

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 23/467 (2006.01)

H01L 23/473 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780043843.8

[43] 公开日 2009年9月23日

[11] 公开号 CN 101542724A

[22] 申请日 2007.11.27

[21] 申请号 200780043843.8

[30] 优先权

[32] 2006.11.30 [33] EP [31] 06125061.9

[86] 国际申请 PCT/IB2007/054796 2007.11.27

[87] 国际公布 WO2008/065602 英 2008.6.5

[85] 进入国家阶段日期 2009.5.26

[71] 申请人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 R·M·阿尔茨

J·A·M·纽文迪克

A·J·J·威斯曼斯

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 景军平 谭祐祥

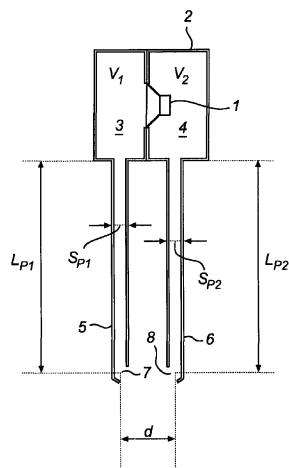
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 6 页

[54] 发明名称

脉动冷却系统

[57] 摘要

一种冷却装置包括具有膜的至少一个换能器(1)，该换能器(1)适于以工作频率产生压力波，其特征在于：第一腔体和第二腔体(3, 4)，所述换能器布置于所述第一腔体与第二腔体之间，使得所述膜在所述腔体之间形成不透流体的密封，每个腔体具有至少一个开口(7, 8)，所述开口(7, 8)适于发出脉动净输出流体流，其中将所述腔体和所述开口形成为使得在所述工作频率，由所述腔体中的第一个腔体的所述开口(7)发出的第一谐波流体流与所述腔体中的第二个腔体的所述开口(8)发出的第二谐波流体流反相，这样来自所述开口的谐波流体流之和基本上为零。利用这种设计，由于该等出口的反相造成接近为零的远场体积速度，在很大程度上抵消了以工作频率进行的声音再现。



1.一种冷却装置，其包括具有膜的至少一个换能器（1），所述换能器（1）适于以工作频率产生压力波，其特征在于：

第一腔体和第二腔体（3,4），所述换能器布置于所述第一腔体与第二腔体之间使得所述膜在这些腔体之间形成不透流体的密封，

每个腔体具有至少一个开口（7,8），所述开口（7,8）适于发出脉动净输出流体流，

其中，形成所述腔体和开口以使得在所述工作频率，由所述腔体中的第一个腔体的所述开口（7）所发出的第一谐波流体流与所述腔体的第二个腔体的所述开口（8）所发出的第二谐波流体流反相，这样来自所述这些开口的谐波流体流之和基本上为零。

2.根据权利要求1所述的装置，其特征在于，每个腔体具有多于一个开口。

3.根据权利要求1或2所述的装置，其特征在于，两个换能器（34,35）布置于所述腔体（31,32）之间相对的位置。

4.根据前述权利要求中任一项所述的装置，其特征在于，任何两个开口之间的距离 d 小于 0.2λ ，且优选地小于 0.1λ ，其中 λ 为在所述流体中对应于所述工作频率的波长。

5.根据前述权利要求中任一项所述的装置，其特征在于，将所述工作频率选择为使所述第一谐波流与第二谐波流的速度在这个工作频率处具有局部最大值。

6.根据前述权利要求中任一项所述的装置，其特征在于，所述腔体（3,4）具有基本上相等的体积。

7.根据前述权利要求中任一项所述的装置，其特征在于，所述开口（7,8）具有基本上相等的截面积。

8.根据前述权利要求中任一项所述的装置，其特征在于，所述开口经由通道（5,6）连接到相应腔体。

9.根据权利要求8所述的装置，其特征在于，所述通道（5,6）具有基本上相等的长度。

10.根据权利要求8所述的装置，其特征在于，所述通道（5,6）具有基本上相等的截面。

11.根据权利要求8至10中任一项所述的装置，其特征在于，连接

所述第一腔体的至少一个开口的通道穿过所述第二腔体延伸，使得所述至少一个开口位于所述装置的与所述第二腔体的开口相同的侧部。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的装置，其特征在于，其使用微机电系统（MEMS）技术来实现。

13. 根据权利要求 12 所述的装置，其特征在于，所述换能器通过蚀刻硅衬底而形成。

14. 一种包括两个根据前述权利要求中任一项所述的装置（41, 42）的冷却布置，其中所述装置的开口被布置成相互合作以实现改进的冷却。

15. 根据权利要求 14 所述的冷却布置，其特征在于，所述第一装置的所述开口与所述第二装置的所述开口之间的平均距离小于 0.2λ ，优选地小于 0.1λ ，其中 λ 为在所述流体中对应于所述工作频率的波长。

脉动冷却系统

技术领域

本发明涉及一种脉动冷却系统，即这样一种冷却系统，其中换能器引起形成脉动流体流的振荡，该脉动流体流可朝向待冷却的物体引导。可有利地在其共振频率，或至少接近其共振频率来驱动系统以获得高流体速度。

背景技术

由于新发展的电子装置所造成的更高的热通量密度，例如比传统装置更紧凑和/或更高的功率，在各种应用中增加了对于冷却的需要。这种改进的装置的实例包括（例如）更高功率半导体光源，诸如激光器或发光二极管，RF 功率装置和更高性能的微处理器，硬盘驱动器，如 CDR、DVD 和蓝光驱动器的光驱以及诸如平板电视和灯具的大面积装置。

作为利用风机进行冷却的替代，文献 2005/008348 公开了一种用于冷却目的的合成射流致动器和管。该管连接到共振腔体且在管的远端形成脉动射流，且该脉动射流可用于冷却物体。腔体和管形成亥姆霍兹共振器，即二阶系统（second order system），其中在腔体中的空气充当弹簧，而管中的空气用作质量。

另一实例由 N. Beratlis 等人给出，用于微电子应用的合成射流冷却的优化（Optimization of synthetic jet cooling for microelectronics applications），19th SEMITHERM San Jose, 2003。此处公开了一种合成射流机，其具有两个隔膜，每个隔膜与相同的孔口连通。

与如在常规冷却系统（例如，冷却风机）中典型使用的层流相比，发现这种类型的脉动流体流（典型地为空气流）更有效地进行冷却。共振冷却系统还需要更小的空间并产生更少的噪音。

但在先前提出的系统中，例如，如在 WO 2005/008348 中所公开的系统中，仍存在与振荡空气流的频率相关的某种程度的声音再现。

发明内容

因此本发明的目的在于更进一步减小脉动冷却系统中的噪音水平。

根据本发明，这个目的和其它目的由包括两个腔体的冷却装置来实现，换能器布置于两个腔体之间使得膜在腔体之间形成不透流体的密封，每个腔体具有至少一个开口，该开口适于发出脉动净输出流体流（pulsating net output fluid flow），其中该腔体和该开口被形成使得以工作频率由这些腔体中的第一个腔体的开口所发出的第一谐波流体流与这些腔体的第二个腔体的开口所发出的第二谐波流体流反相，这样来自这些开口的谐波流体流之和基本上为零。

布置于两个腔体之间的换能器将充当偶极子，即，两个反相的声音。本发明是基于这样的构思：即来自这两个源的声音的谐波部分将抵消。代表冷却作用的主要部分的非谐波部分将不会相干地添加且因此将不会抵消。

利用这个设计，通过振荡空气流来实现改进的冷却作用，同时由于出口的反相造成接近为零的远场体积速度，在很大程度上取消了以工作频率进行的声音再现。因此，根据本发明的冷却系统具有比现有技术“合成射流”冷却装置显著更低的声音再现。

根据本发明的冷却装置可通过各种液体或气态流体（不仅是空气）的经引导的流出而用于冷却很多种物体。但其特别适用于这些物体（诸如电路）的空气冷却。

每个腔体可仅具有一个开口，或具有多于一个开口。但重要的是来自所有开口的谐波作用（harmonic contribution）之和基本上为零。

多于一个换能器可布置于腔体之间，例如，两个相对定位且反相操作的换能器将得到更大的空气流。通过“相对定位”意即这样一种情况，即其中来自一个换能器的各个压力波被引导到一个腔体内，而来自另一个换能器的各个压力波被引导到另一个腔体内。

在本文中“换能器”是能将输入信号转换成相对应的压力波输出的装置。输入信号可为电信号、磁信号或机械信号。合适的换能器的实例包括各种类型的膜、活塞、压电结构等。特别地，可使用合适尺寸的电动扬声器作为换能器。

与处于工作频率的波长相比，开口之间的距离应较短。对于彼此距离为 d ，强度为 A 的两个源（例如，两个开口），距这些源的距离

为 r 处的压力 p 应为
$$p = \frac{Akd\sin(\theta)}{r}$$
，其中 k 为波数 (ω/c) 且 θ 为观察角。为保持这种压力较小，根据优选实施例，距离 d 应小于 0.2λ ，且甚至更优选地小于 0.1λ 。

对于工作频率并没有绝对要求。但是，工作频率优选地被选择成使通过开口的空气速度和空气位移具有局部最大值，且通常这发生于装置的共振频率附近，即，对应于装置（与腔体和开口结合的换能器）的电输入阻抗的局部最大值的频率。通常，选择最低的这种频率。

或者，可这样选择工作频率使得所述换能器的锥体漂移在这个工作频率具有局部最小值。通常，这发生于装置的反共振频率处，即，对应于装置的电输入阻抗的局部最小值的频率。

确保空气速度具有基本上相等的大小且反相的一种方法为，为所有空气流提供相同的情况。举例而言，腔体可被形成为具有相同的体积，且开口可被形成为具有相同的截面积。但这并不是要求，而且也可利用不同大小的腔体和/或开口来实现抵消的空气流。

根据一实施例，开口经由通道（或管道）连接到相应腔体。这允许更大的设计自由度，因为通道可被形成为将若干空气流引导到相同位置且具有所希望的方向。由于上文所述的原因，通道可被形成为具有相等的长度和截面积。

根据一实施例，这种通道可足够长以更能充当管共振器。根据替代实施例，通道的长度替代地足够短以允许腔体充当常规的亥姆霍兹共振器。

连接第一腔体的至少一个开口的通道可延伸穿过第二腔体，使得这个开口位于所述装置上与第二腔体的开口相同的侧部上。在腔体具有基本上平面的延伸部分且被布置成一个在另一个的顶部的情况下（即，类似于一个在另一个顶部上的两个碟），这种设计将允许在装置的顶侧或底侧上定位所有开口。

可组合根据本发明的两个或两个以上的装置以形成具有二的倍数个开口的冷却布置。对第一装置的开口与第二装置的开口之间的平均距离的要求与每个装置的两个开口之间的距离的要求相同，且应优选地小于 0.2λ ，且甚至更优选地小于 0.1λ 。

根据这种设计，对于在工作频率的波长，四个（或更多）的出口彼此靠近地布置。这造成冷却布置操作期间噪音的进一步降低。这部

分地是由于更理想的几何对称，因为存在两个（镜像而等同）换能器，且部分地是由于两个相同的扬声器所产生的非线性失真的更好的补偿。

附图说明

参看附图，现将更详细地描述本发明的这个方面和其它方面，附图示出了本发明的当前优选的实施例。

图 1 示出根据本发明的第一实施例的冷却系统。

图 2 分别示出电输入阻抗、空气速度、空气位移以及锥体位移 (cone displacement) 的频率响应。

图 3 示出根据本发明的第二实施例的冷却系统。

图 4 示出根据本发明的第三实施例的冷却系统。

图 5 示出根据本发明的第三实施例的变型的冷却系统。

图 6 示出根据本发明的第三实施例的另一变型的冷却系统。

图 7 示出根据本发明的第四实施例的冷却系统。

图 8 示出根据本发明的第五实施例的冷却系统。

具体实施方式

图 1 中的冷却系统包括布置于外壳 2 中的换能器 1。换能器 1 被布置成将外壳分成分别具有体积 V_1 和 V_2 的两个腔体 3、4。每个腔体分别经由两个通路连接到周围气氛，此处，这两个通路为长度为 L_{p1} 与 L_{p2} 且截面积为 S_{p1} 与 S_{p2} 的管道 5、6。管道 5、6 具有出口 7 和 8，出口 7 和 8 被定位成彼此相距一定距离 d 。开口被图示为具有圆形形状，但本发明并不限于这种形状。相反，开口可具有任何形状，且也可锥形从而以所希望的方式来影响空气流。

选择体积 V_1 和 V_2 以及管道 5、6 的形式，使得在使用中，换能器将充当压力波偶极子，造成存在于腔体中的流体穿过出口的脉动流，这种脉动流基本上相等且反相。当以工作频率驱动换能器时，两个流体流因而将彼此抵消，从而抑制任何压力波从偶极子逸出（即，干扰声音）。

应当指出的是，该原理并不受任何特定流体的限制，但本描述将基于在空气中操作的装置，即，产生振荡空气流的装置。

根据所图示的实例，分别使 V_1 和 V_2 、 L_{p1} 与 L_{p2} 、以及 S_{p1} 与 S_{p2} 具有相同的值来确保这个方面。

通过保持距离 d 与波长相比较短，即，小于 0.1λ ，其中 λ 为在空气中对应于工作频率的波长，保持自偶极子辐射的空气压力非常小。

体积 V_1 和 V_2 以及管道 5、6 的形式（图 1）可选择成存在特定频率使通过每个出口 7、8 的空气速度 v_1 和 v_2 具有相同的局部最大值并反相。那么可选择工作频率与这个频率相同以确保最大的空气速度和因应的冷却作用。通常，这些局部最大值在频率刻度（frequency scale）上与最左部的电输入阻抗峰值相同。

根据例示性实施例，装置可具有以下性质：

移动质量=0.57 g

共振频率=370 Hz

B1-因数 = 2.57 N/A

有效直径=24 mm

DC 电阻=6.63 Ω

体积： $V_1=3.77 \text{ cm}^3$

$V_2=3.65 \text{ cm}^3$

端口大小： $L_{p1}=L_{p2}=8 \text{ cm}$

$S_{p1}=S_{p2}= \pi \cdot (0.0025)^2 \text{ m}^2$

电输入： 2.83 V（1 瓦特，标称值）

对于这种装置，图 2a) 至图 2d) 分别示出电输入阻抗、空气速度 v_1 和 v_2 ，空气粒子在出口 7 和出口 8 中的位移以及换能器锥体位移的频率响应特性。在这种图示情况下清楚地了解到 v_1 和 v_2 曲线的最大值与系统的第一共振频率（输入阻抗的第一局部最大值）重合。应当指出的是，为了清楚起见，体积 V_1 和 V_2 被选择成略微不同，因此图 2 中的曲线并未完全重合。

在图 3 中示出了另一实施例，其中管 5 和 6 是弯曲的以最小化占据面积，并最小化距离 d 。该单元包括两个螺旋状元件 11，在这两个螺旋状元件 11 之间夹有中板 12，且在这两个螺旋状元件 11 的上侧和下侧被端板 13 封闭。换能器 1 的膜 14 布置于中板 12 的中心。每个螺旋最内部的空间 15 对应于图 1 中的体积 V_1 和 V_2 。

在图 4 中描绘了又一实施例，其中两个腔体 21、22 被布置成一个

在另一个的顶部，由带有膜 23 的中板隔开。在图示实例中，不存在连接腔体与周围空气的管道，仅存在位于端板 26、27 中的两个孔或非常小的管 24、25。在使用中，声波将从孔 24、25 反相地辐射出来，以组合方式造成非常适中的声音水平。

孔 24、25 并非必需布置于腔体的相对侧上。如图 5 所示，它们也可位于每个腔体的侧部上。在图示的实例中，孔 24a-d 和 25a-d 成对地位于相应腔体上。孔的分布取决于所希望造成冷却射流的取向，在图 5 中用箭头 A 示出。

在图 4 中装置的另一变型中，来自两个腔体 21、22 的空气可被引导穿过端板 26 中一个端板中的孔。如图 6 所示，这可通过在底部端板 26 中提供从上部腔体 21 引导穿过下部腔体 22 到达孔 28 的通道 27 来达成。在底板 26 中的其它孔 29 引导到下部腔体 22。为了提供自每个腔体的类似通路，孔 29 也可经由通道 30 连接到下部腔体 22，通道 30 的长度和截面类似于通道 27 的长度和截面。

作为总体评论，应当指出的是，自每个腔体的通道数目未必相等。举例而言，在图 5 和图 6 的实施例中，自这些腔体中的一个腔体的孔可多于自另一个腔体的孔。但重要的是自一个腔体的总空气流与自另一腔体的空气流相比大小相等且反相。

图 7 示出本发明的再一实施例。在此情况下，两个腔体 31、32 由壁 33 隔开，该壁 33 支承两个相对地放置并反相操作的换能器 34、35。这种设计的优点在于补偿了由换能器所造成的任何几何差异（例如参看图 1，其中换能器占据腔体 4 中更大体积）。转至图 7，这个实施例的特征还在于具有一个管道 36，该管道 36 被分成引导到相应腔体的两个通道 37、38。

根据在图 8 中示出的又一实施例，组合地使用根据先前所述的实施例中一个实施例的两个装置，此处为根据图 3 中实施例的装置 41、42。这两个装置形成具有两个换能器 1 和四个开口 7a、7b、8a、8b 的冷却系统。所有四个开口应优选地紧靠地布置，最优选地在小于 0.2λ 的间距 D 内，如上文所述。另外，只要距离足够小，来自各个开口的空气流的方向并不重要。因此，应当认识到开口并非必需如图 8 的实例为平行的并在相同平面中，而是，相反，可以许多其它的配置来布置。还应指出的是，两个装置 41 和 42 并非必需如本实例为相同的。

相反，可有利地结合任何两个偶极子装置。

本领域技术人员应认识到本发明决不限于上文所述的优选实施例。相反，在所附权利要求书的范畴内的许多修改和变型也是可能的。举例而言，换能器的数目可进一步增加，且开口和通道的放置和形式也可取决于特定应用而不同。

另外，该换能器可实施于微机电系统（MEMS）技术中，即以非常小尺寸来实现。更具体而言，在这样的小尺寸上，整个冷却装置，包括换能器、腔体、开口和任何通道，可使用蚀刻技术完全实施于硅中。这种装置可有利地与待冷却的 IC（例如微处理器）集成在一起。通过由与待冷却的物体具有相同的尺寸的冷却装置来提供冷却，可使冷却更加有效。当然，硅装置可与连接到硅衬底的额外通道结合。

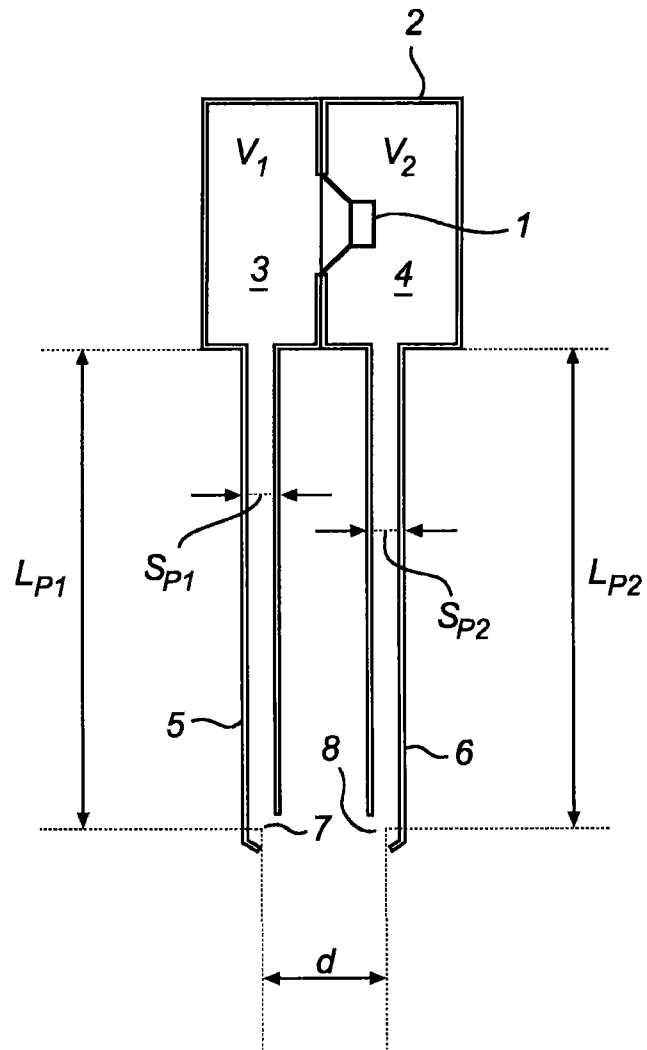


图 1

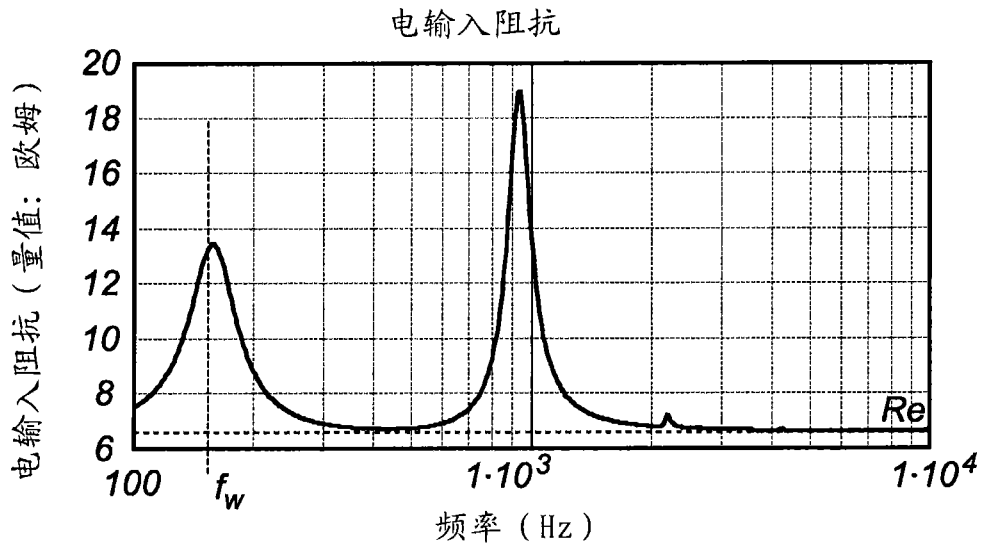


图 2a

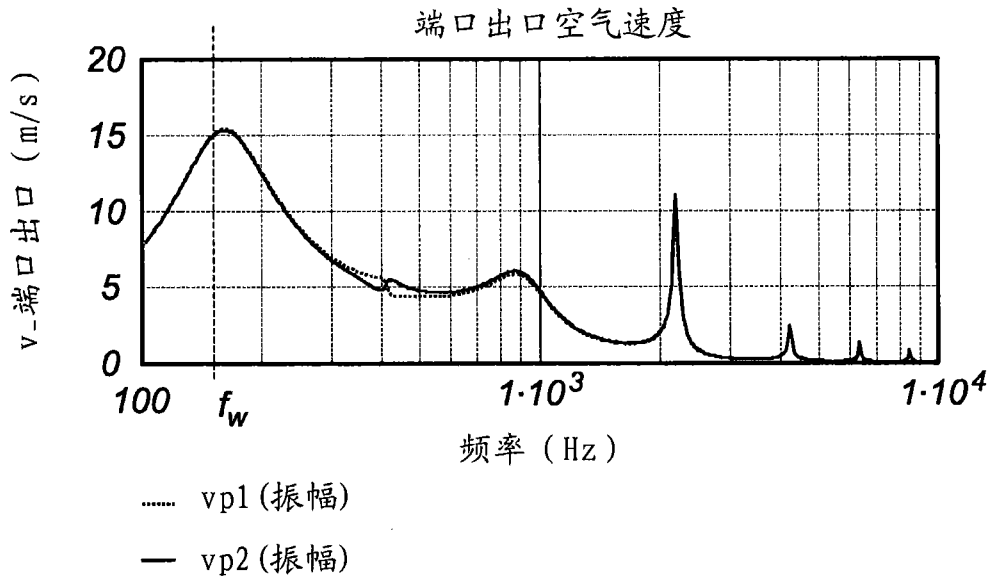


图 2b

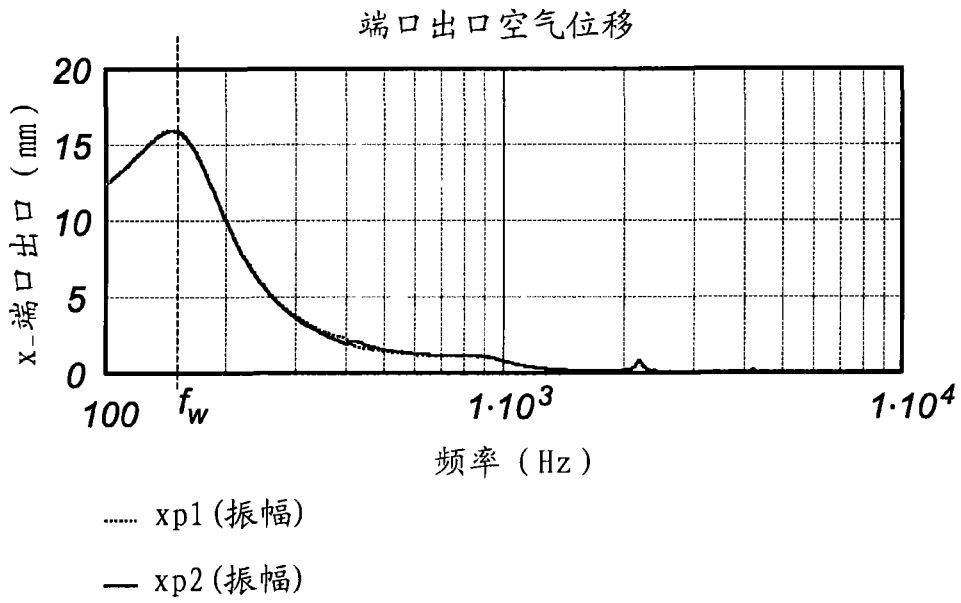


图 2c

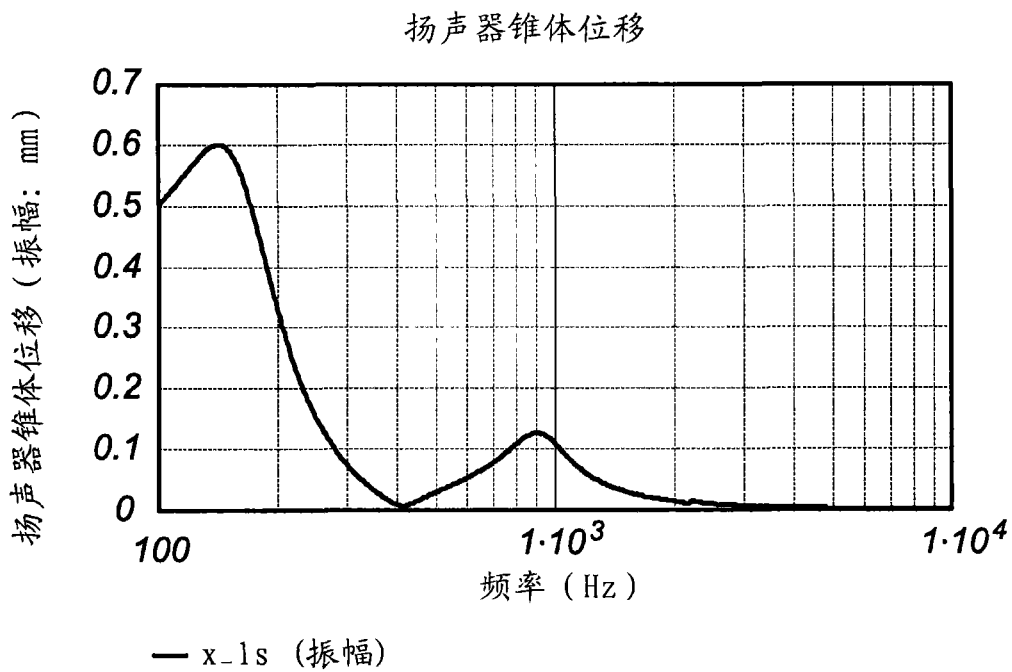


图 2d

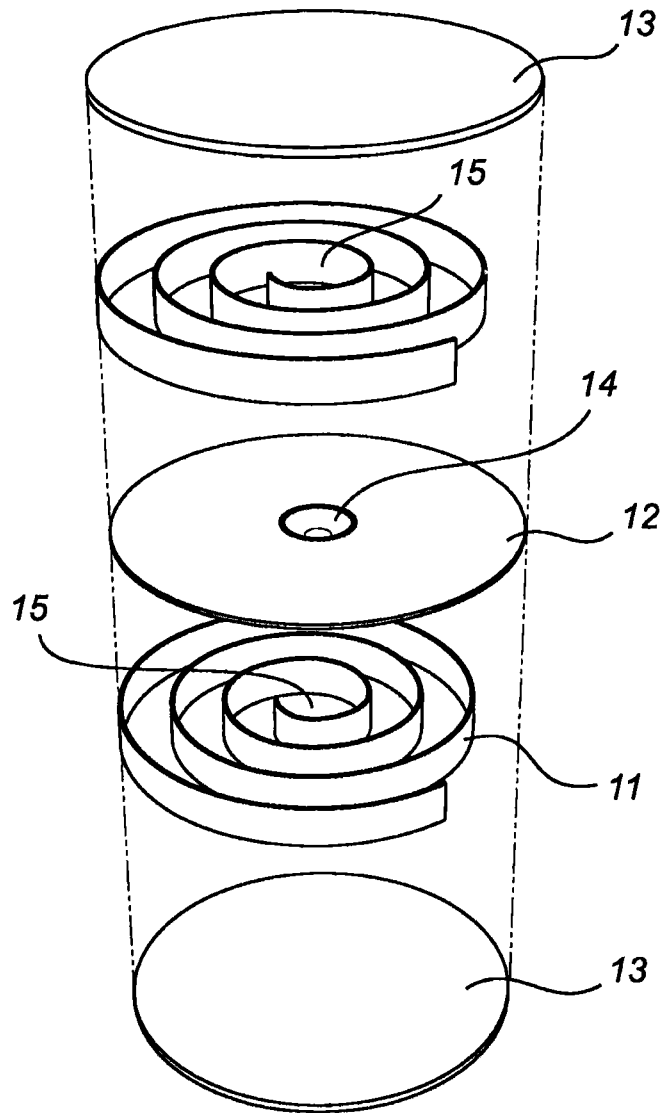


图 3

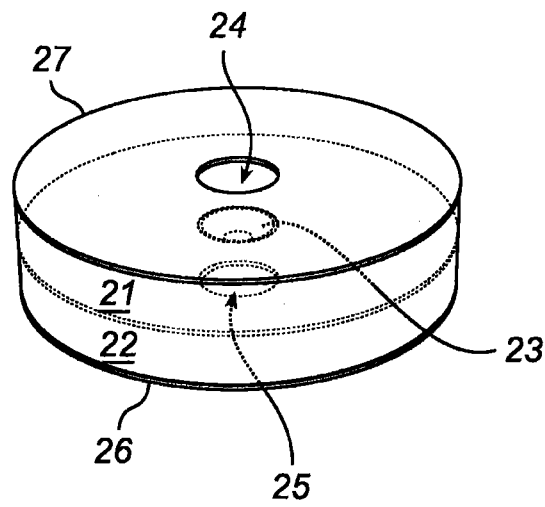


图 4

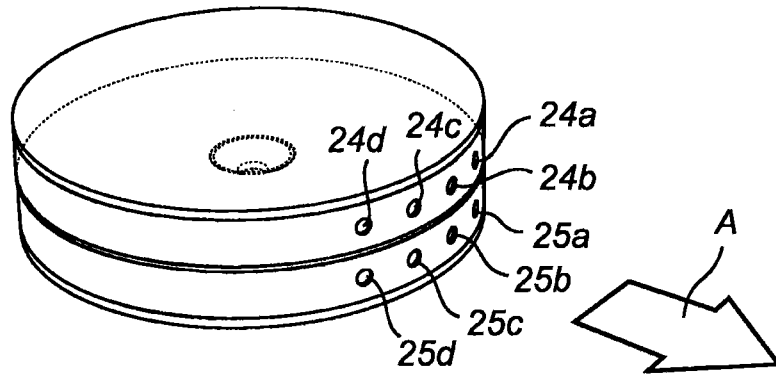


图 5

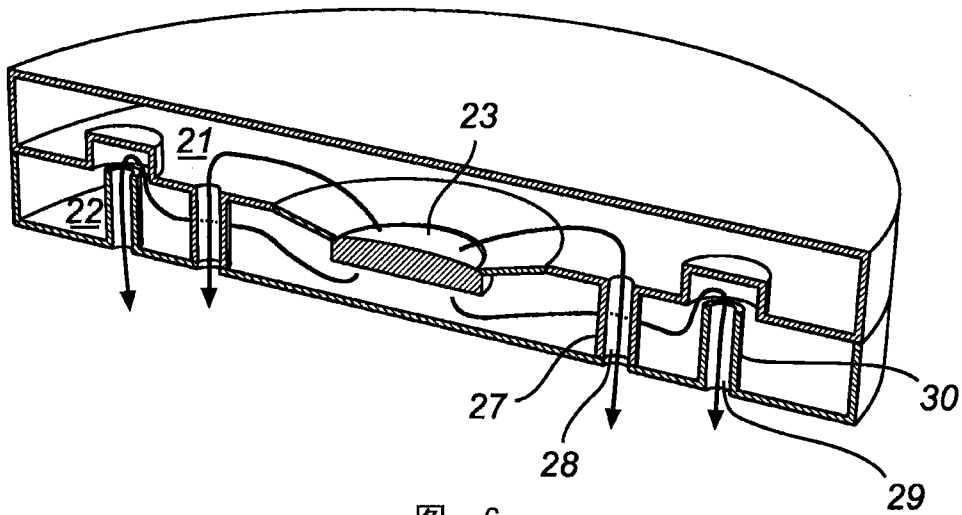


图 6

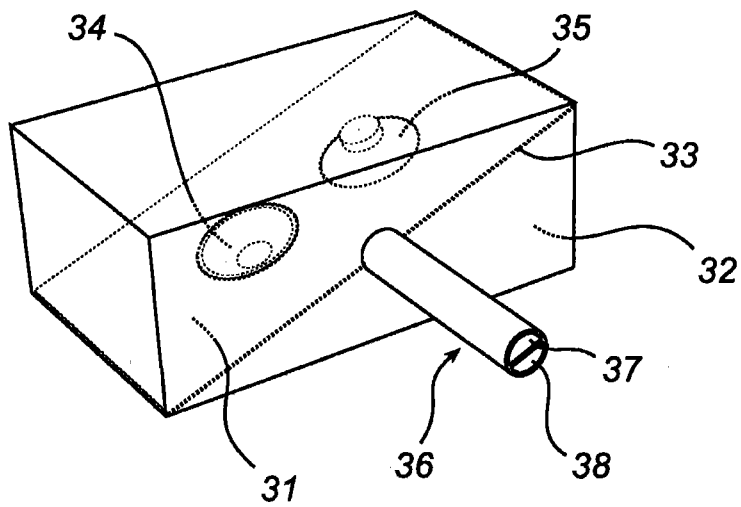


图 7

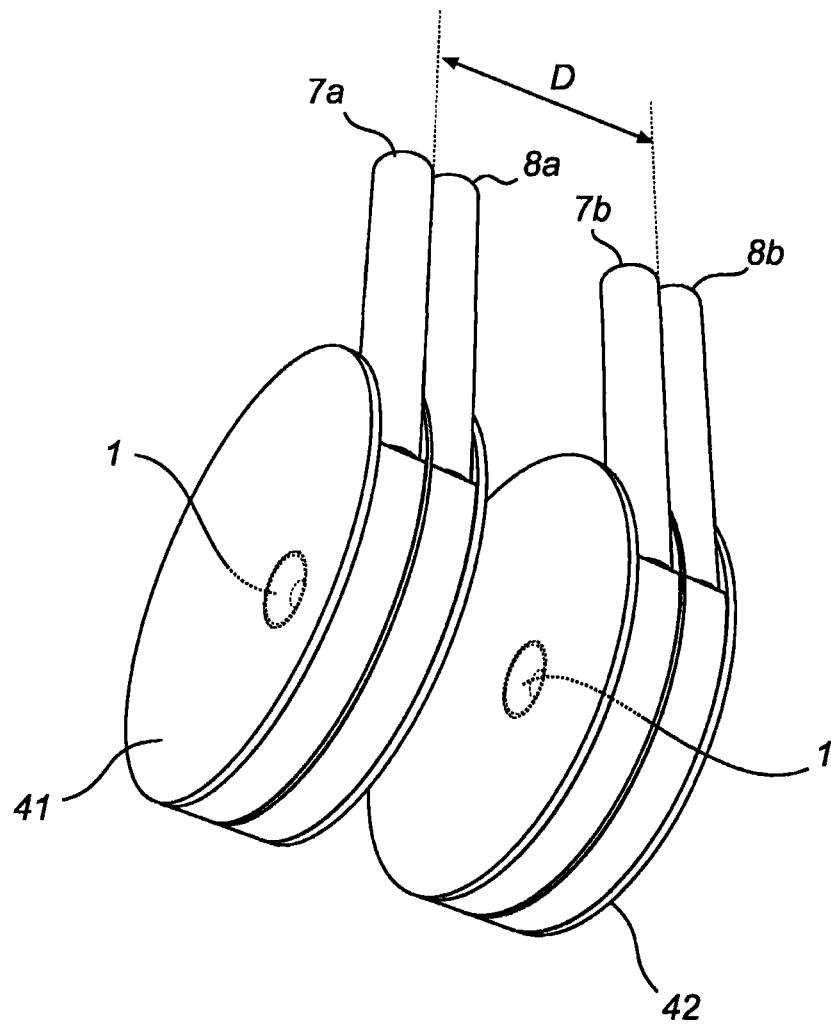


图 8