



请输入搜索内容

[首页](#) [学院概况](#) [师资](#) [科学研究](#) [本科生](#) [研究生](#) [诚聘英才](#) [学工园地](#) [新闻公告](#) [系友之家](#)

当前位置: [首页](#) > [新闻公告](#) > [新闻](#)

## 物理学院赖耘课题组在声学降噪领域取得最新研究进展

发布日期: 2021-08-23 访问量: 522

近日, 我院赖耘教授合作团队将各向异性的概念引入到三维折叠空间的系统中, 提出了一种打开低频、宽频声子带隙的方法, 并设计了既能隔音降噪, 又能通风透气的三维声学超构笼子。相关研究成果以 “Three-dimensional Soundproof

Acoustic Metacage” 为题于2021年8月16号发表在物理领域顶级期刊《Physical Review Letter》[DOI: 10.1103/PhysRevLett.127.084301]上, 并被选为编辑推荐文章。

该工作由南京大学赖耘教授课题组和美国麻省理工学院Nicholas X. Fang教授课题组等合作完成。南京大学为第一通讯单位。南京大学刘晨凯助理研究员为第一作者, 南京大学施锦杰博士和苏州大学赵伟博士为论文的共同一作, 其他合作者包括南京大学刘晓宙教授、彭茹雯教授、王牧教授, 苏州大学杭志宏教授、周萧溪博士, 美国威斯康辛大学麦迪逊分校Chu Ma助理教授, 西班牙马德里卡洛斯三世大学Johan Christensen教授。研究工作得到现代声学教育部重点实验室, 固体微结构物理国家重点实验室、南京大学物理学院、人工微结构科学与技术协同创新中心等平台支持, 获得国家重点研发计划、国家自然科学基金等项目资助。

隔音降噪在很多领域中具有重要意义, 包括建筑设计、城市规划、交通运输等。但是传统的隔音降噪方法或多或少存在限制。在日常生活中, 通风透气的需求也同样重要, 无论对于散热、或保持室内的空气流动都有着不可替代的意义。然而, 不同于可用于电磁波屏蔽的金属法拉第笼, 一般来说, 硬质笼子结构无法抵挡声波的穿透。这是因为低频声波具有衍射效应, 可以“挤”进缝隙和孔洞, 可以说是无孔不入。有趣的是, 近年来基于声学超构材料让隔音降噪和通风透气同时实现成为了一个热点研究方向。近年文献中被提出的物理机制包括了: 利用折叠空间/薄膜结构和直通道的透射波干涉相消, 铺设了超表面的声学通道及阵列, 基于亥姆霍兹共振腔以及Fano共振机制, 等等。然而, 至今为止, 大部分研究仍在带宽、低频区间等方面有一定限制, 而且主要聚焦于一维和二维的声学结构上。

在这项工作中, 研究人员首先将各向异性的概念和折叠空间相结合, 提出了一种新的低频和宽频隔音机制。他们设计了一种中心具有孔洞的面板, 并将这种面板组合形成了既能隔音降噪, 又能通风透气的三维声学超构笼子。面板中心开口孔洞连接着

四支隐藏在面板内部的旁支管道，形成了一个各向异性的折叠空间结构(图1(b))。该面板结构在低频下沿着孔洞的方向上具有一个宽频的声子带隙(图1(c))，保证了隔音降噪的功能。最终笼子内部会形成一个静音区域，外界声波很难进入。研究发现，沿孔洞方向的声子带隙其实和面板平面内的能带折叠有紧密的内在物理联系。这个带隙也可以用负数的有效弹性模量参数和非正定的质量密度张量来解释(图1(d))。

通过有限元仿真软件计算，得到了一系列的透射损耗频谱，进而揭示了稳定的隔音降噪性能。如图2(a)所示，当面板层数为1时，透射损耗峰值出现在1000Hz附近，并且随着层数的增加，带宽会迅速扩大。图2(b)展示了透射损耗不受入射角度的影响。图2(c-d)展示了隔音降噪的最低频率( $f_0$ )由旁支管道的长度 $L$ 决定，长度越长，频率越低；隔音降噪的带宽由中心孔洞的直径决定，直径越小，带宽越大。因此，在固定面板大小和厚度的前提下，通过调节参数，宽带隔音降噪的功能理论上可以在任意低频率实现。这个宽频带隙的机制不仅不同于普通的亥姆赫兹共振腔，而且也突破了常见的Fano共振的解释范畴。

实验上，利用声学阻抗管，得到了与仿真结果吻合的透射损耗数据，验证了超构笼子面板的隔音降噪性能。样品由树脂构成，通过3D打印技术制备。然后，研究人员将6个2x2原胞的面板组合起来，制备了一个三维超构笼子结构，并利用家用风扇引入气流，测试超构笼子在小气流影响下的隔音降噪性能(图3(a-b))。声音由固定位置的扬声器发出，在改变风扇位置和取向的不同情况下，利用麦克风测量笼子内外不同位置处的声强，如图3(c-e)所示。实验和理论符合得很好。结果表明，在复杂的气流环境中，该三维超构笼子能够有效地阻挡外部的噪音进入内部空间，实现了既能隔音降噪，又能通风透气的功能。此外，通过模态分析，研究人员发现了该声学超构笼子在截止频率处，具有和电磁法拉第笼子类似的性质。相反，普通的硬笼子则完全不具备隔音效果(图3(c-e))。

该机制为低频降噪领域提供了新的思路。

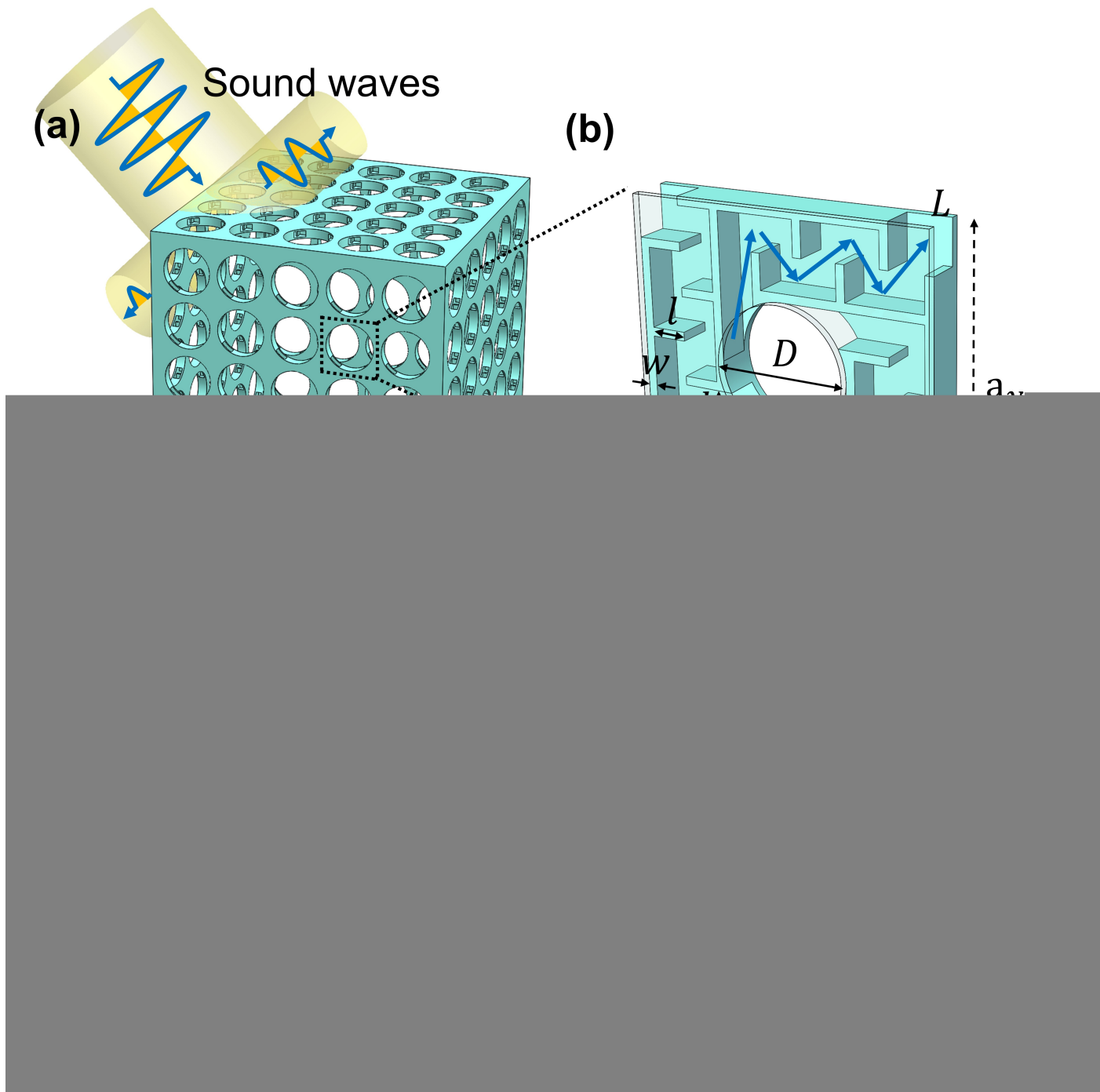


图1 (a)三维声学超构笼子的示意图。(b)原胞结构的透视图。(c)原胞结构的能带图。(d)相应的有效介质的频谱图。

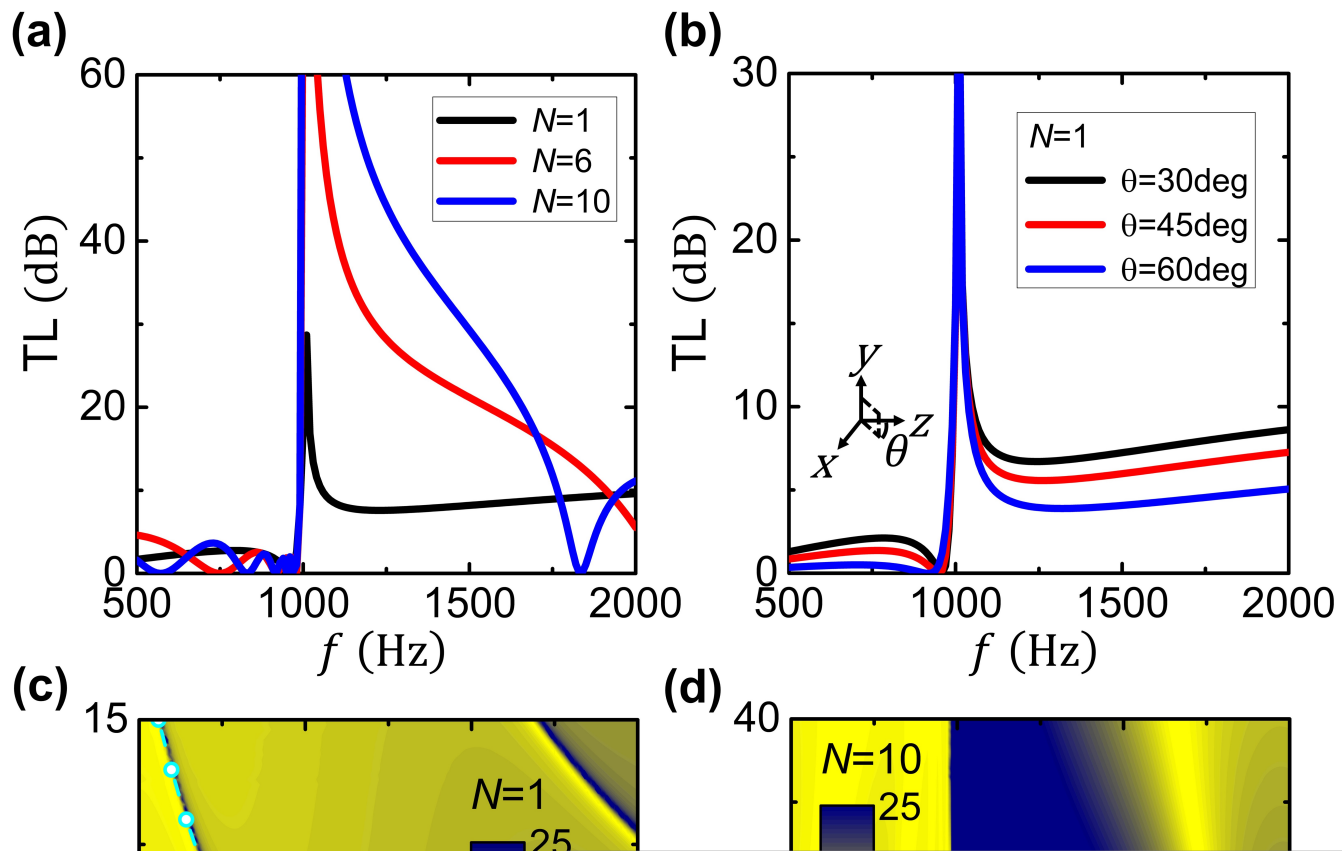


图2 (a)不同面板层数的透射损耗频谱图。(b)不同入射角度的透射损耗频谱图。(c)透射损耗随频率和管道长度变化的轮廓图。  
(d)透射损耗随频率和孔洞直径变化的轮廓图。

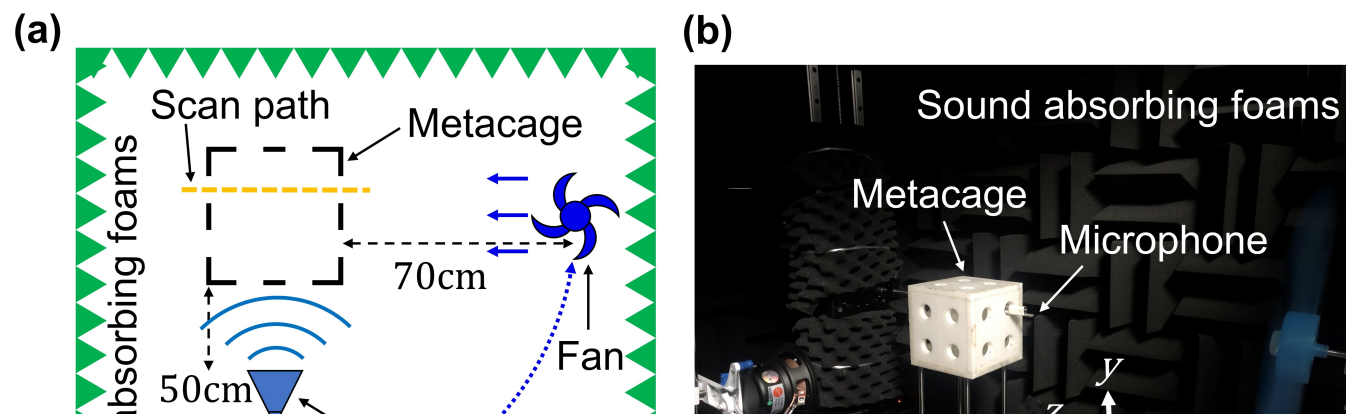


图3 (a)声学实验的示意图。(b)声学实验的照片。(c),(d),(e)分别表示了无风,侧风,顺风等不同气流场景下,不同空间位置的测得声强图。



笼子内部是 (-70mm,70mm) 范围。

论文链接:

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.127.084301>

分享:



上一篇: 物理学院崔著钊博士和Craig D. Roberts教授及合作者提出了一种从电子散射实验提取质子电荷半径的新方法

下一篇: 周勇课题组在光催化固氮取得最新研究成果

[南京大学](#)

[物理学报](#)

[研究生院](#)

[本科生招生网](#)

[小百合物理版](#)

[邮件系统](#)

[就业信息网](#)

[npj Quantum Materials](#)

Copyright 2020 All Rights Reserved. 南京大学物理学院版权所有