



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110094452 B

(45) 授权公告日 2021. 05. 07

(21) 申请号 201810086724.0

G10K 11/16 (2006.01)

(22) 申请日 2018.01.30

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

US 2013071251 A1,2013.03.21

申请公布号 CN 110094452 A

CN 106023974 A,2016.10.12

(43) 申请公布日 2019.08.06

CN 106023978 A,2016.10.12

(73) 专利权人 香港理工大学

CN 101112118 A,2008.01.23

地址 中国香港九龙红磡理工大学陈鲍雪莹
楼10楼1009室

DE 102015100442 A1,2016.07.14

US 2014044299 A1,2014.02.13

CN 106023979 A,2016.10.12

(72) 发明人 成利 周桐

Lee, J.Y..Vibration damping using a
spiral acoustic black hole.《Journal of
the Acoustical Society of America》.2017,
季宏丽.声学黑洞结构应用中的力学问题.
《力学进展》.2017,

(74) 专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

审查员 杜少荣

代理人 李玉锁 张浴月

(51) Int.Cl.

F16F 15/02 (2006.01)

F16F 15/04 (2006.01)

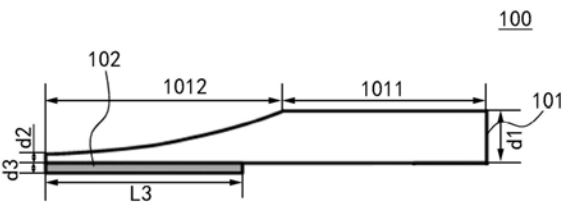
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

利用声学黑洞特征的宽频带振动抑制装置

(57) 摘要

本发明涉及一种利用声学黑洞特征的宽频带振动抑制装置,包括:减振体,包括厚度不变的均匀部分和与该均匀部分一体相连的锥形部分,该锥形部分从相连处起以从该均匀部分的厚度逐渐减小至一预定厚度的方式延伸;以及阻尼层,附连至该减振体的锥形部分。本发明的振动抑制装置可以在宽频带上有效抑制振动、降噪,并且设计简单。



1. 一种利用声学黑洞特征的宽频带振动抑制装置,包括:

减振体,包括厚度不变的均匀部分和与该均匀部分一体相连的锥形部分,该锥形部分从相连处起以从该均匀部分的厚度逐渐减小至一预定厚度的方式延伸;

阻尼层,附连至该减振体的锥形部分;以及

连接器,附连至该减振体的均匀部分的底部,用于将该减振体连接至一待减振设备。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中,该锥形部分的厚度减小遵循如下公式:

$$h(x) = \varepsilon \cdot x^m, m \geq 2$$

其中,x是沿着该锥形部分厚度减小方向的坐标, ε 是系数,m是大于等于2的整数。

3. 根据权利要求1所述的装置,其中,该连接器用于通过强力胶水、焊接或螺栓将该减振体与该待减振设备连接。

4. 根据权利要求1所述的装置,其中,该阻尼层附连至该减振体的锥形部分的延伸末端的顶面或底面上。

5. 根据权利要求1所述的装置,其中,该减振体还包括从该锥形部分的延伸末端以该预定厚度继续延伸出一预定长度的平台。

6. 根据权利要求1所述的装置,其中,该锥形部分的中性轴为线形,或螺旋形。

7. 根据权利要求1所述的装置,其中,该阻尼层为多层。

8. 根据权利要求1所述的装置,其中,多个振动抑制装置被连接至该待减振设备。

利用声学黑洞特征的宽频带振动抑制装置

技术领域

[0001] 本申请涉及减振领域,更具体地,涉及一种利用声学黑洞特征的宽频带振动抑制装置。

背景技术

[0002] 振动控制对于运输车辆、机器和电子仪器等许多工业产品来说非常重要。结构、设备和机器的振动直接影响产品的接受度和竞争力。越来越严格的规定要求将振动限制在可接受水平内,以避免疲劳、噪音和不舒适等潜在的问题。人们一直在努力开发出减少不期望的结构振动或机械振动的方法。

[0003] 控制结构振动的流行和有效的方法之一是将辅助系统附加到受控的原始结构上。动态吸振器(Dynamic vibration absorber,DVA)是最常用的振动控制装置之一。它通常由质量块、弹簧和阻尼元件组成,结构上可以组成各种形式。然而,为了减少结构的共振峰值,DVA应被调整到准确的频率并且连接到主振动结构。通过这样做,由于该结构与DVA之间的强相互作用,可以有效地降低原始结构的振动水平。已经公开了基于该原理的各种吸收器发明,例如US3419111A等。然而,公认的是,传统的DVA只能在非常窄的频带上提供减振,并且该减振器的控制性能对其物理参数非常敏感。因此,调节和应用多个DVA进行多频或宽频带控制是一个非常复杂和繁琐的过程。还有另一种类型的振动控制装置是波导吸收器。波导吸收器可以增加主振动结构的阻尼和能量耗散,从而可能实现多谐振控制。然而,像波导吸收器这样的辅助吸收系统与主振动结构之间的耦合相对较弱,并且为了满足阻抗匹配条件,波导吸收器应被适当设计。除非使用具有特殊设计的不切实际的大结构,否则常规装置具有非常有限的波陷阱和能量耗散能力。同时,在实际应用中,应仔细选择吸收器的安装位置和数量,以便产生足够的减振效果。因此,需要开发一种用于有效的宽频带振动抑制的简单且易于使用的振动控制装置。

[0004] 由上可见,传统的动态吸振器只能在很窄的范围内提供振动抑制,控制性能对振动吸收器的物理参数非常敏感。调整参数也很繁琐而且困难。尽管波导吸收器可以在宽频带上有效,但是这种辅助系统与主结构之间的耦合相对较弱。波导吸收器的设计要适当,要注意满足阻抗匹配条件,实际应用中通常需要多个吸收器。

发明内容

[0005] 为了克服上述问题,本发明提供一种利用声学黑洞特征的宽频带振动抑制装置,包括:减振体,包括厚度不变的均匀部分和与该均匀部分一体相连的锥形部分,该锥形部分从相连处起以从该均匀部分的厚度逐渐减小至一预定厚度的方式延伸;以及阻尼层,附连至该减振体的锥形部分。

[0006] 可选地,该锥形部分的厚度减小遵循如下公式:

[0007]
$$h(x) = \varepsilon \cdot x^m, m \geq 2$$

[0008] 其中,x是沿着该锥形部分厚度减小方向的坐标, ε 是系数,m是大于等于2的整数。

[0009] 可选地,该振动抑制装置还包括:连接器,附连至该减振体的均匀部分的底部,用于将该减振体连接至一待减振设备。

[0010] 可选地,该连接器用于通过强力胶水、焊接或螺栓将该减振体与该待减振设备连接。

[0011] 可选地,该阻尼层附连至该减振体的锥形部分的延伸末端的顶面或底面上。

[0012] 可选地,该减振体还包括从该锥形部分的延伸末端以该预定厚度继续延伸出一预定长度的平台。

[0013] 可选地,该锥形部分的中性轴为线形,或螺旋形。

[0014] 可选地,该阻尼层为多层。

[0015] 可选地,多个振动抑制装置被连接至该待减振设备。

[0016] 通过本发明,ABH特征内振动能量被有效地俘获和减振,且ABH结构元件由于其独特的动态特性,而具有带有高系统损耗因子的丰富模态分布,其能够在宽频带上提供能量耗散和动态相互作用。此外,ABH锥形结构元件具有简单和易于实现的几何形状。由于上述其独特的动态特性,可以避免传统动力吸振器的调谐过程。而且,本发明的振动抑制装置可以用于任何振动系统而不影响该振动系统的结构完整性。

附图说明

[0017] 图1示出了根据本发明的一示例性实施例的利用声学黑洞特征的宽频带振动抑制装置的主视图;

[0018] 图1A示出了根据本发明的一示例性实施例的利用声学黑洞特征的宽频带振动抑制装置的变型的正视图;

[0019] 图2示出了根据本发明实施例将振动抑制装置安装到一待减振设备的示意图;

[0020] 图2A示出了图2所示振动抑制装置及待减振设备的俯视图;

[0021] 图2B示出了图1A所示的振动抑制装置的仰视图;

[0022] 图3示出了根据本发明另一示例性实施例的振动抑制装置的主视图;

[0023] 图3A示出了图3所示振动抑制装置的一变型的主视图;

[0024] 图4A示出了图3所示的振动抑制装置的俯视图;

[0025] 图4B示出了图3A所示的振动抑制装置的仰视图;

[0026] 图5示出了根据本发明再一示例性实施例的振动抑制装置的俯视图;

[0027] 图6示出了具有和不具有带有声学黑洞特征的振动抑制装置的任意选择的待减振设备的频率响应的实验测量结果。

具体实施方式

[0028] 下面将详细描述本申请的实施例。应当注意,这里描述的实施例仅用于举例说明,并不用于限制本申请的范围。

[0029] 本发明提供了一种利用声学黑洞特征的宽频带振动抑制装置,其中采用利用了声学黑洞特征的振动抑制装置作为辅助附加装置,从而以最小的调整实现结构的宽频带振动抑制,即在宽频带上减少主要结构的不希望的振动。预期这种附加的子装置的设计过程简单且易于应用于各种应用中。

[0030] 本申请通过利用“声学黑洞”(Acoustic Black Hole, ABH)现象来设计宽频带有效振动吸收器,以减小结构的各种类型的不期望的结构振动,尤其是弯曲振动,并能够降低噪音。在ABH结构中,由于弯曲波在厚度根据幂函数($h(x) = \varepsilon \cdot x^m, m \geq 2$)减小的锥形楔形物(wedge)内传播,因而弯曲波的波速逐渐减小,波幅度逐渐增大,其中 x 是沿着该锥形楔形物的厚度减小方向的坐标, ε 是系数, m 是大于等于2的整数。

[0031] 所提出的具有ABH特征的振动抑制装置具有其特有的大工作频带和有效控制性能的内在特性。

[0032] 在相关技术中,ABH特征可以通过减小原振动结构的厚度,以各种形式嵌入到原振动结构中,从而使原振动结构的静态特性下降。而本发明设法设计附加的振动抑制装置而不影响原振动结构本身的机械性能,即,本发明通过将ABH锥形结构元件作为独立装置附接到原振动结构上,因此不会牺牲原振动结构的完整性和刚度。

[0033] 图1示出了根据本发明的一示例性实施例的利用声学黑洞特征的宽频带振动抑制装置的正视图。

[0034] 如图1所示,振动抑制装置100可以包括:减振体(锥形附加梁)101,包括厚度不变的均匀部分1011和与该均匀部分1011一体相连的锥形部分1012,该锥形部分1012从相连处起以从该均匀部分1011的厚度 d_1 逐渐减小至一预定厚度 d_2 的方式延伸;以及阻尼层102,附连至该减振体101的锥形部分1012。

[0035] 该锥形部分1012的厚度变化遵循如下幂律廓线(power-law profile): $h(x) = \varepsilon \cdot x^m, m \geq 2$,其中, x 是沿着该锥形部分厚度减小方向的坐标, ε 是系数, m 是大于等于2的整数。但本发明不以此为限。例如,该锥形部分1012的厚度变化也可以遵循其他类似的公式,只要锥形部分1012的厚度逐渐减小,满足所谓的“平滑度准则(smoothness criterion)”,即局部波数的变化在波长上的距离小,就可以获得与本发明类似的效果。

[0036] 此外,该锥形部分1012的厚度逐渐减小到该预定厚度 d_2 而截断停止,由此在该截断处会产生很强的波反射。为了解决这一问题,本发明通过使用阻尼层102来覆盖锥形部分1012的末端,从而可以将由该截断导致的波反射显著减小。由此,具有变化厚度的锥形部分1012和阻尼层102的组合产生了有效的楔形吸收器,可以更加有效地吸收振动并减小噪声。

[0037] 附加的阻尼层102减小了入射波的反射并为减振体101提供了能量耗散。通常可以选择具有高损耗因子的粘弹性材料作为附加的阻尼层102。

[0038] 如图1所示,阻尼层102附连至(例如,粘合到)减振体101的锥形部分1012的末端底面上。但本发明不以此为限。例如,阻尼层102也可以被设置在锥形部分1012末端的顶面上,在此情况下,阻尼层102具有与锥形部分1012末端顶面变化一致的曲面,以与锥形部分1012末端顶面贴合。阻尼层102也可以附连至减振体101的顶面或底面的中间部分,或者偏左部分,而不必像图1所示那样与锥形部分1012的末端平齐。

[0039] 在一示例中,阻尼层102可以为多层。即,在图1所示阻尼层102的基础上,还可以再额外设置形状相同或不同的阻尼层,例如可以进一步在阻尼层102上再设置一层阻尼层,或者可以进一步在锥形部分1012末端的顶面上再设置一层阻尼层,从而进一步减小入射波的反射并为减振体101提供进一步的能量耗散。

[0040] 该均匀部分1011和该锥形部分1012形成为一体(即,一体成型),二者的材料相同。该均匀部分1011和该锥形部分1012的形式方式例如可以采用数控铣削加工,或者也可以利

用3D打印一次成型,或者也可以利用电子放电加工(electrical discharge machining)。

[0041] 图1A示出了根据本发明的一示例性实施例的利用声学黑洞特征的宽频带振动抑制装置的变型的正视图。

[0042] 如图1A所示,在图1所示的振动抑制装置100的基础上,振动抑制装置100还可以包括连接器103,该连接器103附连至该减振体101的均匀部分1011的底部,用于将该减振体101连接至一待减振设备(即,原振动结构)。

[0043] 图2示出了根据本发明实施例将振动抑制装置安装到一待减振设备的示意图。

[0044] 如图2所示,连接器103附连至振动抑制装置100的减振体101的均匀部分1011的底部,用于将该振动抑制装置100连接至一待减振设备A。

[0045] 连接器103用于连接主振动系统(即,待减振设备A)和辅助振动系统(即,减振体101),使得振动能量可以通过局部位移和旋转在待减振设备A和减振体101(进而振动抑制装置100)之间传递。例如,该连接器103可以通过强力胶水、焊接或螺栓等方式将该减振体101与该待减振设备A连接。

[0046] 在一示例中,如果减振体101的均匀部分1011的长度相对较小,则也可以省略连接器103(如图1所示),而将减振体101直接经由强力胶水、焊接或螺栓等方式与该待减振设备A连接。

[0047] 如图2所示,连接器103的厚度为 d_4 ,阻尼层102的厚度为 d_3 , d_4 大于 d_3 。

[0048] 待减振设备A的振动引起振动抑制装置100中的弯曲波的传播。根据幂律廓线,振动抑制装置100的减振体101的厚度从原始大值 d_1 调整到小值 d_2 。然后,由于特定的“声学黑洞”效应,振动能量从减振体101的较厚部分移动到较薄部分并集中在减振体101的锥形部分1012的延伸末端周围。

[0049] 减振体101的锥形部分1012的延伸末端的厚度 d_2 应尽可能小,只要减振体101能够保持住阻尼层102不使减振体101破裂,且确保阻尼层102不接触待减振设备A即可。减振体101的锥形部分1012的延伸末端的厚度 d_2 越小,则控制效果越好。

[0050] 优选地,减振体101的锥形部分1012的末端(即,截断处)的残余厚度 d_2 可以比减振体101的均匀部分的厚度 d_1 小几十倍。

[0051] 此外,具有声学黑洞特征的附加的振动抑制装置100具有丰富的动态(分布形式),即,在频谱上具有丰富的模态分布,且在宽频带上具有高系统损耗因子。当频率匹配条件满足时,振动抑制装置100和待减振设备A之间也会同时发生相互作用,通过DVA原理促使待减振设备A在匹配频率附近的振动减少。

[0052] 该振动抑制装置100能够作为辅助系统附接到待减振设备A以在宽频带上减小其振动。在一示例中,可将多个振动抑制装置100连接至该待减振设备A,以进一步有效地减小待减振设备A的振动,并减小噪声。

[0053] 图2A示出了图2所示的振动抑制装置及待减振设备的俯视图。

[0054] 如图2A所示,减振体101的长度为 L_1 ,均匀部分1011的长度为 L_{11} ,锥形部分1012的长度为 L_{12} ,其中 $L_1 = L_{11} + L_{12}$ 。均匀部分1011和锥形部分1012的宽度均为 w_1 。

[0055] 图2B示出了图1A所示的振动抑制装置的仰视图。

[0056] 如图2B所示,连接器103的长度为 L_2 ,阻尼层102的长度为 L_3 , L_2 和 L_3 均小于 L_1 。优选地, L_2 小于 L_{11} , L_3 小于 L_{12} 。但本发明不以此为限。例如, L_3 也可以大于 L_{12} 。连接器103的

宽度为 w_2 ,阻尼层的宽度为 w_3 。优选地, $w_1=w_2=w_3$ 。但本发明不以此为限。例如, w_2 和 w_3 也可以小于 w_1 。

[0057] 参考图2和图2B,连接器103可以为长方体。但本发明不以此为限,连接器103也可以具有其他形状,例如正方体,椭圆体等。

[0058] 参考图1-图2B,该锥形部分1012的中性轴为线形,即,该锥形部分1012中性轴从均匀部分1011开始以直线形式延伸,且其厚度从 d_1 开始逐渐减小到 d_2 。但本发明不以此为限,该锥形部分1012也可以以其他形式延伸,例如,该锥形部分1012可以螺旋形延伸,后面将参考图5对此进行具体描述。

[0059] 如图1、图1A、图2、图2A和图2B所示,根据本发明示例性实施例的振动抑制装置的设计相对简单。

[0060] 此外,由于声学黑洞(ABH)现象的独特性,本发明的振动抑制装置可以将动力吸振器和波导吸收器的原理统一,形成一个单一的装置,从而使得本发明的振动抑制装置可以同时具有动力吸振器和波导吸收器两者的优点。

[0061] 图3示出了根据本发明另一示例性实施例的振动抑制装置300的主视图。与图1所示的振动抑制装置100类似,根据本实施例的振动抑制装置300也包括:减振体301,包括厚度不变的均匀部分3011和与该均匀部分3011一体相连的锥形部分3012,该锥形部分3012从相连处起以从该均匀部分3011的厚度 d_{31} 逐渐减小至一预定厚度 d_{32} 的方式延伸;以及阻尼层302,附连至该减振体301的锥形部分3012。

[0062] 图3A示出了图3所示振动抑制装置的一变型的主视图。如图3A所示,在图3所示振动抑制装置300的基础上,振动抑制装置300还可以包括:连接器303,附连至该减振体301的均匀部分3011的底部,用于将该减振体301连接至一待减振设备(未示出)。

[0063] 参考图3和图3A,该锥形部分3012的厚度减小可以遵循如下公式:

$$[0064] \quad h(x) = \varepsilon \cdot x^m, m \geq 2$$

[0065] 其中, x 是沿着该锥形部分厚度减小方向的坐标, ε 是系数, m 是大于等于2的整数。

[0066] 该锥形部分3012的厚度变化也可以遵循其他类似的公式,只要锥形部分3012的厚度逐渐减小,满足所谓的“平滑度准则(smoothness criterion)”,就可以获得与本发明类似的效果。

[0067] 此外,该锥形部分3012的厚度逐渐减小到该预定厚度 d_{32} 而截断停止,由此在该截断处会产生很强的波反射。为了解决这一问题,本发明通过使用阻尼层302来覆盖锥形部分3012的末端,从而可以将由该截断导致的波反射显著减小。由此,具有变化厚度的锥形部分3012和阻尼层302的组合产生了有效的楔形吸收器,可以更加有效地吸收振动并减小噪声。

[0068] 该阻尼层302可以附连至该减振体301的锥形部分3012的延伸末端的顶面或底面上。这样可以将由锥形部分3012的延伸截断导致的波反射显著减小。由此,具有变化厚度的锥形部分3012和阻尼层302的组合产生了有效的楔形吸收器,可以更加有效地吸收振动并减小噪声。

[0069] 附加的阻尼层302减小了入射波的反射并为减振体301提供了能量耗散。通常可以选择具有高损耗因子的粘弹性材料作为附加的阻尼层302。

[0070] 连接器303用于连接主振动系统(即,待减振设备)和辅助振动系统(即,减振体301),使得振动能量可以通过局部位移和旋转在待减振设备和减振体301(进而振动抑制装

置300)之间传递。例如,该连接器303可以用于通过强力胶水、焊接或螺栓将该减振体301与该待减振设备连接。

[0071] 在一示例中,如果减振体301的均匀部分3011的长度相对较小,则也可以省略连接器303,而将减振体301直接经由强力胶水、焊接或螺栓等方式与该待减振设备连接。

[0072] 该锥形部分3012的中性轴可以为线形,或螺旋形。

[0073] 根据本实施例的振动抑制装置300与图1所示的振动抑制装置100的不同之处在于,根据本实施例的振动抑制装置300的减振体301还包括从该减振体301的锥形部分3012的延伸末端以该预定厚度 d_{32} 继续延伸出一预定长度的平台3013。

[0074] 该平台3013以恒定厚度 d_{32} 从锥形部分3012的末端开始延伸一定长度 L_4 ,从而可以增强ABH效应。通过这样做,锥形部分3012的具有较薄厚度且使得此处的波具有较大振幅的部分被延长,从而弯曲波通过该延长的部分得以更好地衰减,并且振动抑制装置的低频性能也得到改善。

[0075] 该均匀部分3011、该锥形部分3012和该平台3013形成为一体(即,一体成型),三者的材料相同。该均匀部分3011、该锥形部分3012和该平台3013的形式方式例如可以采用数控铣削加工,或者也可以利用3D打印一次成型,或者也可以利用电子放电加工。

[0076] 如图3所示,阻尼层302附连至减振体301的锥形部分3012的末端底面上。但本发明不以此为限。例如,阻尼层302也可以被设置在锥形部分3012末端的顶面上,在此情况下,阻尼层302具有与锥形部分3012末端顶面变化一致的曲面,以与锥形部分3012末端顶面贴合。阻尼层302也可以附连至减振体301的顶面或底面的中间部分,或者偏左部分,而不必像图3所示那样与平台3012的延伸末端平齐。

[0077] 在一示例中,阻尼层302可以为多层。即,在图3所示阻尼层302的基础上,还可以在额外设置形状相同或不同的阻尼层,例如可以进一步在阻尼层302上再设置一层阻尼层,或者可以进一步在锥形部分3012末端的顶面上再设置一层阻尼层,从而进一步减小入射波的反射并为减振体301提供进一步的能量耗散。

[0078] 图4A示出了图3所示的振动抑制装置的俯视图。

[0079] 如图4A所示,减振体301的长度等于均匀部分3011的长度和锥形部分3012的长度以及平台3013的长度 L_4 之和。均匀部分3011、锥形部分3012以及平台3013的宽度可以相同。

[0080] 图4B示出了图3A所示的振动抑制装置的仰视图。

[0081] 如图4B所示,连接器303的长度和阻尼层302的长度均小于减振体301的长度。优选地,连接器303的长度小于均匀部分3011的长度,阻尼层302的长度小于锥形部分3012的长度。但本发明不以此为限。例如,阻尼层302的长度也可以大于锥形部分3012的长度。图4B中示出阻尼层302的长度大于平台3013的长度,但阻尼层302的长度也可以等于平台3013的长度,或者小于平台3013的长度。均匀部分3011、锥形部分3012、平台3013、连接器303、阻尼层302的宽度相等。但本发明不以此为限。例如,均匀部分3011、锥形部分3012和平台3013的宽度相等,而连接器303的宽度和阻尼层302的宽度小于均匀部分3011的宽度。

[0082] 待减振设备的振动引起振动抑制装置300中的弯曲波的传播。根据幂律廓线,振动抑制装置300的减振体301的厚度从原始大值 d_{31} 调整到小值 d_{32} 。然后,由于特定的“声学黑洞”效应,振动能量从减振体301的较厚部分移动到较薄部分并集中在减振体301的平台3012。

[0083] 减振体301的平台3013的厚度 d_{32} 应尽可能小,且延伸长度尽可能长,只要减振体301能够保持住阻尼层302不使减振体301破裂,且确保阻尼层302不接触待减振设备即可。减振体301的平台1013的厚度 d_{32} 越小,则控制效果越好。

[0084] 优选地,减振体301的锥形部分3012的末端(即,截断处)的残余厚度 d_{32} ,也即平台3013的厚度,可以比减振体301的均匀部分的厚度 d_{31} 小几十倍。

[0085] 参考图3和图4B,连接器303可以为长方体。但本发明不以此为限,连接器303也可以具有其他形状,例如正方体,椭圆体等。

[0086] 参考图3-图4B,该锥形部分3012的中性轴为线形,即,该锥形部分3012的中性轴从均匀部分3011开始以直线形式延伸,且其厚度从 d_{31} 开始逐渐减小到 d_{32} 。但本发明不以此为限,该锥形部分3012也可以以其他形式延伸,例如,该锥形部分3012可以螺旋形延伸,后面将参考图5对此进行具体描述。

[0087] 此外,具有声学黑洞特征的附加的振动抑制装置300具有丰富的模态分布,在宽频带上具有高系统损耗因子。当频率匹配条件满足时,振动抑制装置300和待减振设备之间也会同时发生相互作用,通过DVA原理促使待减振设备在匹配频率附近的振动减少。

[0088] 该振动抑制装置300能够作为辅助系统附接到待减振设备以在宽频带上减小其振动。在一示例中,可将多个振动抑制装置300连接至该待减振设备,以进一步有效地减小待减振设备的振动,并减小噪声。

[0089] 如图3-图4B所示,根据本发明示例性实施例的振动抑制装置的设计相对简单。

[0090] 此外,由于声学黑洞(ABH)现象的独特性,本发明的振动抑制装置可以将动力吸振器和波导吸收器的原理统一,形成一个单一的装置,从而使得本发明的振动抑制装置可以同时具有动力吸振器和波导吸收器两者的优点。

[0091] 图5示出了根据本发明再一示例性实施例的振动抑制装置的俯视图。

[0092] 如图5所示,振动抑制装置500可以包括:减振体501,包括厚度不变的均匀部分5011和与该均匀部分5011一体相连的锥形部分5012,该锥形部分5012从相连处起以从该均匀部分5011的厚度逐渐减小至一预定厚度的方式延伸;以及阻尼层(未示出),附连至该减振体501的锥形部分5012。

[0093] 该振动抑制装置500还可以包括:连接器(未示出),附连至该减振体501的均匀部分5011的底部,用于将该减振体501连接至一待减振设备(未示出)。

[0094] 根据本实施例的振动抑制装置500与图1所示的振动抑制装置100类似的内容不再赘述,二者的不同之处在于,根据本实施例的振动抑制装置500的锥形部分5012的中性轴旋转成曲线状,即,锥形部分5012的中性轴形成为螺旋形。此外,所附加的振动抑制装置500由于旋转成曲线状,因而能够被包装进盒子504中,以使其结构更加紧凑。

[0095] 因为中性轴的旋转对预期的声学黑洞效应影响不大,因而可以引入声学黑洞的曲线设计来代替线性声学黑洞。通过将锥形部分5012旋转成曲线状,可以减小振动抑制装置500的整体长度,从而可以将该振动抑制装置500放置在箱子里,以节省空间并提高ABH效率。此外,在一实例中,可以使用阻尼层和阻尼液来消散箱子内的振动能量。

[0096] 根据本发明,将声学黑洞特征嵌入到振动抑制装置(即,振动控制装置)中。该振动抑制装置包含带有ABH厚度轮廓的锥形附加元件(可以是梁,可以是直的或弯曲的)、附加的阻尼层和连接器。该阻尼层粘合在锥形附加梁的薄部分的表面上,且阻尼层具有小的横截

面厚度。

[0097] 本发明可以实现动态吸振器和波导吸收器的组合控制效果,在宽频带上降低主振动结构的振动水平。本发明设计流程简单,易于应用于各种场合。

[0098] 图6示出了具有和不具有带有声学黑洞特征的振动抑制装置的任意选择的待减振设备的频率响应的实验测量结果。

[0099] 图6示出了通过进行实验测量显示的具有声学黑洞特征的振动抑制装置的振动控制效果。该振动抑制装置为线形,且没有附加平台。该振动抑制装置通过使用超级粘胶经由连接器连接到任意选择的待减振设备(均匀主梁)。在锥形部分连接多层阻尼层。待减振设备的一个自由端被夹住并施加点激振(point excitation)。图6显示了没有连接振动抑制装置(虚线:“- -”)和连接有振动抑制装置(实线:“-”)的情况下待减振设备的驱动点响应。

[0100] 图6的横轴表示频率,纵轴表示谐振峰值。从图6可以看出,除了一些特定的频率外,宽频带上的谐振峰值被有效地抑制,且大多数峰值的减少约为15dB。请注意,同样的振动抑制装置在不同性质的其他待减振设备上进行了试验,结果表明也具有类似的宽频带振动减少。

[0101] 通过本发明,ABH特征内振动能量被有效地俘获和减振,且ABH结构元件由于其独特的动态特性,而具有带有高系统损耗因子的丰富模态分布,其能够在宽频带上提供能量耗散和动态相互作用。

[0102] 此外,ABH锥形结构元件具有简单和易于实现的几何形状。由于上述其独特的动态特性,可以避免传统动力吸振器的调谐过程。

[0103] 本发明的振动抑制装置可以用于任何振动系统而不影响该振动系统的结构完整性。本发明的振动抑制装置显示出振动控制、降噪和能量收集应用的巨大潜力。

[0104] 本发明的振动抑制装置至少具有如下有益技术效果:

- [0105] • 声学黑洞特征用在减振器中进行振动控制;
- [0106] • ABH功能能够有效地抑制宽频振动;
- [0107] • 结合了动力吸振器和波导吸收器的振动控制效果;
- [0108] • 设计程序简单,低成本,无需(或只需很少的)参数调整,以适应不同的结构和工作条件,更少的结构部件,易于组装和连接到主体结构,且容易工业化大规模生产。

[0109] 本发明可以应用于需要抑制振动的大型工程问题,例如各种机械、民用、军事或消费系统/设备/产品。更具体的,本发明的这种薄壁结构可以广泛应用于交通运输、航空和航空工业。

[0110] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

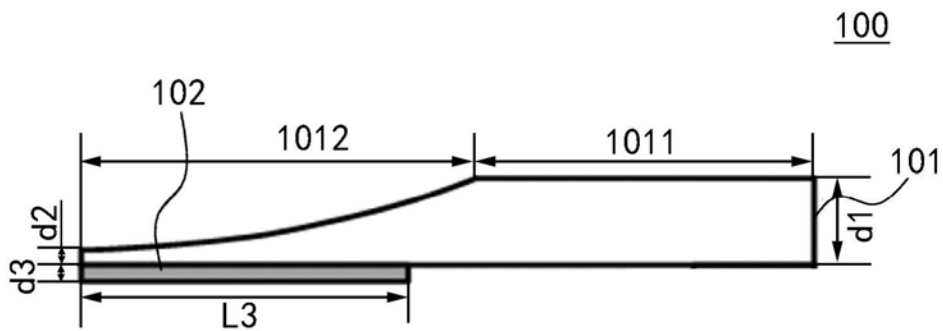


图1

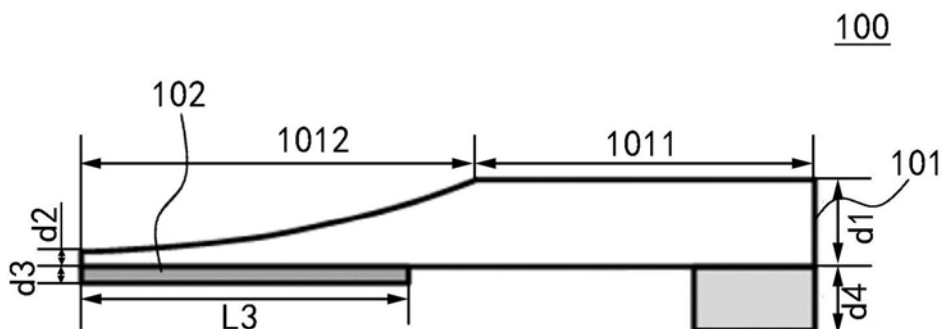


图1A

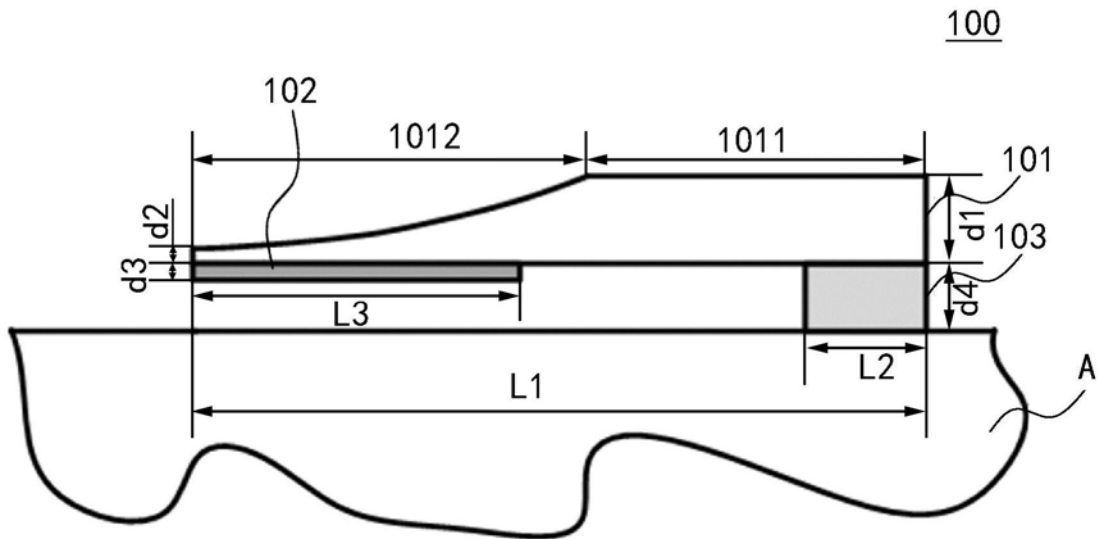


图2

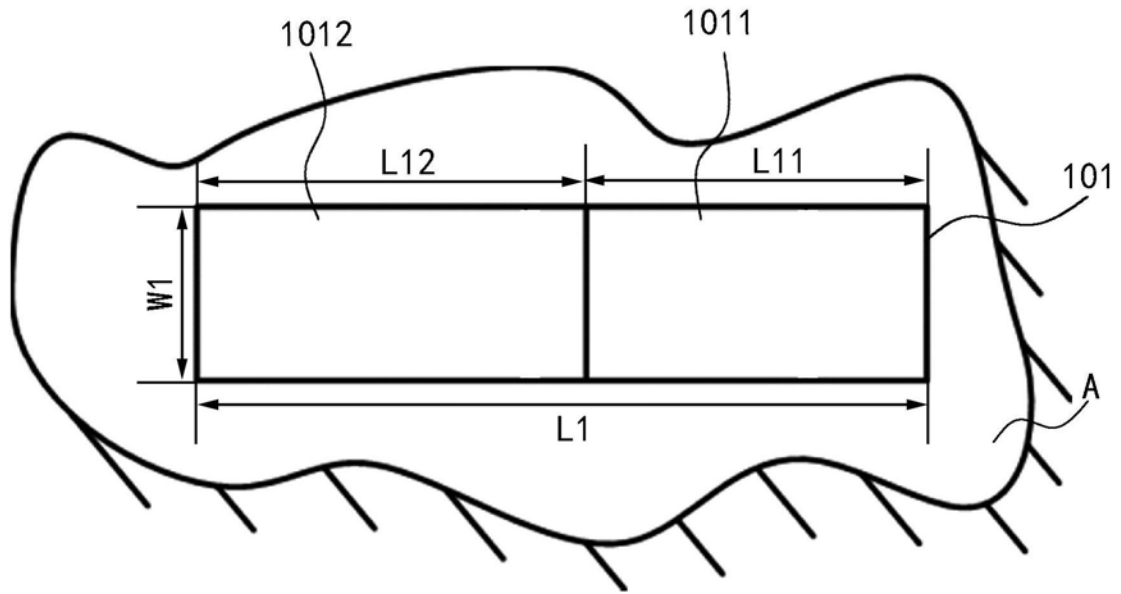


图2A

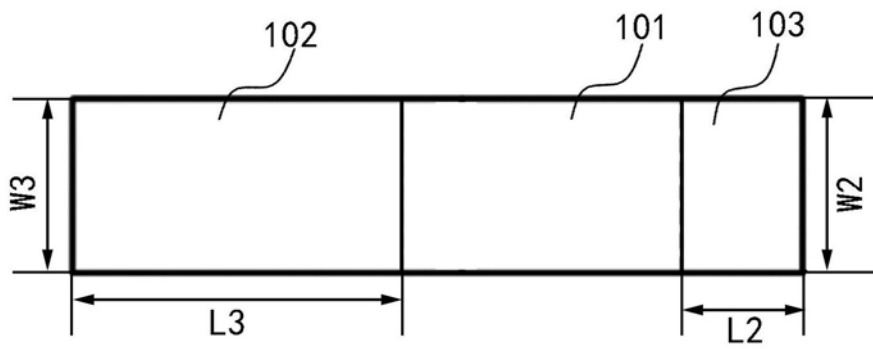


图2B

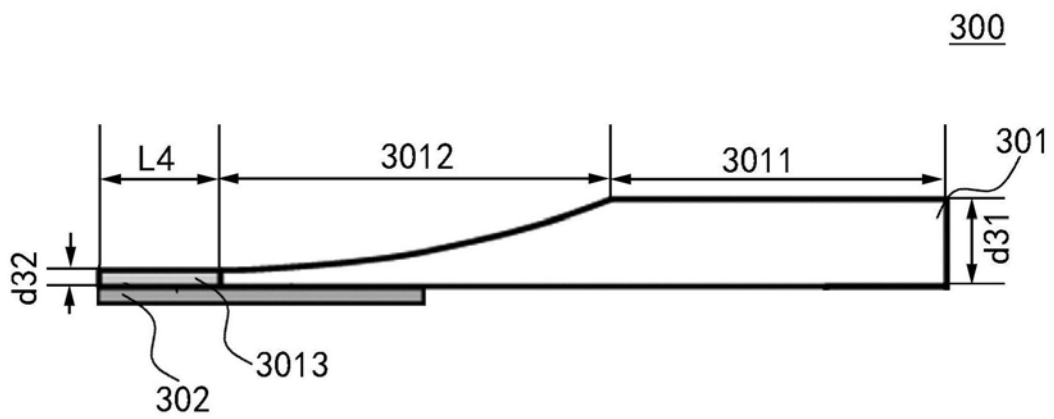


图3

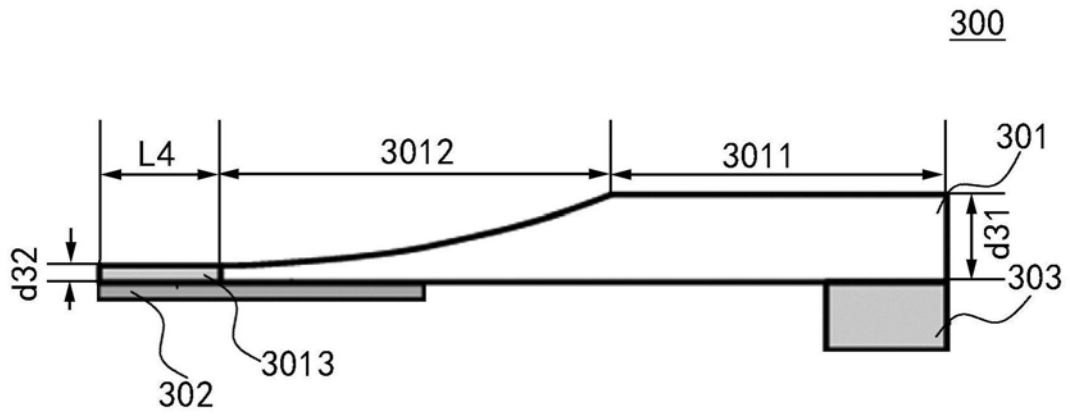


图3A

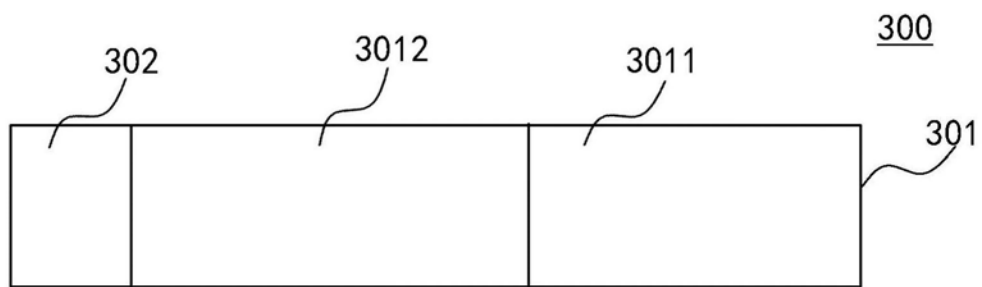


图4A

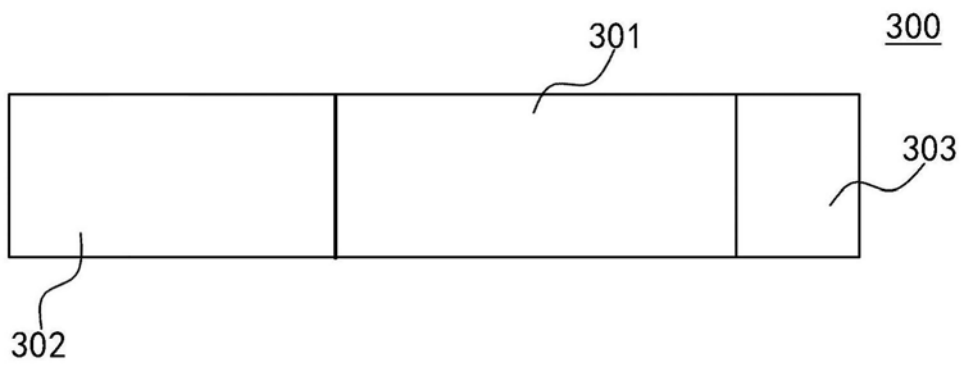


图4B

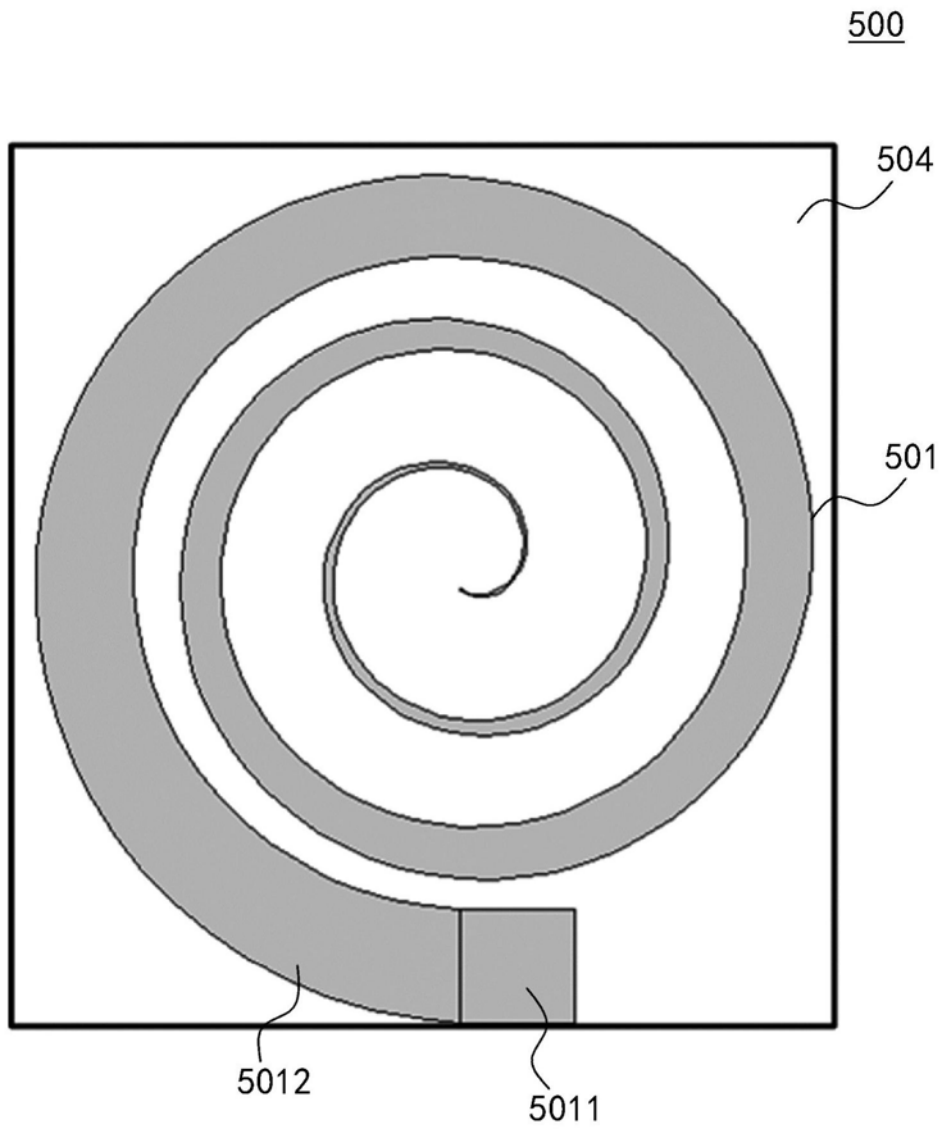


图5

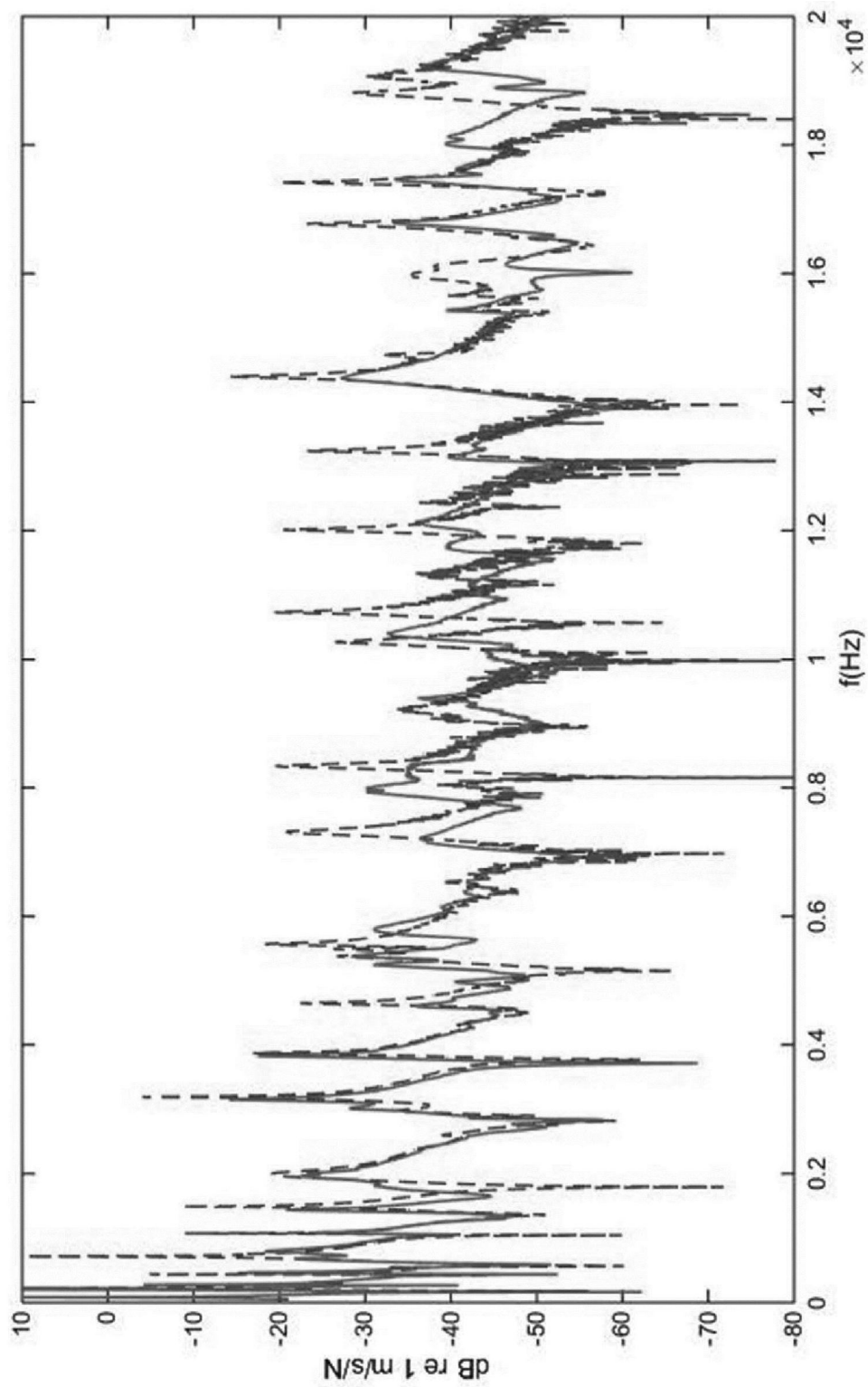


图6