



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110022760 A

(43)申请公布日 2019.07.16

(21)申请号 201780073560.1

A·范德霍斯特

(22)申请日 2017.11.28

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

(30)优先权数据

代理人 孟杰雄 王英

16200841.1 2016.11.28 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(51)Int.Cl.

2019.05.28

A61B 5/00(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

G01F 1/00(2006.01)

PCT/EP2017/080643 2017.11.28

A61B 5/0265(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/096168 EN 2018.05.31

(71)申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 C·P·亨德里克斯

D·A·范登恩德 A·希尔格斯

R·A·霍芬坎普 M·T·约翰逊

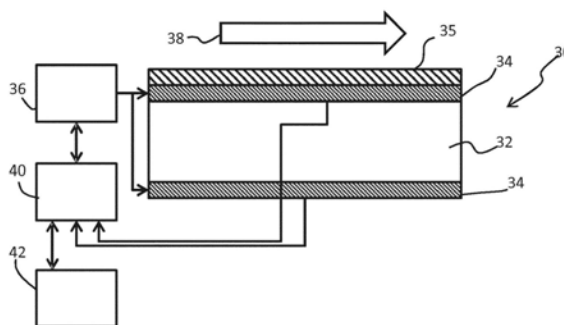
权利要求书2页 说明书17页 附图13页

(54)发明名称

流量传感器和测量流速的方法

(57)摘要

一种流量传感器包括电活性材料设备。驱动器控制所述电活性材料设备以将热量局部地传递到要感测其流量的流动介质。获得温度感测信号,并且使用这些信号来导出流量测量结果。散热方式与流动有关并且能够基于温度感测信号而得到测量。温度感测涉及测量电特性,所述电特性包括所述电活性材料设备至少处于第一频率时和处于不同于所述第一频率的第二频率时的阻抗或阻抗相位角。以这种方式能够使温度和压力的影响去耦合,使得能够在任何压力下测量温度。



1. 一种流量传感器,包括:
 - 电话活性材料设备布置(30);
 - 驱动器(36),其用于控制所述电话活性材料设备布置以将热量局部地传递到要感测其流量的流动介质;以及
 - 控制器(40、42),其适于:
 - 从所述电话活性材料设备布置读取感测信号,所述感测信号与所述电话活性材料设备处的温度有关;并且
 - 使用所述感测信号来导出流量测量结果,其中,所述控制器还适于:
 - 通过提供传感器读数来读取所述感测信号以执行对电特性的测量,所述电特性包括所述电话活性材料设备处于第一频率时和处于不同于所述第一频率的第二频率时的阻抗或阻抗相位角,并且
 - 根据所述测量来导出所述电话活性材料传感器处的温度。
2. 如权利要求1所述的传感器,其中,所述驱动器(36)适于提供频率高于所述电话活性材料设备的共振频率的驱动信号。
3. 如权利要求1或2所述的传感器,其中,所述电话活性材料包括铁电弛豫聚合物,例如,举例而言,PVDF三元聚合物。
4. 如任一前述权利要求所述的传感器,其中,所述驱动器(36)适于在预定时间段(44)期间传递热量,并且所述控制器适于读取所述感测信号以监测随后的温度衰减函数(46),从而将所述感测信号随时间的演变转换为流量测量结果。
5. 如权利要求4所述的传感器,其中,所述控制器(40、42)适于在一时间段进行测量,直到所述温度达到参考温度时为止,从而将所述感测信号随时间的演变转换为流量测量结果。
6. 如权利要求1至3中的任一项所述的传感器,其中,所述驱动器(36)适于在流量感测时间段期间连续地传递热量,并且所述控制器适于读取所述感测信号以监测稳态温度。
7. 如权利要求1至3中的任一项所述的传感器,其中,所述驱动器(36)适于在流量感测时间段期间传递热量,并且所述控制器适于控制热传递速率以实现预定的稳态温度。
8. 如权利要求7所述的传感器,其中,控制器(40)适于控制热传递脉冲的占空比或频率。
9. 如任一前述权利要求所述的传感器,其中,所述电话活性材料设备布置包括用作加热器的第一电话活性材料设备和用作传感器的第二电话活性材料设备和第三电话活性材料设备的布置。
10. 如任一前述权利要求所述的传感器,其中,所述电话活性材料设备布置还用作:
 - 压力传感器,和/或
 - 致动器。
11. 如任一前述权利要求所述的传感器,其中,所述控制器(40、42)适于导出被施加到所述电话活性材料设备布置的外部压力或力。
12. 如任一前述权利要求所述的传感器,其中,所述第一频率是所述电特性具有最大值或最小值时的共振频率,例如,反共振频率,并且所述第二频率是所述电特性关于载荷为恒

定时的频率。

13. 一种导管或导丝,包括如任一前述权利要求所述的传感器。

14. 一种测量流速的方法,包括:

- 控制电活性材料设备布置以将热量局部地传递到要测量其流速的流动介质;
 - 从所述电活性材料设备布置读取感测信号,所述感测信号与所述电活性材料设备处的温度有关;以及
 - 使用所述感测信号来导出流量测量结果,
- 其中,读取感测信号包括:
- 提供传感器读数以执行对电特性的测量,所述电特性包括所述电活性材料设备处于第一频率时和处于不同于所述第一频率的第二频率时的阻抗或阻抗相位角,以及
 - 根据所述测量来导出所述电活性材料传感器处的温度。
15. 如权利要求14所述的方法,包括提供频率高于所述电活性材料设备的共振频率的驱动信号以传递所述热量。

流量传感器和测量流速的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及流量传感器并且特别用于测量血流量。

背景技术

[0002] 出于许多不同的诊断原因,人们对血流量测量非常感兴趣。

[0003] 一个示例是用于诊断狭窄,狭窄是动脉疾病的一种形式,其中,血流量受到血管局部变窄(例如,在血管壁上形成的斑块)的限制。

[0004] 能够测量局部血流量或局部血压的导丝传感器(CMUT、压电晶体、电阻器)能够支持狭窄评价和处置。然而,不能仅通过压力或流量来充分解释复杂的狭窄血流动力学。因此,正在开发具有多个传感器的导丝,但这样会使设备变得复杂。

[0005] 此外,流量传感器是复杂的设备,并且更简单的感测方法将受到关注。

[0006] 除了感测功能之外,导丝还优选在小而曲折的血管中具有良好的可转向性。可以通过集成用于尖端转向的机械致动器来实现可转向性,但是另一方面,这样会增加设备的复杂性。

[0007] WO 2006/135293公开了一种基于对由流动引起的冷却的加热和随后的分析的可植入流量传感器。US 4726225公开了一种基于温度降低来测量流量的流速计。

[0008] 因此,希望具有能够测量流量的简单传感器设计,并且这种简单传感器设计优选还可以形成用于流量感测以及压力感测和/或致动的单个多功能部件的部分。

发明内容

[0009] 根据本发明的一个方面的示例,提供了一种流量传感器,包括:

[0010] 电活性材料设备布置;

[0011] 驱动器,其用于控制所述电活性材料设备布置以将热量局部地传递到要感测其流量的流动介质;以及

[0012] 控制器,其适于:

[0013] 从所述电活性材料设备布置读取感测信号,所述感测信号与所述电活性材料设备处的温度有关;并且

[0014] 使用所述感测信号来导出流量测量结果,

[0015] 其中,所述控制器适于通过提供传感器读数来读取感测信号以执行对电特性的测量,所述电特性包括所述电活性材料设备处于第一频率时和处于不同于所述第一频率的第二频率时的阻抗或阻抗相位角,其中,所述控制器适于根据所述测量来导出所述电活性材料传感器处的温度。

[0016] 这种布置使用电活性材料设备布置(其中,“布置”可以具有一个或多个个体电活性材料设备)来将热量传递到介质,然后监测或控制所得到的温度,使得能够确定流动条件(其带走热量)。可以监测冷却速率或者可以监测维持特定温度所需的电加热。

[0017] 即使在致动期间,该设备也能够测量压力(或力)和温度。这能够通过使用驱动信

号与测量信号的叠加物来实现。使用以两个不同频率交替测量的小幅度的高频电信号使得温度和压力的影响能够去耦合。以这种方式,能够在任何压力下测量温度。此外,如果需要,也可以获得压力水平。

[0018] 所述驱动器可以适于提供频率高于所述电活性材料设备的共振频率的驱动信号。这意味着驱动信号有意引起局部加热,因此不是用于对电活性材料进行致动的最有效信号。

[0019] 在一种布置中,所述驱动器适于在预定时间段期间传递热量,并且所述控制器适于读取所述感测信号以监测随后的温度衰减函数,从而将所述感测信号随时间的演变转换为流量测量结果。

[0020] 因此,对从要感测的区带走热量的方式进行监测。

[0021] 所述控制器可以例如适于在一时间段进行测量,直到所述温度达到参考温度时为止,从而将所述感测信号随时间的演变转换为流量测量结果。

[0022] 在另一种布置中,所述驱动器适于在流量感测时间段期间连续地传递热量,并且所述控制器适于读取所述感测信号以监测稳态温度。以这种方式响应于已知热传递而监测稳态温度。

[0023] 在又一种布置中,所述驱动器适于在流量感测时间段期间传递热量,并且所述控制器适于控制热传递速率以实现预定的稳态温度。以这种方式监测热传递量以便达到已知温度。为此目的,所述控制器可以控制热传递脉冲的占空比或频率。

[0024] 在上述所有示例中,所述电活性材料设备布置可以包括用作加热器和温度传感器两者的单个电活性材料设备。

[0025] 替代地,所述电活性材料设备布置可以包括用作加热器的第一电活性材料设备和用作传感器的第二电活性材料设备和第三电活性材料设备的布置。它们可以位于加热器的相对侧,使得能够监测加热器的每侧的热梯度。

[0026] 所述电活性材料设备布置还可以用作压力传感器和/或致动器。因此,相同的设备可以用于流量测量,用于致动(例如,探头的转向)和/或用于压力感测。压力感测可以例如用于针对皮肤的载荷压力感测。

[0027] 压力传感器可以用于测量外力或外部压力(EAP外表面上的外部单元)。外力或外部压力能够源自身体上的皮肤接触,或者源自体内的血管壁接触,或者源自体内的动脉血压。

[0028] 将血压与特定EAP致动器配置的响应之间的定量关系作为产品开发的进行而进行校准。

[0029] 本发明使用处于两个频率的测量。

[0030] 第一频率例如是共振频率,处于该共振频率时,阻抗或阻抗相位角具有最大值或最小值,第一频率例如是反共振频率。处于该频率的测量可以用于确定外力或外部压力。

[0031] 当施加频率为与(无阻尼的)反共振频率匹配的频率的信号时,例如检测到由所应用的载荷引起的突然失配,其为在传感器上测量的随后的阻抗下降。

[0032] 替代地,可以使用与(无阻尼)共振频率匹配的驱动信号。在这种情况下,可以检测到失配,其为在传感器上测量的随后的阻抗跳跃。在任一种情况下,以这种方式,高频信号允许在致动的同时感测被施加到设备的外部压力或外力。

[0033] 第二频率可以是电特性关于载荷为恒定时的频率。替代地,第二频率具有温度变化,因此能够用于温度测量。

[0034] 控制系统可以适于施加驱动信号,第一频率的测量信号和第二频率的测量信号被叠加在驱动信号上,其中,驱动信号包括DC驱动电平或频率低于第一频率和第二频率的AC驱动信号。

[0035] 通过在较高幅度的主驱动信号上叠加低幅度、高频感测信号,可以同时实现感测功能和驱动功能。

[0036] 可以按顺序施加两个不同频率的测量信号。替代地,可以叠加不同的频率测量结果,因为能够自由选择非共振频率的大小。

[0037] 本发明通常与电活性材料一起使用。然而,特别有用的材料是有机电活性材料和/或聚合物电活性材料。这些材料具有电活性特性、适合的温度依赖性,并且还易于加工,以便将它们集成在例如体腔中的设备(例如,导管)中。电活性材料(聚合物)可以包括弛豫铁电体。作为这样的聚合物材料的非限制性示例,可以使用三元共聚物(即,PVDF-TrFE-CFE或PVDF-TrFE-CTFE)弛豫铁电体。它们在没有施加场的情况下是非铁电的,这意味着当没有施加驱动信号时没有机电耦合。例如,当施加DC偏压信号时,电磁耦合变为非零。与其他已知的EAP材料相比,弛豫铁电体提供更大幅值的驱动变形和更大的感测灵敏度。

[0038] 然而,设备不限于使用弛豫铁电体,并且压电EAP材料(例如,仅作为示例,PVDF或PVDF-TrFE)也可以例如用于实施例。

[0039] 传感器可以形成导管或导丝的部分。

[0040] 根据本发明的第二方面的示例提供了一种测量流速的方法,包括:

[0041] 控制电活性材料设备布置以将热量局部地传递到要测量其流速的流动介质;

[0042] 从所述电活性材料设备布置读取感测信号,所述感测信号与所述电活性材料设备处的温度有关;以及

[0043] 使用所述感测信号来导出流量测量结果,

[0044] 其中,读取感测信号包括:提供传感器读数以执行对电特性的测量,所述电特性包括所述电活性材料设备处于第一频率时和处于不同于所述第一频率的第二频率时的阻抗或阻抗相位角;以及根据所述测量来导出所述电活性材料传感器处的温度。

[0045] 所述方法可以包括提供频率高于所述电活性材料设备的共振频率的驱动信号。

[0046] 在一种方法中,所述方法包括在预定时间段期间传递热量,并且读取感测信号以监测随后的温度衰减函数,从而将感测信号随时间的演变转换为流量测量结果。例如,可以在一时间段进行测量,直到温度达到参考温度时为止,从而将感测信号随时间的演变转换为流量测量结果。

[0047] 在另一种方法中,所述方法包括:在流量感测时间段期间连续地传递热量,并且读取感测信号以监测稳态温度。

[0048] 在另一种方法中,所述方法包括:在流量感测时间段期间传递热量,并且控制热传递速率以实现预定的稳态温度。

[0049] 所述方法可以额外地包括压力感测和/或驱动。

附图说明

- [0050] 现在将参考附图来详细描述本发明的示例,在附图中:
- [0051] 图1示出了未被夹紧的已知的电活性聚合物设备;
- [0052] 图2示出了受迫于背衬层的已知的电活性聚合物设备;
- [0053] 图3示出了流量传感器设备;
- [0054] 图4示出了根据温度函数测量流速的第一种方法;
- [0055] 图5示出了基于温度函数测量流速的第二种方法;
- [0056] 图6示出了基于温度函数测量流速的第三种方法;
- [0057] 图7示出了基于温度函数测量流速的第四种方法;
- [0058] 图8示出了被安装在导管尖端的流量传感器设备;
- [0059] 图9示出了用于解释温度测量方法的电活性聚合物设备的第一示例;
- [0060] 图10示出了校准方法;
- [0061] 图11是示出如何仅使用传感器功能的图表;
- [0062] 图12示出了用于在校准后使用的感测方法;
- [0063] 图13更详细地示出了图3的电活性聚合物设备;
- [0064] 图14示出了EAP设备的一个等效电路;
- [0065] 图15示出了电阻和电容随频率的变化;
- [0066] 图16示出了两个不同的致动电压随频率的变化;
- [0067] 图17示出了如何使用图10的标绘图之间的差异来识别共振频率;
- [0068] 图18示出了共振时在不同温度下阻抗对载荷的依赖性;
- [0069] 图19示出了远离共振时在不同温度下阻抗对载荷的依赖性;
- [0070] 图20示出了温度-阻抗函数的重现性;
- [0071] 图21示出了如何使用温度补偿来改善载荷感测;
- [0072] 图22用于解释如何使用相位测量;
- [0073] 图23示出了具有特定组成成分的示例性材料对温度的灵敏度;
- [0074] 图24示出了灵敏度与组成成分之间的关系;
- [0075] 图25示出了用于证明加热功能的可行性的第一测量结果;
- [0076] 图26示出了用于证明加热功能的可行性的第二测量结果;并且
- [0077] 图27示出了用于证明加热功能的可行性的第三测量结果。

具体实施方式

[0078] 本发明提供了包括电活性材料设备的流量传感器。驱动器控制电活性材料设备以将热量局部地传递到要感测其流量的流动介质。获得温度感测信号,并且使用这些信号来导出流量测量结果。散热方式与流量有关并且能够基于温度感测信号而得到测量。

[0079] 温度感测涉及测量电特性,所述电特性包括电活性材料设备至少处于第一频率时和处于不同于第一频率的第二频率时的阻抗或阻抗相位角。以这种方式能够使温度和压力的影响去耦合,使得能够在任何压力下测量温度。

[0080] 本发明利用使用电活性材料(EAM)的致动器。这是电响应材料领域内的一类材料。当在致动设备中实施EAM时,使EAM经受电驱动信号能够使EAM改变尺寸和/或形状。这种效

应能够用于致动和感测目的。

[0081] 存在无机EAM和有机EAM。

[0082] 一种特殊的有机EAM是电活性聚合物(EAP)。电活性聚合物(EAP)是一类新兴的电响应材料。像EAM这样的EAP能够用作传感器或致动器,其也能够被更容易地制造成各种形状,从而允许被轻松集成到各种各样的系统中。EAP的其他优点包括功率低、外形小、灵活、无噪声操作、准确、可能实现高分辨率、快速响应时间和循环致动。EAP设备能够用于希望基于电致动使部件或特征进行小量移动的任何应用。类似地,这种技术也能够用于感测小的移动。EAP的使用实现了以前不可能实现的功能,或者提供了优于普通传感器/致动器解决方案的巨大优势,这是因为与普通致动器相比,EAP在小体积或薄外形中的力的情况下实现了相对较大的变形。EAP还提供无噪声操作,准确的电子控制,快速响应以及大范围(例如,0-20kHz)的可能致动频率。

[0083] 作为如何构造和操作EAM设备的示例,图1和图2示出了EAP设备的两种可能的操作模式,该EAP设备包括电活性聚合物层14,电活性聚合物层14夹在电活性聚合物层14的相对的两侧上的电极10、12之间。

[0084] 图1示出了未被夹紧到载体层的设备。如图所示,使用电压来使电活性聚合物层在所有方向上扩展。

[0085] 图2示出了被设计为使得仅在一个方向上产生扩展的设备。为此目的,图1的结构被夹紧到或者被附接到载体层16。使用电压来使电活性聚合物层弯曲或屈曲。这种移动的本质源自在被致动时扩展的主动层与不被致动的被动载体层之间的相互作用。

[0086] 本发明特别适用于不仅执行流量感测而且还执行其他功能的传感器。

[0087] 特别地,如上所述的电活性聚合物结构可以用于致动和感测两者。最主要的感测机制基于力测量和应变检测。例如,介电弹性体能够被外力容易地拉伸。通过在传感器上施加低电压,能够测量作为电压的函数(电压是面积的函数)的应变。

[0088] 利用场驱动系统进行感测的另一种方法是直接测量电容变化或者测量作为应变的函数的电极电阻的变化。

[0089] 压电和电致伸缩聚合物传感器能够响应于所施加的机械应力而生成电荷(假设结晶度足够高以生成可检测的电荷)。共轭聚合物能够利用压电离子效应(机械应力引起离子迁移)。当CNT暴露于应力(其能够测量)时,CNT经历CNT表面上的电荷变化。还已经表明,当CNT与气态分子(例如, O_2 、 NO_2)接触时,CNT的电阻改变,这使得CNT能够用作气体检测器。

[0090] 已经提出将EAP设备的感测能力和致动能力进行组合,例如通常在不同时间提供压力感测功能和致动功能。在US 2014/0139239中描述了示例。

[0091] 通过增加设备的尺寸以结合单独的专用感测区域和致动区域以及单独的电连接组,可以同时进行感测和致动。然而,这在必须具有小外形的应用中是不利的。

[0092] 通过提供不同类型的感测信号和致动信号,单个设备可以替代地用于感测和致动。该方法将在下面进一步描述。

[0093] 图3示出了包括电活性材料设备布置30的流量传感器。在所示的示例中,存在夹在电极34之间的单个电活性材料层32。传热层35可以被提供在流体与流量传感器的其余部分之间。

[0094] 提供驱动器36以用于控制电活性材料设备布置30以将热量局部地传递到要感测

其流量的流动介质38。

[0095] 还通过控制器40从电极34感测信号,控制器40从电活性材料设备布置30读取感测信号。感测信号与电活性材料设备处的温度有关。能够通过电活性材料设备布置30测量温度的方法将在下面进一步讨论。

[0096] 信号处理单元42 (其可以被认为是控制器40的部分) 处理感测信号以导出流量测量结果。针对流速来校准取决于温度的布置30的电气状态的变化。因此,传感器基于流速影响热量从传感器转移的原理。

[0097] 电活性材料层32的最佳发热是通过以下方式实现的:使用相对“有损”的电活性聚合物(例如,PVDF三元聚合物) 并使其处于其共振频率或高于其共振频率来对其进行驱动,使得大部分电输入能量被转换成热量。EAP的共振能够经由其机械和电气设计(包括几何和固定设计) 得到优化。

[0098] 热量从传感器流到介质的最佳方式能够以两种不同的方式来实施。首先,如果介质的冷却能力非常强,则(例如通过应用隔热层) 降低从电活性材料层到介质的传热系数而使得EAP能够保持足够的热量以实现可测量的温度并延迟冷却速率以区分不同的冷却速率可能是有益的。其次,如果介质的冷却能力非常低,则采取相反的措施以优化测量灵敏度和准确度可能是有益的。因此,传热层35的设计考虑了介质的性质和预期的流速。

[0099] 传热层35还可以用作密封件以使得能够在流体中操作。

[0100] 存在各种方法来控制加热并测量温度以导出流速。

[0101] 第一种方法基于在有限电功率输入之后确定冷却速率。这是一种例如适用于静态或缓慢变化的流速的开环系统。

[0102] 图4示出了针对这种控制方法的阻抗 R 与时间的标绘图。

[0103] 在开始测量之前,可以(例如通过施加一个或多个复位脉冲) 使电活性材料层进入电参考状态。

[0104] 执行参考测量以量化对应于基线温度的电活性材料层的电状态 R_0 。

[0105] 在短时间间隔(例如,10秒) 期间,以致动器的共振频率或高于致动器的共振频率来驱动致动器以进行发热。这创建了加热循环44,在此期间输送电功率 P_{EAP} 。预先确定该时间间隔,以便不使系统或其环境过热。例如,45°的最高温度适合于在血流中进行的感测操作。作为替代方案,能够使用反馈控制将电活性材料层加热到预定温度。

[0106] 紧接在该时间间隔44之后,经由作为温度的函数的电参数来监测冷却循环46期间的温度衰减。

[0107] 再次达到对应于原始温度的参考状态 R_0 所需的时间与传热速率相关,传热速率与介质的流速相关。该时间是冷却循环46的持续时间。

[0108] 然后可以使用经校准的公式或查找表将冷却时间段转换为流速。

[0109] 第二种方法基于在恒定电功率输入期间确定稳态温度。同样,这是一种适用于静态或缓慢变化的流速的开环系统。

[0110] 图5示出了针对这种控制方法的阻抗 R 与时间的标绘图。

[0111] 在开始测量之前,同样,可以(例如通过施加一个或多个复位脉冲) 使电活性材料层进入电参考状态。

[0112] 执行参考测量以量化对应于基线温度的电活性材料层的电状态 R_0 。

[0113] 然后施加恒定的电功率输入 P_{EAP} 。具有对应的稳态电参数 R_{SS} 的稳态温度取决于流速。然后可以使用经校准的公式或查找表将稳态电参数转换为流速。

[0114] 第三种方法基于确定所需的功率输入以维持恒定的温度。这是一种特别适用于变化的流速的闭环控制系统。

[0115] 图6示出了针对这种控制方法的阻抗 R 与时间的标绘图。

[0116] 如上述示例一样,在开始测量之前,可以(例如通过施加一个或多个复位脉冲)使电活性材料层进入电参考状态。

[0117] 执行参考测量以量化对应于基线温度的电活性材料层的电状态 R_0 。

[0118] 电加热功率 P_{EAP} 不是恒定的,而是使用闭环反馈方法改变的,以维持电参数的恒定值 R_{SET} 。如果闭环系统的响应时间足够快,则这适用于变化的流速。

[0119] 在图6的示例中,电功率被提供为一系列恒定的电压脉冲,其频率 f 被改变以保持参数 R 恒定。

[0120] 图7示出了替代方法,其中,功率 P_{EAP} 被连续调整以保持参数 R 恒定。

[0121] 上述示例有一个传感器。替代方法是提供量热式流量传感器(其用于缓慢变化的流量),其中,使用三个传感器。一个设备以恒定电功率发热,每侧都有传感器来测量温度。中间加热设备可以替代地应用正弦波或块波加热曲线。导出加热器的温度与传感器元件的温度之间的相位延迟,以便通过局部流速进行确定。

[0122] 上述示例示出了如何使用电活性材料设备进行流速感测。该设备仍然可以执行其他功能,例如,电活性材料致动器或传感器的典型的压力感测功能或致动功能。

[0123] 功能的完整组合是提供流量测量、压力感测和驱动。

[0124] 图8示出了被形成在导管82的尖端中的电活性材料设备80,电活性材料设备80被悬挂在腔84上方。可以以相同的方式沿着导丝(例如,导管导丝或支架递送导丝)的尖端提供该设备或者在导丝的尖端处提供该设备。为了测量如中图所示的流量和压力,该设备由驱动器36驱动以传递热量,然后如下所述在处于多个频率时进行操作,其中,电阻或阻抗由控制器40测量。对于如下图所示的致动,由驱动器36施加DC(或低频)信号。

[0125] 对于流动压力感测,在设备80中引起的下垂取决于压力。可以执行设备致动以引起弯曲,从而例如用于转向、扫描或运动补偿。然后,压力感测可以包括血压感测。

[0126] 可以利用叠加在DC信号上的AC信号来驱动致动器,以用于同时进行(温度以及任选还有压力的)感测和致动。该设备可以用于血管内设备和应用。

[0127] 众所周知,流量在诸如血管之类的管中是变化的——流量在血管壁处最低并且在中心处最高。因此,为了获得血流的代表性测量结果,知道流量传感器在血管中的位置是非常有益的。能够采取若干种方法来改进测量,这涉及横向改变传感器在血管中的位置。

[0128] 例如在图8的布置中使用致动使得能够通过向电活性材料设备施加DC电压信号来控制横向移动。然后可以在血管上的若干位置处重复流量测量,并且将记录的最高冷却速率解读为血管中的血液流速。在测量期间,可以(例如以约1Hz的频率)连续扫描跨血管的传感器。以这种方式,获得跨血管进行平均的流速,这种流速代表血管的流速。特别地,在仅需要沿着血管的流速的变化(而不是绝对速率)的情况下,应用连续扫描方法可能是特别有利的。

[0129] 现在将描述感测信号可以提供温度测量的方法。

[0130] 所感测的参数是电活性材料传感器的阻抗,并且特别地,可以至少以第一频率和不同的第二频率来测量阻抗。根据这些测量,能够确定传感器处的温度以及(如果需要的话)被施加到传感器的外部压力或外力。因此,传感器能够用作压力传感器和温度传感器。

[0131] 在图9中示出了用于致动器和温度传感器设备的简单的第一布置的示意图。

[0132] 电活性材料致动器还包括被设置在下部载体层90上的电活性材料层32,并且经由信号处理元件42与第一(DC)驱动信号输入92和第二(AC)驱动信号输入94电连接。第一驱动信号输入92用于施加(相对)高功率致动驱动信号。第二信号输入34用于施加(相对)低功率交流感测信号,并且特别是处于两个不同频率时的(相对)低功率交流感测信号,如下文所讨论的。

[0133] 信号处理元件42叠加第一驱动信号与第二驱动信号以形成第三组合驱动信号,然后该第三组合驱动信号被施加在设备上。

[0134] 在示例中,信号处理元件可以包括多个部件元件以用于执行例如信号分析功能、信号耦合和去耦合功能和/或信号生成功能。在后一种情况下,第一驱动信号输入92和第二驱动信号输入94可以被包含在处理单元42本身内,处理单元包括用于生成AC信号和/或DC信号的元件,并且在一些情况下,处理单元包括用于分析这两种信号中的一种或两种的电参数的元件。

[0135] 图9将布置的电连接示为连接到电活性材料层的顶部和底部的平坦表面处的电极。柔性电极布置可以用于此目的。将DC电压和/或AC电压施加到电极允许在电活性材料层上生成电场,该电场刺激对应的变形。

[0136] 虽然图9的布置中的第一驱动信号输入92包括DC输入,但是在替代布置中,该输入可以包括AC驱动信号输入。在任一情况下,致动驱动信号的相对功率显著超过所施加的感测信号的相对功率。在这两个信号都包括AC信号的情况下,(在94处施加的)感测信号的最大幅度可以小于(在92处施加的)致动驱动信号的最大幅度的10%,例如小于致动驱动信号的最大幅度的1%。在感测信号包括AC信号并且致动信号包括固定幅度的DC偏压信号的情况下,AC信号的最大幅度可以小于DC偏压信号的固定幅度的10%,例如小于DC偏压信号的固定幅度的1%。

[0137] 对于图9的示例,由信号处理元件42生成的第三组合信号包括被叠加在高幅度DC偏压信号上的高频、低幅度AC信号。

[0138] 如前面的章节所述,在电活性聚合物层上施加足够幅度的DC偏压会刺激聚合物层的扩展。如果该层与被动载体层90耦合,则聚合物的扩展会引起整个结构的变形,例如弯曲或翘曲,这可以用于提供致动力。在图9中,致动器结构以“主动”或“致动”状态示出,其中,施加足够幅值的DC偏压以引起结构的变形。众所周知,扩展程度因施加在设备上的电场/电流的幅值而不同。因此,通过改变DC偏压的幅度,可以引起不同程度的变形,并且引起施加不同幅值的致动力(或者例如引起完成不同量的致动工作)。

[0139] 叠加在DC偏压上的高频AC信号也刺激材料中的机械变形响应,但是变形响应是周期性的,而不是固定的(即,振荡)。然而,由于高频信号的最大幅度明显低于DC偏压信号的幅度(例如比DC偏压信号的幅度低两个数量级,例如是DC信号的幅度的1%),因此与主要致动位移相比,受激变形的对应位移幅度实际上可忽略不计。因此,致动的准确性和稳定性不会受到感测信号的叠加的影响。

[0140] 在DC偏压上叠加低幅度振荡信号允许将电反馈机构结合在主致动器驱动机构本身内。当处于某些频率时,特别是当处于与致动器结构的机械共振频率匹配或者是其谐波的频率时,在致动器的材料中建立小的机械驻波。这又会影响材料的电特性。当以材料的共振频率驱动感测信号时,由于机械振动与电驱动信号同相,因此(与在非共振时的驱动相比)材料的对应阻抗较低。

[0141] 结构的机械共振频率是结构在从其平衡位置移位时自然趋于振荡的频率,并且由结构的固有结构性质(例如,几何结构、尺寸、形状、厚度等)来决定。EAP结构的机械振荡不一定会跟随施加在其上的电信号的驱动频率,但是将趋于回落到其固有的共振频率,其中,驱动频率会建设性地或破坏性地干扰该振荡,这取决于驱动频率与自然振荡频率(共振频率)异相或同相的程度。

[0142] 当以电话性材料结构的反共振频率(即,共振频率的一次谐波)驱动高频信号时,电话性材料的阻抗较高,这是因为材料的机械振动与驱动信号的振荡异相(电引起的机械应变与电激励异相)。换句话说,每当例如通过驱动信号将正电流施加到电话性材料时,异相机械应变在相同时刻引起相反方向的电流(即,异相行为)。在理想(模型)情况下,这些相反的电流相互抵消,并且根据没有电流能够流动(即,无限阻抗),但是在实际情况下,不会发生完全抵消,并且这种效应被测量为针对电流的(有效)较高电阻(即,较高阻抗)。特别地,当以致动器材料的反共振频率驱动信号时,电话性材料的阻抗最大。

[0143] 通过考虑下式(1)可以进一步理解这种关系。共振和反共振时理想电话性材料的阻抗取决于特定的变形类型或变形模式。最常见的是使电话性材料发生横向(即,长度或宽度)共振。阻抗取决于材料的介电性质和机电耦合以及电气和机械损耗。为简单起见,当忽略电气和机械损耗时,对于长度为 l ,宽度为 w 且厚度为 t 的电话性材料层,以横向延伸方式变形,阻抗由下式给出:

$$[0144] \quad Z(\omega) = \frac{1}{i\omega \frac{lw}{t} \epsilon_{33}^T \left[(k_{31})^2 \frac{\tan\left(\frac{\omega l}{2} (\rho s_{11}^E)^{1/2}\right)}{\frac{\omega l}{2} (\rho s_{11}^E)^{1/2} \gamma \alpha^E} + 1 - (k_{31})^2 \right]}$$

[0145] 其中, ϵ_{33}^T 是介电常数, k_{31} 是横向机电耦合因子, ρ 是EAP的密度,并且 s_{11}^E 是横向向上的顺应性。当处于反共振频率时, ω_a , $\tan\left(\frac{\omega l}{2} (\rho s_{11}^E)^{1/2}\right) = 0$ 并且 Z 最高。

[0146] 真正的电话性材料具有损耗并且能够通过具有串联电阻器的电容器来建模或表示,其电阻在反共振频率时最大。因此,在下面的描述中,“阻抗”和“串联电阻”(Rs)可以参考该设备进行互换使用。然而,在该背景中,串联电阻应被理解为简单地指其中用与电阻器串联的电容器以电子方式表示致动器/传感器的模型,串联电阻具有电阻Rs。

[0147] 由于阻抗和共振之间的上述关系,当以反共振频率对驱动信号进行驱动时,在其频率远离反共振频率的情况下出现的任何小偏差都将在EAP结构的可测量阻抗的对应的急剧下降中被检测到。正是这种物理效应允许实现机械感测。

[0148] 向结构施加载荷(即,压力或力)会引起材料内发生的任何共振效应的减弱。如果在施加载荷时驱动信号在处于材料的反共振频率或共振频率时振荡,则在对EAP阻抗(即,

串联电阻 R_s)的实时测量中能够识别阻尼效应,因为突然停止共振会影响阻抗的随后的急剧下降。因此,通过监测结构随时间的阻抗,当致动器在操作中时(例如通过监测高频信号随时间的电压和电流),能够感测被施加到结构的压力和载荷,并且在一些情况下定量测量被施加到结构的压力和载荷(如下所述)。

[0149] a) 阻抗与b) 信号的电驱动频率和材料的机械振荡频率之间的相位差之间的联系允许通过仅监测驱动信号的电学性质来实现对EAP施加的机械力的高度灵敏测量。因此,这提供了使用单个EAP设备同时实现致动和感测的高度简单、直接且有效的手段。此外,实施例允许在EAP结构的相同区域上同时进行感测和致动(即,在空间上同时进行感测和致动)。这意味着能够以更小的外形制造执行两种功能的设备,而不会牺牲例如感测的灵敏度或分辨率。此外,仅需要向设备提供单组连接(与两组或更多组连接相反,针对每个专用感测或致动区域有一组连接),这在成本和复杂性降低方面是有利的,并且在例如需要防水连接(例如在剃须/导管/口腔健康护理中)和/或要构造致动器/传感器的阵列的情况下就是如此。

[0150] 通过适当选择感测信号并通过适当的信号处理,感测提供温度以及载荷感测,然后以上述方式使用该温度以及载荷感测来导出流速信息。

[0151] 特别地,生成至少第一频率和不同的第二频率的测量信号,并且使用信号处理元件42以两个测量频率测量致动器30的一个或多个电特性。以这种方式,可以确定致动器处的温度和施加到致动器的外部压力或外力。

[0152] 如果仅需要温度信息(然后使用温度信息来导出流速信息),则当然不需要计算力。但是,使用两个测量频率能够实现温度效应与外力效应去耦合。

[0153] 取决于致动器的特定几何结构,高频感测信号的频率中的每个频率通常都可以在1kHz至1MHz的范围内。注意,在致动器驱动信号包括AC驱动信号的情况下,该信号的频率显著低于交变感测信号的频率。在这种情况下,(低频)致动电压可以例如比高频信号电压低至少两个数量级,以避免测量信号对致动器信号的干扰。

[0154] 如上所述,当处于反共振频率时,由于异相机械振动,测得的阻抗较高。特别地,处于该频率时,致动器的串联电阻(R_s)具有局部最大值。在一种实施方式中,使用该频率作为测量频率中的第一测量频率。定义了另一个测量频率,该测量频率在机电耦合频率范围之外,并且使用该频率作为第二测量频率。

[0155] 校准过程可以用于确定要使用的频率并且用于确定在处于所述确定的共振频率时测量的电阻与施加的载荷之间的关系。图10示出了一个示例。

[0156] 在施加0V的DC偏压下执行第一频率扫描100并且测量电阻响应。由此在处于不同频率时测量致动器的等效串联电阻以获得在不存在致动信号的情况下的阻抗与频率的函数。

[0157] 然后在步骤102中施加固定的DC偏压,其优选对应于设备的期望的致动状态。此时,可能没有向设备施加载荷。

[0158] 然后在步骤104中以固定的非零DC偏压执行第二频率扫描并且记录对应的电阻值。再次在处于不同频率时测量致动器的等效串联电阻以获得在存在致动信号的情况下的阻抗与频率的函数。

[0159] 然后在步骤106中比较两次扫描的结果以确定针对跨频率范围的每个频率所获得

的电阻值的差异。

[0160] 在步骤108中,确定测量的电阻值相差最大量的第一频率,从而直接识别反共振频率。

[0161] 在步骤110中,定义第二测量频率。第二测量频率是电阻值的差异可以忽略不计的频率。因此,第二测量频率是电特性关于载荷恒定的频率。

[0162] 注意,在某些情况下,对于所需的许多DC电压,可以重复步骤100至110,以例如在要采用可变致动范围操作设备的情况下收集与多个不同的致动位置有关的数据。

[0163] 对于仅有传感器的设备,将存在单个致动,其使传感器处于致动状态,在该状态下准备好执行感测。因此,仅需要一次驱动校准。

[0164] 传感器可以例如被设置到一个位置中并且从那时起仅用作传感器。这可以被认为是对应于用于进行多个感测测量的单个致动水平。可以在一定范围内使用具有DC偏压的感测功能。然而,该范围可以包括没有物理致动但仍对施加的载荷敏感的DC偏压。特别地,致动曲线(致动与施加的电压的曲线)与阈值电压是非线性的,在低于该阈值电压时不会开始物理致动。在这种情况下,即使没有物理变形,也能够实现感测功能,但是对于较大的DC偏压,感测信号将较小。

[0165] 图11示出了用于在不同的致动电压下感测固定载荷的信号强度的标绘图,如标绘图113。标绘图114(以任意标度)示出了针对那些致动电压的致动水平。能够看出,灵敏度比从初始零电平增加的电压的致动增加得更快。

[0166] 仅用于感测的典型的DC偏压范围可以例如在40V至50V或40V至75V的范围内,其中,灵敏度高于零,但是致动仍然(分别)为零或接近零。

[0167] 在图10的步骤112中,对于固定的DC偏压以及固定的AC信号频率(其等于反共振第一频率),导出针对阻抗值的校准数据,其形式为设备两端的串联电阻与施加的载荷的关系。

[0168] 此外,针对感兴趣范围内的每个温度和针对每个可能的致动信号获得阻抗值。当处于第二频率时,针对感兴趣范围内的每个温度,针对每个可能的致动信号和针对每个可能的载荷获得阻抗值。

[0169] 因此,在步骤112中,在不同温度下和在施加不同载荷时存在多个测量结果。该校准过程是在工厂中进行的,并且针对可变的施加的载荷和温度,针对频率1和频率2处的 R_s 生成查找表。在每个温度下,测量全范围的载荷。该查找表在使用期间用作参考。

[0170] 以这种方式,针对每个施加的电压(如果存在多个施加电压的话)和在温度范围内的每个温度点处针对阻抗与载荷校准致动器。

[0171] 在致动期间,在处于第一频率时测量的阻抗值结合所施加的电压给出了针对致动器上的力的测量手段,并且在处于第二频率时的阻抗值给出了电活性材料致动器的温度的测量手段。与致动位移相比,高频(传感器)信号的位移幅度可以忽略不计,因此在准确性或稳定性方面不会干扰致动。

[0172] 从上面的讨论中可以清楚地看出,致动是任选的。

[0173] 图12示出了在使用致动器期间使用的方法。如箭头120所示接收校准数据。步骤122涉及在处于第一校准频率时测量阻抗。这用于载荷(即,压力或力)感测。步骤124涉及在处于第二校准频率时测量阻抗。这用于温度感测。

[0174] 在这些测量期间,在步骤126中施加较高幅度的致动信号。对于仅为传感器的实施方式,致动信号将是常数,或者对于传感器和致动器的实施方式,致动信号将是可变的。步骤128涉及导出致动器上的载荷以及温度。

[0175] 这两个参数可以作为系统的单独输出来提供。替代地,温度信息可以由系统在内部使用,以提供对感测载荷的温度补偿。

[0176] 如图13所示,将基于DC致动信号更详细地描述第一示例。

[0177] 如上所述,EAP致动器具有电活性材料(例如,EAP)层32和被动载体层90,并且被保持在壳体132内,并且与信号驱动机构134电耦合。图13的示例中的驱动机构包括信号生成元件(驱动元件)和信号处理和分析元件(传感器元件)。

[0178] 致动器控制元件135生成高幅度的致动器驱动信号(例如,固定的DC偏压),该信号被传输到信号放大器设备136。传感器控制元件138包括用于生成传感器信号的驱动器元件140以及用于在通过致动器之后分析传感器信号的电学性质的处理元件142。为此,驱动机构134还包括连接在EAP致动器两端的电压表144以及在致动器的输出电端子148与传感器控制元件138之间串联连接的电流表146。电压表134和电流表136都与传感器控制元件138信号连接,使得由它们生成的数据可以被处理器142使用,以便确定致动器的阻抗(亦即,等效串联电阻 R_s ,其中,设备被建模为具有串联电阻的理想电容器,即,复阻抗的实部)。

[0179] 由致动器控制元件135和传感器控制元件138生成的驱动信号在它们的组合放大之前或者在它们的独立放大之后由放大器元件136叠加。在一些示例中,放大器元件136可以简单地由组合器替换。在这种情况下,致动器控制元件135和传感器控制元件138可以适于在将它们生成的驱动信号和感测信号输出到组合器之前在本地放大它们生成的致动信号和感测信号。

[0180] 然后将组合的驱动信号传输到EAP致动器的输入端子149。组合驱动信号的高幅度DC分量刺激致动器中的变形响应。

[0181] 为了获得最可重现(即,可靠/准确)的结果,可以将EAP夹紧就位。例如,致动器可以被夹紧在壳体132内,然后对壳体进行定位以使设备与目标致动区对准。

[0182] 驱动信号的低幅度AC分量刺激EAP层32中的低幅度周期性响应,例如处于其共振频率或反共振频率时振荡结构。

[0183] 组合的驱动信号的电压和所得到的电流被馈送到传感器控制元件138。通常,AC电流可以在0.1mA至1mA的范围内,但是可以高达10mA。较高的电流可能会引起过多的加热。

[0184] 在一些情况下,驱动机构134还可以包括一个或多个信号去耦元件(例如,高通滤波器)以用于隔离高频分量,以便于传感器控制元件138的处理元件142进行分析。

[0185] 传感器控制元件138的处理元件142可以使用由电压表144和电流表146提供的测量结果,以便确定跨致动器的串联电阻,如所施加的(一个或多个)驱动信号所经历的那样。可以实时确定串联电阻,并且可以如上所述针对电阻的突然变化来监测串联电阻,串联电阻可以用于指示施加到致动器的载荷和压力的存在和幅值。

[0186] 如图14所示,EAP致动器具有串联的电容器 C_s 和电阻器 R_s 的近似等效电路。

[0187] 图15示出了上面解释的扫描,其用于确定反共振频率(最高灵敏度点)。

[0188] 测量的串联电阻(以欧姆为单位)被示出在一个y轴上,测量的电容(以法拉为单位)被示出在另一个y轴上,并且传感器信号频率(以Hz为单位)被示出在x轴上。

[0189] 标绘图152是电阻,并且标绘图154是电容。对于该样本,由于被示为155的局部电阻峰值,约29.8kHz的频率被确定为反共振频率。选择远离该点的频率作为第二频率,例如,20kHz处的点156。这些标绘图的偏压为200V。

[0190] 如上所述,通过比较这些标绘图可以最容易地确定峰值。图16示出了当AC频率变化时,作为标绘图160的0V扫描的电阻测量结果(其示出了关于简单地反映电容性复阻抗函数的主要曲线没有变化)。在0V偏压下,很少或没有耦合,因此材料对AC信号的变形响应为零(或小得不可测量)。因此,0V偏压扫描提供了方便的基线以用于在较高(致动引起的)DC电压下比较AC频率扫描。标绘图160是具有施加的DC偏压的扫描。

[0191] 可以通过找到两个DC电压的测量电阻值之差最大时的AC频率来识别设备的反共振频率。

[0192] 在图17中更清楚地图示了两条信号迹线之间的差异,其中,y轴上的测量电阻与x轴上的对应的传感器信号频率存在差异。在该图中,两个较大的阻力跳跃清晰可见,两者中较大的一个是在反共振时发生的跳跃。

[0193] 虽然在该示例中将0V的DC偏压用于第一扫描,但是在替代示例中,也可以使用不同的(非零)第一偏压。在这种情况下,取决于第一电压的幅值,第一扫描可以指示关于中心曲线的变化或峰值。然而,通过识别两个DC电压的测量电阻值之差最大时的频率,仍然可以找到反共振频率。

[0194] 通过减弱共振-反共振行为,载荷也对致动器的串联电阻产生影响。这在图18中示出,图18标绘了在对载荷具有200V的偏压的致动器上测量的反共振处的电阻 R_s 。每幅标绘图针对不同的温度,并且可以看到温度偏移漂移。

[0195] 在处于(共振耦合范围之外的)第二频率时,不存在机电耦合的影响。在处于该频率时,电阻仅是温度的函数,如图19所示,图19标绘了对载荷的电阻。针对具有200V偏压的致动器再次测量的非共振频率(20KHz)标绘了电阻。

[0196] 温度偏移漂移是可见的,但是不会受到施加的载荷的影响。如图20所示,温度信号是可再现的,因为图20标绘了两次运行时在零载荷时电阻与温度的关系。

[0197] 如上所述,信号的温度依赖性用于导出流量信息。

[0198] 温度信号还能够用于补偿致动器信号,以提高载荷传感器的准确性。在图21中,针对从23到45度的8个不同温度给出了作为载荷的函数的补偿电阻值。对于非补偿测量,23度至45度之间的平均差异现在为3.8%而不是29%。

[0199] 以上示例基于DC致动信号。在第二示例中,存在低频AC致动器信号。对于低频AC致动,致动器通过低频AC电压和小信号、高频AC电压受到电学载荷。小幅度、高频电压用于测量并叠加在低频AC致动器信号上。低频AC致动器电压引起EAP中的变形,这能够用于致动目的。

[0200] 低频致动电压优选具有比高频信号低至少2个数量级(即,<1%)的频率,以避免致动器信号对测量信号的干扰。

[0201] 在第三示例中,不需要频率扫描来校准系统。这使得能够降低系统复杂性和成本。然而,仍然能够确保鲁棒性和灵敏度。在生产中,致动器的(反)共振频率(f_r)将受到严格控制,因此在温度范围内针对每个温度点的预定的2个频率组是先验已知的,因此在处于这两个预定频率时进行的测量将始终指示致动器上的载荷(频率1)和温度(频率2)。

[0202] 在第四示例中,可以提供感测设备或致动和感测设备,它们包括根据上述示例的多个设备,例如以阵列布置,或者以其他期望的布局/形状布置。在示例中,可以提供多个设备,使得每个设备都具有独特的机械共振频率 f_r 。以这种方式,在将高频感测信号施加到设备阵列时,每个设备的特性(独特)共振频率可以用于确定阵列中的哪个致动器被刺激为传感器,即,给出阵列中的传感器/致动器的位置。

[0203] 例如,可以在阵列中的所有设备上施加公共驱动信号,公共信号包括不同频率的连续系列信号(即,设备的已知的不同共振(或反共振)频率)。如果频率的时间-扫描比传感器输入更快,则阻抗的对应下降(或上升)将仅在对应于被刺激的特定设备的频率的设备上被检测到,即,测量的阻抗在频率扫描移动到对应于受激设备的 f_r 时将下降,然后在扫描移出 f_r 时再次上升(或反之亦然)。在这样的系统中, f_r (或 R_s)能够用于识别哪个致动器被用作传感器,即,给出阵列中的传感器/致动器的位置。

[0204] 上述示例利用阻抗测量来确定施加的载荷。代替检测串联电阻(的变化),可以检测反共振频率的变化以导出对应的反馈信号。

[0205] 替代地,代替检测串联电阻(的变化)(或反共振频率的变化),可以确定相位变化,特别是复阻抗的相位角。串联电阻 R_s 的变化相对较小。为了提高灵敏度,可以将其与另一个因变量进行组合。

[0206] 在图22中,左侧示出 R_s 的变化,而右侧示出 C_s 和 R_s 的变化。

[0207] 右图示出了复阻抗的相位角如何响应于阻抗实部的减小和阻抗虚部的增加而改变增加量($\Delta \rho$)。能够通过测量电流与电压之间的相位变化来检测相位。特别地,如果EAP具有薄层,则阻抗的虚部(jX_{cs})的变化的影响可能变为主导因素。实际上,与复阻抗相关的任何测量结果都能够用于表示致动器的载荷。

[0208] 可以通过适当选择所使用的(EAP致动器/传感器的)聚合物的组成成分来微调温度感测功能的灵敏度。可以微调组成成分以获得传感器对所需工作温度的最高灵敏度。

[0209] 例如,在(PVDF-TrFE-CTFE)聚合物材料中,这能够通过改变CTFE的含量来实现。

[0210] 图23示出了具有特定组成成分的示例材料(PVDF-TrFE-CTFE)的灵敏度与温度的关系,并且图23示出在26摄氏度下具有最大灵敏度。示例材料中CTFE的含量为10%。

[0211] 图24示出了合适工作温度与(PVDF-TrFE-CTFE)聚合物的CTFE含量之间的关系,并且示出了温度灵敏度最高时的温度与CTFE含量的百分比之间的关系。如图所示,较高的CTFE含量引起较低的灵敏度最高时的温度。例如,具有7%的CTFE的聚合物可以用于体内应用,其中,温度高于室温下的室内传感器的温度。

[0212] 电活性材料(例如,EAP)用作上述设备中的加热器。现在将示出能够获得足够的加热。考虑两个条件:静态空气条件(冷却能力低)和循环血液条件(冷却能力强)。期望的温度升高例如是5℃。

[0213] 众所周知,EAP致动器在静态空气中容易加热。当以相对较低的频率(1-50Hz)和高电压(150-200V)驱动时,致动器的温度能够在几秒钟内升高超过10℃,如图25所示。图25标绘了作为驱动频率(x轴)的函数的静态空气中的最大EAP表面温度(y轴),该最大EAP表面温度是用红外相机测量的。在10秒内达到最高温度。

[0214] 通过使用上述测量结果,能够使用热量生成和对流传热的基本方程来估计空气中的传热系数。用下式来描述从身体到介质的对流传热:

$$[0215] \quad Q = h \cdot A \cdot (T_{\text{eap}} - T_{\text{flow}}) \quad (1)$$

[0216] 其中, Q 是热流量 (J/s), h 是系统的传热系数 ($\text{J/m}^2\text{sK}$), A 是面积 (m^2), T_{eap} 和 T_{flow} 是 EAP 和介质的温度 (摄氏度或开尔文)。能够用下式来估计由于 EAP 材料中的介电损耗而生成的热量:

$$[0217] \quad P = \tan\delta \cdot f \cdot C \cdot U_{\text{pp}}^2 \quad (2)$$

[0218] 其中, P 是生成的热量 (J/s), $\tan\delta$ 是介电耗散因子 (无单位), f 是工作频率 (Hz), C 是电容 (法拉), U_{pp} 是峰值间驱动电压 (V)。在 (在初始加热时段之后的) 稳态情况下, 生成的热量 P 将等于传递的热量 Q :

$$[0219] \quad P = Q \quad (3)$$

[0220] 将 (1) 和 (2) 带入 (3) 得到对 EAP 温度的以下估计结果:

$$[0221] \quad T_{\text{eap}} = \frac{\tan\delta f C U_{\text{pp}}^2}{hA} + T_{\text{flow}} \quad (4)$$

[0222] 从公式 (4) 可以看出, 温度增加 ($T_{\text{eap}} - T_{\text{flow}}$) 与驱动频率成线性缩放关系。通过将公式 (4) 拟合到图 25 中的测量结果, 当使用 $\tan\delta = 0.1$, $A = 1.5 \text{ cm}^2$ 并且 $C = 1 \mu\text{F}$ 时, 在我们的特定实验中的静态空气中的传热系数估计为 $h = 53 \text{ W/m}^2\text{K}$ 。估计值 $h = 53 \text{ W/m}^2\text{K}$ 落在针对静态空气中的传热系数的典型值范围 $10\text{--}100 \text{ W/m}^2\text{K}$ 内。

[0223] 值 $h = 53$ 和公式 (4) 用于估计高频和低电压下的 EAP 加热。图 26 示出了基于值 $h = 53$ 计算出的作为低电压处的频率的函数的 EAP 温度增加 $T_{\text{eap}} - T_{\text{flow}}$ 。图 25 和图 26 示出 (优选) 应当可以找到低频工作点和高频工作点。

[0224] 文献中报道的针对消融流程的对流传热系数覆盖范围很广, 例如 $80\text{--}3500 \text{ W/m}^2\text{K}$ 。这些值表示从组织到循环血液的热量传递。

[0225] 图 27 示出了基于假设值 $h = 1000 \text{ W/m}^2\text{K}$ (表示血液中的操作) 计算出的致动器的温度增加 ($T_{\text{eap}} - T_{\text{flow}}$)。峰值间驱动电压分别为 100 V 和 10 V 。在没有损坏的情况下驱动致动器的限制是例如在干燥条件下在 200 V 下为 1 kHz 。超过此限制, 致动器开始迅速劣化。从最初的计算能够看出, 确实可以找到血液中的工作点。

[0226] 对于 (多层) 电话性材料设备, 电容与面积成比例, 因此根据公式 (4), 能够按比例缩小致动器而不影响 $T_{\text{eap}} - T_{\text{flow}}$ (作为第一近似)。

[0227] 适合于 EAP 层的材料是已知的。电话性聚合物包括但不限于以下子类: 压电聚合物、机电聚合物、弛豫铁电聚合物、电致伸缩聚合物、介电弹性体、液晶弹性体、共轭聚合物、离子聚合物金属复合物、离子凝胶, 以及聚合物凝胶。

[0228] 子类电致伸缩聚合物包括但不限于:

[0229] 聚偏二氟乙烯 (PVDF)、聚偏二氟乙烯-三氟乙烯 (PVDF-TrFE)、聚偏二氟乙烯-三氟乙烯-氯氟乙烯 (PVDF-TrFE-CFE)、聚偏二氟乙烯-三氟乙烯-三氟氯乙烯 (PVDF-TrFE-CTFE)、聚偏二氟乙烯-六氟丙烯 (PVDF-HFP)、聚氨酯或其共混物。

[0230] 子类介电弹性体包括但不限于:

[0231] 丙烯酸酯、聚氨酯、硅氧烷。

[0232] 子类共轭聚合物包括但不限于:

[0233] 聚吡咯、聚-3,4-亚乙二氧基噻吩、聚 (对亚苯基硫醚)、聚苯胺。

[0234] 离子设备可以基于离子聚合物-金属复合物 (IPMC) 或共轭聚合物。离子聚合物-金

属复合物 (IPMC) 是一种合成复合纳米材料,其在施加的电压或电场下表现出人造肌肉行为。

[0235] 更详细地,IPMC由离子聚合物(如Nafion或Flemion)组成,其表面化学镀有导体(例如,铂或金)或者物理涂覆有导体(例如,铂或金)或碳基电极。在施加的电压下,因在IPMC的条带上施加的电压引起的离子迁移和重新分布会引起弯曲变形。聚合物是溶剂溶胀的离子交换聚合物膜。该场使阳离子与水一起移动到阴极侧。这会引发亲水簇的重组和聚合物的扩展。阴极区中的应变会引起聚合物基质的其余部分中的应力,从而使得朝向阳极弯曲。反转施加的电压会使弯曲反转。

[0236] 如果电镀电极以非对称配置布置,则施加的电压能够引起各种变形,例如,扭曲、滚动、扭转、转动和非对称弯曲变形。

[0237] 在所有这些示例中,可以提供额外的被动层以用于响应于施加的电场而影响EAP层的电行为和/或机械行为。

[0238] 每个单元的EAP层可以被夹在电极之间。电极可以是可拉伸的,使得它们能够跟随EAP材料层的变形。适用于电极的材料也是已知的,并且可以例如选自包括以下项的组:金属薄膜(例如,金、铜或铝)或有机导体(例如,炭黑、碳纳米管、石墨烯、聚苯胺(PANI)、聚(3,4-亚乙二氧基噻吩)(PEDOT)(例如,聚(3,4-亚乙二氧基噻吩)聚(苯乙烯磺酸盐)(PEDOT:PSS))。也可以使用金属化聚酯薄膜,例如,金属化聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET),例如使用铝涂层。

[0239] 本发明能够应用于许多EAP和光活性聚合物应用,包括对致动器或传感器的被动矩阵阵列或组合的传感器和致动器感兴趣的示例。

[0240] 本发明总体上用于流速感测,并且任选地与用于除了流速确定之外的目的的载荷检测、致动和温度感测相结合。

[0241] 在许多应用中,产品的主要功能依赖于(局部)感测并且任选地还依赖于对人体组织的操纵或对组织接触界面的致动。在这样的应用中,EAP致动器例如提供独特的益处,主要是因为外形小、灵活和能量密度高。因此,EAP和光响应聚合物能够被容易地集成在柔软的3D形状和/或微型产品和界面中。这样的应用的示例如下:

[0242] 本发明可以应用于医学领域和非医学领域,例如用于具有集成的压力和流量感测的流体或气体控制部件(阀、管、泵)。在医学领域中,针对血管内导管和导丝以及呼吸系统,本发明是感兴趣的。

[0243] 如上所述,实施例使用控制器。控制器能够用软件和/或硬件以多种方式实施以执行所需的各种功能。处理器是采用一个或多个微处理器的控制器的一个示例,该微处理器可以使用软件(例如,微代码)来编程以执行所需的功能。然而,控制器也可以在使用或不使用处理器的情况下得以实施,并且还可以被实施为用于执行某些功能的专用硬件与用于执行其他功能的处理器(例如,一个或多个经编程的微处理器和相关联的电路)的组合。

[0244] 可以在本公开内容的各种实施例中采用的控制器部件的示例包括但不限于常规的微处理器、专用集成电路(ASIC),以及现场可编程门阵列(FPGA)。

[0245] 在各种实施方式中,处理器或控制器可以与一个或多个存储介质相关联,所述一个或多个存储介质例如为易失性计算机存储器和非易失性计算机存储器(例如,RAM、PROM、EPROM和EEPROM)。存储介质可以用一个或多个程序来进行编码,所述一个或多个程序当在

一个或多个处理器和/或控制器上被运行时执行所需的功能。各种存储介质可以被固定在处理器或控制器内,或者可以是可移动的,使得被存储在存储介质上的一个或多个程序能够被加载到处理器或控制器中。

[0246] 本领域技术人员通过研究附图、公开内容以及权利要求,在实践请求保护的发明时能够理解并实现对所公开的实施例的其他变型。在权利要求中,“包括”一词不排除其他元件或步骤,并且词语“一”或“一个”不排除多个。尽管某些措施被记载在互不相同的从属权利要求中,但是这并不指示不能有利地使用这些措施的组合。权利要求中的任何附图标记都不应被解释为对范围的限制。

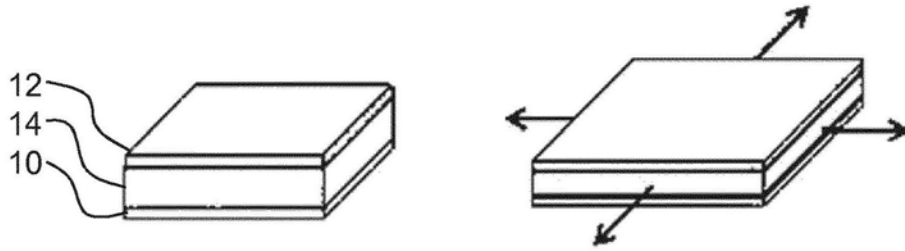


图1

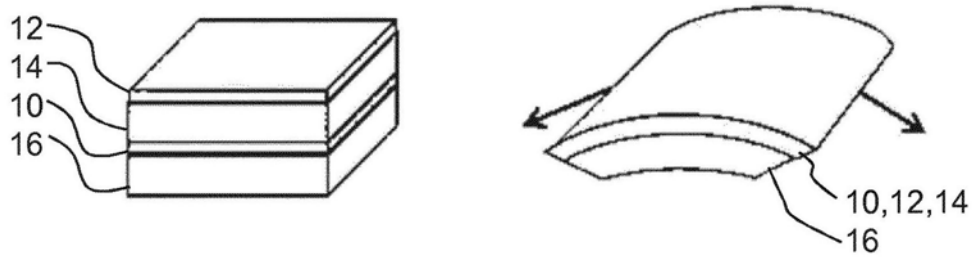


图2

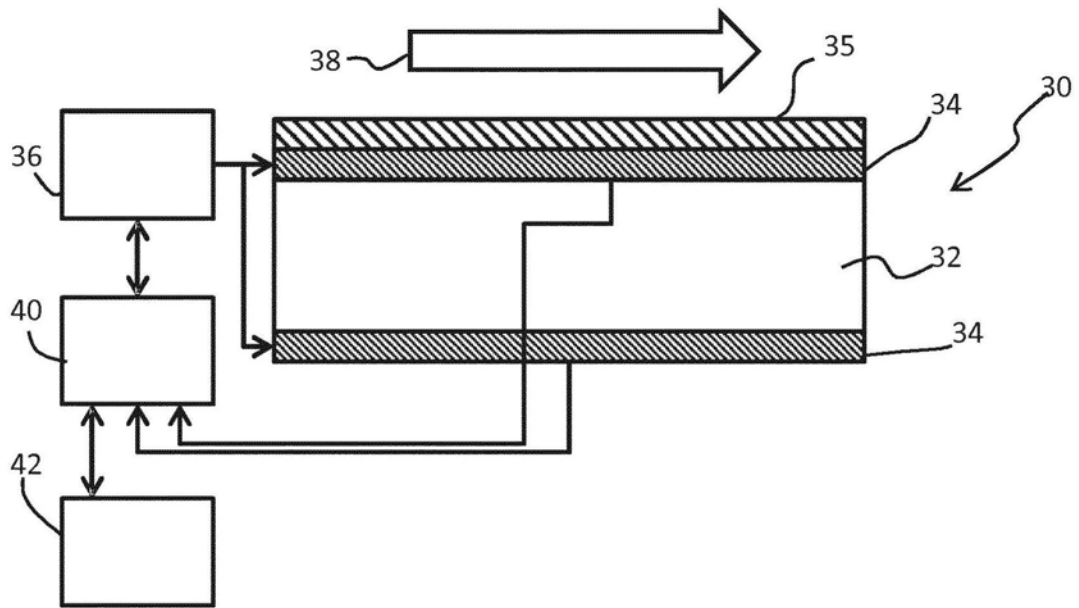


图3

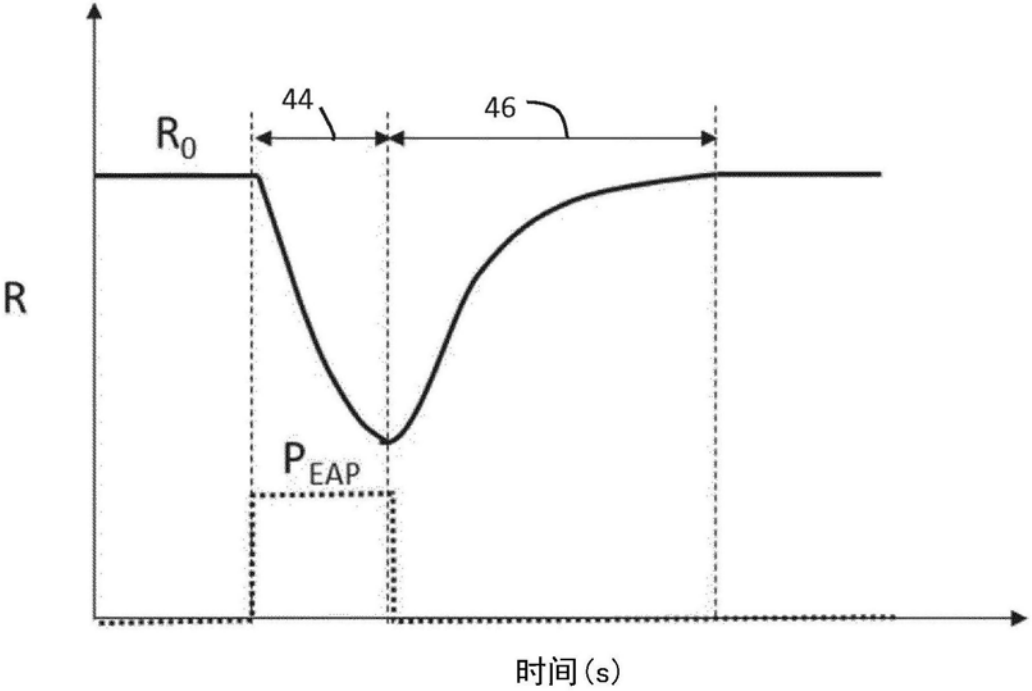


图4

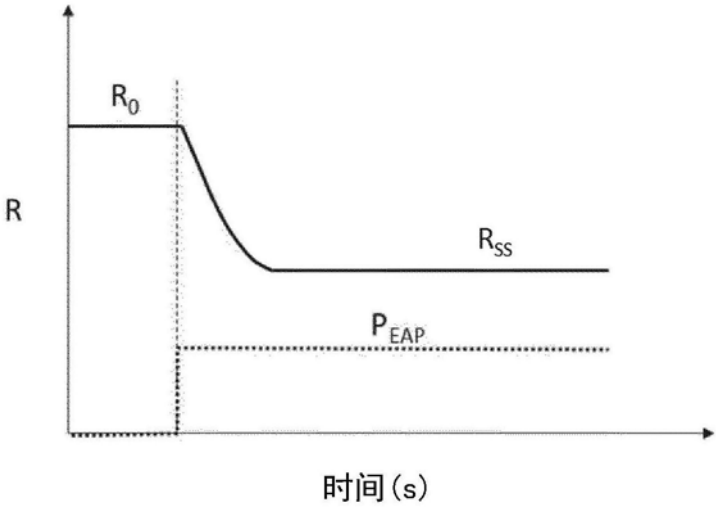


图5

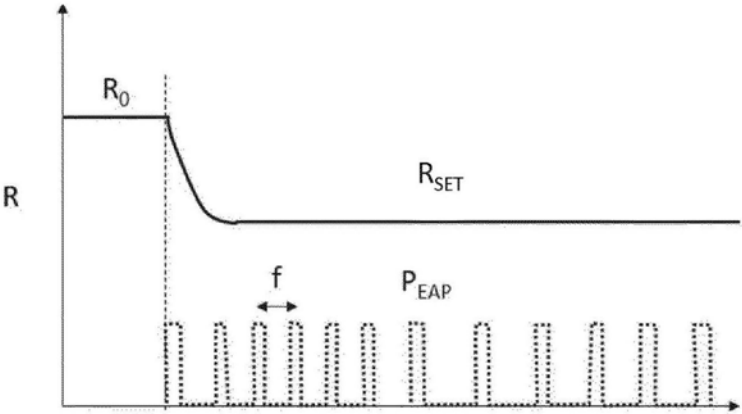


图6

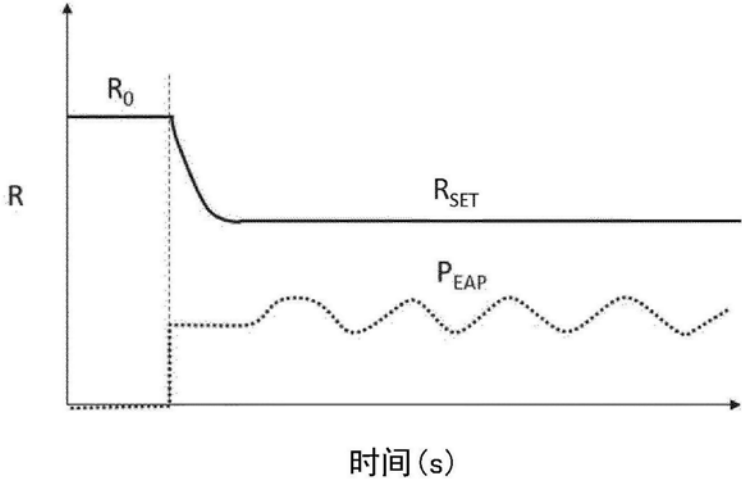


图7

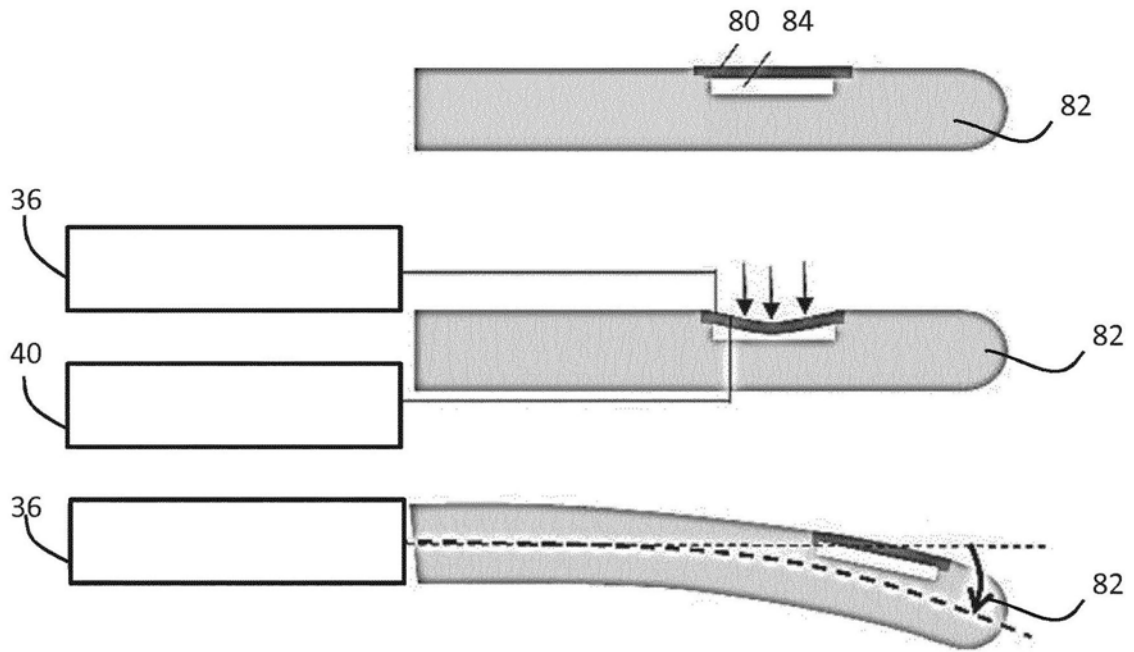


图8

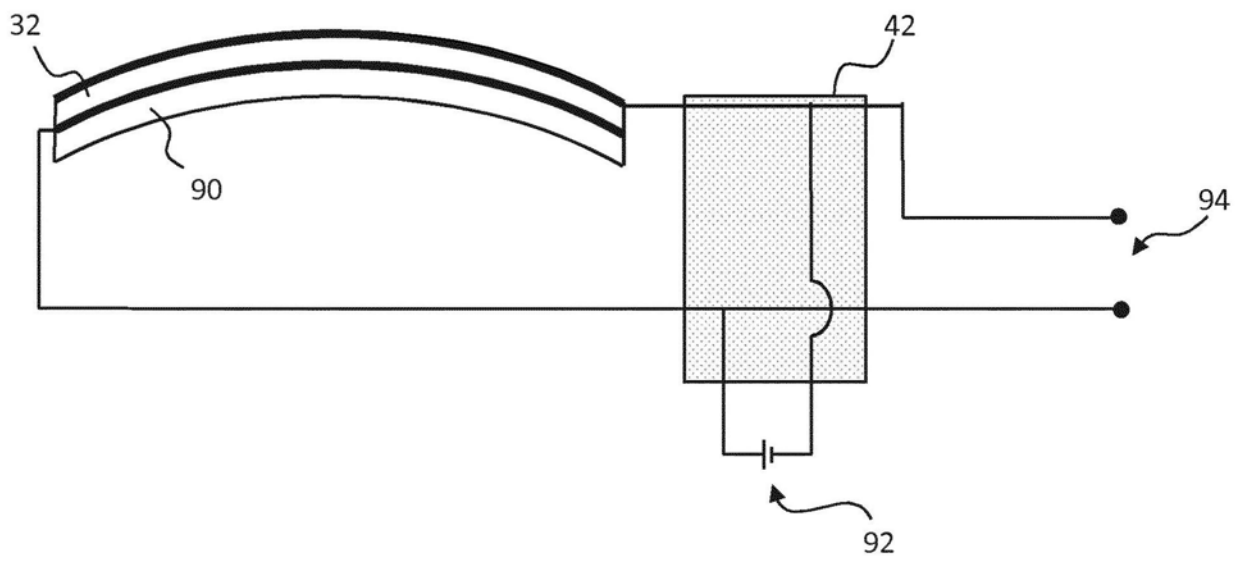


图9

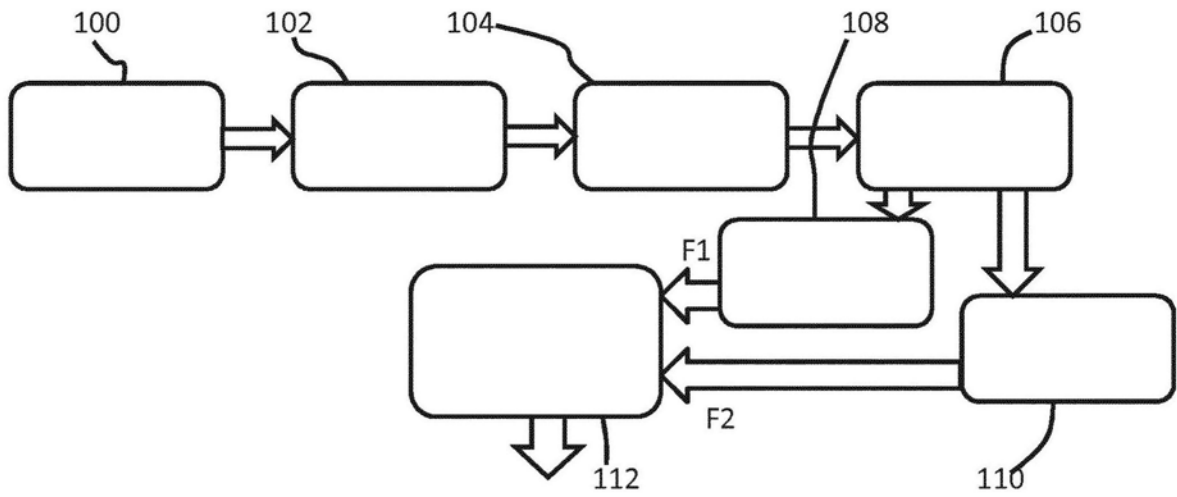


图10

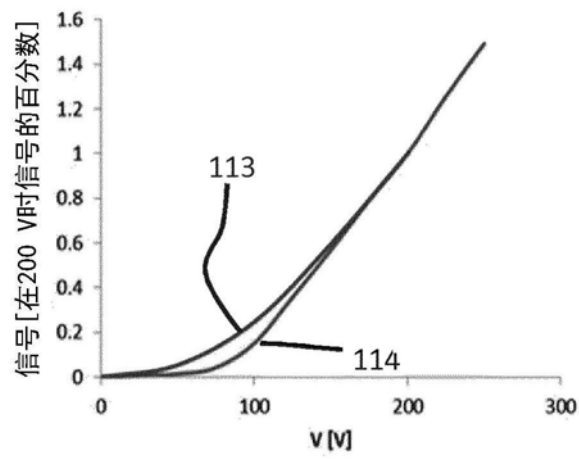


图11

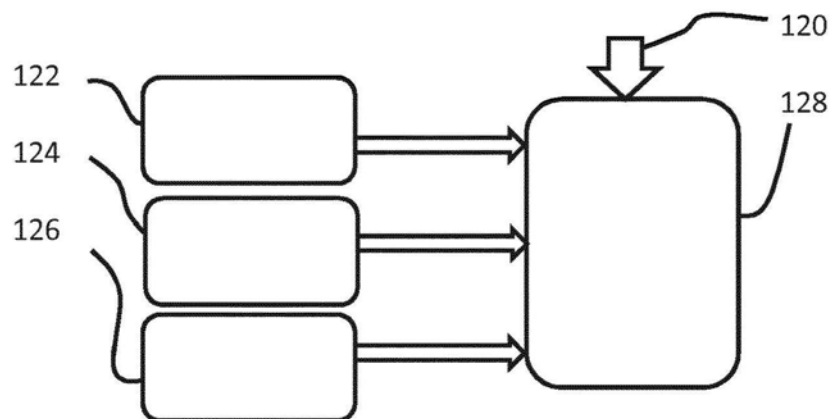


图12

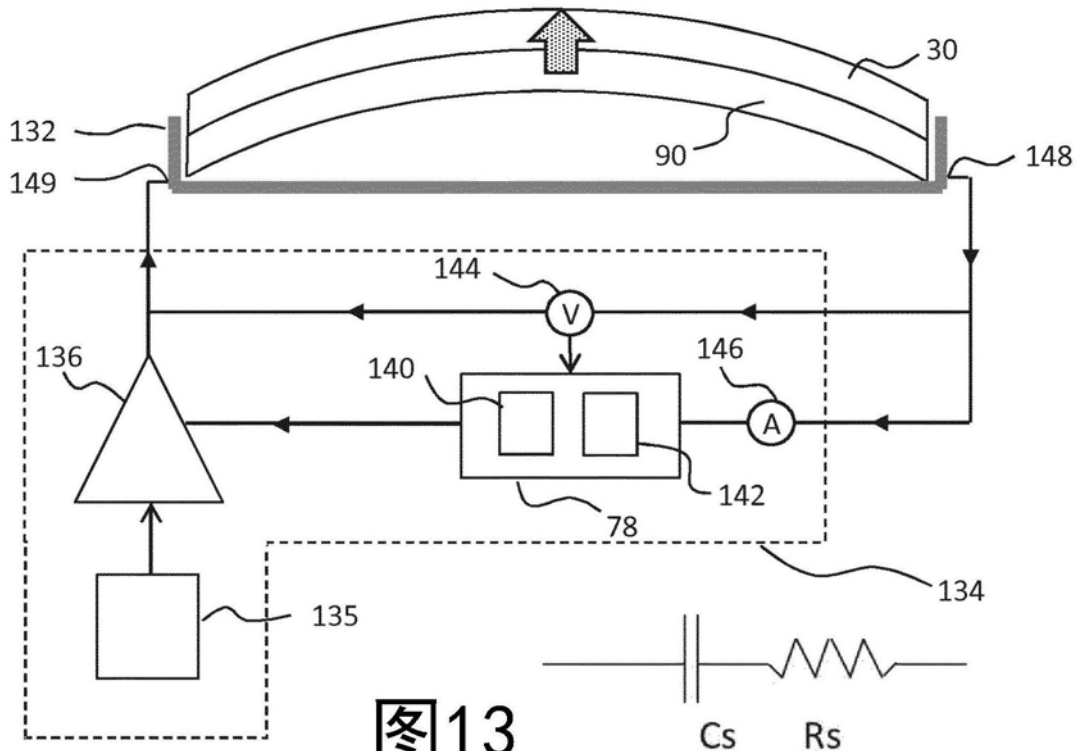


图13

图14

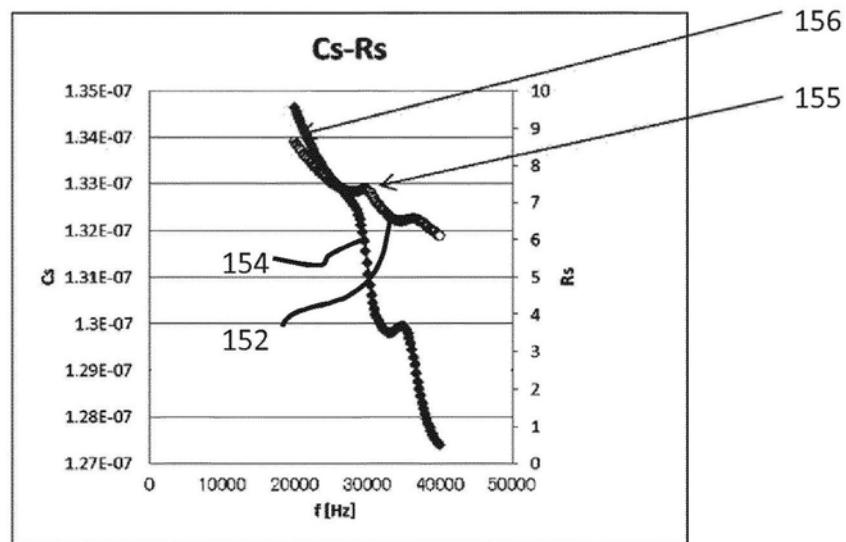


图15

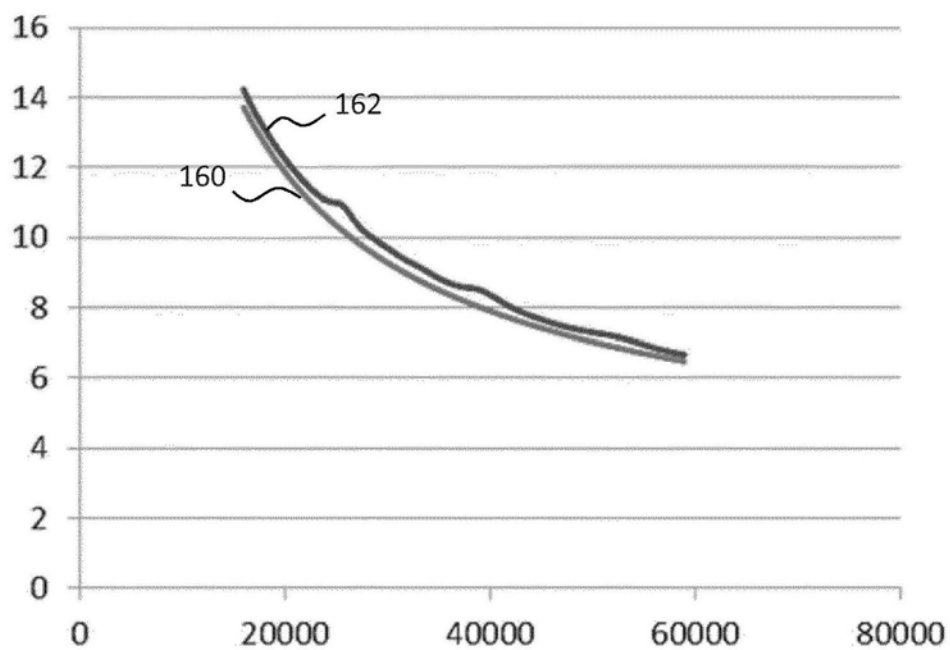


图16

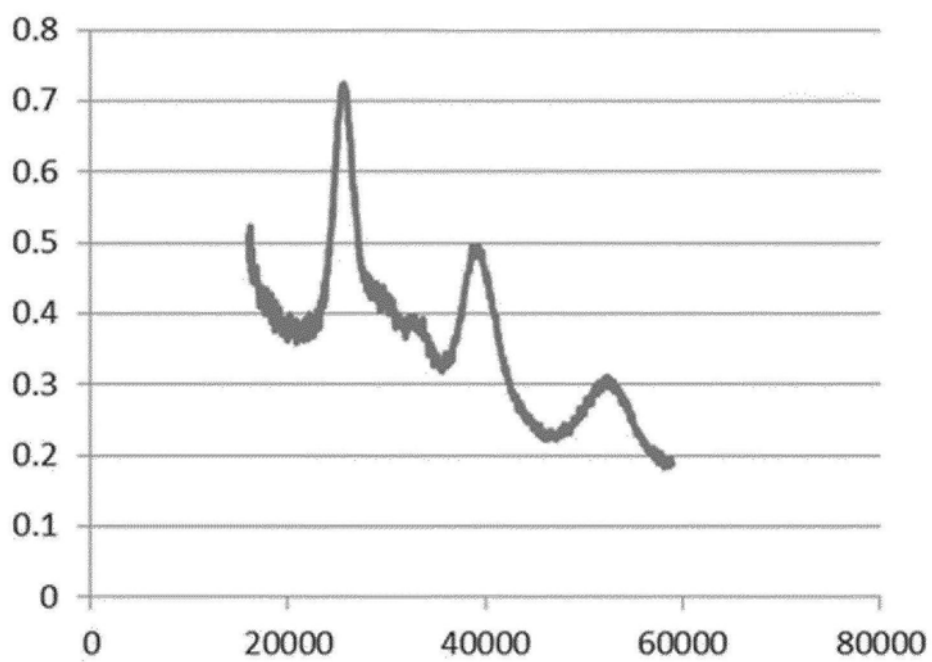


图17

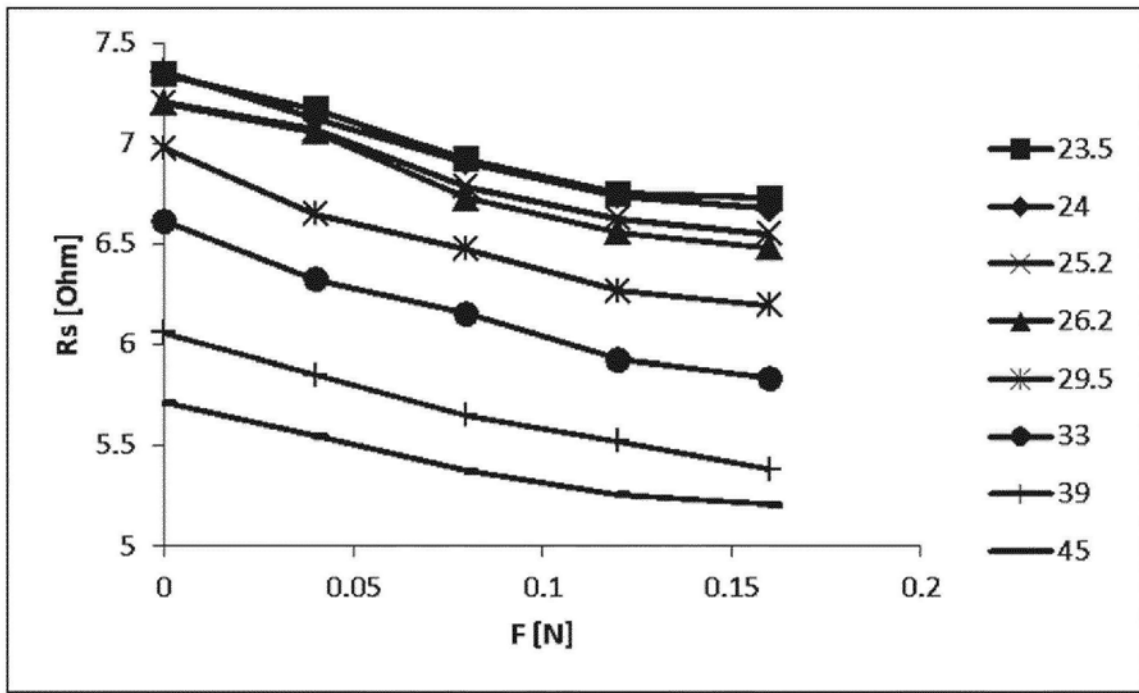


图18

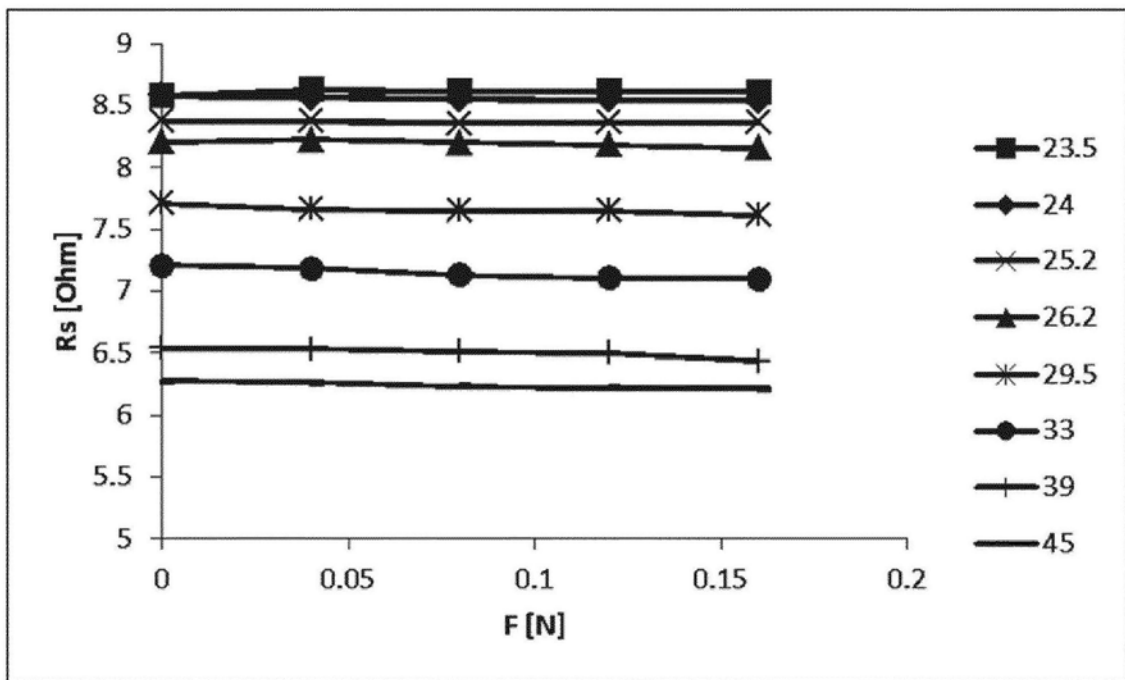


图19

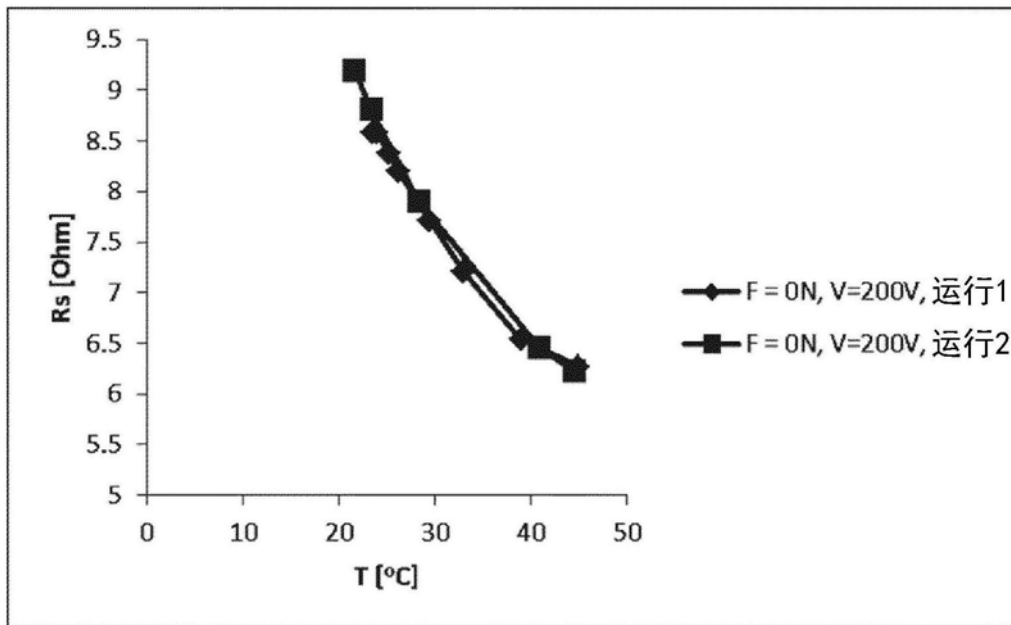


图20

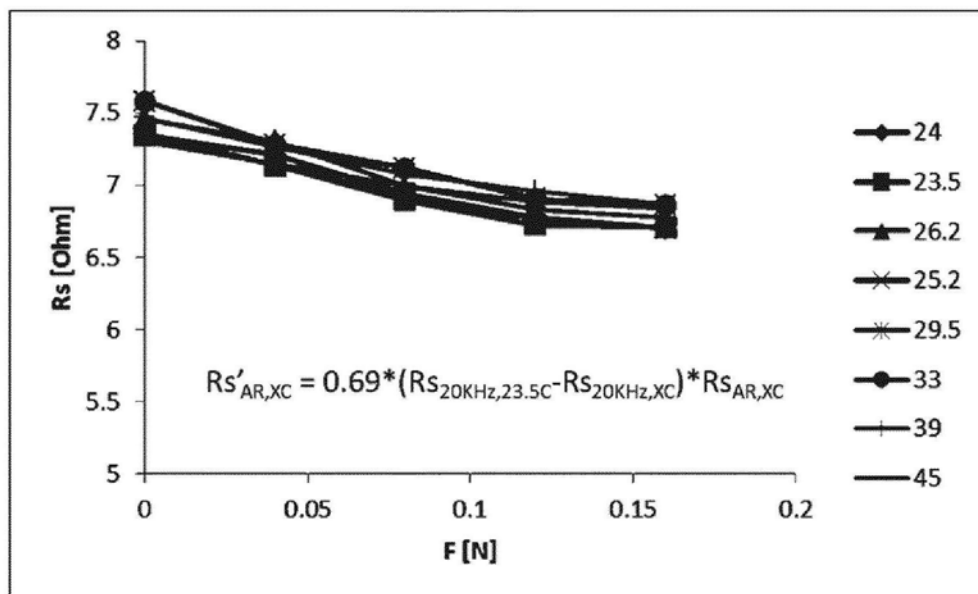


图21

3

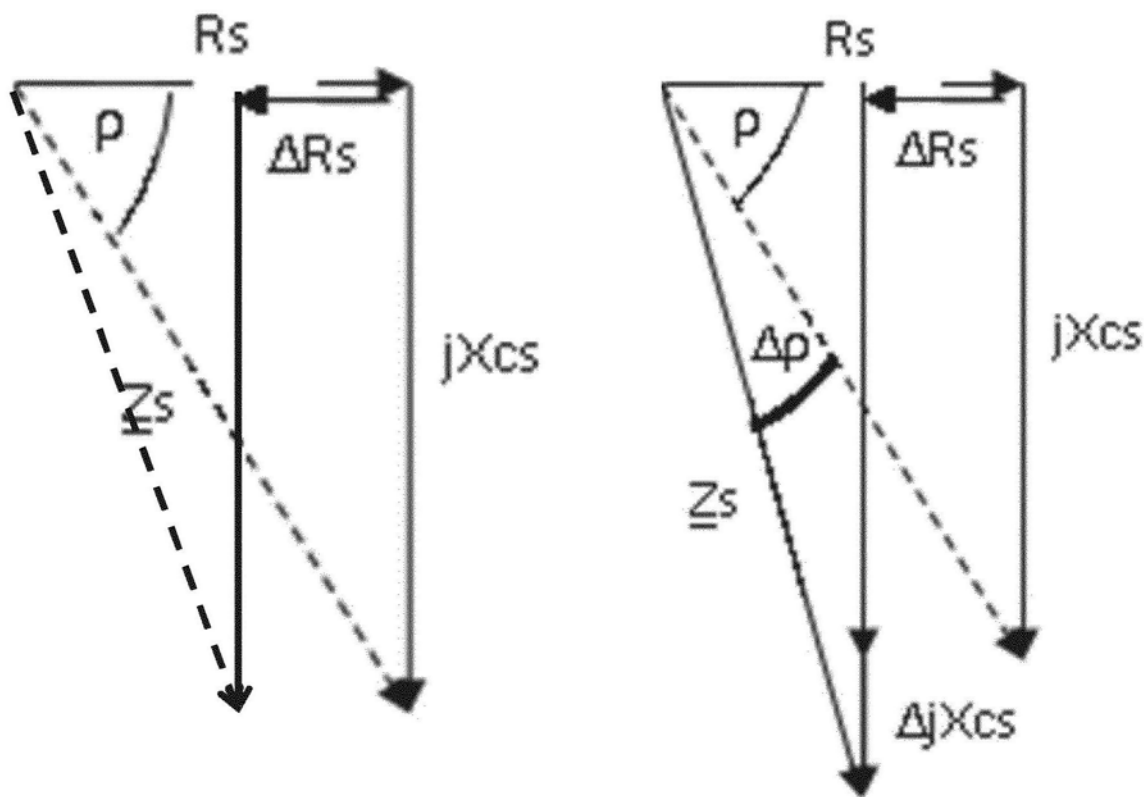


图22

3

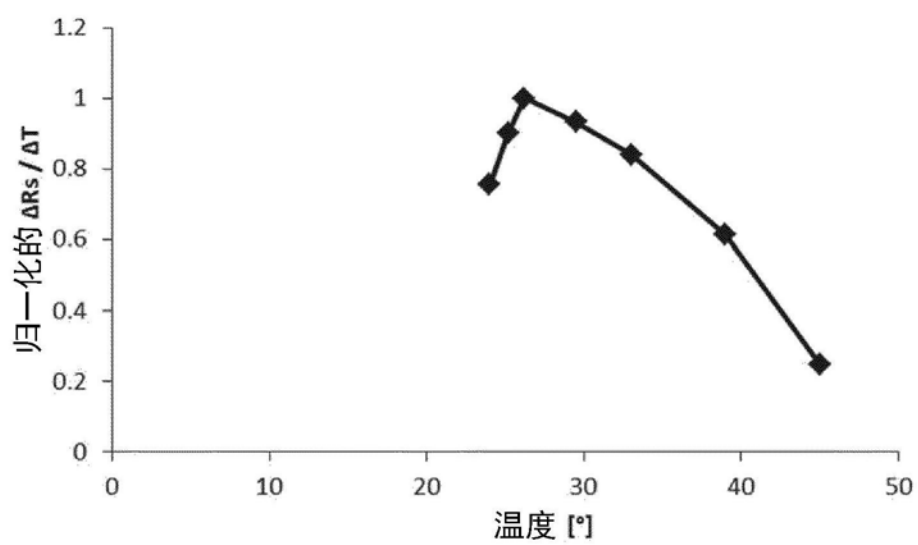


图23

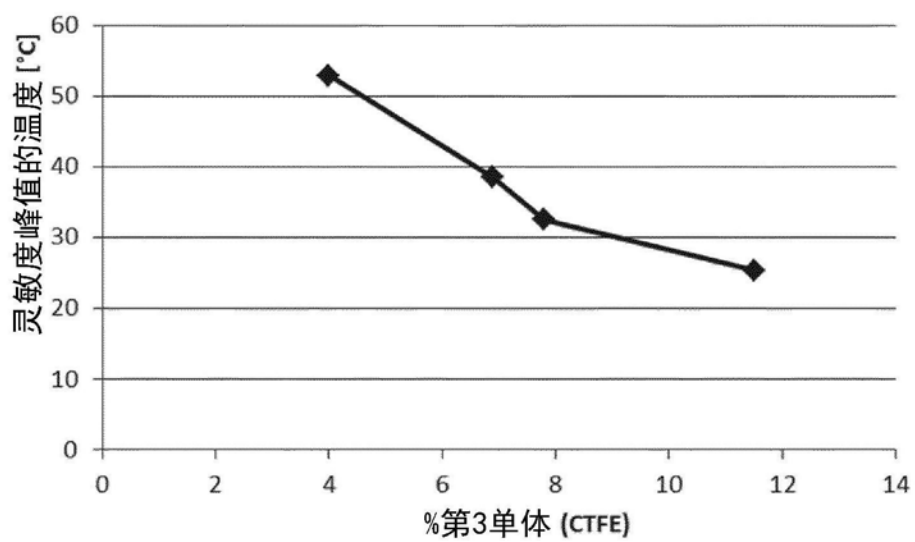


图24

3

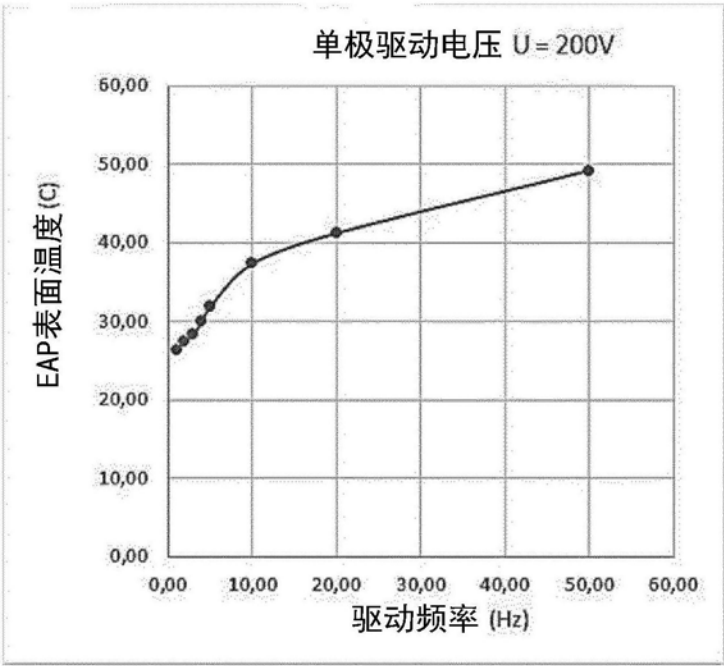


图25

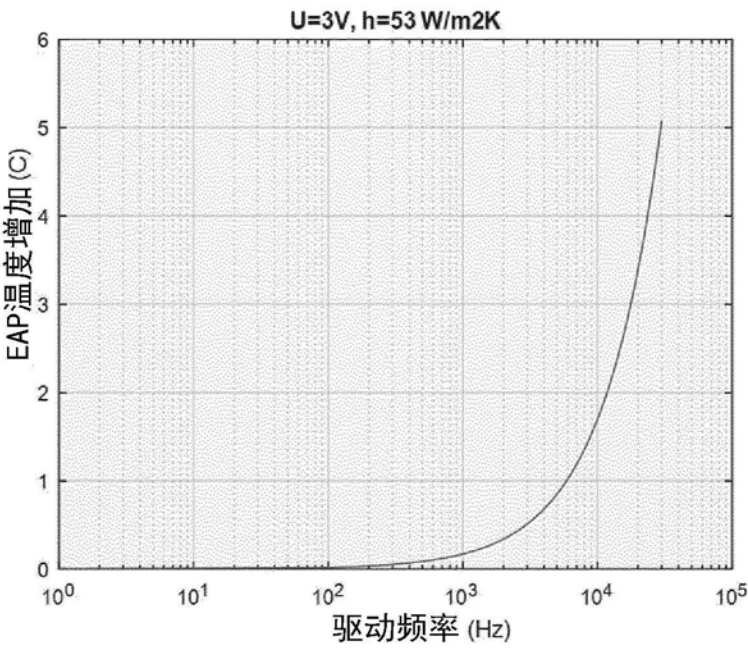


图26

3

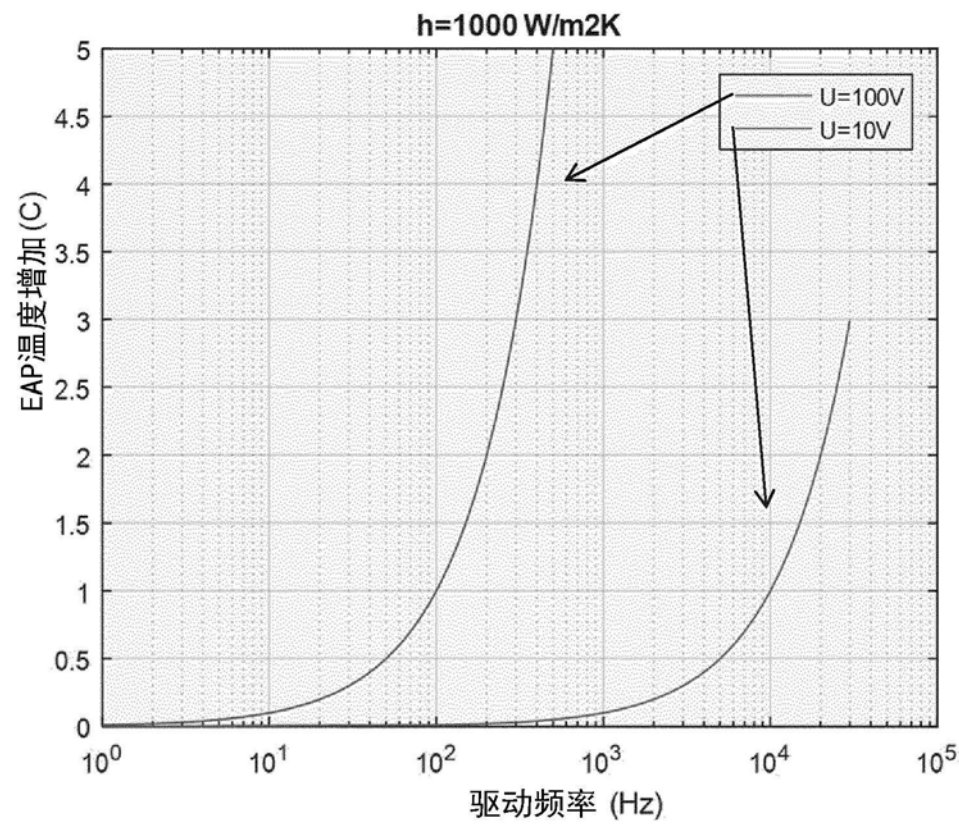


图27

专利名称(译)	流量传感器和测量流速的方法		
公开(公告)号	CN110022760A	公开(公告)日	2019-07-16
申请号	CN201780073560.1	申请日	2017-11-28
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦有限公司		
[标]发明人	CP亨德里克斯 D A 范登恩德 A希尔格斯 RA霍芬坎普 MT约翰逊 A范德霍斯特		
发明人	C·P·亨德里克斯 D·A·范登恩德 A·希尔格斯 R·A·霍芬坎普 M·T·约翰逊 A·范德霍斯特		
IPC分类号	A61B5/00 G01F1/00 A61B5/0265		
CPC分类号	A61B5/0265 A61B5/0878 A61B5/6852 A61B2562/0247 A61B2562/0276 G01F1/684 G01F1/688 G01F1/6986 G01F15/006 G01F15/022 G01K7/203 G01K13/002 G01K13/02 G01K2013/026 G01L9/0016 G01L9/0022 G01L9/008 G01F1/00 G01K1/00 G01F1/66 G01F1/6882		
代理人(译)	王英		
优先权	2016200841 2016-11-28 EP		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种流量传感器包括电活性材料设备。驱动器控制所述电活性材料设备以将热量局部地传递到要感测其流量的流动介质。获得温度感测信号，并且使用这些信号来导出流量测量结果。散热方式与流动有关并且能够基于温度感测信号而得到测量。温度感测涉及测量电特性，所述电特性包括所述电活性材料设备至少处于第一频率时和处于不同于所述第一频率的第二频率时的阻抗或阻抗相位角。以这种方式能够使温度和压力的影响去耦合，使得能够在任何压力下测量温度。

