[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷
G01F 1/84

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00811775.6

[45] 授权公告日 2004 年 10 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 1173156C

[22] 申请日 2000.7.20 [21] 申请号 00811775.6

[30] 优先权

[32] 1999. 8.13 [33] US [31] 09/373,865

[86] 国际申请 PCT/US2000/019899 2000.7.20

[87] 国际公布 WO2001/013072 英 2001.2.22

[85] 进入国家阶段日期 2002.2.19

[71] 专利权人 微动公司

地址 美国科罗拉多州

[72] 发明人 C·B·范克莱维

审查员 方 波

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

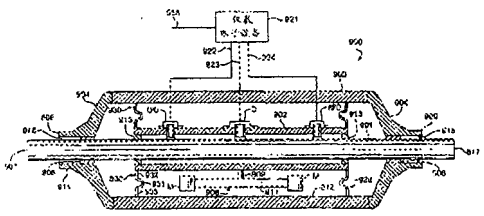
代理人 罗 朋 张志醒

权利要求书 6 页 说明书 22 页 附图 8 页

[54] 发明名称 用于具有准确度提高的平衡杆的科氏流量计的方法和装置

[57] 摘要

本发明公开了一种具有同相相反振动的流量管(901)和平衡杆(902)的单管科氏流量计。通过该振动的流量管的材料流在流量管中诱发科氏偏转，后者通过撑杆(913)在平衡杆上诱发同相科氏样偏转。耦连到平衡杆上的平衡杆共振器(908)被激发，从而相对于平衡杆以转动的方式进行异相振动。平衡杆共振器的振动通过以下方式增加了流量计输出数据的准确度：1)通过将转矩施加到平衡杆上来减小其同相科氏样偏转而增大了仪表的流动灵敏度；2)通过平衡杆将转矩施加到流量管上，从而减小了流量计的振动；以及3)通过提供以下装置而使流量计具有与材料密度的变化有关的平坦校正因子：装置(913)，该装置响应材料密度变化的述检测而改变流量管和平衡杆的振动幅度比；装置(909，913)，该装置响应振动幅度比的变化而改变科氏流量计在第一方向上的材料流灵敏度；装置(909)，该装置响应共振频率的变化而改变平衡杆的共振频率，从而改变第二方向上的材料流灵敏度；第一方向和第二方向上的流动灵敏度的变化有效地获得了科氏流量计的流动校正因子。



ISSN1008-4274

1、 一种用于接收材料流的科氏流量计，包括：

流量管（901）以及与所述流量管取向基本平行的平衡杆（902）；

撑杆装置（913），它将所述平衡杆的端部耦连到所述流量管上；

驱动器（D），该驱动器以一种驱动方式同相相反地振动所述流量管和平衡杆，该驱动方式的频率基本上等于所述材料充入的流量管和所述平衡杆的共振频率，

所述材料流将周期性科氏力施加到所述流量管上，从而产生所述流量管的周期性科氏偏转，后者的特征在于偏转的区域以及没有偏转的节点，

所述撑杆装置响应所述流量管的所述周期性科氏偏转，从而在所述平衡杆上产生周期性科氏样偏转，后者的特征在于偏转的区域以及没有偏转的节点，

所述平衡杆的所述周期性科氏样偏转与所述流量管的所述周期性科氏偏转同相并具有相同的节点数，所述周期性科氏样偏转包括所述平衡杆轴心部分的转动；

耦连到所述流量管和所述平衡杆上的传感件；

仪表电子设备，其从所述传感件接收信号并产生科氏流量计输出信息；

其特征在于，所述科氏流量计还包括：

耦连到所述平衡杆上的平衡杆共振器（908，911，911A，911B）；以便所述平衡杆的同相周期性科氏样偏转使所述平衡杆共振器相对于所述平衡杆的纵向中心部分的转动，以异相的转动方式振动；

所述平衡杆共振器以所述转动方式的振动将转矩施加到所述平衡杆上，从而增大了由所述科氏流量计产生的输出信息的准确度；

传感件（LPO，RPO），该传感件耦连到所述流量管上，从而产生准确度增大的信号，这些信号代表所述流量管相对于所述平衡杆振动速度的振动速度；以及

仪表电子设备（921），该设备响应由所述传感件获得的准确度增加的所述信号的所述产生，导出视作所述材料流的信息。

2、权利要求 1 的科氏流量计，其特征在于所述平衡杆共振器将其转矩施加到所述平衡杆上，从而减小了所述平衡杆的所述周期性科

氏样偏转的幅度，所述流量管的所述周期性科氏偏转的相对速度与所述平衡杆的所述同相周期性科氏样偏转有关，即响应所述平衡杆的所述同相周期性科氏样偏转的所述幅度的所述减小而增大，所述科氏流量计的流动灵敏度响应所述流量管的周期性科氏偏转的所述相对速度的所述增加而增大，而后者与所述平衡杆的所述同相周期性科氏样偏转有关。

3、权利要求 1 的科氏流量计，其特征在于所述科氏力将转矩施加到所述流量管上，从而导致所述科氏流量计的振动；其中增加所述科氏流量计的所述输出信息准确度包括：

所述平衡杆共振器将所述转矩施加到所述平衡杆上，并通过所述撑杆装置施加到所述流量管上，从而减小了由所述流量管施加到所述科氏流量计的仪表支架上的转矩，由所述流量管施加到所述仪表支架上的所述转矩的所述减小有效地减小了所述科氏流量计的振动。

4、权利要求 1 的科氏流量计，其特征在于当所述科氏流量计以所述驱动方式检测到所述振动流量管和所述平衡杆的共振频率的变化，该变化产生于流动材料的密度改变，并以所述驱动方式造成所述流量管与所述平衡杆的振动幅度比改变时，所述科氏流量计的所述输出信息的准确度增加了；

所述科氏流量计的材料流灵敏度响应振动幅度比的所述变化而在第一方向上改变：

所述平衡杆共振器的振动幅度响应所述共振频率中的所述变化而在第二方向上改变所述材料流的灵敏度；

在所述第一方向和所述第二方向上的流动灵敏度的所述变化彼此基本上有效地互相抵消了，从而消除了所述科氏流量计的流动灵敏度的任何变化。

5、权利要求 1 的科氏流量计，其特征在于所述撑杆装置将表示所述周期性科氏偏转的力从所述流量管伸展到所述平衡杆上，从而在所述平衡杆上诱发所述同相周期性科氏样偏转。

6、权利要求 1 的科氏流量计，其特征在于所述平衡杆共振器包括：

一平衡杆共振杆，该平衡杆共振杆基本上平行于所述科氏流量计在不工作状态时的所述平衡杆（902）；

将所述平衡杆共振杆耦连到所述平衡杆纵向中心部分上的一个短柱（909，909A，909B）；

与所述平衡杆的所述纵向中心部分相关联的所述平衡杆共振杆的振动将转矩施加到所述平衡杆上。

7、权利要求 6 的科氏流量计，其特征在于来自所述平衡杆共振杆的所述被施加的转矩减小了所述平衡杆的所述同相周期性科氏样偏转的幅度，从而增大了所述科氏流量计的流动灵敏度。

8、权利要求 7 的科氏流量计，其特征在于所述平衡杆共振杆的所述被施加的转矩通过撑杆装置（913）从所述平衡杆伸展到所述流量管（901），从而减小了所述科氏流量计的振动。

9、权利要求 6 的科氏流量计，其特征在于所述平衡杆共振杆包括质量件（M）。

10、权利要求 9 的科氏流量计，其特征在于所述质量件（M）附着到所述平衡杆共振杆的端部。

11、权利要求 6 的科氏流量计，其特征在于所述平衡杆共振器包括第一和第二平衡杆共振器（908A，908B），每个共振器包括短柱（909A，909B）和平衡杆共振杆（911A，911B）；

所述第一平衡杆共振器的所述短柱被耦连到所述平衡杆第一侧面上的所述平衡杆的所述纵向中心上，而所述第二平衡杆共振器的所述短柱被耦连到所述平衡杆第二侧面上的所述平衡杆的所述纵向中心上。

12、权利要求 1 的科氏流量计，其特征在于所述流量管的所述周期性科氏偏转弯曲撑杆装置的第一端部，而弯曲所述流量管的端部；以及

所述撑杆装置的第二端部响应所述第一端部的所述弯曲而被弯曲，从而在所述平衡杆上诱发所述同相周期性科氏样偏转。

13、一种操作科氏流量计的方法，该流量计适于接收材料流，并具有一个流量管以及与所述流量管取向基本平行的平衡杆；所述科氏流量计具有将所述平衡杆耦连到所述流量管上的撑杆装置；

所述方法包括以下步骤：

使材料流过所述流量管；

以一种驱动方式同相相反地振动所述流量管和平衡杆，其中共振

频率基本上等于充有材料的所述流量管和所述平衡杆的共振频率；

流动的材料将周期性科氏力施加到所述振动的流量管上，从而产生所述流量管的周期性科氏偏转，该偏转的特征在于偏转区域以及无偏转的节点；

响应所述流量管的所述周期性科氏偏转，以所述驱动频率在所述平衡杆上诱发同相周期性科氏样偏转；

所述同相周期性科氏样偏转导致所述平衡杆的所述纵向中心部分发生转动；

所述同相周期性科氏样偏转与所述流量管的所述周期性科氏偏转同相并具有相同的节点数；

附着到所述流量管和所述平衡杆上的传感件产生代表所述流量管的振动速度的输出信号，而该速度与所述平衡杆的振动速度有关；

仪表电子设备响应由所述传感件造成的所述信号的所述产生，而导出与所述材料流有关的信息；

其特征在于，所述科氏流量计还具有一个与所述平衡杆的纵向中心部分耦连的平衡杆共振器；

所述方法还包括以下步骤：

利用所述平衡杆的所述周期性科氏样偏转使所述平衡杆共振器相对于所述平衡杆的纵向中心部分的所述转动以异相的转动方式振动；以及

利用所述平衡杆共振器的这个转动式振动将转矩施加到所述平衡杆上，从而增加了由所述科氏流量计产生的输出信息的准确度。

14、权利要求 13 的方法，其特征在于

将来自所述平衡杆共振器的转矩施加到所述平衡杆上，从而减小了所述平衡杆的所述同相周期性科氏样偏转的幅度；

响应所述平衡杆的所述同相周期性科氏样偏转的所述幅度的所述减小，而增加与所述平衡杆的所述同相周期性科氏样偏转有关的所述流量管的周期性科氏偏转的相对速度；以及

响应与所述流量管的所述周期性科氏偏转有关的所述平衡杆的所述同相周期性科氏样偏转的所述减小，而增加所述科氏流量计的流动灵敏度。

15、权利要求 13 的方法，其特征在于所述科氏力将转矩施加到

所述流量管上，从而导致所述科氏流量计的振动；并且其中增加所述科氏流量计的所述输出信息的所述准确度的所述步骤包括以下步骤：

将由所述平衡杆共振器施加的所述转矩从所述平衡杆伸展到所述流量管，从而减小了由所述流量管施加到所述科氏流量计的仪表支架上的转矩；

被施加到所述仪表支架上的所述转矩的所述减小有效地减小了所述科氏流量计的振动。

16、权利要求 13 的方法，其特征在于增加所述科氏流量计的所述输出信息的所述准确度的所述步骤包括以下步骤：

以所述驱动方式检测所述振动流量管和所述平衡杆的共振频率中的变化，该变化产生于流动材料的密度的改变；

响应材料密度的所述变化的所述检测，而以所述驱动方式改变所述流量管和所述平衡杆的振动幅度比；

响应振动幅度比中的所述变化，而在第一方向上作所述科氏流量计的第一次材料流动灵敏度改变；

响应材料密度所述变化中的所述变化，而改变所述平衡杆共振器的振动幅度，从而在第二方向上作拒绝所述第一次改变的第二次所述材料流灵敏度改变；

流动灵敏度在所述第一方向和所述第二方向上的所述变化有效地获得了所述科氏流量计的稳定流动灵敏度。

17、权利要求 13 的方法，其特征在于诱发所述平衡杆上的所述周期性科氏样偏转的所述步骤包括：通过所述撑杆装置，将表示所述周期性科氏偏转的力从所述流量管伸展到所述平衡杆，从而诱发了所述平衡杆上的所述周期性科氏样偏转。

18、权利要求 13 的方法，其特征在于包括将所述平衡杆共振器耦连到所述平衡杆底表面上的所述平衡杆纵向中心部分上的步骤。

19、权利要求 13 的方法，其特征在于所述平衡杆共振器包括一对部件，每个部件具有一个平衡杆共振杆和一个短柱，并且其中所述方法包括将每个部件的短柱耦连到所述平衡杆相反侧面上的所述平衡杆纵向中心部分上的步骤。

20、权利要求 13 的方法，其特征在于包括这样一个步骤：即，

使施加到所述平衡杆上的所述转矩通过撑杆装置从所述平衡杆向所述流量管伸展，从而减小了所述科氏流量计的振动。

21、权利要求 13 的方法，其特征在于振动所述平衡杆的所述步骤包括：

响应所述周期性科氏偏转弯曲一个撑杆装置的第一端部，而弯曲所述流量管的端部；以及

响应所述第一端部的所述弯曲，而弯曲所述撑杆装置的第二端部，从而在所述平衡杆上诱发所述周期性科氏样偏转。

用于具有准确度提高的平衡杆的科氏流量计的方法和装置

发明领域

本发明涉及一种单管科氏(Coriolis)流量计，尤其是涉及一种用于具有一平衡杆的科氏流量计的方法和装置，该平衡杆具有一个附件，此附件通过增加流动的灵敏度并减小由流动引起的不良仪表振动，可提高流量计的准确度。

问题

单管科氏流量计是需要的，因为其可以消除双管科氏流量计的分流歧管的花费和难题。然而，单管科氏流量计具有流动灵敏度比双管科氏流量计低的缺陷。单管科氏流量计的另一个缺点是，流量管上的科氏力不平衡并导致仪表振动。该振动能够造成流量测量的误差。

流动灵敏度低的原因有两个：其一是，单管流量计必须具有较大直径的流量管来满足给定的流率。这使得刚性件弯曲并且对科氏力几乎没有响应。其二是，质量流率是通过测量流量管与平衡杆之间的相对速度来测定的，并且平衡杆不直接经受科氏力。

对双管计如何工作的阐述有助于解释单管计中平衡杆的意义。在双管科氏流量计中，流量管是彼此相对异相振动的。双流量管彼此抗衡，从而创立了动力平衡结构。速度传感器「传感件（pick offs）」位于沿流量管的两个部位处，来感应流量管之间的相对速度。这些传感件通常位于上游和下游离管的中点相等距离处。每个传感件包括一个紧固在一个流量管上的磁铁和一个紧固在另一个流量管上的线圈。线圈穿过磁场的相对运动产生一个电压。振动的流量管的正弦运动在每个传感件中产生一个正弦电压。当没有材料流动时，来自两个传感件的电压彼此同相。而具有材料流动时，移动物质的科氏力使振动管偏转，从而在两个传感件的电压信号波之间造成相差。质量流率与该相差成比例。重要的是注意，两个流量管都受到相同的偏转（由于流量的相等分配）并且每个流量管与相应部位处的另一个流量管具有相同的相位移。上游传感件的磁铁速度与上游的线圈速度具有相同的相位，并且都与由上游的磁铁－线圈传感对产生的电压具有相同的相位。下游的传感件与上游传感件的相位不同；但是磁铁速度、线圈

速度以及下游传感件的输出电压的相位却彼此相同。

在大多数单管流量计中，振动的流量管被平衡杆而不是被另一个流量管抗衡。在由平衡杆抗衡的流量计中，传感件的磁铁（或线圈）安装在平衡杆上，仿佛它是第二个流量管。然而，由于材料不流过平衡杆，因此不会经受任何直接的科氏力或直接科氏力引起的偏转。每个传感件产生一个电压信号，该信号是相位移动的流量管速度与相位没移动的平衡杆的速度的矢量和。于是，单管计的每个传感件的输出，有流体流动时的相位移比流量管独自或双管计的相位移要小得多。

平衡杆在不经受直接的科氏力的同时，也不经受来自科氏力引起的流量管的偏转的一些力。不幸的是，平衡杆的最终同步偏转还是使流量计的灵敏度减小了。在那些具有非常刚性的平衡杆的流量计中，该同步偏转以及随之引起的灵敏度的降低都非常小。然而，有几个良性原因，致使平衡杆不是刚性的并且响应科氏引起的流量管的偏转而发生显著的偏转。这些具有响应流量管的科氏偏转的平衡杆的流量计其灵敏度严重下降。本发明使这些流量计中的某一些的灵敏度的下降减到最小，并且还提供了一种更准确的流量计。

使用平衡杆来代替第二个流量管产生了另一问题。已经讨论了平衡杆是如何减小每个传感件的输出信号（相位移）的。然而使事情更糟糕的是，流量管与平衡杆振动之间的幅度比随着流体密度的改变而发生变化。必需通过改变流体密度而使该幅度比发生变化，以便保持仪表平衡。但是由于平衡杆的振动幅度增大而流量管的振动幅度减小（正如更浓的流体中所发生的），因此仪表的流动灵敏度下降了。该下降的发生是由于来自传感件的正弦波（流动信号）的净相移是相位移动的流量管的速度与相位没移动（或者是由于同步偏转而发生负相移）的平衡杆的速度的矢量和。在减小流量管振动幅度的同时增大平衡杆的振动幅度，可产生较长的零（或负）相移的平衡杆矢量，而该矢量被加到较短的相移流量管矢量中。这个结果可减小传感件正弦波的净相移并且使流量计对较高密度流体的灵敏度较低。

已有技术的单管科氏流量计还具有一个双管计所没有的问题。这个问题是不平衡的科氏力。平衡杆能够抗衡流量管的驱动振动，并且通过仔细设计能够在流体密度范围内抗衡该驱动振动。但是，已有技

术的平衡杆不能抗衡由流量施加到流量管上的科氏力。这个力随着流率的不同而不同。在零流量时无科氏力，而流量高时该力却相当大。这个不平衡的力造成以驱动频率施加到仪表上的摆动力偶或转矩的形式，该不平衡的科氏力能够使仪表以驱动频率发生振动并使流量测量产生误差。

由于平衡杆的同步偏转而导致的流量计灵敏度的下降以及由于（单）流量管的直径较大而导致的灵敏度下降，一同导致流量计的总体灵敏度降得如此低，以致于减小了单管流量计的准确度和商业上的可接受度。由于不平衡的科氏力而导致的流量计的振动进一步减小了准确度。显然，已有技术的单管科氏流量计具有一些严重的问题。

解决方案

通过本发明，上述及其它问题得到了解决并且在技术上取得了进步，按照本发明，提供了一种用于单直管科氏流量计的方法及装置，其具有一平衡杆，该平衡杆包括一个附加的动力结构，叫作平衡杆共振器。该共振器起到三个作用，从而增大了由流量计产生的输出信息的准确度。

第一个作用是，平衡杆共振器产生转矩，这些转矩通过平衡杆被施加到流量管上，从而抵销了由科氏力施加到流量管上的转矩。这减小了由所施加的科氏力引起的流量计的振动。由平衡杆共振器所起的第二个作用是，共振器转矩施加到平衡杆上，减小了由流量管的科氏偏转传授给平衡杆的科氏样偏转（同步偏转）的幅度。这些流量管的偏转在平衡杆上产生了同相科氏样偏转，后者反过来又降低了流量计的灵敏度。该平衡杆共振器附着在平衡杆的纵向中心处，从而消除了同相科氏样偏转。于是，由平衡杆共振器所引起的这些科氏样偏转幅度的减小增大了流量计的灵敏度。由转矩所起的第三个作用是，在物质密度的范围内提供了稳定的流量计灵敏度（正如后面所讨论的）。

该平衡杆共振器包括一个与平衡杆取向平行并在其旁边的相对刚性杆。该平衡杆共振杆的重量附着在其端部（如果必需的话），从而减小了平衡杆共振器工作方式的共振频率。通过一称作支柱（strut）的部件，平衡杆共振器在其中心处耦连到平衡杆的中心上。该平衡杆共振器与支柱以其驱动方式平放在流量管和平衡杆的振动平面上。平衡杆共振器的工作方式是转动的振动方式，其中当支柱弯

曲时该刚性共振杆在驱动平面上转动。平衡杆共振器的工作方式具有一个与驱动频率分离并比其低的共振频率。

（没有流量）的驱动振动不会引发平衡杆共振器的工作方式，这是因为支柱所附着的平衡杆的纵向中心不经受转动，而只是位移。带有平衡杆的支柱位移导致平衡杆共振器位移，但是却不引发平衡杆共振器上的转动振动工作方式，这是因为平衡杆共振杆是刚性的并与支柱同步。它引起平衡杆的科氏样偏转，从而引发平衡杆共振器上的振动工作方式。这些偏转导致平衡杆中心的转动和平衡杆共振器支柱的弯曲。因为平衡杆共振器工作方式的共振频率比科氏样偏转（驱动频率）所应用的频率低，所以平衡杆共振器与平衡杆的科氏样偏转异相而振动。于是，支柱的弯曲将一个转矩施加到平衡杆的中心上，从而倾向于减小平衡杆中心的转动并减小平衡杆科氏样偏转的幅度。平衡杆共振器以平衡杆共振器的转动方式，象平衡杆的动力平衡器一样工作。该平衡杆共振器还如同一个动力平衡器，其中它使平衡杆的科氏样偏转减小的程度和驱动频率与共振器工作方式的共振频率的分离成反比。非常近的分离导致科氏样偏转几乎完全消除，而较大的分离导致消除的程度极小。由于平衡杆的科氏样偏转导致仪表对流动的灵敏度下降，因此由平衡杆共振器所导致的偏转的消除增大了仪表的流量灵敏度。

频率分离所导致的科氏样偏转消除程度的变化可用来消除仪表随材料密度而发生的灵敏度变化。以前已经显示，流量管/平衡杆幅度比的变化是如何使仪表的灵敏度随着材料密度的增大而减小的。也已经显示，平衡杆共振器是如何将平衡杆的科氏样偏转减小到这样一个程度：即，该程度和驱动频率与工作方式的共振频率之间的频率分离成反比。通过利用频率分离的特性以及材料密度增大时仪表的驱动频率减小的事实，平衡杆共振器可用来使流动的灵敏度不依赖于材料密度。

当材料密度增大时，由于振动系统质量的增加而使驱动频率减小。由于平衡杆共振器工作方式的共振频率在驱动频率之下，并且由于它不依赖于材料密度，因此材料密度的增大导致驱动频率与共振器工作方式的共振频率之间的频率分离减小。频率分离的减小导致平衡杆共振器的共振幅度增大以及平衡杆科氏样偏转的减小。该减小导致

仪表随着材料密度的增大其灵敏度也增大。随着材料密度的增大而增大的仪表灵敏度被用来恰恰消除由变化的幅度比所导致的随着材料密度的增大而减小的灵敏度。当具有高密度材料的驱动频率等于或稍微高于共振器工作方式的共振频率时，由平衡杆共振器导致的随着密度的增大而增加的灵敏度最高。由高密度材料所增加的分离导致随着密度的增大灵敏度增加得较少。于是，由平衡杆共振器所导致的灵敏度的增加可被用来消除由驱动频率与共振器的共振频率之间的适当的初始间隔所导致的灵敏度的减小。

以前已经说明，有几个良性原因导致具有响应流量管的科氏偏转的平衡杆。在流体密度范围内具有流量灵敏度稳定的仪表是其中一个原因。如果平衡杆具有足够的刚性，从而使同步科氏样偏转不明显，则幅度比就会发生足够的变化，从而随密度来改变流量计的流量灵敏度。但是没有什么可以引发平衡杆共振器的工作方式，也没有足够的平衡杆科氏样偏转来选择性消除灵敏度的变化。

正如所讨论的，平衡杆共振器将一个转矩施加到平衡杆上，以便使流动的灵敏度最佳。此转矩与由材料流量施加到流量管上的科氏转矩成比例并相反。即使平衡杆共振器的转矩被施加到平衡杆上，而材料转矩被施加到流量管上，二者最终也是被施加到仪表外壳和凸缘上。于是，该平衡杆共振器转矩减小了外壳上的净转矩，并使仪表振动较小以及由仪表振动而导致的有关仪表的输出数据误差较小。

本发明的一个方面是，提供了一种适于接收材料流并具有以下部件的科氏流量计：

一流量管 以及一个与所述流量管取向基本平行的平衡杆；

平衡杆装置，它将所述平衡杆的端部耦连到所述流量管上；

驱动器，该驱动器以驱动的方式振动相位相反的所述流量管和平衡杆，该驱动方式的频率基本上等于所述材料充入的流量管和所述平衡杆的共振频率，

所述材料流将周期性科氏力施加到所述振动的流量管上，从而产生所述流量管的周期性科氏偏转，后者的特征在于偏转的区域以及没有偏转的节点，

所述平衡杆装置响应所述流量管的所述科氏偏转，从而在所述平衡杆上产生周期性科氏样偏转，后者的特征在于偏转的区域以及没有

偏转的节点，

所述平衡杆的所述科氏样偏转与所述流量管的所述周期性科氏偏转同相并具有相同的节点数，所述科氏样偏转包括所述平衡杆轴心部分的转动；

耦连到所述流量管和所述平衡杆上的传感件；

仪表电子设备，其从所述传感件接收信号并产生科氏流量计输出信息；

其特征在于，所述科氏流量计还包括：

耦连到所述平衡杆上的平衡杆共振器 以便所述平衡杆的所述同相科氏样偏转使所述平衡杆共振器相对于所述平衡杆的所述纵向中心部分的所述转动，以异相的转动方式振动；

所述平衡杆共振器的振动将转矩施加到所述平衡杆上，从而增大了由所述科氏流量计产生的输出信息的准确度；

传感件 ，该传感件耦连到所述流量管上，从而产生准确度增大的信号，这些信号代表所述流量管相对于所述平衡杆振动速度的振动速度；以及

仪表电子设备 ，该设备响应由所述传感件获得的准确度增加的所述信号的产生，导出视作所述材料流的信息。

优选地，所述平衡杆共振器将来自所述平衡 杆共振器的转矩施加到所述平衡杆上从而减小了所述平衡杆的所述科氏样偏转的幅度，所述流量管的所述科氏样偏转的相对速度与所述平衡杆的所述同相科氏样偏转有关，即响应所述平衡杆的所述同相科氏样偏转的所述幅度的所述减小而增大，所述科氏流量计的流动灵敏度响应所述流量管的科氏偏转的所述相对速度的所述增加而增大，而后者与所述平衡杆的所述同相科氏样偏转有关。

优选地，所述科氏力将转矩施加到所述流量管上，从而导致所述科氏流量计的振动；增加所述科氏流量计的所述输出信息的准确度的所述装置包括：

所述平衡杆共振器将所述转矩施加到所述平衡杆上，并通过所述撑杆施加到所述流量管上，从而减小了由所述流量管施加到所述科氏流量计的仪表支架上的转矩，由所述流量管施加到所述仪表支架上的所述转矩的所述减小有效地减小了所述科氏流量计的振动。

优选地，当所述科氏流量计以所述驱动方式检测到所述振动流量管和所述平衡杆的共振频率的变化，该变化产生于所述流动材料的密度改变，并以所述驱动方式造成所述流量管与所述平衡杆的振动幅度比改变时，所述科氏流量计的所述输出信息的准确度增加了；

所述科氏流量计的材料流灵敏度响应振动幅度比中所所述变化而在第一方向上改变：

所述平衡杆共振器的振动幅度响应所述共振频率中的所述变化而在第二方向上改变所述材料流的灵敏度；

在所述第一方向和所述第二方向上的流动灵敏度的所述变化彼此基本上有效地互相抵消了，从而消除了所述科氏流量计的流动灵敏度的任何变化。

优选地，诱发所述平衡杆上的所述同相科氏样偏转的所述装置包括所述撑杆装置，该装置通过所述撑杆装置将表示所述周期性科氏偏转的力从所述流量管伸展到所述平衡杆上，从而在所述平衡杆上诱发所述同相科氏样偏转。

优选地，所述平衡杆共振器装置包括：

一平衡杆共振杆，基本上平行于所述科氏流量计在不工作状态时的所述平衡杆；

将所述平衡杆共振杆耦连到所述平衡杆纵向中心部分上的一个短柱 ；

与所述平衡杆的所述纵向中心部分相关联的所述平衡杆共振杆的振动将转矩施加到平衡杆上。

优选地，来自所述平衡杆共振杆 的所述被施加的转矩减小了所述平衡杆的所述同相科氏样偏转的幅度，从而增大了所述科氏流量计的流动灵敏度。

优选地，所述平衡杆共振杆 的所述被施加的转矩通过撑杆 从所述平衡杆伸展到所述流量管 ，从而减小了所述科氏流量计的振动。

优选地，所述平衡杆共振杆包括一质量件 。

优选地，所述质量件 附着到所述共振杆的端部。

优选地，所述平衡杆共振器包括所述短柱 ，后者将所述平衡杆共振杆耦连到所述平衡杆底表面上的所述平衡杆的所述纵向中心上。

优选地，所述平衡杆共振器包括第一和第二平衡杆共振器，每个共振器包括短柱 和平衡杆共振杆 ；

所述第一平衡杆共振器的所述短柱被耦连到所述平衡杆第一侧面上的所述平衡杆的所述纵向中心上，而所述第二平衡杆共振器的所述短柱被耦连到所述平衡杆第二侧面上的所述平衡杆的所述纵向中心上。

优选地，所述流量管的所述科氏偏转响应所述周期性科氏偏转弯曲撑杆装置的第一端部，而弯曲所述流量管的端部；以及

所述撑杆的第二端部响应所述第一端部的所述弯曲而被弯曲，从而在所述平衡杆上诱发所述同相科氏样偏转。

另一方面包括一种操作科氏流量计的方法，该流量计适于接收材料流，并具有一个流量管以及与所述流量管取向基本平行的平衡杆；所述科氏流量计具有将所述平衡杆耦连到所述流量管上的撑杆；

所述方法包括以下步骤：

使材料流过所述流量管；

以驱动方式同相相反地振动所述流量管和平衡杆，其中共振频率基本上等于所述充有材料的流量管和所述平衡杆的共振频率；

所述流动的材料将周期性科氏力施加到所述振动的流量管上，从而产生所述流量管的周期性科氏偏转，该偏转的特征在于偏转区域以及无偏转的节点；

响应所述流量管的所述科氏偏转，以所述驱动频率在所述平衡杆上诱发同相科氏样偏转；

所述科氏样偏转导致所述平衡杆的所述纵向中心部分发生转动；

所述科氏样偏转与所述流量管的所述周期性科氏偏转同相并具有相同的节点数；

附着到所述流量管和所述平衡杆上的传感件产生代表所述流量管的振动速度的输出信号，而该速度与所述平衡杆的振动速度有关；

仪表电子设备响应由所述传感件造成的所述信号的产生，而导出与所述材料流有关的信息；

其特征在于，所述科氏流量计还具有一个与所述平衡杆的纵向中心部分耦连的平衡杆共振器；

所述方法还包括以下步骤:

利用所述平衡杆的所述科氏样偏转使所述平衡杆共振器相对于所述平衡杆的纵向中心部分的所述转动以异相的转动方式振动;以及

利用所述平衡杆共振器的这个转动式振动将转矩施加到所述平衡杆上,从而增加了由所述科氏流量计产生的输出信息的准确度。

优选地,将来自所述平衡杆共振器的转矩施加到所述平衡杆上,从而减小了所述平衡杆的所述同相科氏样偏转的幅度;

响应所述平衡杆的所述同相科氏样偏转的所述幅度的所述减小,而增加与所述平衡杆的所述同相科氏样偏转有关的所述流量管的科氏偏转的相对速度;以及

响应与所述流量管的所述科氏偏转有关的所述平衡杆的所述同相科氏样偏转的所述减小,而增加所述科氏流量计的所述流动灵敏度。

优选地,所述科氏力将转矩施加到所述流量管上,从而导致所述科氏流量计的振动;并且其中增加所述科氏流量计的所述输出信息的所述准确度的所述步骤包括:

将由所述平衡杆共振器装置施加的所述转矩从所述平衡杆伸展到所述流量管,从而减小了由所述流量管施加到所述科氏流量计的仪表支架上的转矩;

被施加到所述仪表支架上的所述转矩的所述减小有效地减小了所述科氏流量计的振动。

优选地,增加所述科氏流量计的所述输出信息的所述准确度的所述步骤包括:

以所述驱动方式检测所述振动流量管和所述平衡杆的共振频率中的变化,该变化产生于所述流动材料的密度的改变;

响应材料密度的所述变化的所述检测,而以所述驱动方式改变所述流量管和所述平衡杆的振动幅度比;

响应振动幅度比中的变化,而在第一方向上作所述科氏流量计的第一次材料流动灵敏度改变;

响应材料密度所述变化中的所述变化,而改变所述平衡杆共振器的振动幅度,从而作拒绝所述第一次改变的第二次所述材料流的灵敏度改变;

流动灵敏度在所述第一方向和所述第二方向上的所述变化有效地获得了所述科氏流量计的稳定流动灵敏度。

优选地，诱发所述平衡杆上的所述科氏样偏转的所述步骤包括：通过所述撑杆装置，将表示所述周期性科氏偏转的力从所述流量管伸展到所述平衡杆，从而诱发了所述平衡杆上的所述科氏样偏转。

优选地，包括将所述平衡杆共振器装置耦连到所述平衡杆底表面上的所述平衡杆纵向中心部分上的步骤。

优选地，所述平衡杆共振器包括一对部件，每个部件具有一个平衡杆共振杆和一个短柱，并且其中所述方法包括将每个部件的短柱耦连到所述平衡杆相反侧面上的所述平衡杆纵向中心部分上的步骤。

优选地，包括这样一个步骤：即，使施加到所述平衡杆上的转矩通过撑杆从所述平衡杆向所述流量管伸展，从而减小了所述科氏流量计的振动。

优选地，振动所述平衡杆的所述步骤包括：

响应所述周期性科氏偏转弯曲一个撑杆装置的第一端部，而弯曲所述流量管的端部；以及

响应所述第一端部的所述弯曲，而弯曲所述撑杆的第二端部，从而在所述平衡杆上诱发所述科氏样偏转。

附图描述

通过阅读结合附图对本发明所作的以下详细描述，本发明的上述及其它优点和特性可以得到更好的理解。

图 1 示出了一个转动的流量管。

图 2 示出了一个振动的流量管。

图 3 示出了有流动的振动管上的科氏力。

图 4 示出了有流动的振动管的科氏偏转。

图 5 示出了有流动的理想化仪表的科氏偏转。

图 6 示出了图 5 仪表的传感件的输出信号的矢量图。

图 7 示出了已有技术的单直管流量计的科氏偏转。

图 8 示出了图 7 仪表的传感件的输出信号的矢量图。

图 9 示出了一种实施本发明的直管科氏流量计。

图 10 示出了平衡杆共振器的第一个可能的示范例的剖视图。

图 11 示出了平衡杆共振器的第二个可能的示范例的剖视图。

图 12 示出了测量低密度材料的已有技术仪表的传感件信号的矢量图。

图 13 示出了测量高密度材料的已有技术仪表的传感件信号的矢量图。

图 14 示出了测量低密度材料的本发明传感件信号的矢量图。

图 15 示出了测量高密度材料的本发明传感件信号的矢量图。

图 16 是基于给定流率的平衡杆共振器的振动幅度和驱动频率与平衡杆共振器共振频率之比所作的附图。

图 17 是基于平衡杆共振器振动与平衡杆振动之间的相差和频率比所作的附图。

详细描述

通过在平衡杆上采取能提高流量计灵敏度并减小仪表振动的结构措施，本发明的方法和装置解决了单管流量计中流动灵敏度低和仪表振动的问题。为了了解这是如何实现的，就必需了解流量管上的科氏力性质、在流量管中产生的畸变，以及畸变是如何沿流量管产生同相位移的。

对图 1、图 2 及图 3 的描述

图 1 示出了材料流过的管 102，这时管 102 绕其端部 101 逆时针转动。可以通过科氏加速度 A_c 的等式及牛顿定律得出每单位长度的管 102 上的科氏力。

科氏加速度可以如下表示：

$$A_c = 2\ (\vec{\omega} \times \vec{v})$$

ω=角速度

v = 材料的速度

科氏力可以如下表示：

$$F_c = MA_c = 2M\ (\vec{\omega} \times \vec{v})$$

M = 材料质量

因为材料 $M = pA_t l$

p = 材料密度

A_t = 流量管面积

l = 管长度

$$F_c = 2\rho A_i \ell (\vec{\omega} \times \vec{v})$$

$$\frac{F_c}{\ell} = 2\rho A_i (\vec{\omega} \times \vec{v})$$

但是:

$$\rho A_i \vec{v} = \dot{M} \qquad \dot{M} = \text{质量流率}$$

$$\frac{F_c}{\ell} = 2\dot{M} \times \vec{\omega}$$

科氏力 F_c 沿管 102 的长度是均匀的，这是因为管 100 的每一部分都以相同的速度转动并且质量流率在整个管中都是一样的。

图 2 示出了直流量管 200，该管不绕端部 201 和 202 枢轴转动，而是可位移地定位在端部 201 和 202 处。流量管 200 借助驱动器 D(例如一根吉它线）以第一弯曲方式以其共振频率围绕轴 203 振动，同时材料流过流量管 200。当流量管向下穿过其垂直轴 203（零位移）时，它的左半部顺时针转动，而右半部逆时针转动。当接近管的中心时该转动减小了。管的中心并不转动而只是位移。当科氏力穿过零位移轴 203 时，该科氏力在流量管 200 上的空间分布如图 3 所示。科氏力在两个流量管的二等分处的方向是相反的，这是因为管的转动方向是相反的。该科氏力在中心处减小到零，这是因为流量管的转动在中心处减小到零。

图 2 的振动流量管 200 与图 1 的转动管 102 之间的另一主要区别是，振动管 200 不连续转动，而是停止并转向。当振动方向反转时，转动为零并且整个流量管上的科氏力为零。其结果是，由于流量管的振动穿过零幅度和最大速度（如图 3 所示），因此图 3 的科氏力幅度随着出现最大值的时间呈正弦变化。由于流量管以第一弯曲（驱动）方式到达其最大振动幅度和零速度处，因此零科氏力出现在整个流量管上。科氏力对流量管的正弦施加频率与由驱动器 D 振动时的频率[即流量管的第一弯曲（驱动）方式振动频率]相同。

对图 3 的描述

图 3 示出了科氏力如何将未平衡转矩施加到流量管上。如果无限制，图 3 的流量管以管循环中所标出的瞬间顺时针方向转动。当管的振动方向改变时，转矩方向和转动方向也变化。图 7 的已有技术的平衡杆未作任何措施来抗衡未平衡的转矩，该转矩通过外壳连线和流量管的非活动部分被传送到外壳和凸缘。这导致整个流量管以驱动频率转动，而流量管的端部以驱动频率和与流速成比例的幅度彼此异相振动。

对图 4 的描述

流量管 200 响应所施加的周期性科氏力而发生变形（如图 4 所示）。其中实线表示流量管以驱动方式向下穿过零位移轴 203 时，流量管响应科氏力而改变的形状（非常夸大地）。虚线表示流量管以驱动方式向上穿过零位移时，流量管所改变的形状。注意，实际上瞬间穿过零的流量管上的唯一点是管的中点。图 4 的形状类似于第二弯曲方式形状。然而，这只是一种重合。流量管的第二弯曲方式的频率远远高于施加图 3 的科氏力的频率（第一弯曲方式的驱动频率）。由于科氏力以小于其第二弯曲共振频率的频率正作用于流量管上，因此图 4 中的科氏导致的变形与图 3 中的科氏力是彼此同相出现的。因此当流量管 200 以其驱动振动（第一弯曲）方式穿过零位移轴 203 时，该管假定为图 4 的形状。

对图 5 的描述

材料流将图 4 的科氏诱发的振动叠加在图 2 的驱动振动上。这如图 5 所示。这两个振动都以第一弯曲方式驱动频率出现；但是它们以 90^0 彼此位移。当第一弯曲方式在沿轴 203 的零位移处时，科施诱发的位移最大值（实线）出现了。当第一弯曲方式在最大位移处（虚线）时，科氏位移变为零。图 5 类似于图 3，其中就科氏变形与流量管 200 穿过零轴 203 时的时间有关而言，图 5 代表流量管的状态。此时，并且只有在这时，科氏力和科氏诱发的变形才在最大幅度处。正如图 3 已经描述过的，当流量管 200 以驱动方式的变形无论在向上的方向还是在向下的方向上都达到最大值时，科氏力减小并最终变为零。此时，流量管的速度为零并因此而对应所施加的科氏力和所造成的科氏变形。于是，当流量管 200 在其最大正负变形之间以第一弯曲方式正弦振动时，图 4 所示的正弦科氏响应以驱动频率在幅度上发生正弦变

化。为了清晰起见，图 4 和图 5 所示的科氏位移幅度被大大地夸张了。实际上该幅度要远远小于流量管 200 的第一弯曲（驱动）方式的幅度，这是因为第一弯曲模式在流量管的谐振频率处被驱动而科氏模式则不是。从而，在所有图中所示的科氏失真被极大地夸大。

与在现有技术的流量计有关的相位延迟是流量管的第一弯曲（驱动）模式和科氏偏差的重叠的结果。在图 4 中，可以看到右传感器 SR 穿过左传感器 SL 之前的零位移。可以说，左传感器和其示出电压标示了右传感器 SR 及其输出电压的相位。相反地，还可以说，右传感器导出左传感器的相位。相位差（或时延）与科氏引入位移的幅度成正比，而该位移又与质量流动速率成正比。

在理想的单直管科氏流量计中，平衡杆只在第一弯曲模式中振动并对于在流量管上的的科氏力缺乏任何明显的响应。图 5 示出了单直管科氏流量计 500，该流量计具有流量管 200 和平衡杆 502，这两个部件在平衡杆 502 的端部由撑杆 503 和 504 相连。图 5 的实线表示以第一弯曲（驱动）方式与材料流一起穿过零位移轴 203 时的流量管 200 和平衡杆 502。在图 5 的平衡杆 502 上没有出现科氏变形。虚线表示以第一弯曲（驱动）方式的振动向外延伸时的流量管和平衡杆。

对图 6 的描述

图 6 是由图 5 的理想化单直管科氏流量计所产生的振动速度的矢量图。矢量 V_{tube}603 和 $V_{bal\ bar}$606 的长度代表流量管和平衡杆的峰速度，而矢量 V_{net}605 代表平衡杆矢量 606 和流量管矢量 603 的速度矢量和。这些矢量绕原点转动，而原点的一圈旋转代表以驱动方式进行的流量管的一个循环。矢量在 X 轴上的投影代表真实速度（或者净矢量时的电压）。矢量与 X 轴所成的角度代表它们的相位。图 6 代表在图 5 的实线所表示的时间处的图 5 仪表的右传感件。流量管 200 在右传感器 SR 的响应是矢量 603，该矢量具有一个超前相位，ϕ管，由矢量 603 与真实轴 602 之间的角度表示。因为传感件磁铁 SR 在驱动器 D 穿过零位时已经穿过流量管的零位移处，所以该相位是正的。平衡杆 502 的振动速度没有从轴 602 同相位移，这是由于流量管上所产生的科氏力没有明显影响平衡杆并且整个平衡杆 502 瞬间穿过零位移处。平衡杆矢量（606）沿真实轴 602 表示并称作 $V_{bal\ bar}$。流量管与平衡杆速度的矢量和是矢量 V_{net}605。矢量 605 具有相角 ϕ_{net}，该

相角代表组合的矢量速度以及流量管和平衡杆的相位。该净相角是测定质量流的方式。注意，来自右传感件 SR 的净相角小于只用于流量管的相角。这个减小的同相角（以及灵敏度）是由于图 5 的理想化单管仪中的平衡杆缺乏明显的相位移而导致的。

对图 7 的描述

图 5 的已有技术的平衡杆 502 是一个理想化状态，这是因为现实中的平衡杆被科氏力间接地变形了。虽然该科氏力不直接作用在平衡杆上，但是它通过撑杆 503 将转矩施加在平衡杆的每一端上。如图 7 所示的平衡杆 502 的变形其形状与流量管 501 的科氏变形相似并且同相；只是变形小一些。然而平衡杆的同相科氏样变形导致产生平衡杆的速度矢量（806），而后者实际上与流量管的速度矢量（803）的相位相反。产生这种表面反论的原因是，流量管 501 和平衡杆 502 以驱动的方式反向移动（如图 7 中的速度矢量 803 和 806 所示）。这些矢量代表驱动器的流量管和平衡杆速度。由于流量管和平衡杆以相反方向振动，而同一方向上的变形（同相变形）加入到其中一个相位中，同时又从另一相位中减去。这样，在左手传感器（在平衡杆上）的线圈已经穿过表示平衡杆零位移的虚线的同时，左手传感器 SL（在流量管上）的磁铁还没有穿过表示流量管零位移的虚线。于是，据说流量管的磁铁具有负（或者落后）相位，而该线圈具有正（或者领先）相位。同样的逻辑可用于解释右手传感件 SR；只是相位的表示符号反向了。流量管上的磁铁已经穿过零位移线并且具有正相位，而平衡杆上的线圈还没有穿过零位移线并且具有负相位。这种同相平衡杆的变形是不希望有的，因为它减小了传感信号之间的相延迟，此外还作用于图 5 中的理想化仪表上。

对图 8 的描述

图 8 是具有流动的典型已有技术仪表的右传感 SR 输出信号的矢量图（如图 7 所示）。在图 8 中，平衡杆速度矢量 806 具有加入到流量管矢量 803 中的负相位（其还没有穿过零），而矢量 803 具有正相位（其已经穿过零）。其结果是，净矢量 805（或输出电压）具有比图 5 和 6 的理想化仪表还低的相角。这个减小的相角导致仪表的灵敏度较差，并因此而比图 5 的理想化仪表的输出信号小。

对图 9 和 10 的描述

本发明的一个可能性示范实施例，如图 9 所示，公开了一种直单管科氏流量计 900，该流量计具有围绕流量管 901 的外壳 903；环绕流量管 901 和撑杆 913 中部的圆柱形平衡杆 902，而撑杆 913 将平衡杆 902 的端部连接到流量管 901 上。流量管 901 从其输出端 907 穿过整个流量计 900 延伸到其进入端 917。外壳 903 包括左右的端部 904。外科 903 在外壳颈件 914 处包括楔部 905。连接肋 906 位于颈件 914 内部的环形开口 915 内。连接肋 906 密封地将流量管 901 的端部啮合到外壳 903 的端部 904 上。流量计 900 还有外壳连线 930，后者在内端 932 处被连接到平衡杆 902 上，而在外端 933 处被连接到外壳 903 的内壁 912 上。该外壳连线 930 还具有平面弯头 931 的外观。

驱动器 D 使流量管 901 振动，并且驱动器 D 耦连到流量管 901 和平衡杆 902 上。流量管 901 还耦连到左传感件 LPO 和右传感件 RPO 上，这两个传感件定位在驱动器 D 的相对两侧上。仪表电子设备 921 将路径 923 上的信号施加到驱动器 D 上，以便同相相反地驱动流量管 901 和平衡杆 902。流量管及材料流的振动将科氏力施加到使之崎变的流量管 901 上。这种管崎变可由传感件 LPO 和 RPO 检测。传感件的输出信号在路径 922 和 924 上传送给仪表电子设备 921，而该电子设备拥有信号，可测定信号之间的相差并将代表路径 925 上的材料流的信息输出给终端使用者。

材料流及流量管 901 振动的科氏力包括该流量管中的科氏变形，该变形改变了振动流量管的形状。这种变形（如图 4 中所夸大地示出的）沿流量管造成不同的定位，从而导致以稍稍不同的相位进行振动。沿振动流量管道的每个点在材料流中都具有科氏正弦运动，但是这些点却不同时到达它们的最大位移或零位移位置。振动流量管的中心具有材料流时也没有变化，而流量管的内部经历相落后，流量管的外端经历领先的相位。

流量管 901 上的两个部位之间的相差是仪表电子设备 921 测定流率的方式。速度（或位移或加速）传感件 LPO 和 RPO 定位于沿流量管 901 的两个位置上。传感件输出之间的时间延迟（由驱动频率所除的相差）与通过振动流量管 901 的质量流率成正比。

在常规的已有技术直管流量计中，平衡杆 902 主要用于抗衡流量管振动质量的平衡。该被平衡的振动结构包括流量管 901、撑杆 913

和平衡杆 902。在使用时，驱动器 D 以这些结构（包括充有材料的流量管 901）的共振频率同相相反地振动平衡杆 902 和流量管 901。作为材料流穿过振动流量管的结果，在流量管 901 内诱发了正弦科氏变形。这些科氏变形以充有材料的振动流量管 901 的驱动频率出现。由于平衡杆 902 没有材料流通过（象通过流量管 901 那样），因此其不经受直接的科氏力。然而，撑杆 913 从流量管到平衡杆 902 配有一条用于连通振动的路径。其结果是，科氏力诱发的流量管 901 的变形通过撑杆 913 将转矩传送给平衡杆 902。在常规已有技术的仪表中，这些转矩小幅度的科氏样变形（同步变形）出现在平衡杆 902 上（如图 7 所示）。这些小科氏样变形减小了传感件的净相差。这个由传感件 LPO 和 RPO 产生的减小的科氏信号通过路径 922 和 924 被施加到仪表电子设备 921 上，该电子设备由传感器 LPO 和 RPO 的输出信号之间的相差可测定材料流信息。

本发明包括平衡杆共振器 908。这是一个其纵向轴平行于流量管的纵向轴的杆件 911。该平衡杆共振杆具有相对的刚性并且沿其长度具有质量，而在其端部具有额外的质量 m。平衡杆共振杆 911 在其中点处由短柱 909 固定到平衡杆 902 的中点上。该短柱的尺寸使其可稍稍低于驱动频率来定位平衡杆共振器（图 10 中的点划线）转动方式的共振频率。科氏诱发的流量管 901 的变形借助于撑杆 913 使平衡杆 902 稍微变形（如图 7 所示）。平衡杆在图 7 的科氏样变形中的偏转激发了平衡杆共振器的转动方式（如图 10 所示）。因为平衡杆共振器的共振频率低于激发（驱动）频率，所以平衡杆共振器的运动与平衡杆科氏样变形呈 180 度的反相。平衡杆共振器在转动方式中的偏转通过平衡杆共振器短柱 909 将转矩施加到平衡杆上。该转矩减小了平衡杆的科氏样变形，并因此将流量计的流动灵敏度增加到接近于图 5 的理想化单管流量计的灵敏度。

图 10 示出了图 9 的流量计，该流量计具有外壳 903，但是其端部去掉了。而且未示出仪表的电子设备及其连线，仪表使图的复杂程度减到最小。在操作中，流量管 901 承受科氏力，从而导致流量管呈现正弦 S 形偏转。该状态如图 7 所示。流量管 901 的这些科氏变形通过图 9 的撑杆 913 将转矩施加到平衡杆的每一端上，从而导致平衡杆 902 呈现科氏样变形，该变形与流量管 901 上的同相，但是幅度较小

（如图 7 所示）。如前所述，平衡杆的这个同相科氏样变形是不需要的，因为它减小了来自传感件 LPO 和 RPO 每一位的有效相延迟。

平衡杆共振器 908 通过用作动力平衡杆而减小了平衡杆 902 的科氏样变形。因此，当平衡杆的中部作为流量管科氏变形的作用结果而逆时针转动时，每一端具有质量 M 的共振杆 911 以顺时针的方向转动，并且抵抗平衡杆 902 的逆时针转动。这样由于通过撑杆 913 而从流量管 901 所接收的振动力，就减小了平衡杆 902 所偿试的逆时针运动。同样，当平衡杆 902 的中心偿试顺时针转动时，平衡杆共振器 908 就逆时针转动并减小了平衡杆的顺时针转动。平衡杆共振器 908 的转动振荡有效地消除了平衡杆 902 的转动振荡。于是，平衡杆共振器 908 有效地用作动力平衡器，并且由于流量管 901 和撑杆 913 将科氏力施加到平衡杆 902 上，而使平衡杆 902 的任何转动消除或最小化。

对图 11 的描述

图 11 类似于图 10，只是其示出了一对分别具有共振器杆 911A 和 911B 的平衡杆共振器 908A 和 908B。平衡杆共振器 908B 附着于平衡杆 902 轴中心部的一侧上，同时平衡杆共振器 908A 附着于平衡杆 902 的相反侧。这不同于图 10 所示出的，在图 10 中平衡杆共振器 908 附着于平衡杆 902 的底部。图 11 实施例的操作原理与图 10 相同。即，平衡杆共振器 908A 和 908B 一起用作动力平衡器，该平衡器由于科氏振动通过撑杆 913 从流量管 901 作用于平衡杆 902（如图 9 所示），而使平衡杆 902 的转动有效地减到最小。

在图 11 中，将平衡杆共振杆连接到平衡杆上的短柱 909A 和 909B 扭转变形，而不是象图 9 和图 10 的短柱 909 那样弯曲。这个双平衡杆共振器类似于图 9 和图 10 的单平衡杆共振器，将转矩施加到平衡杆上，二者的结果是一样的。

对图 12 和 13 的描述

该平衡杆共振器还用于使流动灵敏度不依赖于材料密度。图 12 和 13 示出了在图 7 已有技术仪表的输出信号相上材料密度的变化效果。对两个不同密度材料的仪表相图所作的比较是没有意义的，这是因为密度差导致驱动频率以及管相的位移。因此，这些图的相角对于图来说已经是标准化的。这意味着，相角已经被驱动频率所除。该标

准化相角实际上是时间的延迟。由于科氏力和由此而形成的相角都与管频率成比例，因此用于同一质量流率和不同密度的标准化流量管相角，对于具有稳定流动灵敏度的流量计来说应该是相等的。

图 12 是已有技术的仪表在给定的低密度材料流率时的传感输出信号的标准化矢量图。该矢量的长度与速度成比例，而当管的中点穿过零位移位置时，与 X 轴所成的角度表示分量的相角。该低密度材料导致较高的流量管幅度和较低的平衡杆幅度(保存动力并保持仪表平衡)。流量管矢量 1203 和平衡杆矢量 1202 的矢量和 V_{net}1205 导致相对高的净相角 ϕ_{net}（标准化）。图 13 是相同仪表在相同的质量流率时的标准化矢量图，只是材料的密度高得多。该流量管的标准化相角 ϕ_{tube} 与图 12 中的是一样的，并且平衡杆相角 $\phi_{balance\ bar}$ 也与图 12 中一样。然而，流量管的幅度已经减小，而平衡杆的幅度已经增大，从而导致矢量和 1305 的标准化相角 ϕ_{net} 减小。标准化净相角随材料密度的这种变化导致仪表的流动灵敏度随材料密度的增大而减小。

对图 16 和 17 的描述

实施平衡杆共振器的本发明解决了由于改变材料密度而导致流动灵敏度改变的问题。它通过利用随着驱动频率与平衡杆共振器共振频率之间的频率分离的变化而导致的平衡杆共振器的幅度变化，消除了密度对流动灵敏度的作用效果。图 16 是典型的频率响应曲线。它示出了作为驱动频率与平衡杆共振器工作方式的共振频率之比的函数的平衡杆共振器的振荡幅度。可以看到，当频率比非常接近于 1.0 时，平衡杆共振器幅度就变得非常大。图 17 示出平衡杆的科氏样变形与其工作方式中的平衡杆共振器变形之间的相位关系。它表示，对于驱动频率高于平衡杆共振器工作方式的共振频率的情形，相角是 180 度。

驱动频率对于低密度材料来说是增大的，而对于高密度材料来说是减小的，而同时平衡杆共振器的共振频率固定在高密度材料的驱动频率之下的一个频率处。这意味着，用于高密度材料的频率分离要比用于低密度材料的小，其结果是，用于给定质量流率的平衡杆共振器的振荡幅度要比用于高密度材料的高。该较高的平衡杆共振器幅度导致较低的科氏样平衡杆变形和平衡杆传感矢量，而该矢量比低度材料的传感矢量负性少

对图 14 和 15 的描述

图 14 和 15 示出了如何消除密度效应。图 14 是用于第密度材料的传感输出信号的标准化矢量图。流量管的振荡幅度高，从而导致较高的流量管速度和较长的速度矢量 1403。由于低密度材料还导致驱动频率高。这个较高的驱动频率导致驱动频率与平衡杆共振器的较低固定共振频率之间的频率分离较大。这个较大的频率分离意味着，平衡杆共振器的幅度较小并且流量管的科氏变形通过若干撑杆而导致平衡杆变形。其结果是，平衡杆速度矢量 1406 具有比较大的负相角。

图 15 是与图 14 相同仪表和相同质量流率的标准化矢量图；只是它用于高密度材料。当平衡杆的幅度与图 14 的矢量 1406 比较是增大了时，流量管的幅度是减小的。这导致在图 15 中流量管矢量 1403 在长度上减小而平衡杆矢量 1406 在长度上增加。而且高密度材料还减小了驱动频率，而后者导致驱动频率与平衡杆共振器的共振频率之间的相分离较小。这个减小的频率分离导致较大的平衡杆共振器幅度（如图 16 所示）和减小的平衡杆科氏样变形。这意味着，平衡杆矢量 1406 具有较小的负相角。该平衡杆负相角的减小使得图 15 的净矢量 1405 具有与图 14 的净矢量 1405 相同的相角和幅度。由于净矢量 1405 具有相同的相角和幅度，因此仪表的流动灵敏度对于两种不同密度的材料来说是相同的。这样就解决了已有技术仪表的密度灵敏度问题。

图 9、10 和 11 的平衡杆共振器除了增加流量计的灵敏度以及使仪表的灵敏度不依赖于材料密度以外，还具有其它的优点。在图 3 中可以看到，科氏力将未平衡的转矩施加到流量管上。如果不限制，图 3 的流量管以管循环中所标出的瞬间顺时针方向转动。当管的振动方向改变时，转矩方向和振动方向也改变。图 7 的已有技术的平衡杆不采取任何措施来抗衡未平衡的转矩，而该转矩通过外壳连线和流量管的非活动部分被传给外壳和凸缘。这导致整个流量计以驱动频率振动，而流量计的端部以驱动频率和与流率成比例的幅度彼此异相振动。

整个流量计的振动是不需要的，这是因为它加入到材料的科氏加速中或从中减去。该额外的加速虽然与流率成比例，但是由于它取决于仪表安装的刚性，因此一般是未知的。仪表的刚性安装减小了伪加

速（振动），而软性安装使其增大。这个未知的伪加速因此而导致仪表误差。

本发明减小了由于借助于平衡杆共振器的未平衡科氏力而减小了仪表振动问题的严重程度。该平衡其共振器象动力平衡杆一样起作用，其中它增大了振动的幅度，直到将足够的转矩施加到平衡杆上从而将激发位移减小到接近于零为止。平衡杆共振器的这种激发是由于两个原因。它可以是由于平衡杆的科氏样变形，也可以是由于整个仪表的科氏诱发的振动。这两个原因的任一个都激发了平衡杆共振器并增大了其转动方式的幅度。图 10 示出了平衡杆共振器 908 的弯曲。短柱将一个转矩施加到平衡杆上，而平衡杆又将一个转矩施加到流量管上，后一个转矩与由材料的科氏变形施加到流量管上的转矩相反。该转矩既可减小平衡杆的变形，又可借助于外壳连线和非活动管区域来间接减小外壳的振动。

平衡杆共振器使平衡杆的科氏样变形及科氏力诱发的整个仪表振动减小的程度是驱动频率与平衡杆共振器转动方式的共振频率之间的函数。这可由图 16 的典型频率响应曲线明显示出。如果两个频率是相等的，则平衡杆共振器几乎完全消除了平衡杆科氏样变形和科氏诱发的仪表振动。当频率分离增大时，平衡杆共振器的效果减小了。而且，重要的是，平衡杆共振器的共振频率在驱动频率之下。图 17 表示，如果平衡杆共振器的共振频率在驱动频率之上，则平衡杆共振器与平衡杆的变形同相偏移，并且增大了变形幅度和仪表振动。因为驱动频率与材料密度成反比，所以最好使平衡杆共振器的共振频率充分位于驱动频率之下，以便所允许的最高材料密度不会导致驱动频率在平衡杆共振器的共振频率之下。

在显示变形模式形状的这些图中，已经采用了在流量管边上具有平衡杆的仪表。该几何形状由于其更有利于理解得清楚而业已用于这些图中。与本发明有关的原理同样也可用于图 9、10 和 11 的并列几何形状和同心管几何形状中。同样，所有图都使用了单直管，而该原理同样也可用于单弯管仪表中。

应该明白地理解，有请求权项的发明并不局限于对优选实施例的描述，而是将其它变型和改变都包括在本发明概念的范围和精髓内。例如，虽然本发明已经作为单直管科氏流量计的一部分而被公开，但

是应该理解，本发明并不局限于此，它还可用于包括不规则和曲线结构的单直管流量计的其它类型的科氏流量计以及具有多个流量管的科氏流量计。应该理解，术语“材料”包括泥浆、果汁、任何密度的液体、气体以及血浆。

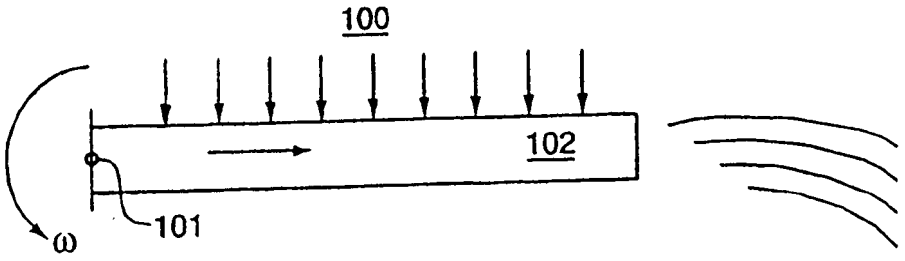

100
102
101
ω

图 1

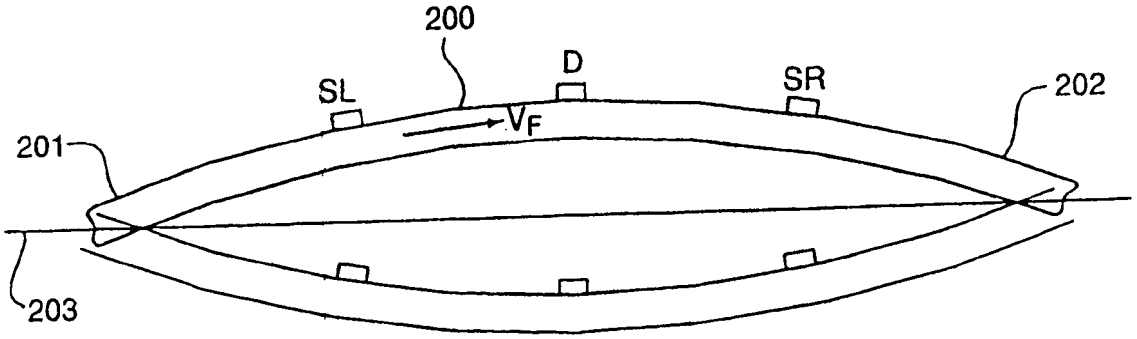

200
D
SL
SR
202
201
V_F
203

图 2

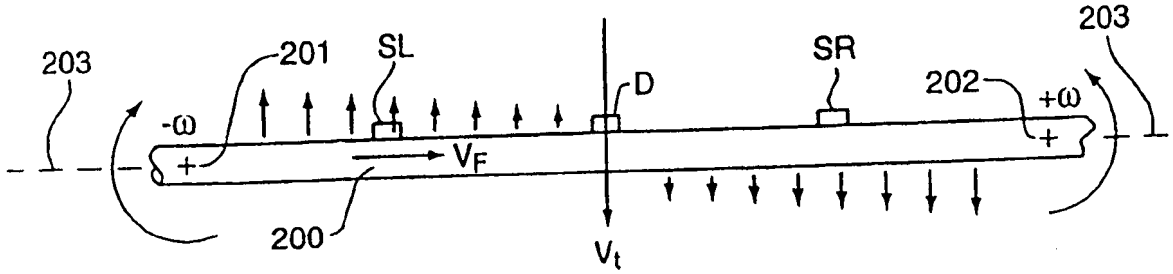

203
201
SL
D
SR
202
203
-ω
+ω
+
+
V_F
200
V_t

图 3

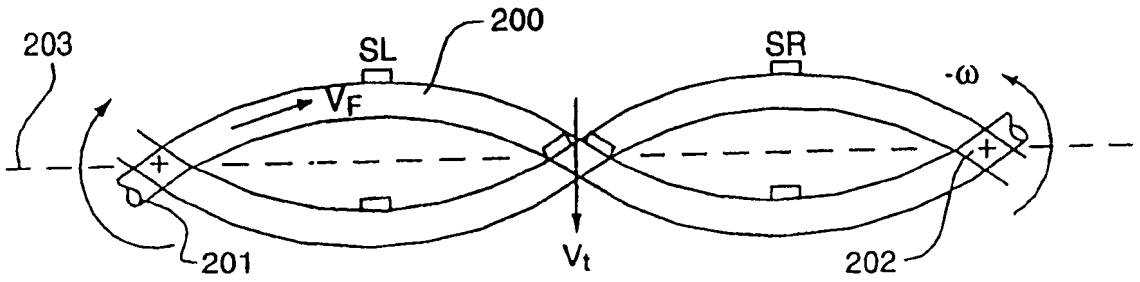

203
SL
200
SR
-ω
V_F
+
+
201
V_t
202

图 4

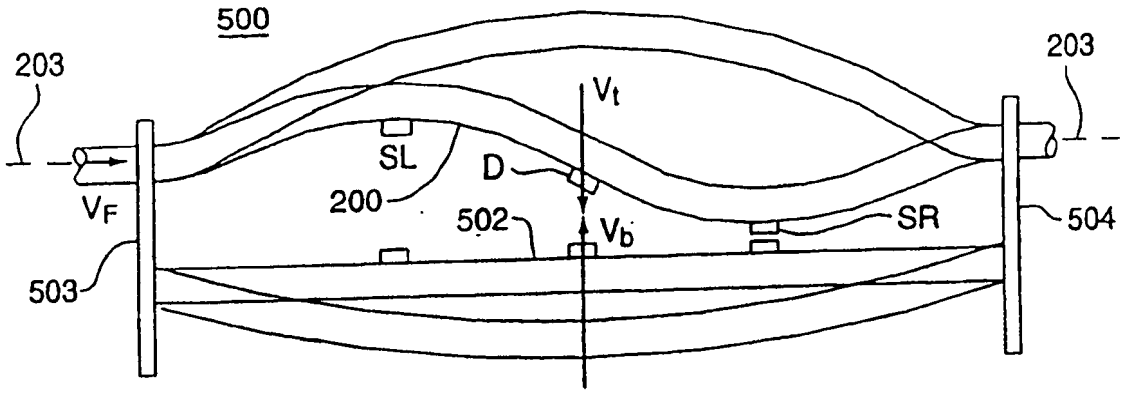

500
203
203
V_t
SL
D
V_F
200
502
V_b
SR
504
503

图 5

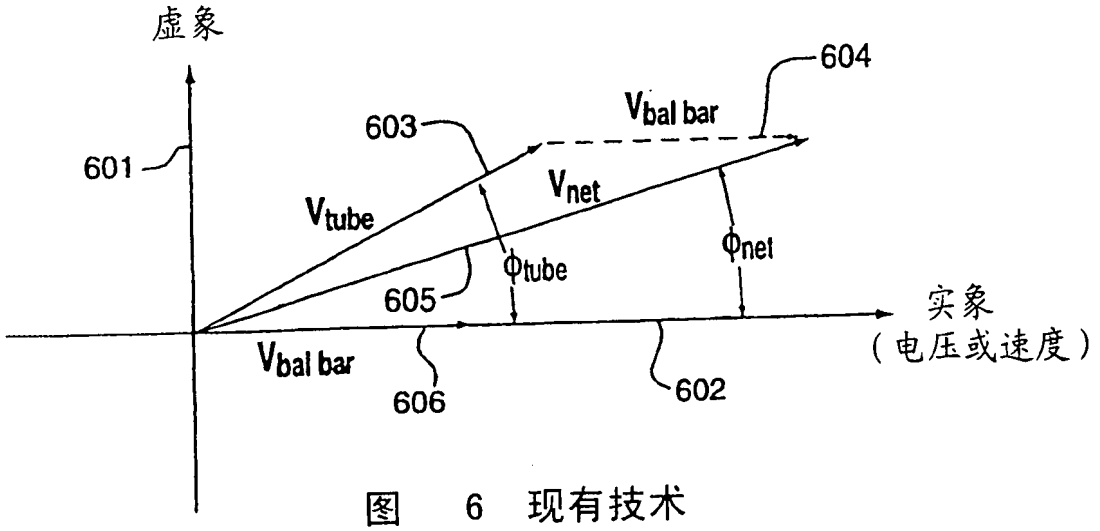

虚象
604
603
$V_{bal\ bar}$
601
V_{net}
V_{tube}
ϕ_{net}
ϕ_{tube}
605
实象
（电压或速度）
$V_{bal\ bar}$
606
602

图 6 现有技术

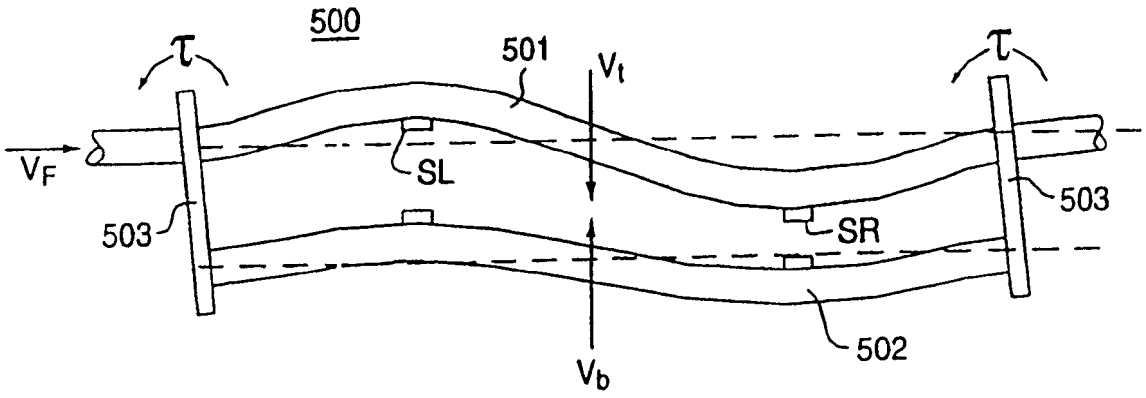


图 7 现有技术

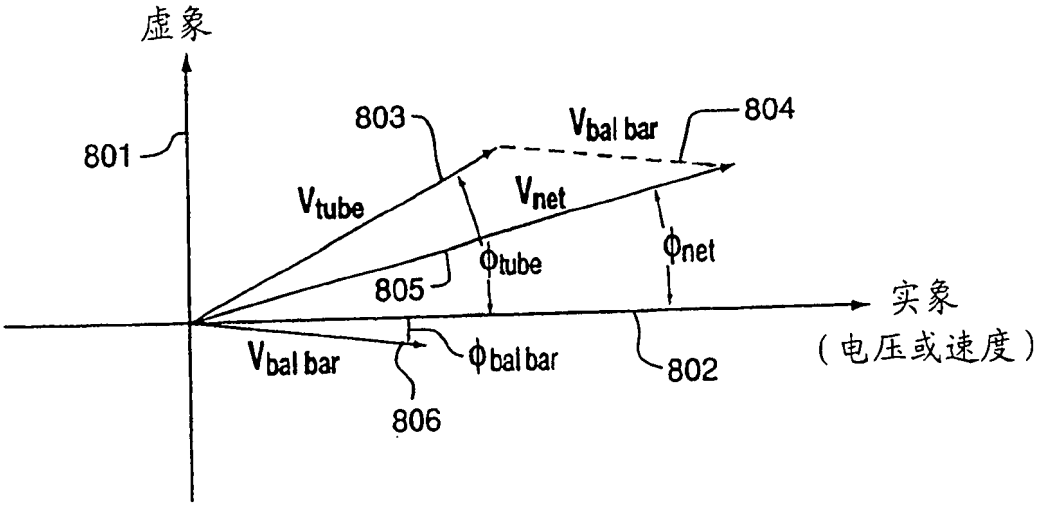
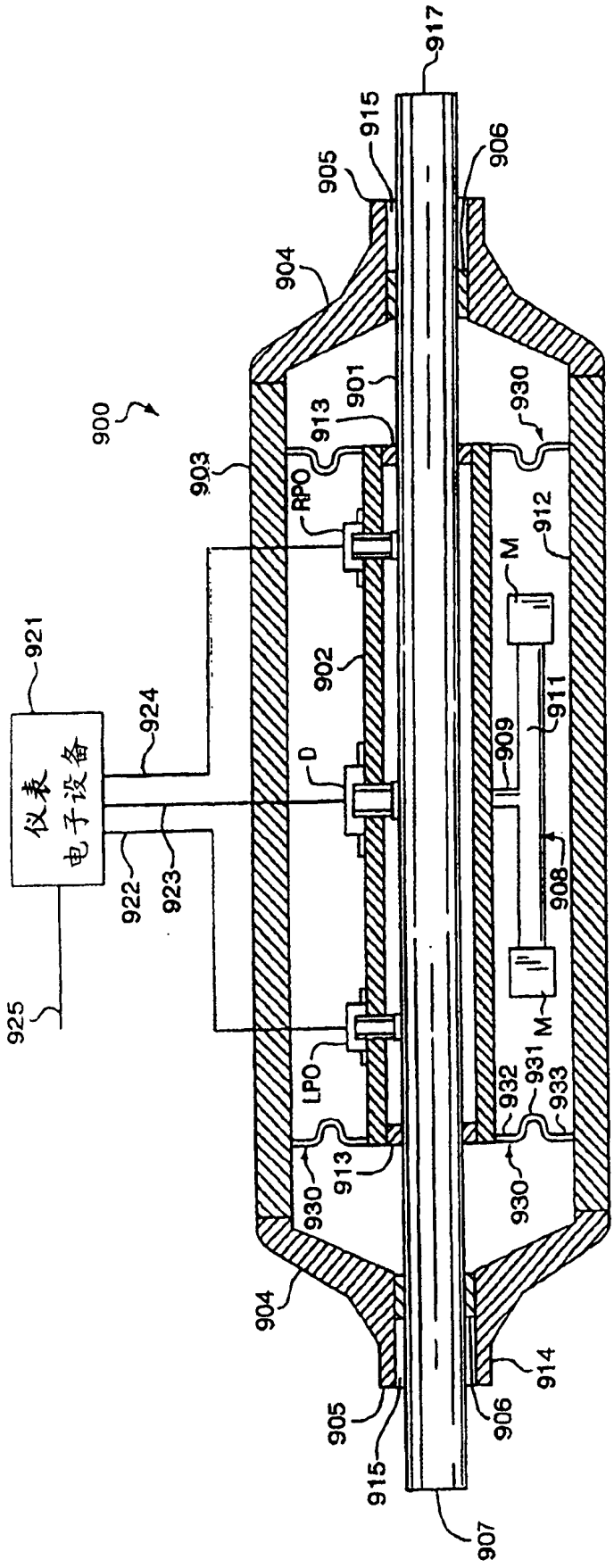


图 8 现有技术



900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
911
912
913
914
915
917
921
922
923
924
925
930
931
932
933
RPO
LPO
D
M
仪表
电子设备

图 9

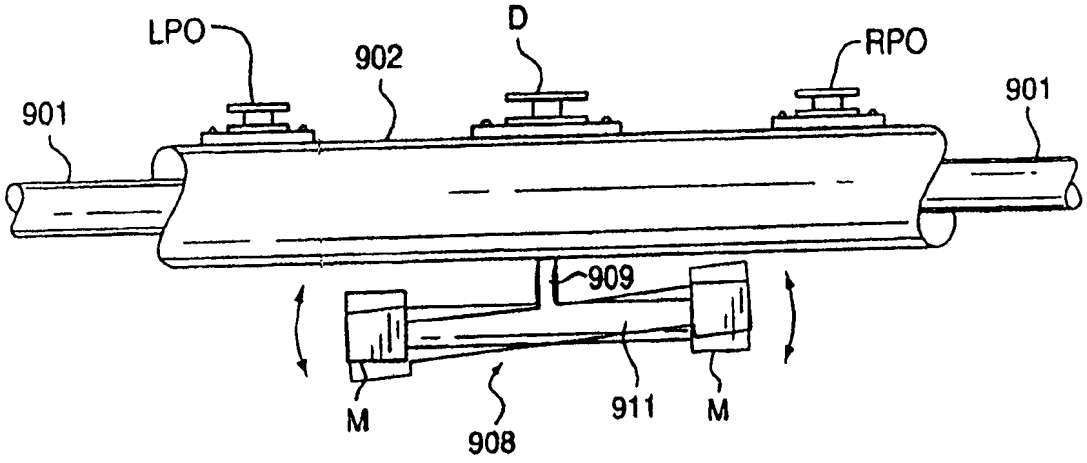

LPO
902
D
RPO
901
901
909
M
908
911
M

图 10

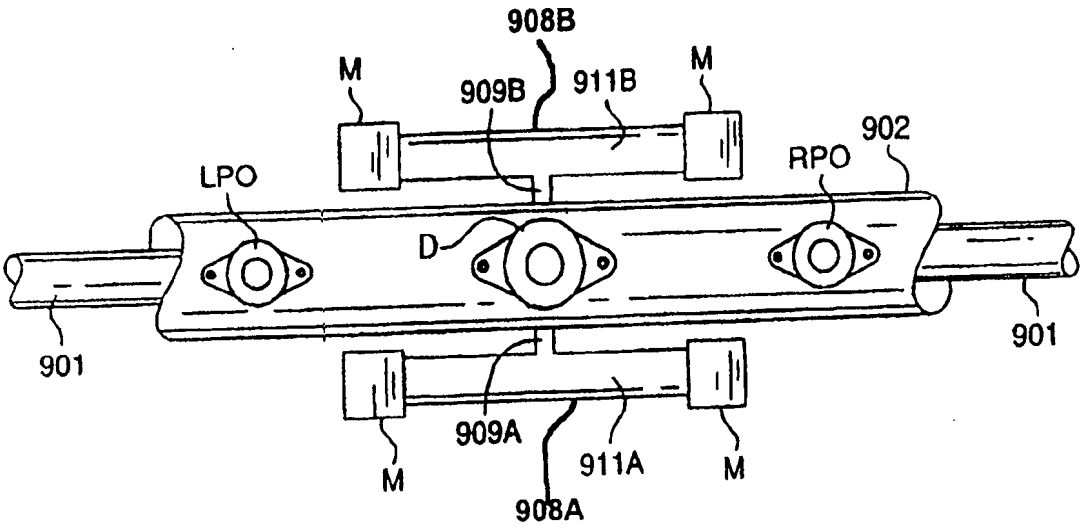

908B
M
909B
911B
M
902
LPO
RPO
D
901
901
909A
911A
M
M
908A

图 11

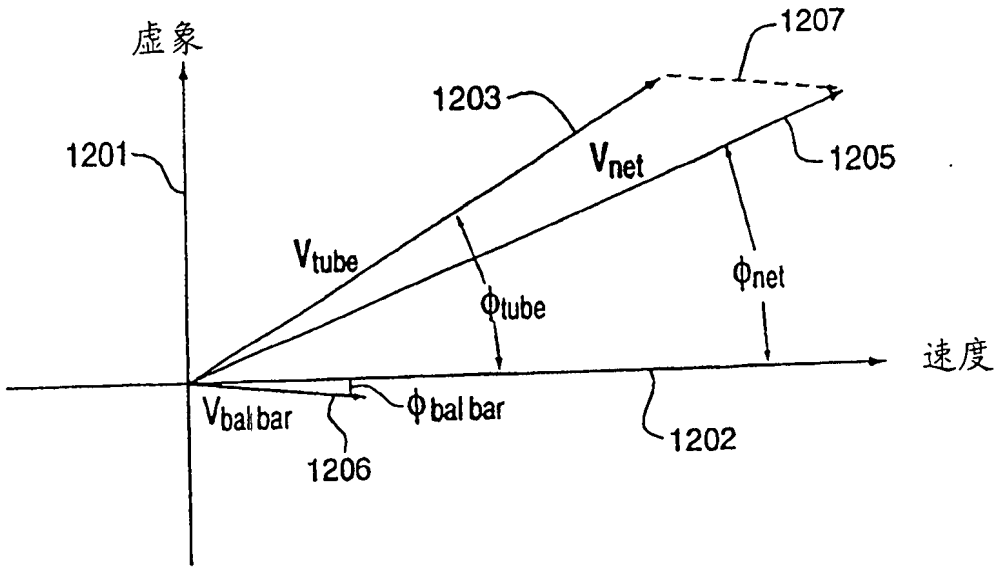


图 12 现有技术

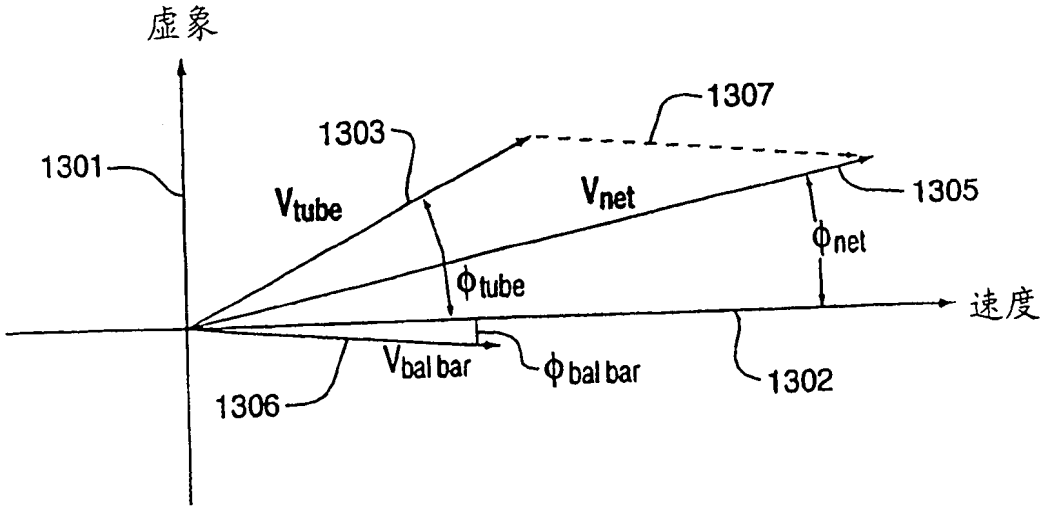


图 13 现有技术

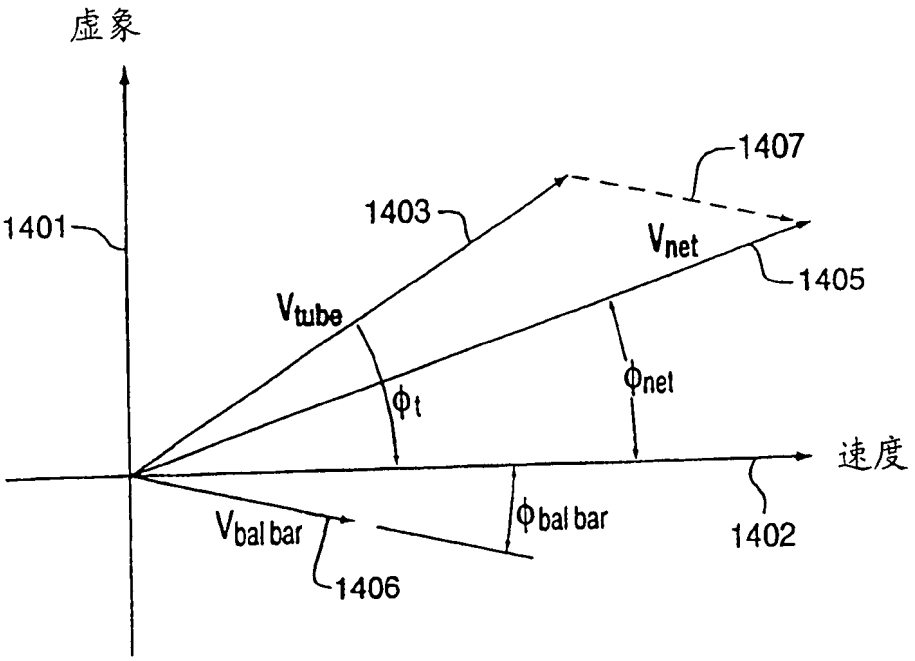

虚象
1401
1403
1407
Vnet
1405
Vtube
φt
φnet
速度
Vbal bar
φbal bar
1406
1402

图 14

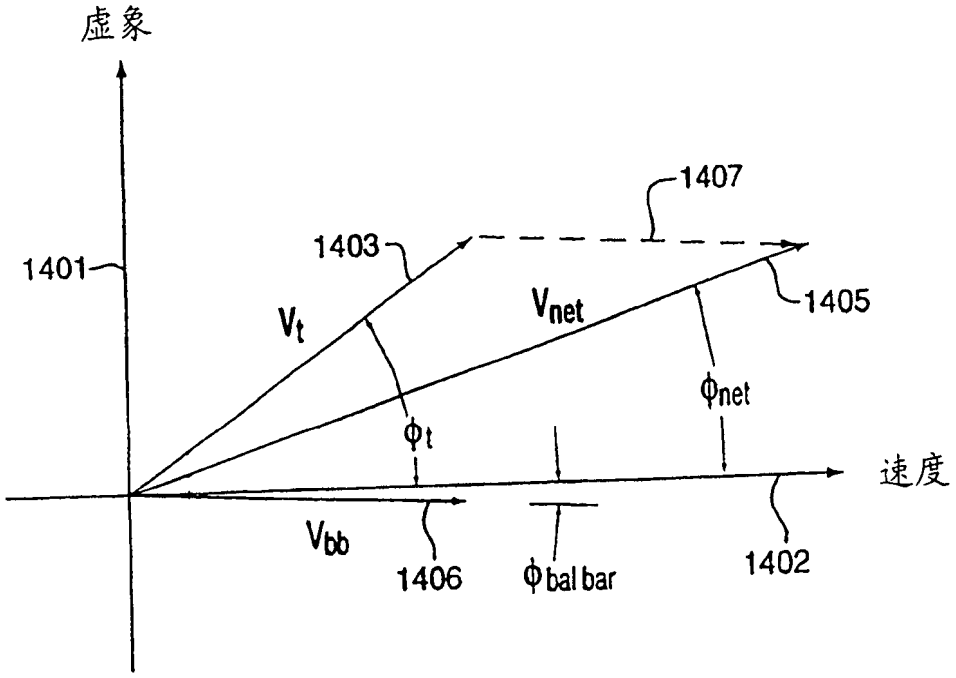

虚象
1401
1403
1407
Vt
Vnet
1405
φnet
φt
速度
Vbb
1406
φbal bar
1402

图 15

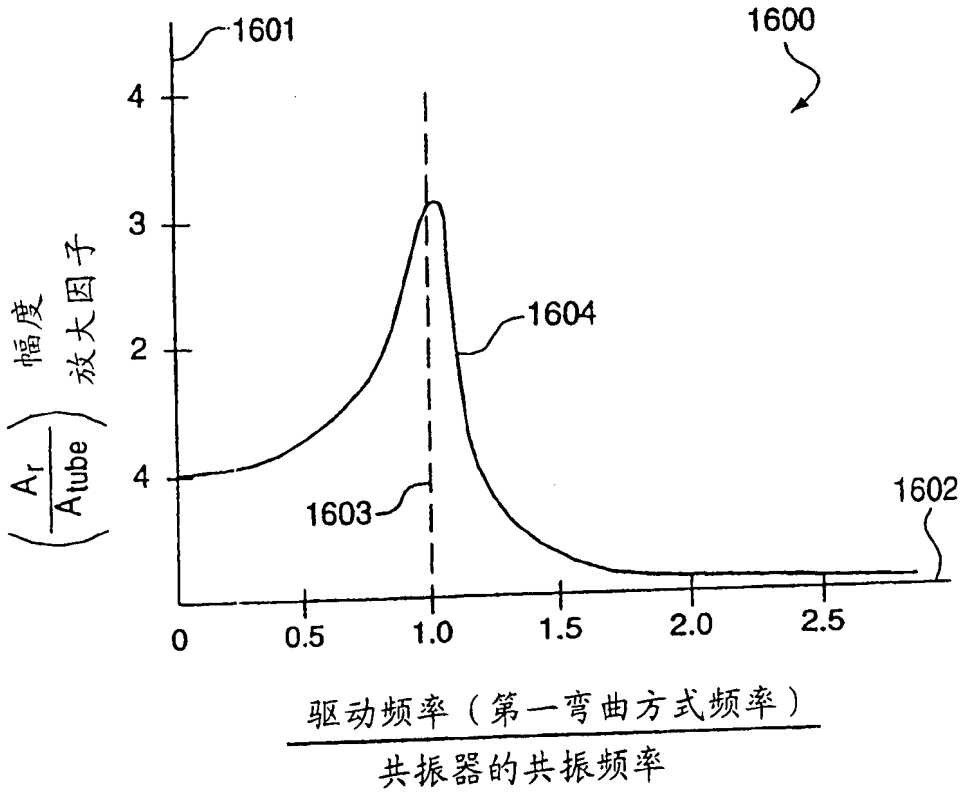

1601
1600
4
3
2
4
幅度
放大因子
$\left(\frac{A_r}{A_{tube}}\right)$
1604
1603
1602
0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
驱动频率（第一弯曲方式频率）
共振器的共振频率

图 16

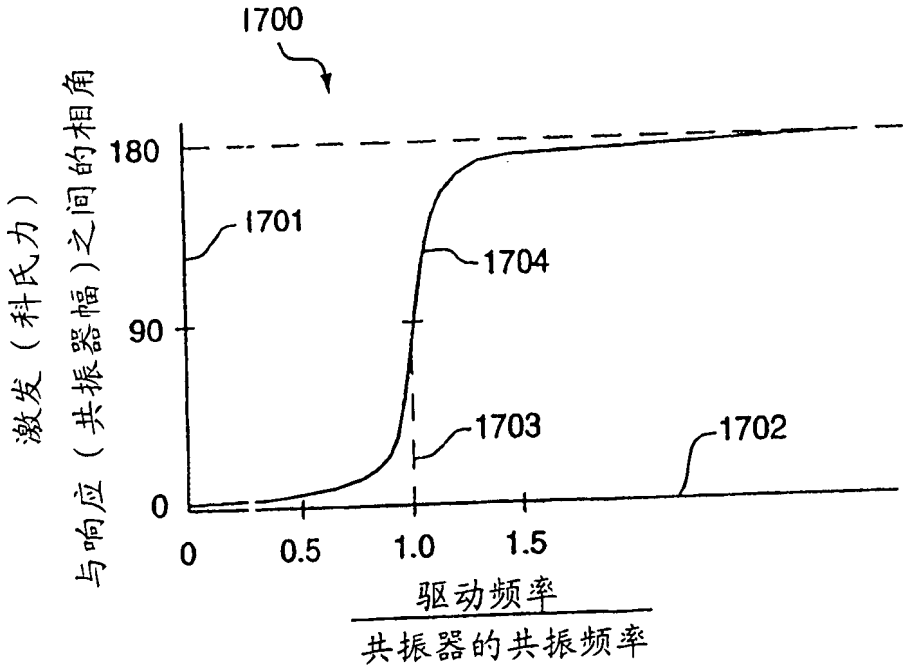

1700
180
90
0
1701
1704
1703
1702
激发（科氏力）与响应（共振器幅）之间的相角
0
0.5
1.0
1.5
驱动频率
共振器的共振频率

图 17