。

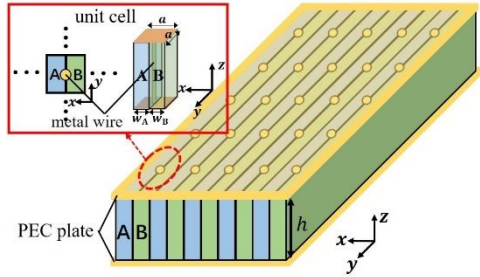


图 1. 各向异性波导超材料结构示意图[3]。

计算方法: 仿真中使用了波动光学模块的特征频率以及频域研究。

结果:

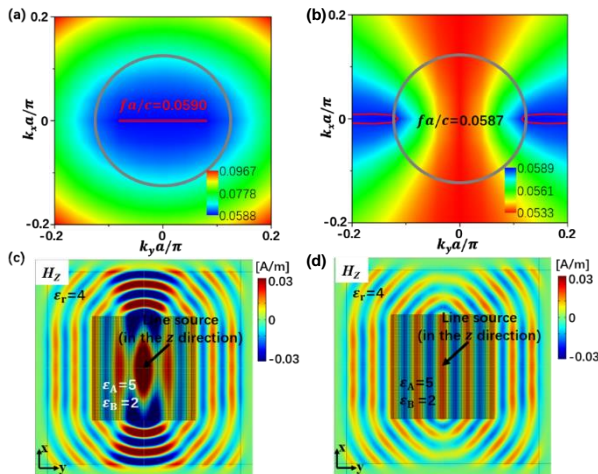


图 2. (a) (b) 波导超材料晶胞在不同频率范围下的等频率曲线图, 红色曲线为各向异性零折射率超材料的色散曲线。(c) (d) 磁流源放置在波导超材料中心向外辐射磁场图, 电磁波在y方向以平面波的形式辐射到背景介质中, 此现象即为各向异性零折射率介质的典型现象—高指向性辐射现象[2]。

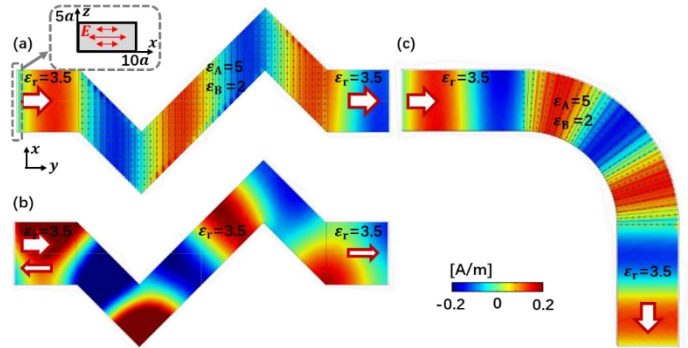


图 3. (a) (c) 利用各向异性波导超材料设计的高透射波导, z 方向磁场分布图。(b) 常规介质波导, z 方向磁场分布图[2]。

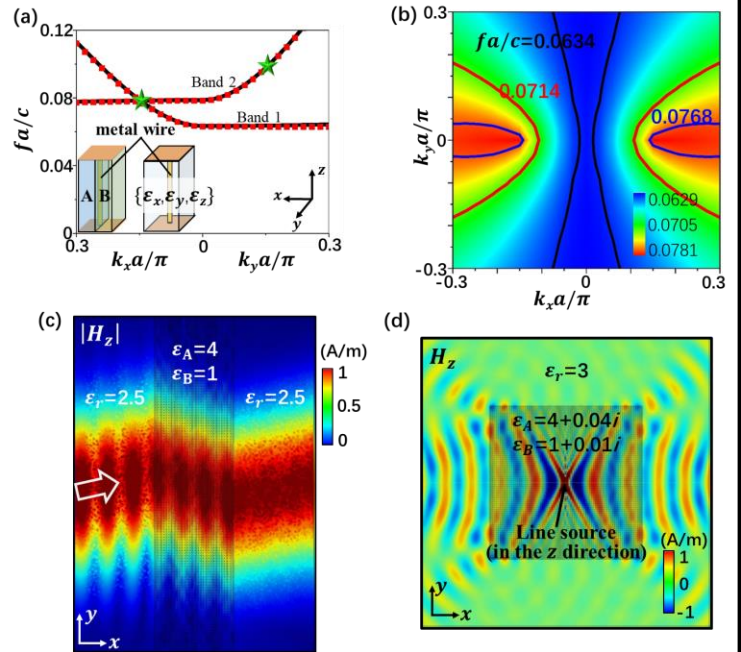


图 4. (a) 波导超材料晶胞的能带图。(b) 等频率曲线图, 在一定频率范围内呈现出双曲线函数的形式, 即实现了双曲型超材料。(c) 负折射现象。(d) 锥形辐射现象[3]。

结论: 我们通过仿真得到了波导超材料晶胞的等频率曲线图, 分别为各向异性零折射率超材料和双曲型超材料的典型色散关系, 并通过仿真验证了这两种材料各自典型的电磁波传播现象进一步证明了我们利用金属波导的结构色散实现了各向异性的波导超材料, 并且我们可以通过改变波导高度, 电介质A和B的介电常数和填充比灵活地设计所需的工作频率。

参考文献:

1. Della Giovampaola, C. & Engheta, N. Plasmonics without negative dielectrics. Phys. Rev. B 93, 195152 (2016).
2. Ji, W., Luo, J. & Lai, Y. Extremely anisotropic epsilon-near-zero media in waveguide metamaterials. Optics express 27, 19463 - 19473 (2019).
3. Ji W, Zhou X, Chu H, Luo J, Lai Y. Theory and experimental observation of hyperbolic media based on structural dispersions. (accepted)