



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112951191 A

(43) 申请公布日 2021.06.11

(21) 申请号 202110198773.5

(22) 申请日 2021.02.22

(71) 申请人 长春理工大学

地址 130022 吉林省长春市朝阳区卫星路
7089号(东)

(72) 发明人 王永华 王义普 于化东 许金凯
廉中旭 弯艳玲 李晶 于占江
任万飞

(74) 专利代理机构 哈尔滨龙科专利代理有限公司 23206

代理人 李智慧

(51) Int. Cl.

G10K 11/162 (2006.01)

G10K 11/172 (2006.01)

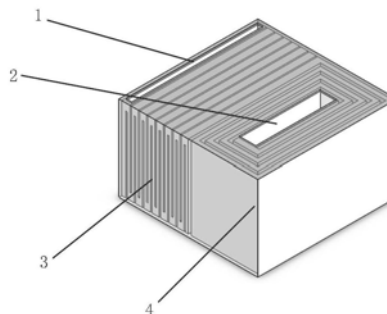
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

一种低频宽频带吸声复合结构及其制备方法

(57) 摘要

一种低频宽频带吸声复合结构及其制备方法,属于低频噪声吸收的声学材料领域。所述吸声复合结构包括一个或多个复合吸声体单元;复合吸声体单元包括卷曲空间结构和多孔材料;卷曲空间结构包括迷宫结构和与之相邻的折叠空腔结构;迷宫结构为从内至外以矩形形式绕制而成,内圈顶部开有矩形槽一;折叠空腔结构由顶部向下伸出和底部向上伸出的两排竖板交错组成,顶部远离迷宫结构的一侧开有矩形槽二,卷曲空间结构置于多孔材料内部。本发明的卷曲空间结构嵌入到多孔材料中,卷曲空间结构可用3D打印材料如树脂、PLA,ABS等,多孔材料可以为聚氨酯泡沫,三聚氰胺泡沫,吸声棉,纤维材料等,总体来讲结构的质量轻,成本低,吸声效果好。



1. 一种低频宽频带吸声复合结构,其特征在于:所述吸声复合结构包括一个或多个复合吸声体单元;所述复合吸声体单元包括卷曲空间结构和多孔材料(5);所述卷曲空间结构包括迷宫结构(4)和与之相邻的折叠空腔结构(3)两部分;所述迷宫结构(4)为从内至外以矩形形式绕制而成,迷宫结构(4)的内圈顶部开有矩形槽一(2);所述折叠空腔结构(3)由顶部向下伸出和底部向上伸出的两排竖板交错组成,所述折叠空腔结构(3)顶部远离迷宫结构(4)的一侧开有矩形槽二(1),卷曲空间结构置于多孔材料(5)内部。

2. 根据权利要求1所述的一种低频宽频带吸声复合结构,其特征在于:所述多个复合吸声体单元依次排列。

3. 根据权利要求1或2所述的一种低频宽频带吸声复合结构,其特征在于:多个复合吸声体单元具有不同的吸声峰。

4. 根据权利要求1所述的一种低频宽频带吸声复合结构,其特征在于:所述多孔材料(5)为泡沫材料、纤维材料或吸音棉中的一种。

5. 根据权利要求1所述的一种低频宽频带吸声复合结构,其特征在于:所述卷曲空间结构由3D打印得到。

6. 根据权利要求1或5所述的一种低频宽频带吸声复合结构,其特征在于:所述卷曲空间结构的材料为PLA、光敏树脂或ABS中的一种。

7. 根据权利要求1所述的一种低频宽频带吸声复合结构,其特征在于:所述卷曲空间结构设置在多孔材料(5)的中心位置处。

8. 一种权利要求1~7任一项权利要求所述的一种低频宽频带吸声复合结构的制备方法,其特征在于:所述方法具体为:卷曲空间结构通过3D打印获得;将制备的多孔材料,用泡沫切割机切成所需要的形状,将卷曲空间结构嵌入到多孔材料(5)内部。

一种低频宽频带吸声复合结构及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于低频噪声吸收的声学材料领域,具体涉及一种低频宽频带吸声复合结构及其制备方法。

背景技术

[0002] 环境噪声普遍存在于人们的生产、生活中,尤其在一些建筑工地,铁路两旁,飞机场等场所噪声污染更为严重,严重影响人们休息,甚至导致失眠、心情烦躁,给人们生活、学习、工作带来严重困扰,降低人们生活质量。传统的多孔材料,纤维材料等能有效的吸收中高频噪声,但低频噪声由于其波长较长,声穿透能力强等原因,传统材料很难进行吸收与衰减。噪声污染已成为现代世界的四大污染之一,降低低频噪声的研究引起了众多学者的广泛关注。

[0003] 吸声材料按期吸声机理分为多孔材料、共振吸声结构。多孔材料包括有机纤维材料、麻棉毛毡、无机纤维材料、玻璃棉等,主要通过材料内部大量微孔间隙,衰减声波,把声能转化为热能消耗掉,多孔材料在中高频吸声表现出良好的吸声性能。靠共振作用吸声的材料包括闭孔型泡沫塑料、膜状材料、板状材料等。

[0004] 近几年来,随着材料科学的发展,涌现出大量的新型材料,而声学超材料的发展颠覆了处理声学问题的诸多传统技术理念,成为研究的热点,超材料一般是人工设计周期性结构的材料,目前吸声型声学超材料有:薄膜型、局域共振型、谐振环与分裂管式、卷曲空间型。相比于传统材料,超材料结构质量更轻,体积更小,拥有高效的低频吸声性能。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为了解决工程领域低频噪声难以有效吸收的问题,提供一种低频宽频带吸声复合结构及其制备方法,通过设计声学超材料结构,将卷曲空间结构嵌入到其他传统多孔材料中,从而达到低频吸声的目的,并通过改变结构参数从而获得不同频率下的吸声峰,并将这些结构均匀的分布在多孔材料内部,可以实现低频宽频范围内的吸声效果。

[0006] 为实现上述目的,本发明采取的技术方案如下:

[0007] 一种低频宽频带吸声复合结构,所述吸声复合结构包括一个或多个复合吸声体单元;所述复合吸声体单元包括卷曲空间结构和多孔材料;所述卷曲空间结构包括迷宫结构和与之相邻的折叠空腔结构两部分;所述迷宫结构为从内至外以矩形形式绕制而成,迷宫结构的内圈顶部开有矩形槽一;所述折叠空腔结构由顶部向下伸出和底部向上伸出的两排竖板交错组成,所述折叠空腔结构顶部远离迷宫结构的一侧开有矩形槽二,卷曲空间结构置于多孔材料内部。

[0008] 一种上述的低频宽频带吸声复合结构的制备方法,所述方法具体为:卷曲空间结构通过3D打印获得;将制备的多孔材料,用泡沫切割机切成所需要的形状,将卷曲空间结构嵌入到多孔材料内部。

[0009] 本发明相对于现有技术的有益效果为：

[0010] (1) 本发明设计的卷曲空间结构嵌入到多孔材料中的声学超材料，卷曲空间结构可用3D打印材料如树脂、PLA、ABS等，多孔材料可以为聚氨酯泡沫，三聚氰胺泡沫，吸声棉，纤维材料等，总体来讲结构的质量轻，成本低，吸声效果好。

[0011] (2) 利用声波进入卷曲空间结构，在不同的频率下引起共振效应，可以实现低频范围内的吸声效果。

[0012] (3) 当多孔材料边长 a 为120mm，厚 h 为110mm时，曲折因子 $\alpha_{\infty}=1.089$ ，孔隙率 $\phi=0.96$ ，流阻率 $\sigma=3020\text{Nsm}^{-4}$ ，热特征长度 $\Lambda=281\mu\text{m}$ ，粘性特征长度 $\Lambda'=683\mu\text{m}$ ，卷曲空间结构长和宽为100mm，高 $H_0=60\text{mm}$ ，顶部的两个矩形槽的长度和宽度分别为 $a_1=58\text{mm}$ ， $a_2=94\text{mm}$ ， $b_1=12\text{mm}$ ， $b_2=4\text{mm}$ ，吸声体外壁厚度为 $t_0=1\text{mm}$ ，内部板厚度分别为 $t_1=2\text{mm}$ ， $t_2=2\text{mm}$ ，最高吸声系数达到了90%。

[0013] (4) 该声学超材料可以通过改变多孔材料参数以及卷曲空间结构参数，以获得不同频率下的吸声峰值，适应不同环境下的吸声需求。

[0014] (5) 本发明单个复合吸声体单元具备良好的低频吸声效果，但是吸声频带较窄，为获取更宽范围内的吸声效果，可将复合吸声体单元周期性排列，其余需要调节的重要参数如表1所示，超材料分别在215Hz、235Hz、260Hz、330Hz分别到达了相应的共振吸声峰值且都超过了90%的吸声性能。将这四组不同参数吸声单体组合在一起可以实现210-600Hz频率范围内75%以上的吸声性能(如图16所示)，可广泛应用于室内会场、剧院、机场附近建筑等领域。

附图说明

[0015] 图1为本发明卷曲空间结构透视图。

[0016] 图2为本发明卷曲空间结构正剖视图及尺寸示意图。

[0017] 图3为本发明卷曲空间结构俯剖视图及尺寸示意图。

[0018] 图4为本发明卷曲空间结构耦合多孔材料的单个复合吸声体单元示意图。

[0019] 图5为本发明卷曲空间结构嵌入到多孔材料内部左右以及上下位置示意图。

[0020] 图6为本发明卷曲空间结构嵌入到多孔材料内部前后位置示意图。

[0021] 图7为本发明卷曲空间结构耦合多孔材料的单个复合吸声体单元有限元仿真模型及边界设置示意图。

[0022] 图8为本发明卷曲空间结构耦合多孔材料的多个复合吸声体单元有限元仿真模型示意图。

[0023] 图9为本发明卷曲空间结构耦合多孔材料吸声单元吸声测试原理示意图。

[0024] 图10为本发明迷宫结构侧单开槽结构图。

[0025] 图11为本发明折叠空腔结构侧单开槽结构图。

[0026] 图12为本发明相对于图10与图11结构以及两侧都开槽结构的卷曲空间结构吸声系数示意图。

[0027] 图13为本发明对应于表1卷曲空间结构参数下的4组相对声阻抗的实部。

[0028] 图14为本发明对应于表1卷曲空间结构参数下的4组相对声阻抗的虚部。

[0029] 图15为本发明对应于表1卷曲空间结构参数下的4组吸声系数图。

[0030] 图16为本发明卷曲空间结构耦合多孔材料组合吸声体吸声系数与同规格下的多孔材料吸声对比图。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图和实施例对本发明的技术方案作进一步的说明,但并不局限于此,凡是对本发明技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的精神和范围,均应涵盖在本发明的保护范围内。

[0032] 具体实施方式一:本实施方式记载的是一种低频宽频带吸声复合结构,所述吸声复合结构包括一个或多个复合吸声体单元;所述复合吸声体单元包括卷曲空间结构和多孔材料5;所述卷曲空间结构包括迷宫结构4和与之相邻的折叠空腔结构3两部分;所述迷宫结构4为从内至外以矩形形式绕制而成,迷宫结构4的内圈顶部开有矩形槽一2;所述折叠空腔结构3由顶部向下伸出和底部向上伸出的两排竖板交错组成,所述折叠空腔结构3顶部远离迷宫结构4的一侧开有矩形槽二1,卷曲空间结构置于多孔材料5内部。矩形槽一2和矩形槽二1的作用是使声波能够从这两个矩形槽进入内部空间。所述多孔材料5声学参数有孔隙率,流阻率,曲折因子,热特征长度和粘滞特征参数,所有参数根据需要进行设置。

[0033] 具体实施方式二:具体实施方式一所述的一种低频宽频带吸声复合结构,如图8所示,所述多个复合吸声体单元依次排列。

[0034] 具体实施方式三:具体实施方式一或二所述的一种低频宽频带吸声复合结构,多个复合吸声体单元具有不同的吸声峰,使其达到较好的耦合性能,以拓宽吸声频带,达到低频宽频吸声目的。

[0035] 具体实施方式四:具体实施方式一所述的一种低频宽频带吸声复合结构,所述多孔材料5为泡沫材料、纤维材料或吸音棉中的一种,使用不同材料参数的多孔材料以适应不同环境的吸声需求。

[0036] 具体实施方式五:具体实施方式一所述的一种低频宽频带吸声复合结构,所述卷曲空间结构由3D打印得到。

[0037] 具体实施方式六:具体实施方式一或五所述的一种低频宽频带吸声复合结构,所述卷曲空间结构的材料为PLA、光敏树脂或ABS中的一种。

[0038] 具体实施方式七:具体实施方式一所述的一种低频宽频带吸声复合结构,所述卷曲空间结构设置在多孔材料5的中心位置处。

[0039] 具体实施方式八:一种具体实施方式一至七任一项具体实施方式所述的一种低频宽频带吸声复合结构的制备方法,所述方法具体为:卷曲空间结构通过3D打印获得;将制备的多孔材料,用泡沫切割机切成所需要的形状,将卷曲空间结构嵌入到多孔材料5内部。

[0040] 本发明将卷曲空间结构嵌入到多孔材料5里,利用从多孔材料5透过的声波与卷曲空间结构产生共振,另一方面卷曲空间结构的存在延长了声波的传输路径,实现在低频范围内吸声效果。本发明中,矩形槽一2和矩形槽二1使声波能够进入卷曲空间结构中,卷曲空间结构被嵌入到多孔材料5中,可以通过改变卷曲空间结构参数来改变吸声峰所对应的频率。本发明的卷曲空间结构与多孔材料5耦合的吸声材料,其卷曲空间结构可采用光敏树脂材料,外面包裹着的多孔材料可用聚氨酯泡沫,三聚氰胺泡沫,吸音棉等多孔材料,所设计的基于卷曲空间结构的低频宽频带吸声复合结构具有质量轻,制备简便,成本低,低频吸声

性能效果好等优点。

[0041] 卷曲空间结构分为两部分,一部分为折叠空腔结构3,另一部分为迷宫结构4,在每个结构表面上都有一个不同尺寸的矩形槽,可使从多孔材料5透射过的声波进入卷曲空间结构;此复合结构中分为内外两个部分,内部分为卷曲空间结构,外面是包裹卷曲空间结构的多孔材料5。

[0042] 图1为卷曲空间结构透视图,包括折叠空腔结构3和迷宫结构4,折叠空腔结构3和迷宫结构4上方均开有一个矩形槽,供声波进入卷曲空间内部。

[0043] 图2与图3为图1卷曲空间结构的正剖视图与俯剖视图,其中, H_0 为卷曲空间结构的整体高度, h_0 为折叠空腔结构3内部板与顶部距离, t_1 为折叠空腔结构3板厚, L_0 为矩形槽一2和矩形槽二1的中心距离, W_3 为迷宫结构4中心处板间距, t_2 为迷宫结构4板厚, W_1 为迷宫结构4的板间距, W_2 为折叠空腔结构3与迷宫结构4间距, W_0 为折叠空腔结构3的板间距, t_0 为折叠空腔结构3侧的外壁厚, a_1, b_1 分别为矩形槽2的长和宽尺寸, a_2, b_2 分别为矩形槽二1的长和宽尺寸,卷曲空间结构整体长和宽均为 a_0 。整个多孔材料耦合结构厚110mm,长与宽皆为120mm。

[0044] 复合吸声体单元可以通过改变腔体空间横截面的大小来改变吸声峰所对应的频率;复合吸声体单元需要调节的结构参数主要有 W_0, W_1, W_3, L_0, h_0 等结构参数,以寻求在不同频率下的吸声峰。

[0045] 图4,图5和图6为单个复合吸声体单元以及卷曲空间结构在多孔材料内部位置图,卷曲空间结构嵌入能够吸声的多孔材料5,卷曲空间结构包括折叠空腔结构3与迷宫结构4以及矩形槽。卷曲空间结构在多孔材料5中的位置如图5和6所见,前后侧距离多孔材料表面为25mm,卷曲空间结构距多孔材料5上下左右皆为10mm。

[0046] 图7为单个复合吸声体单元仿真模型图,主要设置的边界条件为平面波辐射,入射压力声场为1Pa,卷曲空间结构为固体域,多孔材料选用多孔介质声学J-C-A模型,壁面为硬声场边界,其余部分为压力声学域,空气压力声学介质。

[0047] 图8为多个复合吸声体单元组合的仿真模型,通过改变卷曲空间结构参数,获得不同频率下的吸声峰,从而获得宽频吸声。图8的结构包括四个不同参数的卷曲空间结构其相应尺寸对应于表1,A,B,C,D四组参数。6为空气域,7为平面波辐射,入射压力为1Pa,(5)为多孔材料。

组别	参数			
	W_0/mm	W_1/mm	W_2/mm	b_2/mm
A	8	9	8	4
B	10	4	10	3
C	9	9	9	4
D	12	9	12	4

[0049] 图9为复合吸声体单元阻抗管测试设备示意图,主要由信号发生器8,数据采集器9,PC 10,喇叭11,阻抗管12,传感器13等器件按照常规组成用来测试复合吸声体单元吸声

曲线,反射曲线,相对声阻抗等实验数据。

[0050] 图10与图11为卷曲空间结构分别在迷宫结构侧和折叠空腔结构侧单独开槽的结构示意图。

[0051] 图12为图10与图11的结构以及本发明的两侧都开槽的卷曲空间结构下吸声曲线图,当折叠空腔结构侧单独开槽其结构如图8所示,在145Hz以及335Hz处出现了吸声峰,当迷宫结构侧单独开槽其结构如图7所示,在105Hz以及395Hz处出现了吸声峰,相比较于两侧同时开槽的卷曲空间结构,虽然在150Hz下出现了吸声峰,但是吸声带宽窄,且不利于与其他卷曲空间结构耦合去达到宽频吸声的效果。

[0052] 图13为4种不同参数下的复合吸声体单元的相对声阻抗实部,图14为4种不同参数下的复合吸声体单元的相对声阻抗虚部,图15为4种不同参数下的复合吸声体单元的吸声系数图。为了获得优良的吸声性能,复合吸声体单元与空气阻抗进行完美匹配,这就意味着复合吸声体单元声阻抗的虚部接近于0,且实部接近于1,而图13与图14中复合吸声体单元的声阻抗并没有达到完美匹配,这将导致了吸声峰值的下降,故图10的吸声峰值并没有达到100%,但在215Hz、235Hz、260Hz、330Hz分别到达了相应的共振吸声峰值且都超过了90%的吸声性能,因此在共振频率处可以达到良好的阻抗匹配。

[0053] 图16为多个组合的复合吸声体单元与同等参数下传统多孔材料吸声性能对比图,本发明展示了通过调整尺寸参数以获得不同共振吸声峰,单个复合吸声体单元吸声峰值保持90%以上。本发明的吸声复合结构由四个单独的复合吸声体单元组成,复合吸声体单元的厚度 L_1 仍然为110mm,其长度 L_2 变为440mm,其余参数如表1所示。从图中可见较大的吸声性能可以在宽频范围内得到保持,这是因为本发明所设计的A,B,C,D共振吸声峰比较接近,且尽可能拓宽单个复合吸声体单元的吸声带宽,提高单个复合吸声体单元的耦合性能。但是通过对比图10与图9发现组合复合吸声体单元相较于单个复合吸声体单元(A、B、C、D)吸声峰值略微下降,共振吸声峰略微改变,这可能是多个复合吸声体单元耦合时相互之间干扰所导致的。从图中可见在210-600Hz频率范围内吸声性能保持在75%以上的吸声性能,从150Hz-600Hz频率范围内一直远远高于同等参数下的多孔材料吸声性能,做到了低频范围内宽频吸声。

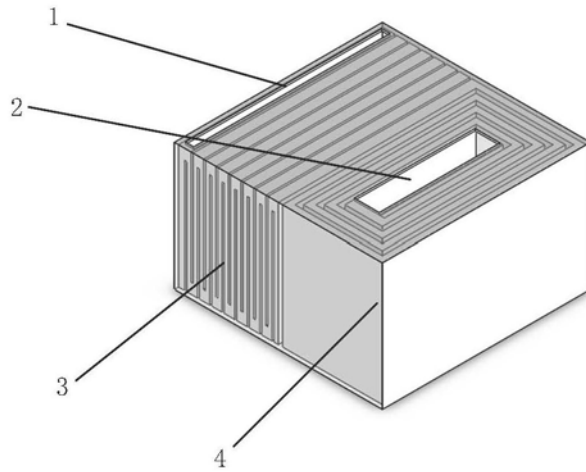


图1

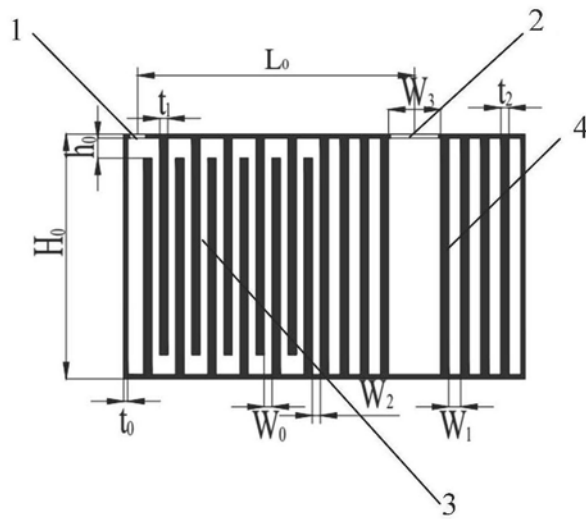


图2

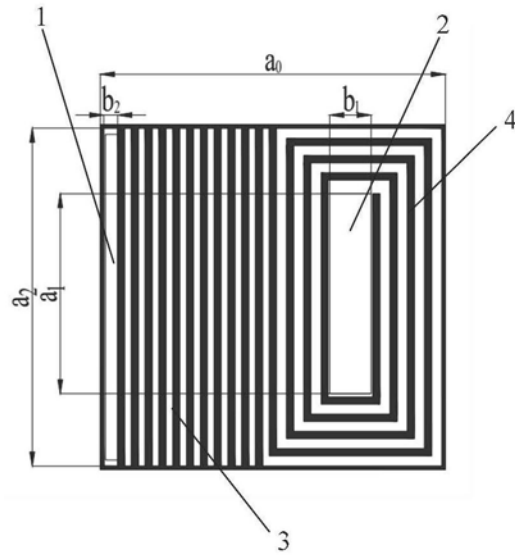


图3

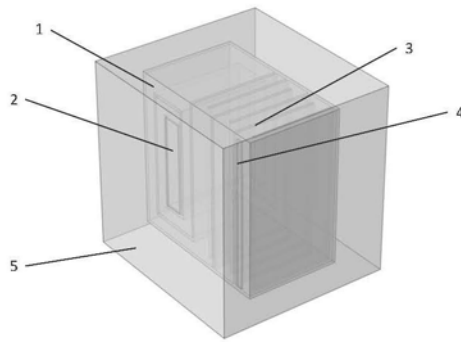


图4

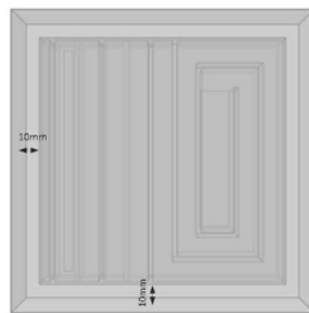


图5

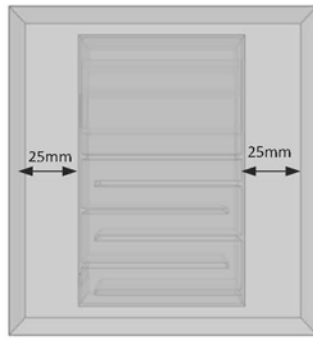


图6

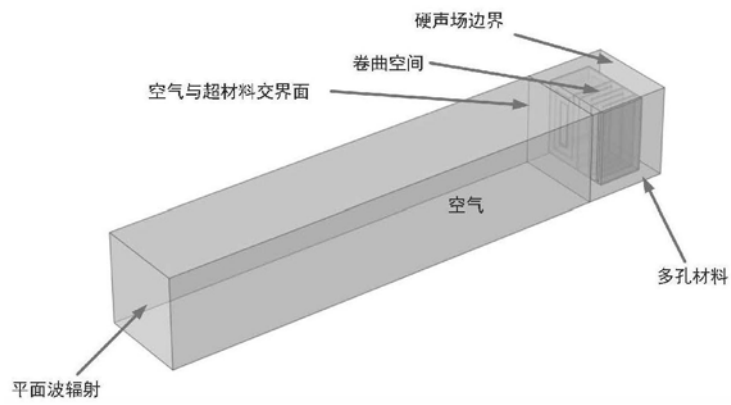


图7

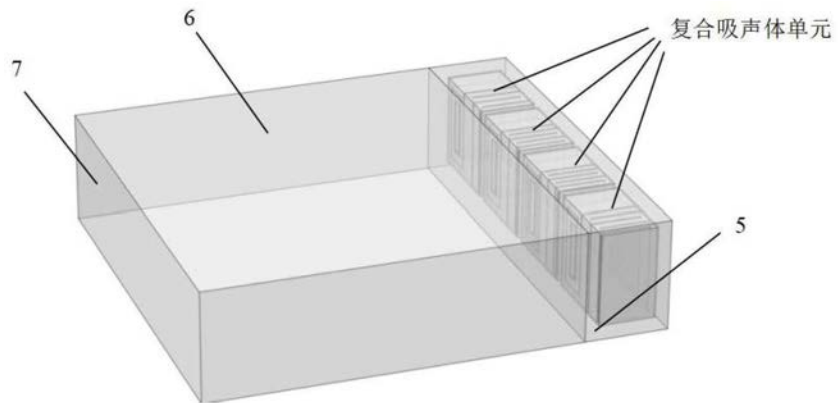


图8

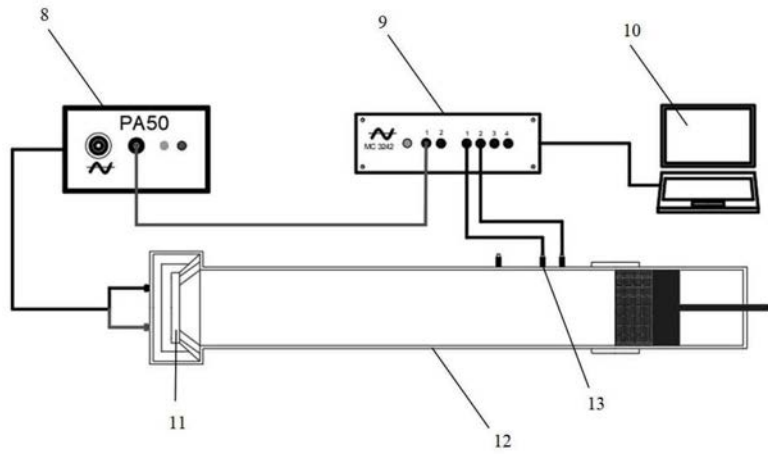


图9

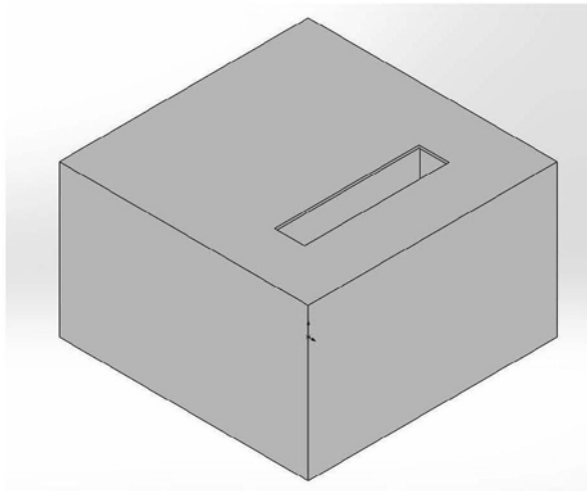


图10

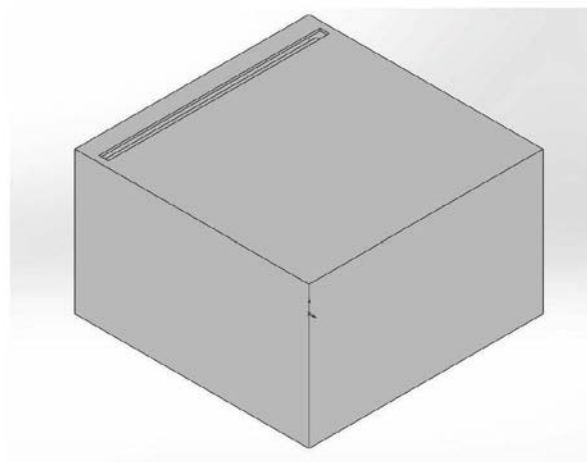


图11

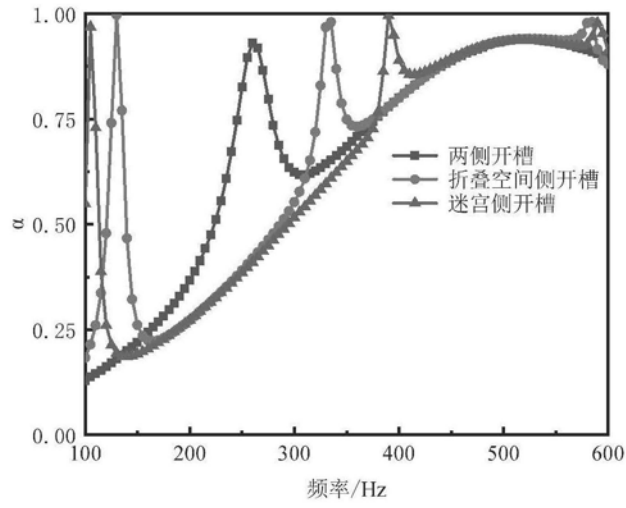


图12

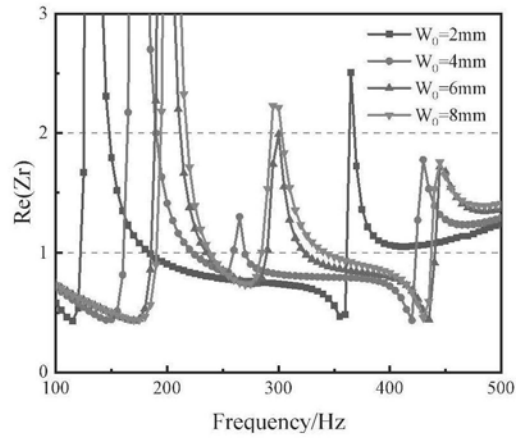


图13

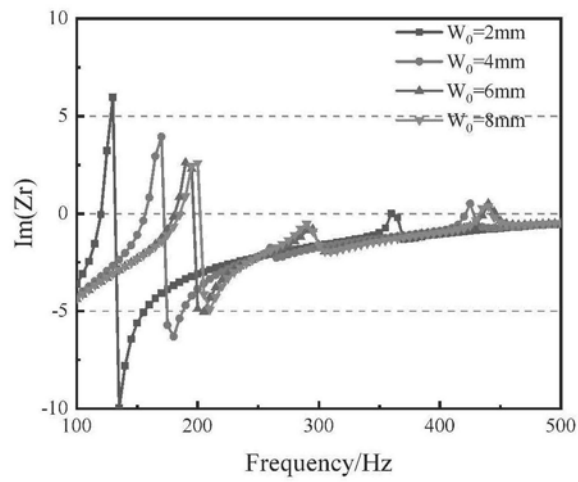


图14

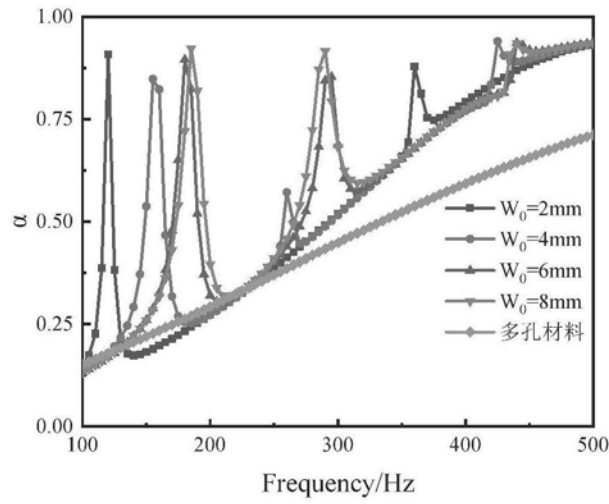


图15

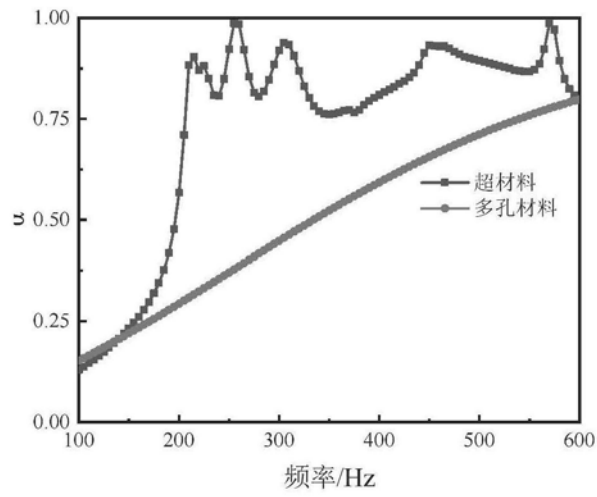


图16