

周玉坤¹, 房鑫盛², 李东庭², 王文琴³, 郝彤⁴, 李勇²

¹中国, 上海, 同济大学物理科学与工程学院, 同济大学测绘与地理信息学院; 中国, 合肥, 安徽建筑大学数理学院声学所

²中国, 上海, 同济大学物理科学与工程学院

³中国, 上海, 同济大学物理科学与工程学院, 同济大学测绘与地理信息学院

⁴中国, 上海, 同济大学测绘与地理信息学院

Abstract

由于在亚波长成像方面的潜在应用, 双负声学超材料(同时具有负的有效密度和负的有效模量)受到了广泛关注。然而, 已有的单带双负声学超材料的带宽限制了它的广泛应用。为了扩展双负带的带宽, 电磁超材料中引入了多带双负超材料。最近, 声学超材料研究人员设计了多带单负超材料。显然通过组合多带负有效密度和多带负有效模量超材料单元能够实现多带双负, 可是单元间的阻抗不匹配影响声波的透射率。本文提出基于单负的亥姆霍兹共鸣器单元通过波导耦合实现多带双负的声学超材料单元。我们利用两个亥姆霍兹共鸣器耦合实现负密度和负模量的重叠, 通过增加亥姆霍兹共鸣器实现多带双负超材料单元。该多带双负单元具有结构简单和双负带区间更容易调节等优点。

设计中我们使用COMSOL Multiphysics® software 优化了结构的参数, 分析了亥姆霍兹共鸣器的耦合距离对双负宽度的影响。利用COMSOL®的声学模块中的Frequency Domain仿真计算了结构的透射系数和反射系数。通过经典的有效参数反推公式, 给出了无损情况下的有效参数分布。为了更好的与实验数据比对, 我们在亥姆霍兹共鸣器管口利用了COMSOL Multiphysics®的Narrow Region Acoustics仿真功能计算了透射反射系数, 仿真结果与实验符合的很好。我们为了说明多带双负产生的物理机理, 利用COMSOL Multiphysics®的Eigenfrequency模块分析了结构的本征模式, 结果发现两个共鸣器耦合实现了同相共振模式和反相共振模式的重叠, 仿真与理论分析结果相一致。

Figures used in the abstract

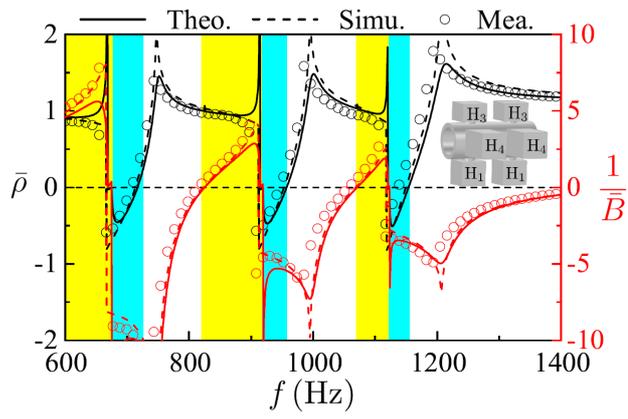


Figure 1: 三带双负单元结构和有效参数。点虚线为COMSOL®窄空间声学仿真结果，实线为理论分析结果，空心圆点线为实验结果。黄色区域是双正区，蓝绿色区域为双负区。