



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 112071296 A

(43)申请公布日 2020.12.11

(21)申请号 202010516083.5

(22)申请日 2020.06.09

(30)优先权数据

16/436,026 2019.06.10 US

(71)申请人 丰田自动车工程及制造北美公司

地址 美国得克萨斯

(72)发明人 苏小石 D·班纳吉

(74)专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所

有限公司 11038

代理人 王庆华

(51)Int.Cl.

G10K 11/172(2006.01)

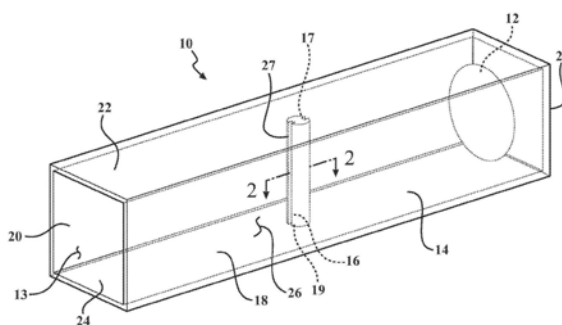
权利要求书2页 说明书6页 附图13页

(54)发明名称

隔音装置

(57)摘要

一种隔音装置,包括具有声单极响应和声双极响应的声学散射体。声学散射体的声双极响应和声单极响应可以具有基本上类似的共振频率。该隔音装置可以包括多个声学散射体,所述多个声学散射体形成等距间隔开的声学散射体的阵列。



1. 一种隔音装置,所述隔音装置包括至少一个声学散射体,其中所述至少一个声学散射体具有声单极响应和声双极响应,并且所述至少一个声学散射体的所述声双极响应和所述声单极响应具有基本类似的共振频率。

2. 根据权利要求1所述的隔音装置,其中,所述至少一个声学散射体包括多个声学散射体,其中所述至少一个声学散射体的所述多个声学散射体基本上等距间隔开,并且其中所述至少一个声学散射体的所述多个声学散射体的所述声双极响应和所述声单极响应具有基本类似的共振频率。

3. 根据权利要求1所述的隔音装置,其中,所述至少一个声学散射体还包括:

第一共振室;

第一通道,所述第一通道延伸至所述第一共振室;

第二共振室;和

第二通道,所述第二通道延伸到所述第二共振室,其中所述第一共振室和所述第二共振室具有基本上相等的容积。

4. 根据权利要求3所述的隔音装置,其中:

所述第一共振室和所述第二共振室彼此分开;并且

所述第一通道和所述第二通道彼此分开。

5. 根据权利要求3所述的隔音装置,其中,所述隔音装置还包括:

第一壳体,所述第一共振室和所述第一通道设置在所述第一壳体中;和

第二壳体,所述第二共振室和所述第二通道设置在所述第二壳体中。

6. 根据权利要求3所述的隔音装置,其中,所述隔音装置还包括壳体,所述第一共振室、所述第一通道、所述第二共振室和所述第二通道设置在所述壳体中。

7. 根据权利要求6所述的隔音装置,其中,所述第一通道、所述第二通道、所述第一共振室和所述第二共振室中的至少一个沿着所述壳体的长度具有一致的形状。

8. 根据权利要求6所述的隔音装置,其中,所述第一共振室和所述第二共振室彼此对称。

9. 根据权利要求6所述的隔音装置,其中,所述第一通道和所述第二通道彼此对称。

10. 根据权利要求6所述的隔音装置,其中,所述至少一个声学散射体具有介于0.5至1.0范围内的可调吸收系数。

11. 根据权利要求10所述的隔音装置,其中,通过相对于声源旋转所述至少一个声学散射体的所述壳体来调整所述可调吸收系数。

12. 根据权利要求1所述的隔音装置,其中,所述至少一个声学散射体安装在车辆内。

13. 根据权利要求12所述的隔音装置,其中,所述至少一个声学散射体形成所述车辆的结构构件。

14. 一种隔音系统,所述隔音系统包括:

用于隔音的至少一个声学散射体,其中所述至少一个声学散射体具有声单极响应和声双极响应,其中,所述至少一个声学散射体的所述声双极响应和所述声单极响应具有基本类似的共振频率;和

第一壁和第二壁,其中所述第一壁和所述第二壁大体彼此相对并且限定了空间,其中所述至少一个声学散射体位于所述第一壁和所述第二壁之间的所述空间中。

15. 根据权利要求14所述的隔音系统,其中,所述第一壁和所述第二壁之间的所述空间的距离小于所述共振频率下的波长:

$$D < \frac{c}{f},$$

其中D是所述第一壁和所述第二壁之间的距离,c是声速,f是所述至少一个声学散射体的所述声单极响应和所述声双极响应的所述共振频率。

16. 根据权利要求14所述的隔音系统,其中,所述隔音系统还包括:

位于所述第一壁和所述第二壁之间的声学散射体阵列,其中所述声学散射体阵列包括多个声学散射体,

其中所述多个声学散射体的数量N为:

$$N = D / (c/f),$$

其中D是所述第一壁和所述第二壁之间的距离,c是空气中的声速,f是所述声单极响应和所述声双极响应的所述共振频率。

17. 根据权利要求16所述的隔音系统,其中,所述声波散射体阵列沿着基本上垂直于所述第一壁和所述第二壁中的一个的排布置。

18. 根据权利要求14所述的隔音系统,其中,所述至少一个声学散射体包括:

第一壳体,其中在所述第一壳体中设置有第一共振室和第一通道;

第二壳体,其中在所述第二壳体中设置有第二共振室和第二通道;并且

所述第一壳体邻近所述第一壁,所述第二壳体邻近所述第二壁,其中所述第一壳体和所述第二壳体基本上彼此面对。

19. 根据权利要求18所述的隔音系统,其中,所述第一壁和所述第二壁之间的距离小于所述共振频率下的波长:

$$D < \frac{c}{f}$$

其中D是所述第一壁和所述第二壁之间的距离,c是声速,f是所述至少一个声学散射体的所述声单极响应和所述声双极响应的所述共振频率。

20. 根据权利要求14所述的隔音系统,其中,所述至少一个声学散射体包括:

壳体;

第一共振室,所述第一共振室设置在所述壳体内;

第一通道,所述第一通道设置在所述壳体内并从所述壳体的外部延伸到所述第一共振室;

第二共振室,所述第二共振室设置在所述壳体内;和

第二通道,所述第二通道设置在所述壳体内并从所述壳体的外部延伸到所述第二共振室。

隔音装置

技术领域

[0001] 本公开总体上涉及隔音系统和装置,更特别地涉及包括具有声单极响应和声双极响应的声学散射体的隔音系统和装置。

背景技术

[0002] 提供的背景描述总体上呈现本公开的背景。发明人的工作(在本背景技术部分中可以描述的程度)以及在提交时可能没有其他资格视为现有技术的描述方面既未明确也未隐含地被认定为反对本技术的现有技术。

[0003] 在某些汽车应用中,低频噪声已经成为影响乘客舒适性的长期问题。车辆会产生明显的低频噪声。这些低频噪声源自多种来源,例如车辆的动力系统和轮胎、风噪等等。

[0004] 存在用于管理低频噪声的几种不同的解决方案,但是许多解决方案都具有缺点。例如,一种解决方案需要使用高反射材料。由高反射材料制成的结构(例如门和窗户)可以反射噪声远离车厢。但是,反射的噪声可能会导致噪声污染,并且这些类型的系统的性能受到质量定律的限制。

[0005] 另一种解决方案要求使用高吸收材料。然而,传统的多孔吸声材料由于其高阻抗性质而仅对降低高频(大于1kHz)噪声有效。如果材料的微结构具有大的孔隙率,则通过多孔材料的声音传输很高。

发明内容

[0006] 该部分总体上概括了本公开,但不是其全部范围或其所有特征的全面公开。

[0007] 这里描述了隔音装置和隔音系统的示例。在一个示例中,一种隔音装置包括具有声单极响应和声双极响应的声学散射体。声学散射体的声双极响应和声单极响应可以具有基本类似的共振频率。该装置可以包括多个声学散射体,该多个声学散射体形成了等距间隔的声学散射体的阵列。

[0008] 声学散射体可以进一步包括第一共振室和第二共振室。第一通道延伸到第一共振室,而第二通道延伸到第二共振室。第一共振室和第二共振室具有基本相等的容积。

[0009] 在另一个示例中,一种隔音系统可以包括至少一个用于隔离的声学散射体。隔音系统的至少一个声学散射体具有声单极响应和声双极响应,所述声单极响应和声双极响应具有基本类似的共振频率。

[0010] 该隔音系统还可以包括基本上彼此相对的第一壁和第二壁,所述第一壁和第二壁限定了空间。至少一个声学散射体位于第一壁和第二壁之间的空间中。根据第一壁和第二壁之间的距离,可以利用形成阵列的多个声学散射体来适当地吸收声音。

[0011] 另外的适用领域以及增强所公开的技术的各种方法将从所提供的描述中变得明显。该发明内容中的描述和特定示例仅旨在用于说明,而非旨在限制本公开的范围。

附图说明

- [0012] 从详细描述和附图,将更加全面地理解本教导,其中:
- [0013] 图1示出了用于利用声学散射体来隔离声音的系统;
- [0014] 图2A-2D示出了声学散射体的不同示例;
- [0015] 图3A和3B示出了声学散射体的不同实施方式;
- [0016] 图4A-4D示出了形成阵列的多个声学散射体的不同实施方式;
- [0017] 图5示出了与相对壁的相对侧相邻的声学散射体的实施方式;
- [0018] 图6示出了当以法向取向放置以及从法向取向旋转90°时声学散射体的吸收能力。
- [0019] 图7A-7C示出了声学散射体阵列的吸收能力的结果。
- [0020] 为了描述某些方面,本文阐述的附图旨在举例说明本技术的方法、算法和装置等等的一般特征。这些附图可能没有精确地反映任何给定方面的特征,并且不一定旨在限定或限制本技术的范围内的特定实施例。此外,某些方面可以结合来自附图的组合的特征。

具体实施方式

- [0021] 尽管薄,但是本教导提供了具有高吸声性的吸声结构。相比竞争结构,本发明的吸声结构通过组合用于不同频率的多种设计可以在较宽的频率范围内提供高吸收率。
- [0022] 隔音装置包括具有声单极响应和声双极响应的声学散射体。声学散射体的声双极响应和声单极响应可以具有基本类似的共振频率。该装置可以包括多个声学散射体,所述多个声学散射体形成了等距间隔开的声学散射体的阵列。通过这样做,声学散射体的阵列可以完全吸收某些频率的声波,从而提供非凡的隔音性能。
- [0023] 关于本说明书中描述的装置和系统的物理特性,对于声学上较小的物体而言,背景波和散射波可以分解为单极分量和双极分量。显示单极响应的材料只能吸收入射波的单极分量。同样的限制也适用于双极。在本说明书中描述的声学散射体具有以类似频率散射的单极和双极。当单极模式和双极模式退化时,这是可能的。同时具有单极响应和双极响应的好处是入射波的这两个分量将参与动量交换过程,因此变得可用于吸收。
- [0024] 更简单地,单极和双极的散射强度相同,使得它们的大小相同。单极散射和双极散射在前向散射方向上具有相长干涉并且抵消了背景波,使得传输为零;那么,单极散射和双极散射当然会在后向散射方向上具有相消干涉。
- [0025] 参照图1,示出了隔音装置10的一个示例。作为其主要部件,隔声装置10可以包括声源12、结构14和声学散射体16。关于声源12,在该示例中,声源12被示出为能够产生各种波长的声音的扬声器。然而,应理解的是,装置10可用于其中一个或多个部件的运动产生声音的情形。例如,汽车部件的操作,例如轮胎的旋转、风噪、动力系统相关的噪声等等。这样,声音的来源不一定是扬声器12。
- [0026] 在该示例中,结构14被示出为包括多个壁18、20、22和24。壁18和20基本上彼此相对,而壁22和24基本上彼此相对。壁18、20、22和24限定了结构14内的空间26和与声源12相对地定位的开口13。结构14可用于几种不同应用中的任何一种。例如,结构14可以安装在车辆内或形成车辆的结构构件或附加部分。
- [0027] 位于由结构14的壁18、20、22和24限定的空间26内的是声学散射体16。声学散射体16可以具有声单极响应和声双极响应。声单极向所有方向辐射声波。单极的辐射方模式基

基本上与声压的大小和相位都没有角度依赖性。声双极的辐射具有角度依赖性 $e^{i\theta}$ ，其中 θ 是二维极角。沿着两个相反的辐射方向，压力场在相同的距离处具有相同的大小和相反的相位。单极响应相当于从脉动圆柱体辐射的声音，该圆柱体的半径以正弦形式扩展和收缩。双极响应相当于从彼此分开小距离的两个脉动圆柱体辐射的声音，这两个脉动圆柱体辐射具有相同强度和相反的相位的相位的声音。

[0028] 声学散射体16的声双极响应和声单极响应可以具有基本上类似的共振频率。关于共振频率的术语“基本上类似”应该被理解是指共振频率可以相差约10%或更小。声学散射体16大体具有壳体27，该壳体限定了声学散射体16的总体形状。壳体27大体上可以在壳体27的整个宽度上是对称的。但是，壳体27可以采用多种不同形状中的任何一种。在壳体27的相对端部处可以设有端盖17和19。

[0029] 参照图2A-2D，示出了声学散射体16A-16D的不同示例大体沿图1的线2-2的横截面。应该理解的是，图2A-2D示出的声学散射体16A-16D的不同设计仅仅是示例。声学散射体16可以采用多种不同设计中的任何一种，而不仅仅是本公开中示出和描述的那些。声学散射体16A-16D中的每个可以具有壳体27A-27D，这些壳体的形状在壳体27A-27D的整个长度上是大体对称的。每个壳体27A-27D大体限定周边28A-28D。

[0030] 声学散射体16A-16D均各自具有第一共振室30A-30D和第二共振室32A-32D。第一共振室30A-30D各个均具有分别与其对应的第二共振室32A-32D基本上类似的容积。关于容积的术语“基本上类似”应该被理解是指容积可以相差约10%或更小。

[0031] 另外，当观察声学散射体16A-16D的横截面时，第一共振室30A-30D和第二共振室32A-32D可以是横跨至少一条对称线的彼此的镜像和/或可以具有相同的形状。第一共振室30A-30D和第二共振室32A-32D大体上沿着它们各自的壳体27A-27B的长度延伸并且可以终止于端盖，如图1中清楚地示出的端盖17或19。

[0032] 声学散射体16A-16D均可以具有分别设置在壳体17A-17D内的第一通道38A-38D。第一通道38A-38D可以分别从第一共振室30A-30D延伸到形成在壳体17A-17D的周边28A-28D内的开口34A-34D。另外，声学散射体16A-16D均可以具有分别设置在壳体17A-17D内的第二通道40A-40D。第二通道40A-40D可以分别从第二共振室32A-32D延伸到形成在壳体17A-17D的周边28A-28D内的开口36A-36D。第一通道38A-38D可以分别与第二通道40A-40D分开。

[0033] 当观察声学散射体16A-16D的横截面时，第一通道38A-38D和第二通道40A-40D可以是横跨至少一条对称线的彼此的镜像或者可以具有相同的总体形状。第一通道38A-38D和第二通道40A-40D大体沿着它们各自的壳体27A-27B的长度延伸并且可以终止于端盖，如图1中清楚地示出的端盖17或19。

[0034] 声学散射体16A-16D可以使用若干不同材料中的任何一种制成。例如，声学散射体16A-16D可以由声学上硬的材料制成，例如塑料、硅、玻璃和/或金属。关于金属，可以使用任何金属，例如铝、钢、钛等等。

[0035] 参照图3A和3B，分别示出了隔音装置110A和110B的两个其他示例。这里，除了附图标记增加了100之外，使用了类似的附图标记来指代类似的元件。另外，应当注意，声学散射体116A和116B具有图2B所示的声学散射体16B的形状。但是，应当理解，可以利用本说明书中描述的或其他可能想到的任何不同类型的声学散射体。

[0036] 关于图3A,隔音装置110A包括声学散射体116A。隔音装置110A还包括彼此分开距离D的壁118A和120A。壁118A和120A彼此大体相对并且在它们之间限定了空间126A。隔音装置110A还包括声源112A,所述声源可以是扬声器或任何其他声源,例如附近部件(例如车辆动力系)产生的声音、来自与车辆接触的风的噪声和/或车辆轮胎发出的轮胎噪声。

[0037] 开口113A位于声源112A的相对端部处。声学散射体116A可以位于壁118A和120A之间的中点附近。该中点基本上是壁118A和120A之间的距离D的一半。在此,声学散射体116A被布置成使得开口134A和136A大体分别面对壁118A和120A。如本说明书后面将更详细解释的那样,声学散射体116A布置成使得开口134A和136A大体面对壁118A和120A的这种布置可能导致吸收系数为0.5。在开口134A或136A面对声源112A的情形下,吸收系数可以为约1.0。这样,可以通过简单地旋转声学散射体116A来调整声学散射体116A的声音吸收特性。

[0038] 第一壁118A和第二壁120A之间的距离D可以基于希望减小的波长的类型而变化。距离D应该小于共振频率下的波长:

$$[0039] \quad D < \frac{c}{f}$$

[0040] 其中,D是第一壁118A和第二壁120A之间的距离,c是声速,f是声学散射体116A的声单极响应和声双极响应的共振频率。

[0041] 即使对于一个频率,第一壁118A和第二壁120A之间的距离D也是可调的。可以通过重新设计声学散射体116A来调谐距离D,以改变散射的单极矩和双极矩的强度。

[0042] 将注意力转向图3B,隔音装置110B被示出并且类似于图3A中所示的隔音装置110A。该示例中的区别在于隔音装置110B的声学散射体116B已经旋转成使得声学散射体116B的开口134B基本上面对声源112B。已经观察到,本申请的声学散射体116B的声单极响应和声双极响应是方向相关的。例如,声学散射体116B的吸收系数可以与总吸收1.0一样高,通过将声学散射体116B旋转90°可以调节为0.5。

[0043] 在图3B中,当声学散射体116B被旋转成使得开口134B或开口136B面对声源112B时,吸收系数将大于图3A所示的其中声学散射体116A已经旋转成使得开口134A和136A大体分别面对壁118A和120A的构造。在一个示例中,图3B的声学散射体116B的吸收系数可以为约1.0,而图3A的声学散射体116A的吸收系数可以为约0.5。但是,应当理解的是,这些吸收系数可以变化。

[0044] 关于旋转声学散射体的效果的进一步的细节在图6中示出。图6示出了具有在2000Hz和2200Hz之间的频率的声音的声音传输损耗(STL)。线60代表图3B的隔音装置110B的STL特性,其中声学散射体116B的开口134B或136B大体面对声源112B。线62代表图3A的隔音装置110A的STL特性,其中开口134B面对壁118A,开口136A面对壁120A。吸收特性为约0.5。

[0045] 参照图4A,示出了系统210A的示例。像前面一样,类似的附图标记已被用来指代类似的元件。在该示例中,设有形成阵列的四个声学散射体216A。声学散射体216A的阵列大体形成垂直于壁218A和/或220A的排。这种构造在壁之间的距离D相当宽且需要多个声学散射体216A来为系统210A提供适当的声吸收类型特性的情形中可能有用。

[0046] 声学散射体216A中的各个声学散射体之间和/或在排的端部处的声学散射体216A与壁218A或220A之间的距离217A是基本上相等的。关于“基本上相等”,这意味着距离217A

可以变化多达10%。用于阵列以最佳地吸收声音的声学散射体116A的总数量大体上基于第一壁218A和第二壁220A之间的距离241A。用于应用所需的声学散射体的总数量(N)可以表达如下:

$$[0047] \quad N = D / (c/f),$$

[0048] 其中,D是第一壁218A和第二壁220A之间的距离,c是空气中的声速,f是声单极响应和声双极响应的共振频率。

[0049] 参照图4B,该图示出了与图4A类似的设置,但是该设置的不同之处在于,声学散射体216B已经旋转了90°,使得声学散射体216B的开口基本上面对声源212B。与图4A所示的布置相比,这种构造将实质上产生更大的声音吸收系数。

[0050] 参照图4C,系统210C的该示例类似于图4A中所示的系统。然而,系统210C具有两排声学散射体216C。像前面一样,声学散射体216C之间的距离217C在系统210C的整个宽度上(在壁218C和220C之间)是基本上相等的。另外,从一排到另一排的声学散射体216C之间的距离也基本上类似于距离217C。具有两排(或更多排)声学散射体216C的目的是为了改善系统210C的总体声音吸收特性。虽然可能只需要一排,但第二排将提供额外的声音吸收。

[0051] 图4D的系统210D类似于图4C的系统210C,不同之处在于图4D的声学散射体216D相比图4C的声学散射体216D已经旋转了90°。与图4C所示的布置相比,这种构造将实质上产生更大的声音吸收系数。

[0052] 参照图5,示出了装置310。在该示例中,声学散射体316A和316B被容纳在两个单独的壳体327A和327B中。声学散射体316A包括共振室330和从开口334通向共振室330的通道338。散射体316B也包括共振室332和从共振室332通向开口336的通道340。壳体327A和327B大体上彼此面对并且分别邻近壁320和318。

[0053] 第一壁318和第二壁320之间的距离D可以基于希望减小的波长的类型而变化。距离D应该小于共振频率下的波长:

$$[0054] \quad D < \frac{c}{f},$$

[0055] 其中,D是第一壁318和第二壁320之间的距离,c是声速,f是声学散射体316A和316B的声单极响应和声双极响应的共振频率。

[0056] 参照图7A,示出了具有九个单独的声学散射体416的系统的模拟,这九个声学散射体形成具有一排的阵列。在此,声学散射体416旋转成使得声学散射体416的开口434基本上面对声源412。图7A示出了具有2111Hz的频率的总声场。在该图中可以看到,在声学散射体416的阵列的左侧处的波的振幅是单一的,这意味着没有影响。而在声学散射体416的阵列的右侧处的波的振幅为零,这指示传输为零,也就是说指示完全吸收。

[0057] 因此,所有能量都被声学散射体416的阵列吸收。在单个散射体的放大图中,可以看到两个开口环声学散射体416附近的压场具有相反的相位,而且形状不同。这是由于单极矩和双极矩的叠加。这种设计利用了这两个分量,并且使它们散射相同量的能量以实现完全吸收。

[0058] 图7B示出了单极散射系数和双极散射系数。这两个分量具有与设计要求的相同的强度。如图7C所示,2111Hz下的吸收系数为1.0。

[0059] 前面的描述本质上仅仅是说明性的并且绝不旨在限制本公开、其应用或用途。如

本文中所使用的短语A、B和C中的至少一个应被解释为是指使用非排他性逻辑“或”的逻辑(A或B或C)。应当理解的是,在不改变本公开的原理的情况下,可以以不同的顺序执行方法内的各个步骤。范围的公开包括所有范围和整个范围内的细分范围的公开。

[0060] 本文中使用的标题(例如“背景技术”和“发明内容”)和子标题仅旨在用于本公开中的主题的一般组织,而非旨在限制本技术或其任何方面的公开。具有所陈述的特征的多个实施例的记载并不旨在排除具有另外的特征的其他实施例或结合所陈述的特征的不同组合的其他实施例。

[0061] 如本文中所使用的术语“包括”和“包含”及其变体旨在为非限制性的,使得连续项目或列表的记载并不排除也可能在本技术的装置和方法中有用的其他类似项目。类似地,术语“能够”和“可以”及其变体旨在是非限制性的,使得对实施例能够或可以包括某些元件或特征的记载不排除不包含那些元件或特征的本技术的其他实施例。

[0062] 本公开的广泛教导可以以各种形式实施。因此,尽管本公开包括特定示例,但是本公开的真实范围不应受到如此限制,因为在研究说明书和后面的权利要求书之后,其他修改对本领域技术人员而言将变得明显。本文对一个方面或各个方面的引述是指结合实施例或特定系统描述的特定特征、结构或特性包括在至少一个实施例或方面中。短语“在一个方面中”(或其变型)的出现不一定指同一方面或实施例。还应当理解,本文讨论的各个方法步骤不必以与所描绘的顺序相同的顺序执行,并且在每个方面或实施例中不需要每个方法步骤。

[0063] 为了说明和描述的目的,已经提供了实施例的前述描述。这并非旨在穷举或限制本公开。特定实施例的各个独立元件或特征通常不限于该特定实施例,而是在适用的情况下是可互换的,并且即使未具体示出或描述,也可以在所选择的实施例中使用。同样也可以以许多方式变化。这样的变化不应该被认为是偏离本公开,并且所有这样的修改旨在包括在本公开的范围之内。

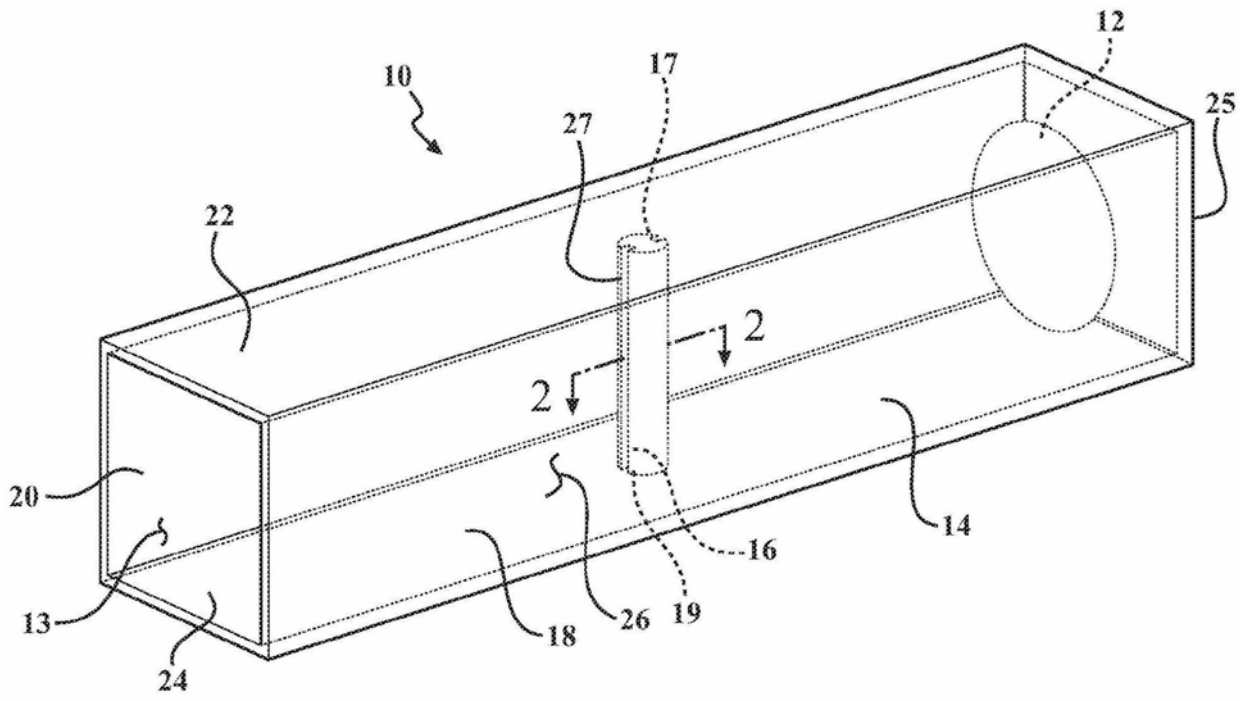


图1

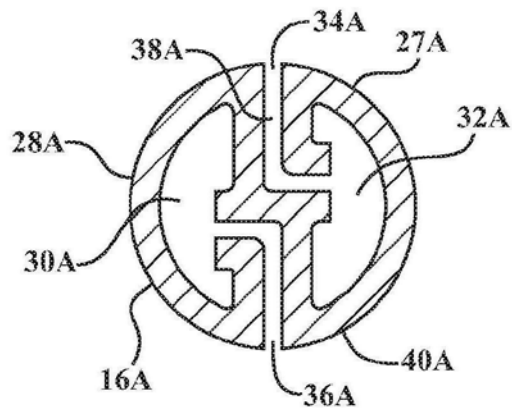


图2A

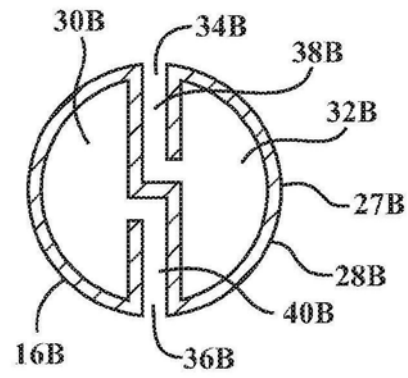


图2B

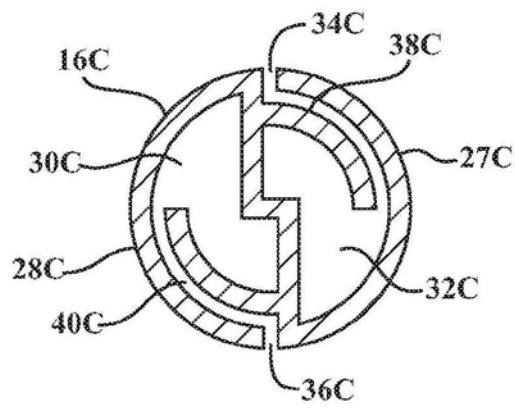


图2C

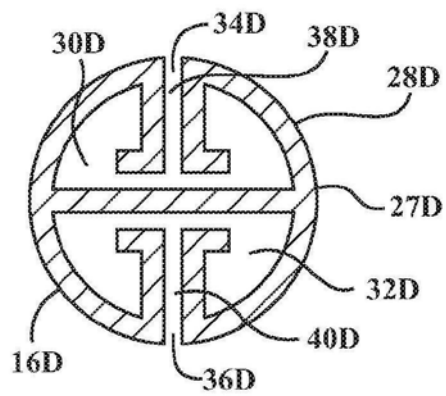


图2D

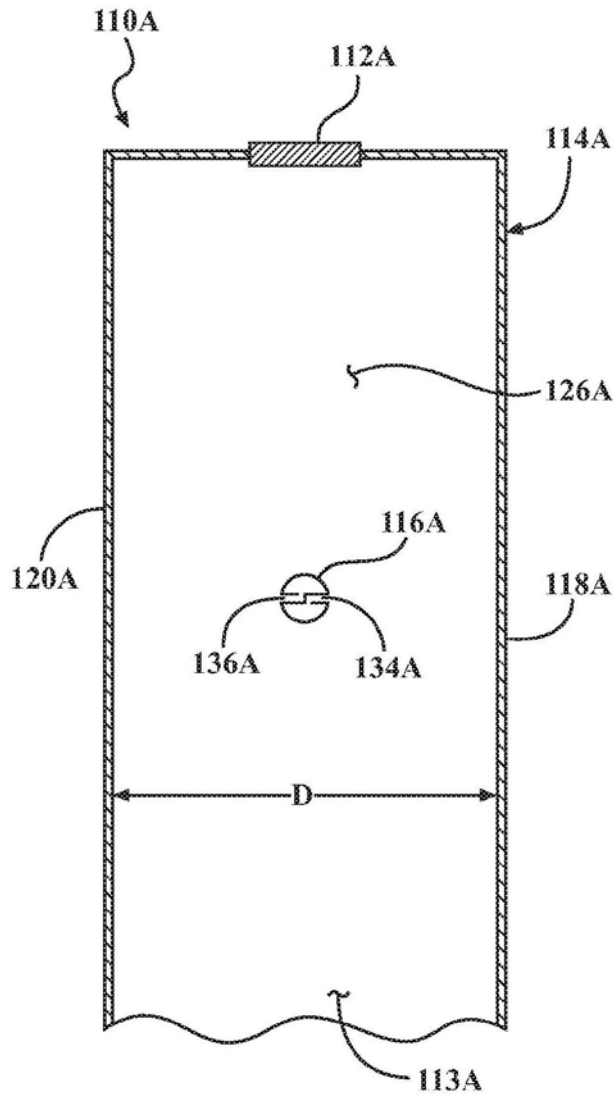


图3A

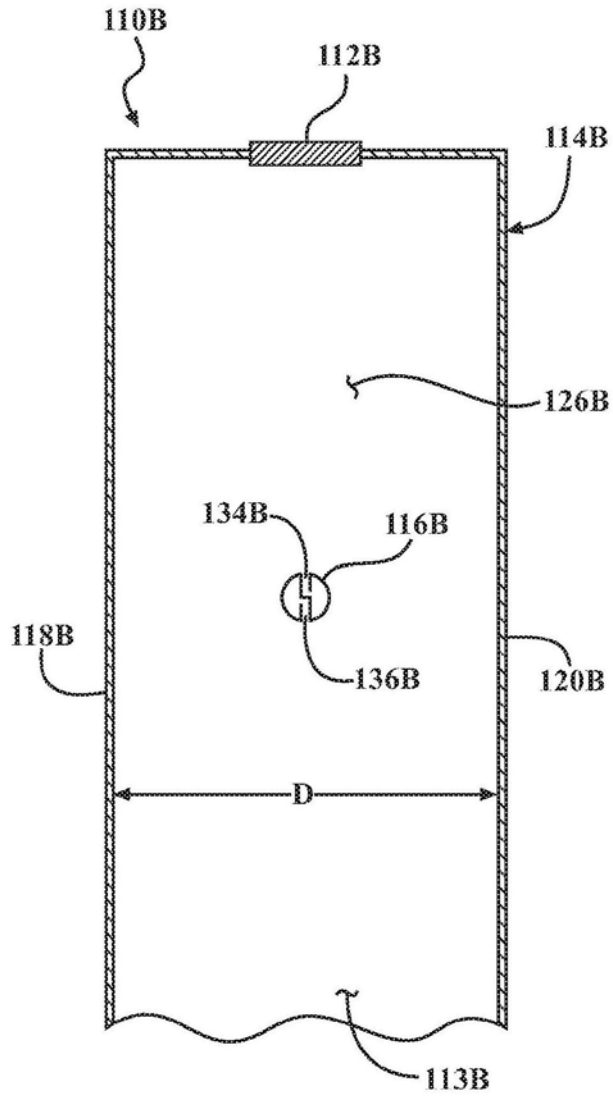


图3B

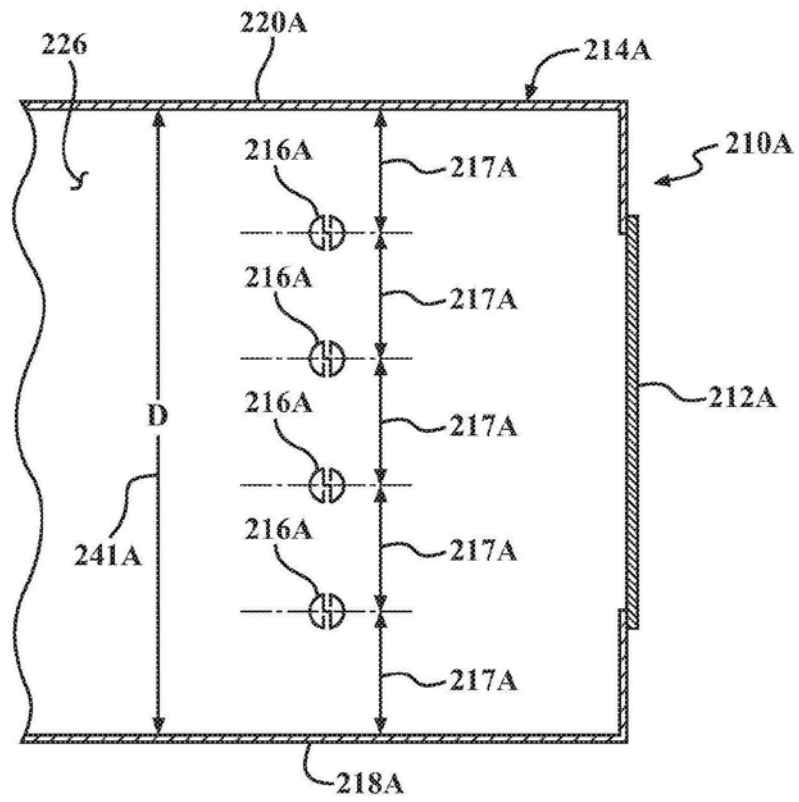


图4A

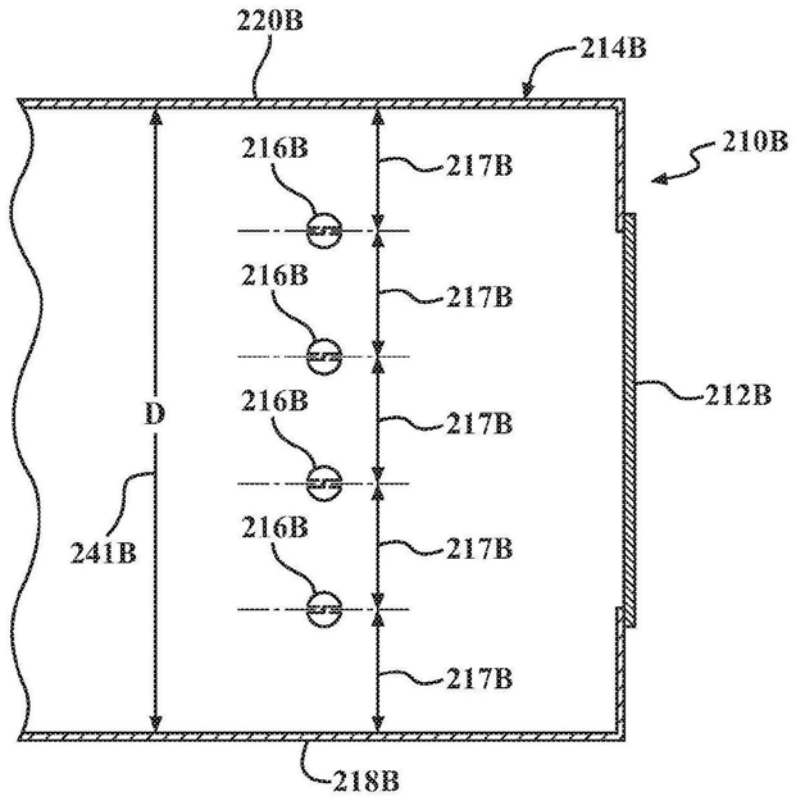


图4B

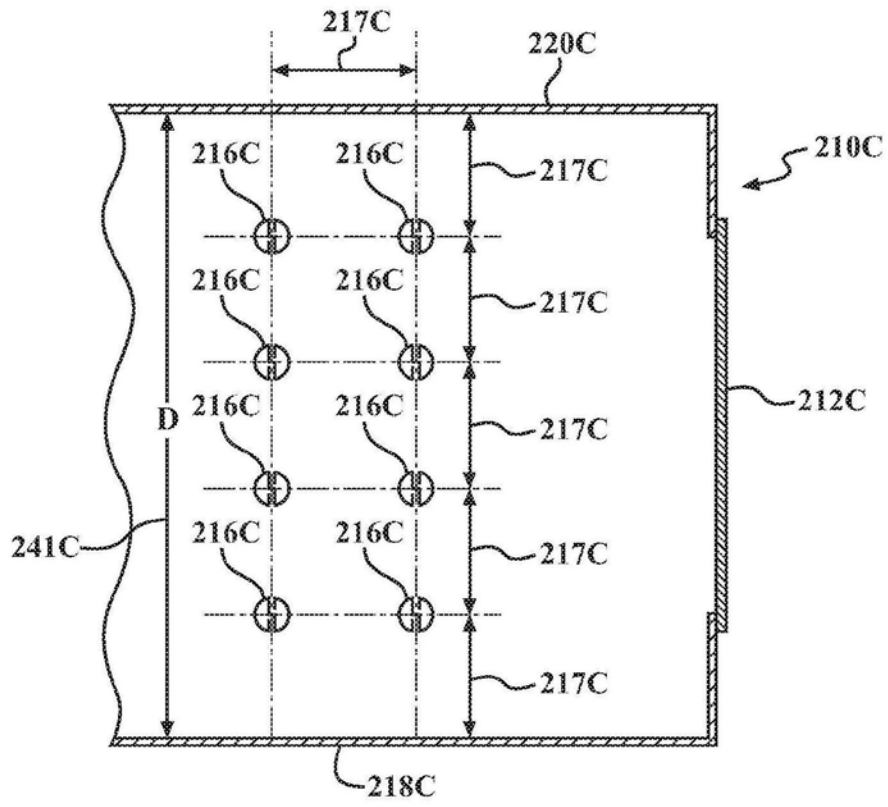


图4C

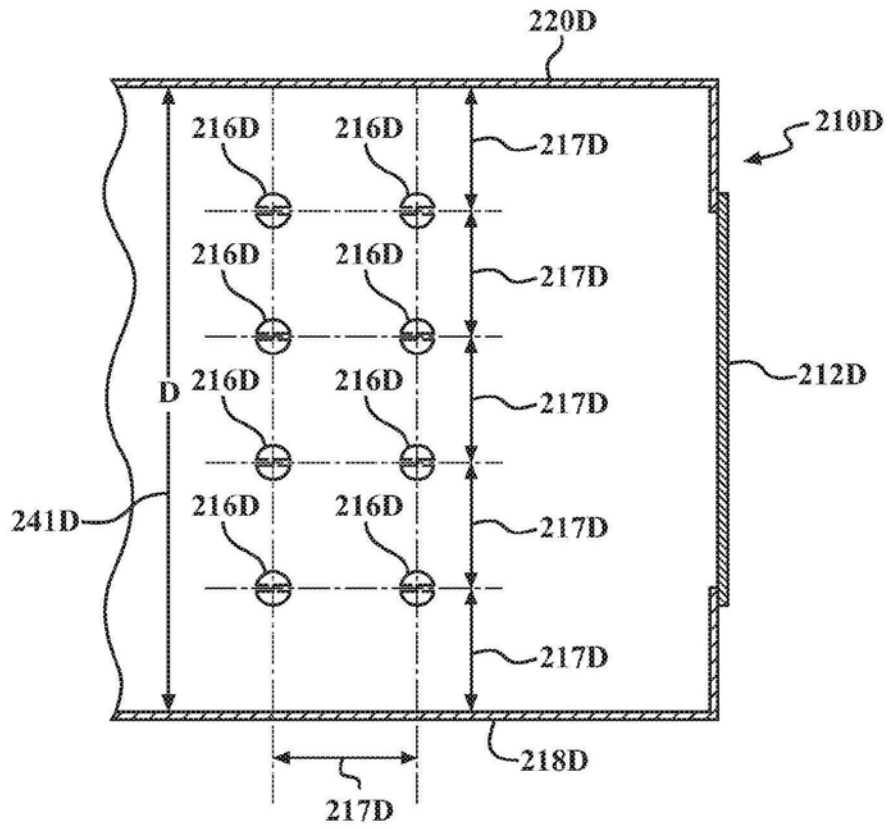


图4D

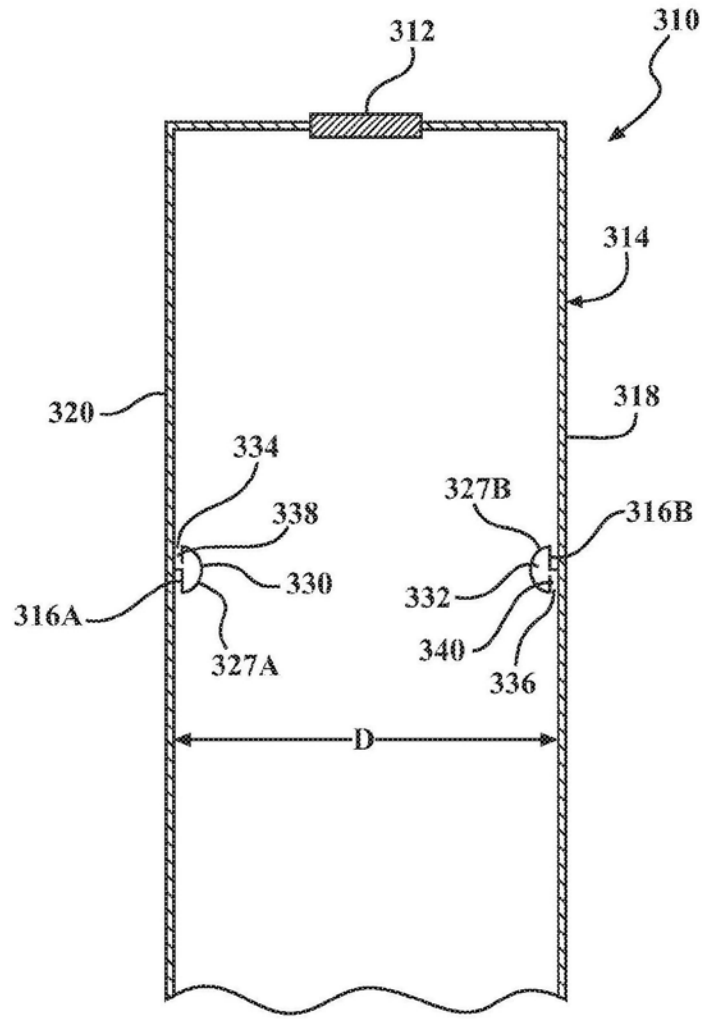


图5

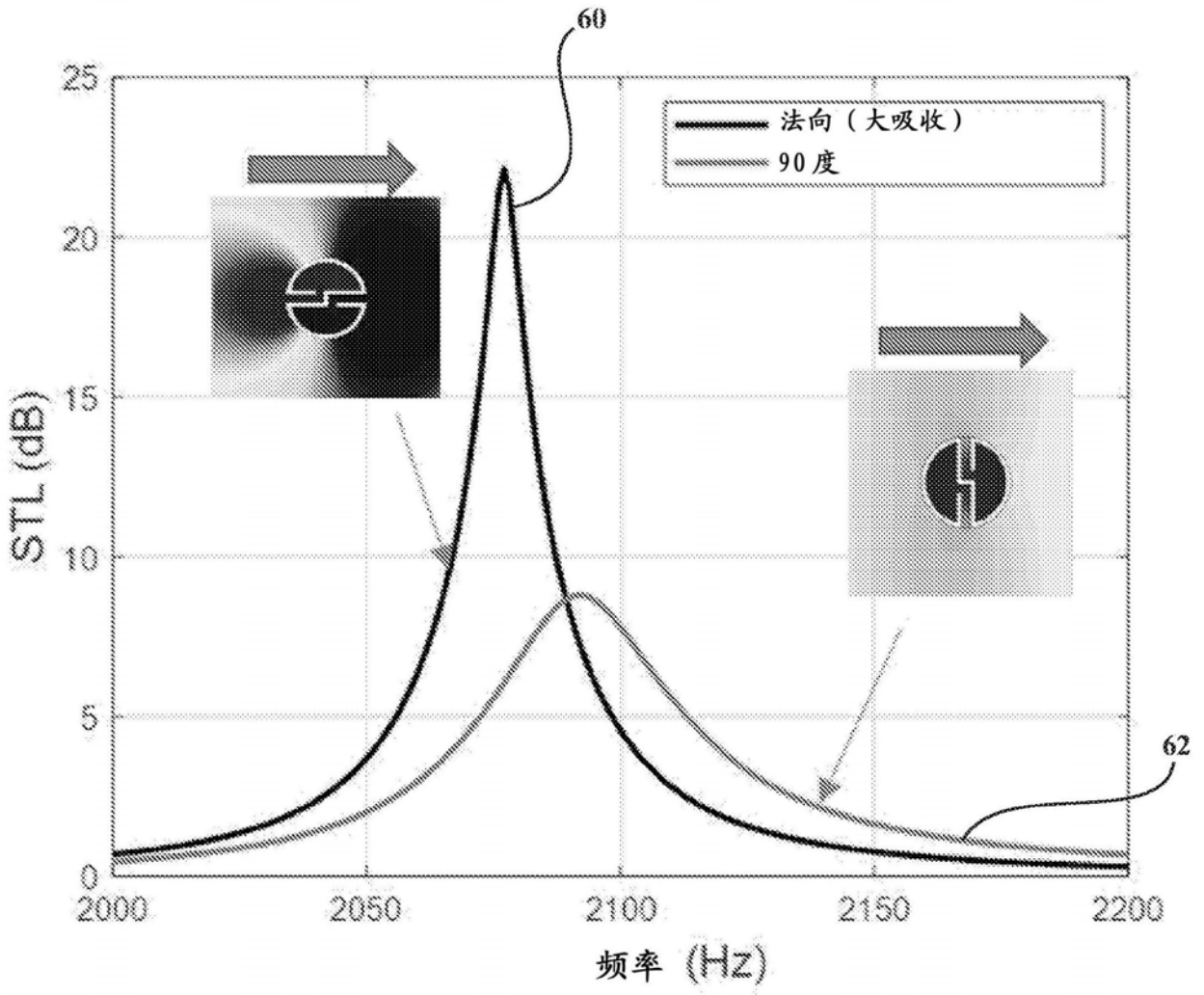


图6

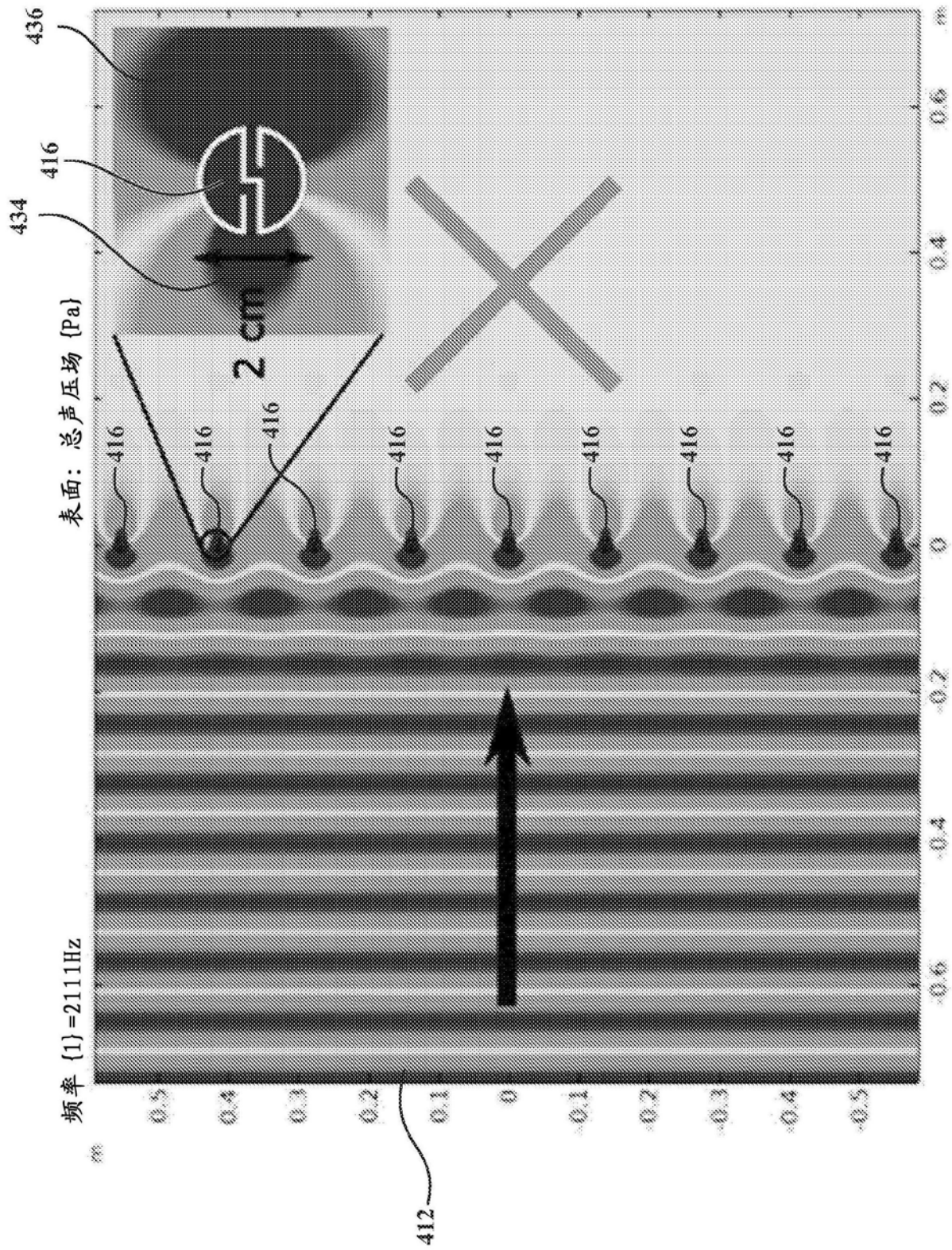


图7A

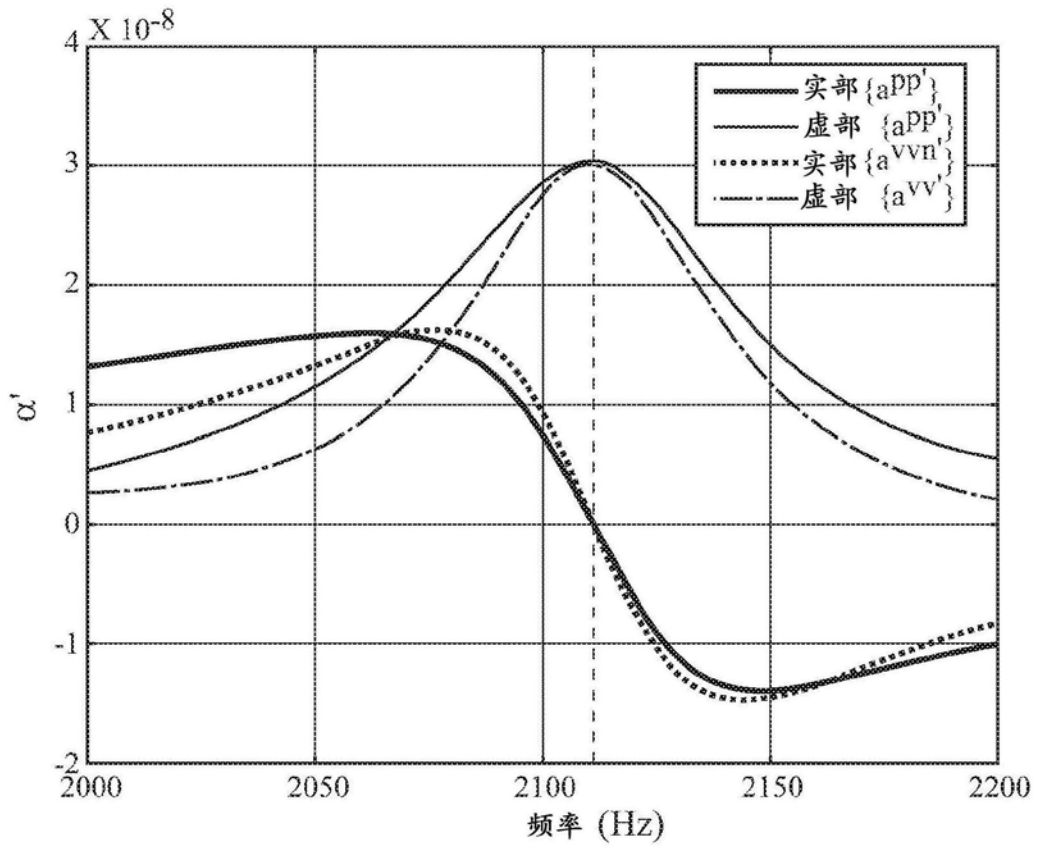


图7B

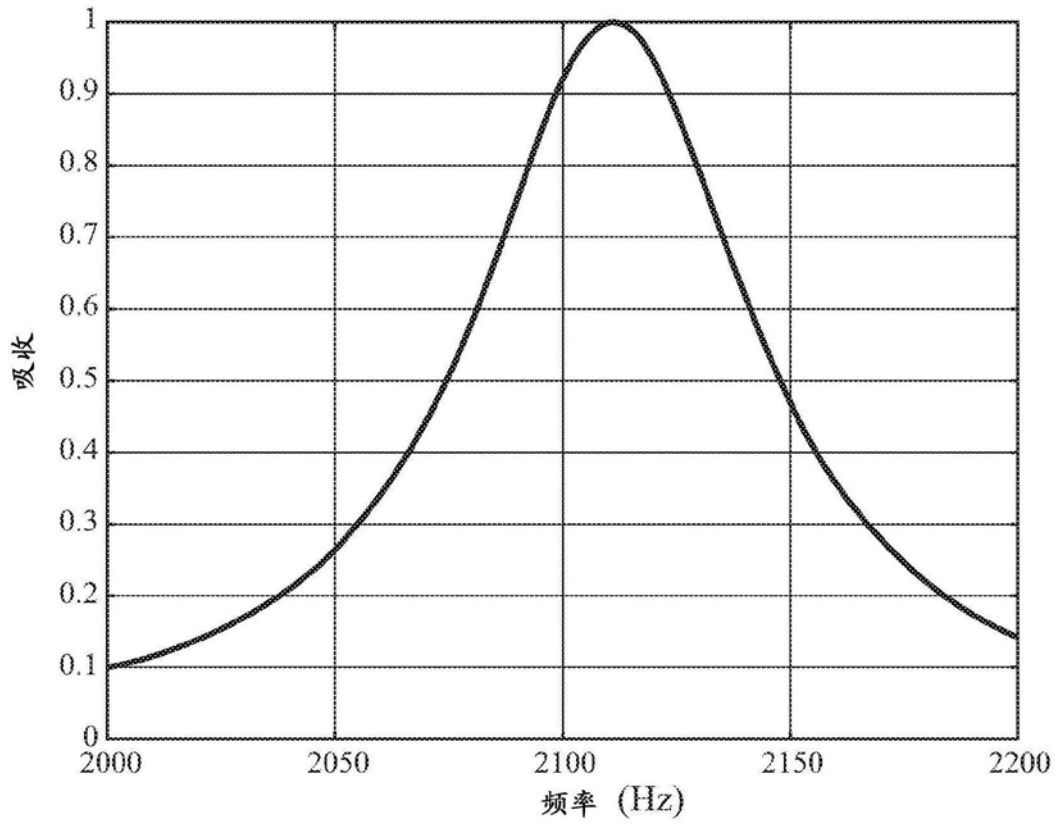


图7C