



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116825063 A

(43) 申请公布日 2023. 09. 29

(21) 申请号 202310940955.4

(22) 申请日 2023.07.28

(71) 申请人 凌波怡声科技(深圳)有限公司

地址 518000 广东省深圳市南山区粤海街道高新区社区粤兴一道8号香港城市大学产学研大楼201-202

(72) 发明人 陈晖强 杨志宇 王春华 黄健
俞是隆

(51) Int. Cl.

G10K 11/16 (2006.01)

G10K 11/162 (2006.01)

G10K 11/172 (2006.01)

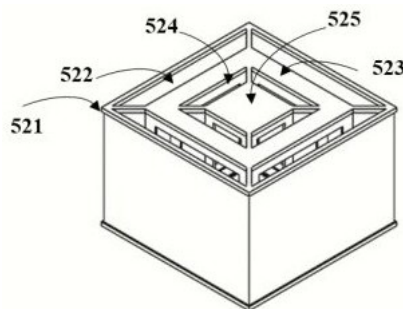
权利要求书2页 说明书4页 附图7页

(54) 发明名称

声学超材料大面积短通道宽频通风隔音器和屏障

(57) 摘要

本发明属于降噪技术领域,具体涉及阻隔噪音但又能提供大通道通风的功能结构器件。本发明采用刚性开口板和微穿孔板的多层组合结构,代替专利ZL 2019 2 1389497.5(专利-1)中的薄膜共振结构,结合专利-1在中低频范围隔音的优势和微穿孔结构在中高频范围隔音的优势,获得在低、中、高频段都具有高效隔音的新型超材料结构。多层组合结构配以多个背腔,构成通风隔音器通道部分侧面,使空气能在通道里畅顺流通但能在宽大的频率范围内阻隔声波。



1. 一种通风隔音超材料结构,其特征在于,包括一个特定体积的空间,其边界被实质上为刚性的壳结构以及壳结构上一个或多个开口所定义的平面完全包围;开口被超材料复合盖板覆盖,复合盖板和被包围的空间共同建立具有多个共振频率的多频段杂化共振装置;

其中,所述超材料复合盖板的边界与所述壳结构上的所述开口的边界紧密固定;

其中,所述复合盖板组成一个竖直通道的部分侧壁,所述通道的其余侧壁由实质为刚性壳的结构组成;所述通道的截面为单连通多边形平面;所述竖直通道的中心轴线为直线。。

2. 根据权利要求1所述的通风隔音超材料结构,其中:

所述超材料复合盖板由一块具有一个或若干个开口的刚性板和一块微穿孔板组成,所述刚性板位于所述被完全包围的空间和所述微穿孔板之间。

3. 根据权利要求1和2所述的通风隔音超材料结构,其中:

所述微穿孔板的刚柔度介于完全刚性和柔性之间。

4. 根据权利要求1-3所述的通风隔音超材料结构,其中:

所述超材料复合盖板的所述刚性盖板上所述开口的尺度、所述微穿孔板的刚柔度、厚度、穿孔尺度和密度与被所述壳结构和所述超材料复合盖板完全包围的所述空间体积一起决定所述杂化共振装置的各个共振和零声波阻抗频率。

5. 根据权利要求1所述的通风隔音超材料结构,其中:所述壳的内表面和所述空间包含具有声学吸收特性的材料。

6. 一种通风隔音超材料结构,其特征在于,包括若干个特定体积的空间,每个空间的边界都被实质上为刚性的壳结构以及壳结构上一个或多个开口所定义的平面完全包围;开口被超材料复合盖板覆盖,每个被包围的空间与所述空间边界上的所述复合盖板共同建立具有多个共振频率的多频段杂化共振装置;

其中,所述超材料复合盖板的边界与所述壳结构上的所述开口的边界紧密固定;

其中,若干个所述的多频段杂化共振装置在空间排列,使所述多频段杂化共振装置上的复合盖板组成一个竖直通道的部分侧壁,所述通道的其余侧壁由实质为刚性壳的结构组成;所述通道的截面为多连通多边形平面;所述竖直通道的中心轴线为直线。

7. 根据权利要求6所述的通风隔音超材料结构,其中:所述超材料复合盖板由一块具有一个或若干个开口的刚性板和一块微穿孔板组成,所述刚性板位于所述被完全包围的空间和所述微穿孔板之间。

8. 根据权利要求6和7所述的通风隔音超材料结构,其中:所述微穿孔板的刚柔度介于完全刚性和柔性之间。

9. 根据权利要求6-8所述的通风隔音超材料结构,其中:所述超材料复合盖板的所述刚性盖板上所述开口的尺度、所述微穿孔板的刚柔度、厚度、穿孔尺度和密度与被所述壳结构和所述超材料复合盖板完全包围的所述空间体积一起决定所述杂化共振装置的各个共振和零声波阻抗频率。

10. 根据权利要求6所述的通风隔音超材料结构,其中:所述壳的内表面和所述空间包含具有声学吸收特性的材料。

11. 多个权利要求1-5或6-10的通风隔音超材料结构组成二维大面积墙或板,其中所述通风隔音超材料结构的通道与墙或板形成的平面实质上垂直,从而形成大面积通风隔音墙

或板。

12. 根据权利要求11所述的大面积通风隔音墙或板,其中:墙或板不通风部分具有流线型突起结构,以减小风吹到墙或板时造成的风压。

声学超材料大面积短通道宽频通风隔音器和屏障

技术领域

[0001] 本发明属于降噪技术领域,具体涉及阻隔噪音但又能提供有效通风道的结构器件。

背景技术

[0002] 许多大大小小的应用领域需要消音降噪,但又要同时具有高通量低风阻的通风道。能满足这样需求的装置称为通风隔音器。大型建筑物中央空调冷水塔的高强度噪音通过排气口溢出,需要安装大面积通风隔音器阵列,在阻绝噪音外溢的同时仍能保障充足的排气量。具有大比例通风面积的公路噪音屏障,能够阻隔车辆的噪音,同时让自然风吹散车辆废气。公路噪音屏障的厚度有一定的限制,最好不要超过半米。这两个场景只是许多大型通风隔音器应用场景中的两个例子。小型通风隔音器能够显著降低家庭使用的真空吸尘器、吹风机、抽油烟机 etc 小家电的噪音。在这些设备上使用的降噪部件必须具有紧凑纤巧的尺度和宽频且高效的降噪效能,比如至少10分贝的A-权重降噪量,同时还具有足够的低风阻通风道,使设备的正常使用功能得到充分保障。

[0003] 多孔吸声材料是一种重要的吸声降噪材料。由于多孔材料内部具有大量细微孔隙,当声波由微孔进入材料内部后,激发孔中的空气振动,振动的空气与多孔材料的固体筋络之间产生相对运动,由于空气的粘滞性,在微孔内产生相应的粘滞阻力,声波能量从而被衰减。由于粘滞阻力的大小与频率成正比,因此多孔吸声材料的吸声效能随着频率下降而下降。目前最成熟技术使用多孔吸声材料和穿孔板装在通风隔音器通风道的侧壁,已经可以显著衰减通道中高频声波的传播,但对500Hz以下的声波效果微弱,长度一米以上的通道才能产生几分贝的衰减效果,因此在许多空间有限的场合,现有技术所采用的多孔材料对于低频噪音无能为力。比如,一米长的隔音器构成的公路噪音屏障的厚度超过一米,显然无法广泛推广使用。同样,以米为尺度标准的通风隔音器也无法在众多小家电上使用。

[0004] 专利《声学超材料大面积短通道宽频通风隔音器和屏障》(ZL 2019 2 1389497.5,发明专利申请号2019107888134)(专利-1)阐明,为实现大通道面积、大通道面积比、短通道、低风阻的通风隔音器,就必须提高各频段的耗散。这需要增大相关器件中的能量密度,比如通过共振的方式,因此弹性膜局域共振声学超材料被寄予厚望。但为了得到宽频隔音效果,就需要具有众多分布密集的共振态分布的局域共振声学超材料。但这样的结构大部分隔音效果都在1000Hz以下,在高频范围隔音效果反而较差。本发明中的声学超材料结合专利-1在中低频范围隔音的优势和微穿孔结构在中高频范围隔音的优势,用具有开口的刚性板和微穿孔结构结合构成的超材料复合盖板代替弹性膜,获得在低、中、高频段都具有高效隔音的新型超材料通风隔音器。

发明内容

[0005] 本发明以超材料复合盖板替代专利-1中的弹性膜构成通风隔音器通道部分侧面,使空气能在通道里畅顺流通,并且只需较短的通道即可在低、中、高频段都具有显著的隔音

效能。

附图说明

- [0006] 图 1 一种表面被六块超材料复合盖板覆盖的长方形六面体杂化共振装置。
- [0007] 图 2(A) 一种简化的长方形六面体杂化共振装置的部件结构展开图。装置只有一个面覆盖超材料复合盖板,其余五个面都被刚性板覆盖。
- [0008] 图 2(B) 一种简化的长方形六面体杂化共振装置的最终组装透视立体图。
- [0009] 图 3(A) 一种‘一’字型声学超材料大面积短通道宽频通风隔音器。
- [0010] 图 3(B) 一种‘L’型声学超材料大面积短通道宽频通风隔音器。
- [0011] 图 3(C) 一种‘凹’字型声学超材料大面积短通道宽频通风隔音器。
- [0012] 图 3(D) 一种‘口’字型声学超材料大面积短通道宽频通风隔音器。
- [0013] 图 3(E) 一种六边型声学超材料大面积短通道宽频通风隔音器。
- [0014] 图 3(F) 一种三角型声学超材料大面积短通道宽频通风隔音器。
- [0015] 图 4 一种通风道内平行安装了若干个柱状单连通杂化共振装置的通风隔音器的截面示意图。
- [0016] 图 5 (A) 一种具有两个环形通风道的通风隔音器的通风道截面示意图。
- [0017] 图 5 (B) 一种具有两个环形通风道的通风隔音器的部件结构展开图。
- [0018] 图 5 (C) 一种具有两个环形通风道的通风隔音器的最终组装图。
- [0019] 图 6(A) 单层声学超材料大面积短通道宽频通风隔音器二维阵列通风隔音屏障。
- [0020] 图 6(B) 多层声学超材料大面积短通道宽频通风隔音器二维阵列通风隔音屏障。
- [0021] 图 7(A) 具有单面流线型状腔的声学超材料大面积短通道宽频通风隔音器二维阵列通风隔音屏障的侧视剖面图。
- [0022] 图 7(B) 具有双面流线型状腔的声学超材料大面积短通道宽频通风隔音器二维阵列通风隔音屏障的侧视剖面图。
- [0023] 图 8 ‘口’字形杂化共振装置通风隔音器的实测透射衰减谱。
- [0024] 图 9 用薄层微穿孔板消除杂化共振装置气流噪声的通风隔音器实测隔音谱。

具体实施方式

[0025] 概述

[0026] 在专利-1中,一个特定体积的空间,其边界被实质上为刚性的壳结构以及壳结构上一个或多个开口所定义的平面完全包围,开口被弹性膜覆盖,弹性膜的共振模态可通过改变膜的厚度和平面尺度以及贴附在膜上的刚性质量小片来调节。弹性膜与被弹性膜和刚性壳结构完全包围的空间结合,形成一个杂化共振装置。装置在共振时会在弹性膜附近的通风管道内形成大片零阻抗区域,从而阻止声波在通风管道内的传播。这就是专利-1中声学超材料通风隔音器的工作原理。本发明用多层结构组成的超材料复合盖板代替专利-1中的弹性膜,由此构建以新杂化共振装置为主要功能器件的通风隔音器。这些新结构装置的采用使通风隔音器的隔音频段进一步扩展到1000Hz以上的高频段,效能进一步提高。

[0027] 作为一个简单例子,图1展示了一个长方形六面体杂化共振装置。六面体的上、下、左、右、前、后六块超材料复合盖板101、102、103、104、105、106,合起来组成一个闭合的六面

体。以该体形为出发点可延伸推广到其他多面体形状的杂化共振装置。为方便清楚描述装置,图中的超材料复合盖板都没有显示厚度,但实际装置的超材料复合盖板会具有一定的厚度。根据拓扑学的定义,图1中被包围的空间是个单连通空间。因此这类杂化共振装置被称为单连通杂化共振装置。图2A展示一个简化特例,即六面体的五面复合盖板都是常规的刚性板,剩下一面是超材料复合板。以多面体201的被包围空间为起始,最里层是一块具有一个特定开口的刚性板202,外面覆盖一层微穿孔板203。微穿孔板可以是很薄但具有很多细小穿孔的刚性板,比如金属板,或柔性片,比如纤维布,或具有一定厚度的多孔材料,比如柔性吸音绵或刚性多孔砖等。图2B是组装后的杂化共振装置204的透视立体图。

[0028] 上述简单的单连通杂化共振装置通过拓扑学上等价的形变后安装在实质上刚性的矩形管道内,就能构成图3所示的同样属于单连通杂化共振装置类别的‘一’字型通风隔音器301,‘L’形通风隔音器302,和‘凹’字型通风隔音器303等。而以多连通闭合空间为基础的杂化共振装置的通道横截面形状可以是任意多边形,比如图3中展示的‘口’字型304、六边形305、三角形306等。截面为多边形的通道被通道侧壁上的复合超材料盖板包围,盖板的另一面与闭合多面体内部空间相接。任何一面或多面超材料盖板的共振将导致通道成为零阻抗区域,严重阻碍声波在通道里的传播,由此构成通风但隔音的装置。根据拓扑学的定义,这些通风隔音器的通风道截面都是单连通平面。

[0029] 若在图1中显示的通用性杂化共振装置的前105、后106两面上安装实质上刚性的平板,四个侧面101、102、103、104安装复合超材料盖板,所得装置即为柱状单连通杂化共振装置。图4展示了实质上刚性的通风道401里平行安装了若干个所述的柱状单连通杂化共振装置402的通风隔音器的截面示意图。根据拓扑学的定义,此时所述的通风道的通风截面为多连通平面。

[0030] 利用柱状杂化共振装置还能构建结构更复杂的通风隔音器。图5A展示了具有两个环形通风道的通风隔音器的截面示意图。一个柱状单连通杂化共振装置501和一个类似图3中‘口’字型通风隔音器的环状多连通杂化共振装置502,平行安装在实质上刚性的通风道503里。由此构筑的所述通风隔音器具有内环形通风道504和外环形通风道505。图5B展示了所述通风隔音器的部件结构展开图。在管道511里,框架512和框架513的侧壁被超材料复合盖板完全覆盖,构成‘口’字型环状多连通杂化共振装置502的内壁和外壁,框架514被超材料复合盖板覆盖,构成柱状单连通杂化共振装置501。盖上实质上刚性的盖板515、516后,构成图5C所示的所述通风隔音器的最终组合图,包括管道521,外环通风道522,‘口’字型环状多连通杂化共振装置523,内环通风道524,和柱状单连通杂化共振装置525。

[0031] 多个具有相同外部边界尺寸和内部通道的通风隔音器组成的如图6A所示的二维阵列,可以构成一个具有大通风面积比的平面屏障,阻隔穿过通道的宽频声波。把若干层具有相同通道和外围尺度的屏障叠起,形成一个多层组合屏障(图6B),即可在几乎不增加风阻的前提下增加隔音量。所述的多层组合屏障中每层屏障可以由本发明的通风隔音器构成,也可以用发明-1的通风隔音器构成。若所属各层的屏障具有不同频段的隔音效果,把这些屏障叠加而成的屏障可具有宽频隔音的效果。为了降低风阻,可把屏障不通风的部分的形状设计成流线型,比如图7A中的单向流线型或图7B中的双向流线型。

[0032] 例子

[0033] 图8展示了一个以超材料复合盖板构成的‘口’字形杂化共振装置通风隔音器的实

测透射衰减谱801。从图中可见,通风隔音器在300Hz和2500Hz附近有两个隔音高峰,在200Hz-600 Hz和1500 Hz-4000 Hz频率范围内的隔音量超过10分贝,实现了在低频和高频都具有宽频高隔音量的效能。

[0034] 图9展示了一个用薄层微穿孔板消除杂化共振装置气流噪声的通风隔音器实测透射衰减谱。谱线901是杂化共振装置上的刚性板开口没有微穿孔板复盖的工况。谱线902是刚性板开口被微穿孔板复盖的工况。开口没有微穿孔板覆盖时,高速气流通过通风隔音气的通道时会产生明显的风噪声。而开口被微穿孔板覆盖后,风噪声完全消失。通风隔音器的隔音量在500Hz虽有所下降,但在800Hz以上的隔音量基本不受影响。

[0035] 可以预期的是,在本发明精神前提下,在所附权利要求限定的保护范围内,本领域的技术人员可对本文所描述的用于解释本主题特性的有关细节、材料、步骤和安排方面作出许多其它的变化。

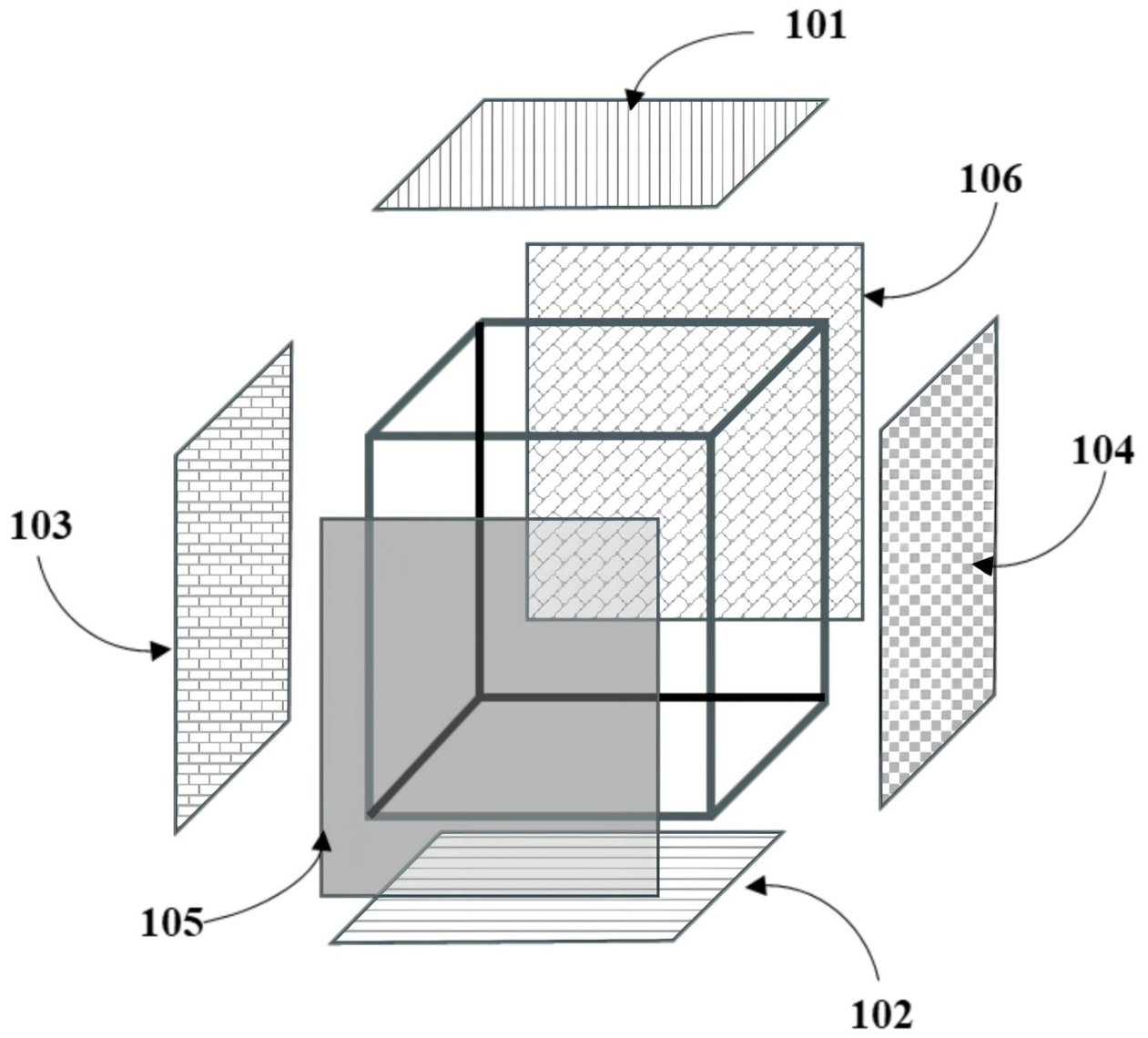


图 1

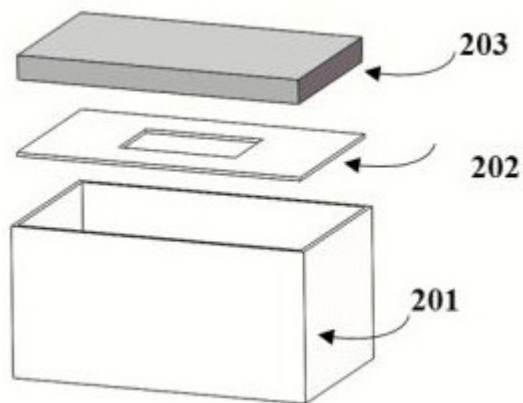


图 2A

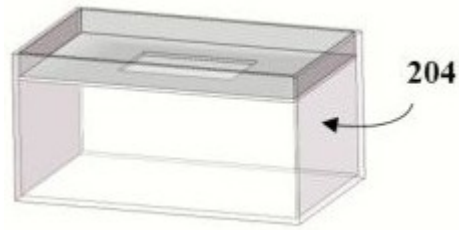


图 2B

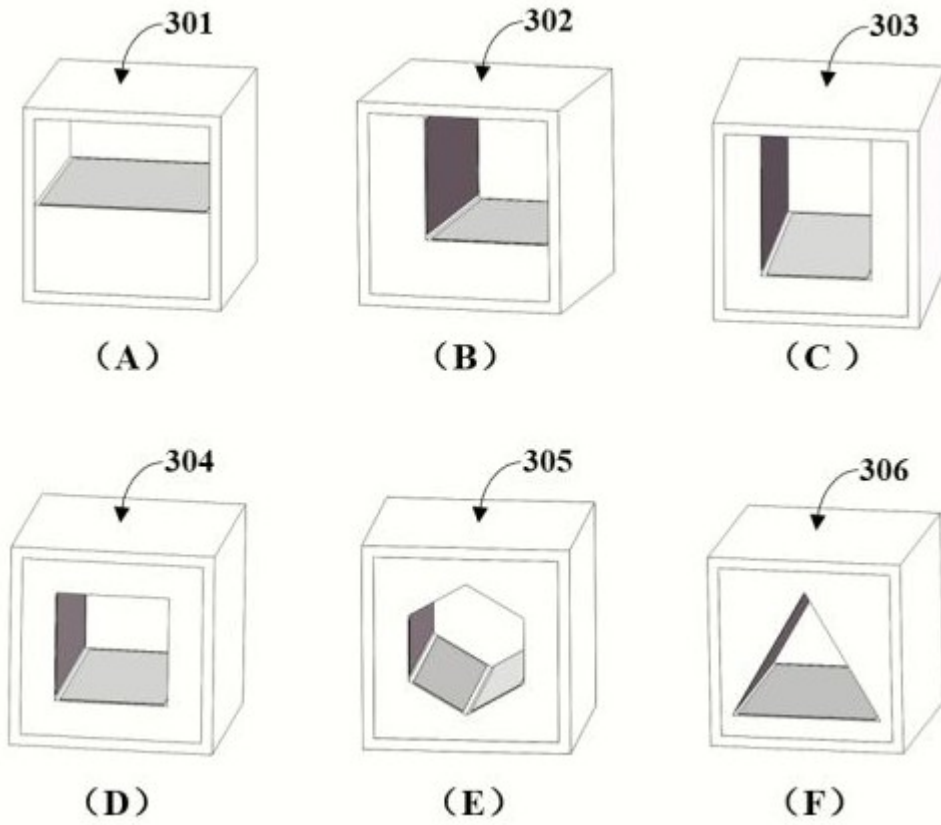


图 3

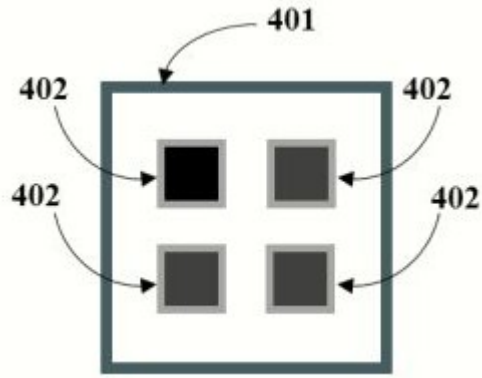


图 4

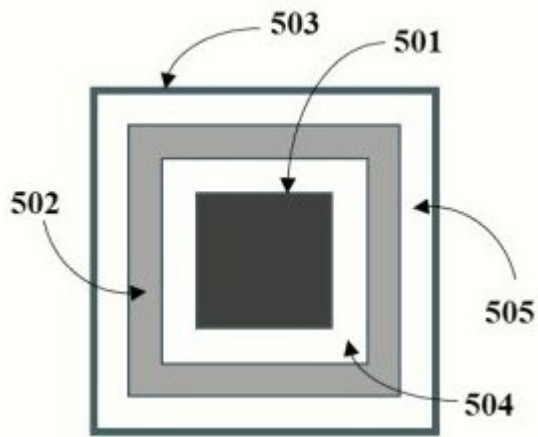


图 5A

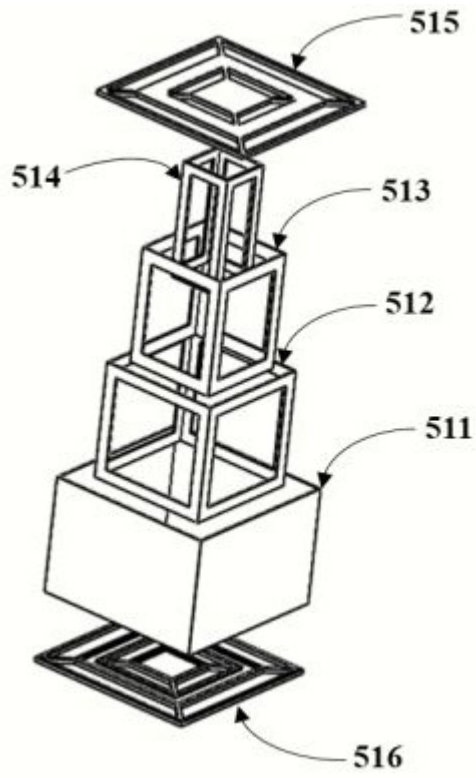


图5 B

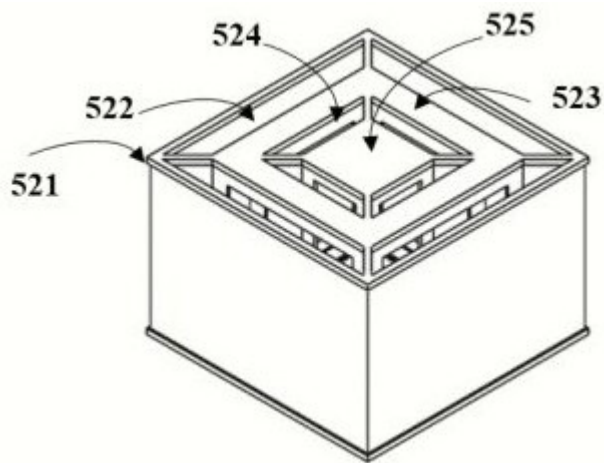


图 5C

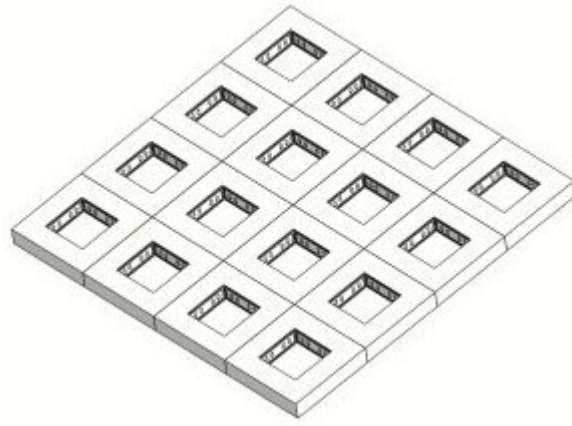


图 6A

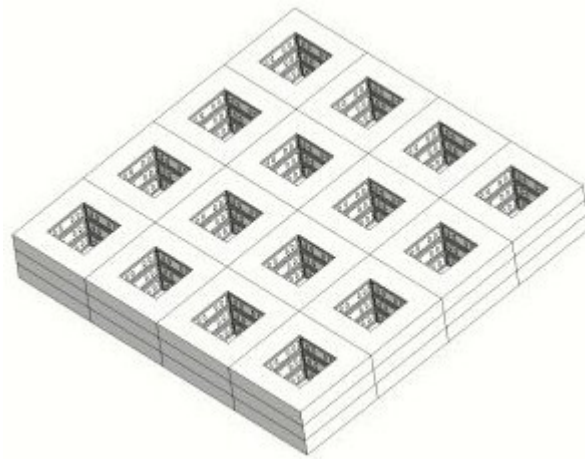


图 6B

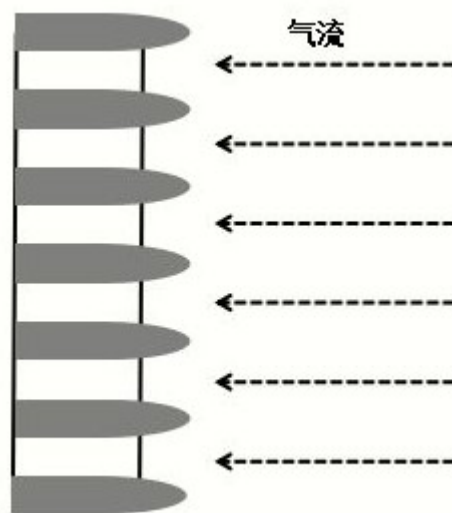


图 7A

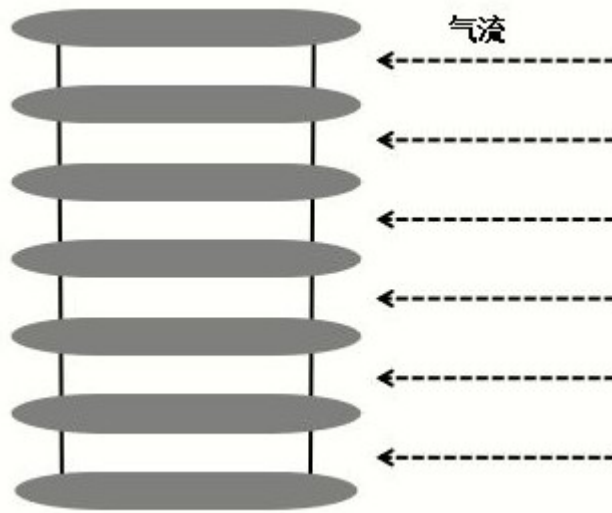


图 7B

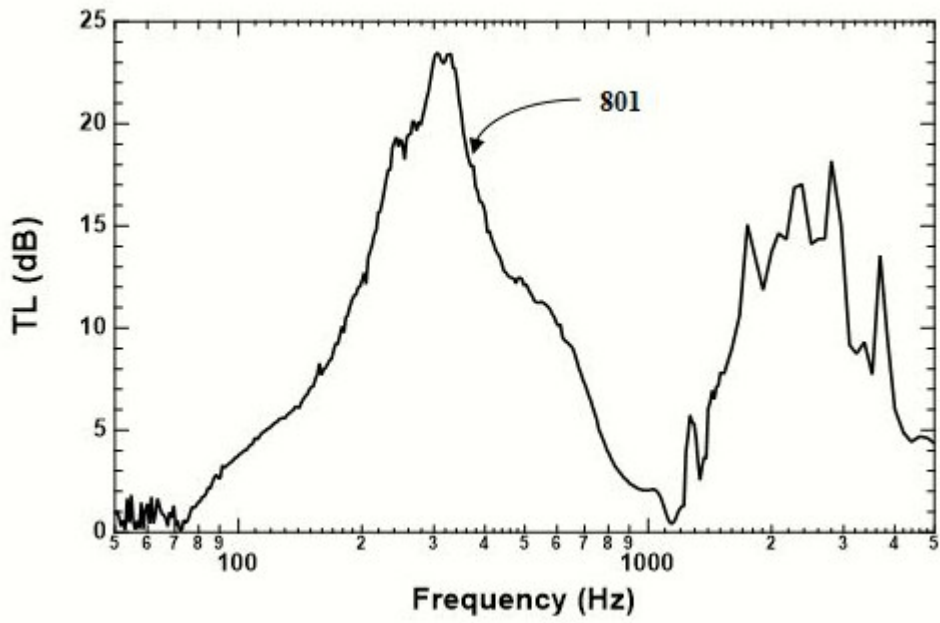


图 8

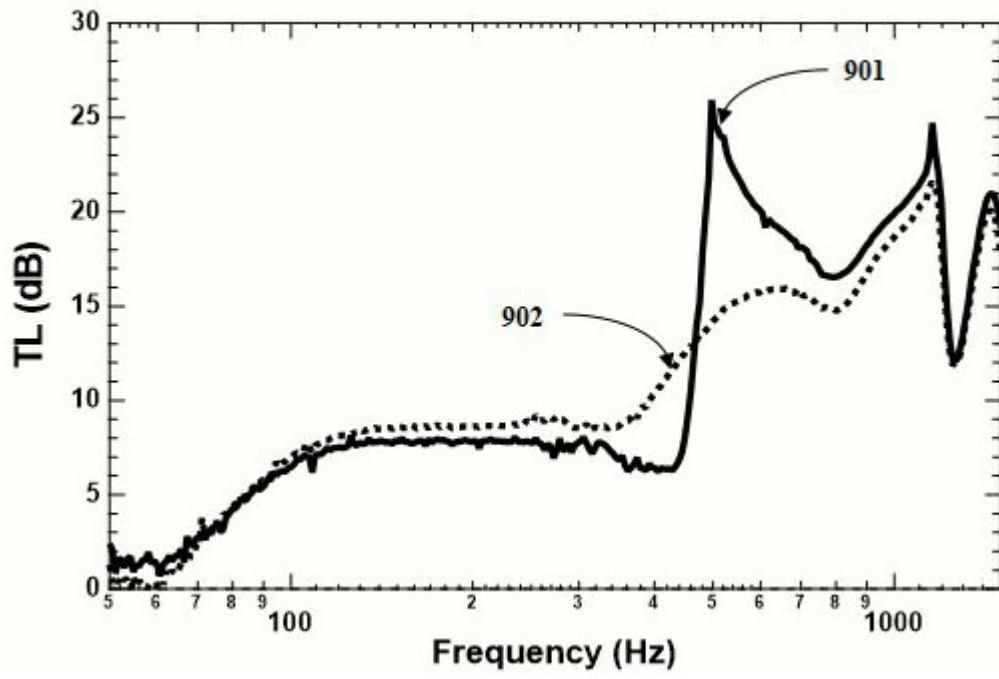


图 9