(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102419193 B
(45)授权公告日 2015.11.25

(21)申请号 201110254756.5
(22)申请日 2011.08.24
(30)优先权数据
12/862123 2010.08.24 US
(73)专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约州
(72)发明人 E·R·弗隆
(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 严志军 傅永霄
(51)Int.Cl.
G01F 1/36(2006.01)
(56)对比文件
EP 0684458 A2,1995.11.29,
US 2010199779 A1,2010.08.12,
US 6935189 B2,2005.08.30,
WO 2008046805 A1,2008.04.24,
审查员 李慧子

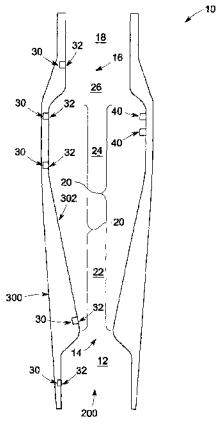
权利要求书1页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

用于确定管内的多相流的多种特性的装置

(57)摘要

本发明涉及用于确定管内的多相流的多种特性的装置，具体而言，公开了一种用于确定在管内的多相流的多种特性的装置。在一个示例性实施例中，装置包括第一收缩部和第二收缩部、在第一收缩部和第二收缩部之间的受保护的区域、联接至管的内壁的检测装置、和联接至管的内壁且位于受保护的区域内的受保护的装置。多种特性中的第一特性可根据由检测装置产生的数据确定。多种特性中的第二特性可根据由受保护的装置产生的数据确定。在一个示例性实施例中，第一特性是气相部分，检测装置是多个压力传感器。在另一个示例性实施例中，第二特性是相部分，受保护的装置是多个电阻抗频谱(EIS)电极。



CN 102419193 B

1. 一种用于确定管 (300) 内的多相流 (200) 的多种特性 (100) 的装置 (10)，所述装置 (10) 包括 ：

第一收缩部 (14) ；

第二收缩部 (16) ；

在所述第一收缩部 (14) 和所述第二收缩部 (16) 之间的受保护的区域 (20)，其中所述受保护的区域 (20) 包括 ：锥形部 (22)，其从所述第一收缩部 (14) 扩大 ；以及受保护的圆柱部 (24)，其从所述锥形部 (22) 延伸 ；

检测装置 (30)，其联接至所述管 (300) 的内壁 (302) ；以及

受保护的测量装置 (40)，其联接至所述管 (300) 的所述内壁 (302) 且位于所述受保护的区域 (20) 内 ；

其中所述多种特性 (100) 的第一特性能够根据由所述检测装置 (30) 产生的数据确定 ；并且

其中所述多种特性 (100) 的第二特性能够根据由所述受保护的装置 (40) 产生的数据确定。

2. 根据权利要求 1 所述的装置 (10)，其特征在于，进一步包括从所述第二收缩部远离所述受保护的区域延伸的第二圆柱部，其中所述第二圆柱部比所述受保护的区域的所述锥形部短。

3. 根据权利要求 1 所述的装置 (10)，其特征在于，所述检测装置 (30) 是多个压力传感器。

4. 根据权利要求 1 所述的装置 (10)，其特征在于，所述第一特性是气相部分 (102)。

5. 根据权利要求 1 所述的装置 (10)，其特征在于，所述第一特性是液相部分 (104)。

6. 根据权利要求 1 所述的装置 (10)，其特征在于，所述受保护的测量装置 (40) 是多个电阻抗频谱 (EIS) 电极。

7. 根据权利要求 1 所述的装置 (10)，其特征在于，所述第二特性是相部分 (106)。

8. 根据权利要求 1 所述的装置 (10)，其特征在于，所述受保护的测量装置 (40) 是微波传感器。

9. 根据权利要求 1 所述的装置 (10)，其特征在于，所述第二特性是液体组成 (108)。

10. 根据权利要求 1 所述的装置 (10)，其特征在于，所述受保护的测量装置 (40) 是一对超声波换能器。

用于确定管内的多相流的多种特性的装置

技术领域

[0001] 文中的主题大致涉及流量计，且更具体地，涉及用于确定管内的流的多种特性的改进的流量计，该流包括多于一相的物质，例如液体和气体（“多相流”）。

背景技术

[0002] 流量计提供了有关在管内的多相流的特性的关键测量值。例如，在石油工业中，存在需要使用流量计来确定组成多相流的气相组成（“气相部分”）和液相组成（“液相部分”）的各种情况。双文丘里管式流量计可用于该目的。在一个典型的双文丘里管式流量计中，存在有两个收缩部，每一个均由单独的收缩锥形部和单独的扩大锥形部形成。跨越收缩部的多相流的压差对气相部分和液相部分具有经验关系。压差可根据由安装在流量计内的压力传感器产生的数据确定。各个压力传感器具有会经受由于来自颗粒（例如多相流内存在的砂）的冲击的磨损的面。如果该面从管的内壁突出则加重该易感性。

[0003] 同样在典型的文丘里管式流量计中，收缩的锥形部以 30 度的角度收缩，而扩大的锥形部以 5 度的角度扩大。扩大的锥形部的角度尤其会显著地增加流量计的长度。流量计的长度可以是管的直径的 10 至 15 倍，而直径可在 76.2 厘米 (30 英寸）和 114.3 厘米 (45 英寸）之间。

[0004] 双文丘里管式流量计和第二类型的流量计的总长可能阻碍它们在海底采油树内的集体串联安装，海底采油树是阀、线轴和装配件的组件，用来控制进出海下井（例如油井或气井）的流。海底采油树的示例包括传统的双孔、单孔、通流管线 (TFL)、水平、泥线水平、侧阀和通孔树 (TBT)。在一个实际使用案例场景中，在使用双文丘里管式流量计确定气相部分和液相部分后，可能希望使用含水流量计确定多相流的液体组成。液体组成可指示液态烃的量和存在于液相部分中的水的量。然而，在海底采油树内的空间的量不可能容纳用于确定气相部分、液相部分和液体组成中的每一个的双文丘里管式流量计和含水流量计两者。

[0005] 提供这样一种流量计将是有利的，其可用于海底采油树内以确定多相流的多种特性，且保护安装在其中的装置免受多相流内的颗粒的冲击，多相流的多种特性典型地通过使用双文丘里管式流量计和第二类型的流量计而确定。

发明内容

[0006] 在一个实施例中，用于确定管内的多相流的多种特性的装置包括第一和第二收缩部、在第一和第二收缩部之间的受保护的区域、联接至管的内壁的检测装置、和联接至管的内壁且位于受保护的区域内的受保护的装置。多种特性中的第一特性可根据由检测装置产生的数据确定。多种特性中的第二特性可根据由受保护的装置产生的数据确定。

附图说明

[0007] 为了本发明的特征可以被理解的方式，可通过参考某些实施例获得本发明的详细

描述，实施例中的一些被图示在附图中。然而，由于本发明的范围包括了其它等同有效的实施例，应该指出的是附图仅仅图示了本发明的某些实施例且因而并不被认为限制其范围。附图不必要按比例尺画出，总体上强调图示本发明的某些实施例的特征。从而，为了进一步理解本发明，可参考以下详细说明联系附图阅读，其中：

[0008] 图 1 是根据本发明的一个示例性实施例的装置的横截面侧视图。

[0009] 图 2 是在根据本发明的一个示例性实施例的装置内的电阻抗频谱 (EIS) 电极的构造。

[0010] 图 3 是在根据本发明的一个示例性实施例的装置内的 EIS 电极的备选构造。

[0011] 图 4 是根据本发明的一个示例性实施例的装置的备选横截面侧视图。

[0012] 图 5 是根据本发明的一个示例性实施例的装置 10 的备选横截面侧视图。

[0013] 图 6 是可通过使用根据本发明的一个示例性实施例的装置而被确定的多相流的特性的框图。

[0014] 零部件列表

[0015] 10 装置

[0016] 12 第一圆柱部

[0017] 14 第一收缩部

[0018] 16 第二收缩部

[0019] 18 第二圆柱部

[0020] 20 受保护的区域

[0021] 22 锥形部

[0022] 24 受保护的圆柱部

[0023] 26 空腔

[0024] 30 检测装置

[0025] 32 面

[0026] 40 受保护的装置

[0027] 42 面

[0028] 44 柱

[0029] 46 密封件

[0030] 50 介质材料

[0031] 60 环形构造

[0032] 70 超声波路径

[0033] 100 特性

[0034] 102 气相部分

[0035] 104 液相部分

[0036] 106 相部分

[0037] 108 液体组成

[0038] 200 多相流

[0039] 300 管

[0040] 302 内壁

[0041] 304 内周界

具体实施方式

[0042] 图 1 是根据本发明的一个示例性实施例的装置 10 的横截面侧视图。装置 10 可被用来确定在管 300 内的多相流 200 的多种特性 100（在图 4 中所示）。装置 10 可包括通向第一收缩部 14 的第一圆柱部 12、通向第二圆柱部 18 的第二收缩部 16、在第一收缩部 14 和第二收缩部 16 之间的受保护的区域 20、联接至管 300 的内壁 302 的检测装置、联接至内壁 302 且位于受保护的区域 20 内的受保护的装置 40。第一收缩部 14 和第二收缩部 16 可在多相流 200 上引起文丘里效应。文丘里效应是当流体流动通过管的收缩部时产生的流体压力降低。在收缩部前和收缩部处的流体压力的差异（“压差”或“DP”）遵循伯努立方程：

[0043] $$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_1 \qquad (1)$$

[0044] 其中，P_1是流体在收缩部前的压力，P_2是流体在收缩部处的压力，v_1是流体在收缩部前的速度，v_2是流体在收缩部处的速度，h_1是测量 P_1和 v_1处的高度，h_2是测量 P_2和 v_2处的高度，g 是引力常数，而 ρ 是流体密度。

[0045] 当流体压力降低时，流体通过收缩部的速度增加以满足连续方程，连续方程支持以下命题，即管的任何区域内流体的总量可仅改变流体通过该区域的边界进入或移出该区域的量。通过第一收缩部 14 的多相流 200 的增加的速度可导致颗粒（例如包含在其中的砂）移动经过受保护的区域 20 的中央区域，使得颗粒较不可能冲击和侵蚀受保护的装置 40 和检测装置 30（如果检测装置 30 位于受保护的区域 20 内）。

[0046] 受保护的区域 20 可包括从第一收缩部 14 扩大的锥形部 22 和从锥形部 22 延伸的受保护的圆柱部 24。第二圆柱部 18 可比锥形部 22 更短，使得装置 10 的长度可小于典型的双文丘里管式流量计，且能够促进装置 10 安装在海底采油树内。在锥形部 22 处，多相流 200 可恢复当移动通过第一收缩部 14 时损失的压力的一部分。这是因为根据文丘里效应，管的横截面面积上的变化引起流动通过横截面面积的流体的压力的变化。从而，同样根据文丘里效应，当多相流 200 移动通过第二收缩部 16 时会再次损失压力。

[0047] 在一个示例性实施例中，管 300 在受保护的圆柱部 24 处的直径可大于管 300 在第一圆柱部 12 处的直径和管 300 在第二圆柱部 18 处的直径，而管 300 在第一圆柱部 12 处的直径和管 300 在第二圆柱部 18 处的直径可相同。从而，两个拓扑上不同的区域可串联布置在装置 10 中，第一区域由第一圆柱部 12、第一收缩部 14 以及锥形部 22 表征，第二区域由从受保护的区域 20 延伸且收缩成第二收缩部 16 的空腔 26、第二收缩部 16 以及第二圆柱部 18 表征。

[0048] 检测装置 30 可以是位于受保护的区域 20 内或外的多个压力传感器，且可包括面 32，在该面 32 上可测量由多相流 200 施加的压力。压力传感器中的至少一个的面 32 可凹进内壁 302。在该实施例的实践中可实现的优点是可保护面 32 免受颗粒（例如包含在多相流 200 中的砂）的冲击。压力传感器的一个子集可被置于各个第一收缩部 14 和第二收缩部 16 前或在各个第一收缩部 14 和第二收缩部 16 处，使得可确定两个压力差。

[0049] 在本发明的一个示例性实施例中，受保护的装置 40 是多个电阻抗频谱 (EIS) 电极，其中的每一个可测量多相流 200 的阻抗。多相流 200 的阻抗可以是多相流 200 的电容、

电导、电阻、导纳或电感的其中之一。

[0050] 图 2 是在根据本发明的一个示例性实施例的装置 10 内的电阻抗频谱 (EIS) 电极的构造。EIS 电极中的至少一个可具有面 42 和柱 44。各个面 42 可被嵌入介质材料 50 中，介质材料 50 围绕管 300 的内周界 304 设置。介质材料 50 可以是具有可忽略的导电性或导热性的任何材料，例如玻璃。内周界 304 可位于受保护的区域 20 内。柱 44 可以以介质材料 50 密封且可被插入内壁 302。

[0051] 图 3 是在根据本发明的一个示例性实施例的装置 10 内的 EIS 电极的备选构造。至少其中两个 EIS 电极中的每一个可被包含在密封件 46 内且可布置成环形构造 60，该环形构造 60 围绕内周界 304。密封件 46 可包括玻璃和金属，其中，玻璃用作密封件和绝缘体两者。在另一个示例性实施例中，环形构造 60 可包括第一环和第二环，其中 8 个 EIS 电极在第一环中，而其中 8 个 EIS 电极在第二环中。

[0052] 图 4 是根据本发明的一个示例性实施例的装置 10 的备选横截面侧视图。在所示的该示例性实施例中，受保护的装置 40 是微波传感器。该微波传感器可位于受保护的区域 20 中且在空腔 26 处，且可操作以在管 300 内产生电磁场，以便与多相流 200 相互作用。

[0053] 图 5 是根据本发明的一个示例性实施例的装置 10 的备选横截面侧视图。在所示的该示例性实施例中，受保护的装置 40 是一对超声波换能器。尽管图 5 显示了联接至在受保护的区域 20 内的内壁 302 且形成了单个超声波路径 70 的单对换能器，但本领域普通技术人员将理解的是两对或更多对的换能器（各对形成单独的超声波路径）可联接至在受保护的区域 20 内的内壁 302。基于多相流 200 的方向，换能器中的一个可被安装在另一个换能器的上游。超声波路径 70 可以在管 300 的中心上或在弦通道上（即不在管 300 的中心上的通道）。当被激励时，各个换能器沿着超声波路径 70 穿过流动的流体发送超声波信号，超声波信号由另一个换能器接收或探测。

[0054] 流体沿着超声波路径 70 平均的路径速度 (V_p) 可作为超声波信号的上游传送时间 (t_{up}) 和下游传送时间 (t_{dn}) 之间的差的函数被确定，上游传送时间 (t_{up}) 即超声波信号沿着超声波路径 70 从下游换能器逆着多相流 200 的方向向上游移动至上游换能器的时间，下游传送时间 (t_{dn}) 即超声波信号沿着超声波路径 70 从上游换能器沿多相流 200 的方向向下游移动至下游换能器的时间。在存在流体流的情况下，下游传送时间 (t_{dn}) 快于（或短于）上游传送时间 (t_{up})。由于传送时间差异 (Δt) 与流体的路径速度 (V_p) 成比列，流体沿着超声波路径 70 平均的路径速度 (V_p) 可作为传送时间差异 (Δt) 和其它已知参数的函数确定，其它已知参数例如管 300 的直径、超声波路径长度和在超声波路径 70 和多相流 200 的方向之间形成的角度，如在图 5 中所示。

[0055] 图 6 是多相流 200 的特性 100 的框图，特性 100 可通过使用根据本发明的一个示例性实施例的装置 10 确定。特性 100 可包括气相部分 102、液相部分 104、相部分 106 和液体组成 108。尽管例如气相部分 102 和液相部分 104 可使用双文丘里管式流量计来确定，而液体组成 108 可使用含水流量计确定，双文丘里管式流量计和含水流量计的总长度会阻碍两种流量计在海底采油树内的安装。在实践装置 10 的某些实施例中可实现的优点是装置 10 可被用来确定在单个装置中的各个特性 100，单个装置的尺寸设置成以便安装在海底采油树内。在一个示例性实施例中，这可通过将受保护的装置 40 置于在装置 10 的受保护的区域 20 内而不是在单独的流量计中来实现。

[0056] 如本领域技术人员将理解的，气相部分 102 和液相部分 104 可以以许多方式确定。以下论述了用于确定根据本发明的一个示例性实施例的气相部分 102 和液相部分 104 的一系列示例性公式，其中，多相流 200 主要包括气体。含气量可在 90-100 体积百分数的范围中，但将典型地是大约 95%（体积）。

[0057] 单相气体速度通常由以下标准公式给出，其适用于所有管流加速的压差装置，例如装置 10：

[0058] $$Q_{g0} = \frac{\pi D^2}{4} C_d \cdot \gamma \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho_g \cdot \left(\beta^{-4} - 1\right)}}, \qquad (2)$$

[0059] 其中，Q_{g0}是单相气体流率 [m^3/s]，D 是管（例如管 300）内径 [m]，ΔP 是跨越流动收缩部（例如第一收缩部 14 或第二收缩部 16）的压差 [Pa]，其可根据在实施例中从检测装置 30 产生的数据（未显示）确定，其中，检测装置 30 是多个压力传感器，ρ_g是气体密度 [kg/m^3]，

[0060] $$\beta = \sqrt{\frac{A_{constriction}}{A_{pipe}}} \qquad (3)$$

[0061] 是表示相对流动横截面减少的比压，γ 是气体膨胀性，而 C_d是所谓的代表修正的流量系数，修正与有效的流收缩可与物理上的横截面缩减不同的事实有关。

[0062] 当使用 DP 测量值找出 2 相湿气体流中的质量流时，由于气体中液体的出现，应该修正标准公式。这通常通过引入所谓的 2 相乘数来完成，2 相乘数是气体和液体的单独部分以及各种成分的密度的函数。该 2 相乘数代表了压差的所谓过读 (overreading)。使用用语过读是因为在气体中存在液体的情况下压差比如果气体独自流动更高。压差过读由气体所做的功（为了加速液相通过流动收缩部）引起。2 相乘数 Φg 定义为：

[0063] $$\Phi_g = \sqrt{\frac{\Delta p}{\Delta p_g}} \qquad (4)$$

[0064] 其中，Δp 是实际的压差，而 Δp_g是如果气体独自流动将具有的压差。根据 Lochard-Martinelli 理论，气体速度可写成：

[0065] $$Q_g = \frac{Q_{g0}}{\Phi_g} \qquad (5)$$

[0066] 其中，Q_g是在 2 相湿气体流动情况下的气体流率，Q_{g0}是从根据 (2) 假定气体独自流动时所测量的压差获得的气体流率，而 Φ_g是为在气体中出现液体而修正的所谓 2 相乘数。

[0067] 2 相乘数是气体和液体单独部分且关于密度比率的函数。通常写成 Lochard-Martinelli 参数的函数，X_{LM}为：

[0068] $$\Phi_g = \Phi_g\left(\alpha_g, \frac{\rho_g}{\rho_l}\right) = \Phi_g\left(X_{LM}\right) \quad \text{where} \qquad (6)$$

[0069] $$X_{LM} = \frac{1-\alpha_g}{\alpha_g}\sqrt{\frac{\rho_g}{\rho_l}}, \qquad (7)$$

[0070] α_g是气体质量流部分，ρ_g是气体密度，而 ρ_l是液体密度。函数 (6) 是经验公式函数，其可例如用于典型的装置，可写成如下形式：

[0071] $$\Phi_g(X_{LM})=\sqrt{1+CX_{LM}+X^2{}_{LM}} \quad (8)$$

[0072] $$C=\left(\frac{\rho_g}{\rho_l}\right)^n+\left(\frac{\rho_l}{\rho_g}\right)^n \quad (9)$$

[0073] 其中，n 是 0.1-0.5 阶的装置特性指数。

[0074] 一旦，根据 (5) 已经得到气体速度，液体流率 Q_l 可按下式计算：

[0075] $$Q_l=Q_g\frac{1-\alpha_g}{\alpha_g} \quad (10)$$

[0076] 为了能够使用在以上段落中的构架来测算在湿气体流中的单独的气体和液体流率，必须预先知道气体和液体的单独的密度（ρ_g 和 ρ_1）以及单独的气相部分（α_g）和液相部分（$\alpha_1=1-\alpha_g$）。尽管单独的气相部分和液相部分会经常是未知且变化的，但密度可通常根据与 PVT 计算结合的压力和温度测量值、且为了最佳精度还根据水部分的附加测量值而得到。

[0077] 包含独立信息（不同的 Φg 函数）的两个 DP 测量值可结合以确定气相部分 102 和液相部分 104。结果，可获得 α_g、α_1 以及气体和液体的单独流率的测量值。

[0078] 在构造用于气体和液体的单独测量的双 DP 装置中，双 DP 装置必须被设计成使得两个 DP 读数的不同在于它们包含独立的信息。这可通过测量在两个拓扑上不同（不能通过连续变形而互相转换的几何形状）的区域上的压差实现，拓扑不同的区域串联布置在管部中，例如，由第一圆柱部 12、第一收缩部 14 和锥形部 22 表征的第一区域，以及由空腔 26、第二收缩部 16 和第二圆柱部 18 表示的第二区域。构建用于检测液相含量的双 DP 装置的核心是两个压差将对液体在气体中的存在做出不同的反应。

[0079] 通常，可根据方程 (2) 和方程 (5) 写出作为气相部分和气体流率的函数在两个区域中测得的压差：

[0080] $$\Delta p_1=\Delta p_1(Q_g,\alpha_g)=C_1Q_g^2\Phi_{g1}^2\rho_g \quad (11)$$

[0081] $$\Delta p_2=\Delta p_2(Q_g,\alpha_g)=C_2Q_g^2\Phi_{g2}^2\rho_g \quad (12)$$

[0082] 其中，在该最简单的模型中，C_1 和 C_2 是以各个压差为特征的常数，而 Φ_{g1} 和 Φ_{g2} 分别是两个压差的 2 相乘数。根据在以上段落中的构架，压差比为：

[0083] $$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}\propto\left(\frac{\Phi_{g1}}{\Phi_{g2}}\right)^2 \quad (13)$$

[0084] 如果两个区域在它们关于液体在气体中的存在的响应中具有差异，它们各自的 2 相乘数将包含独立的信息，意味着压差比将是 Lochard-Martinelli 数和气相部分及单独的密度的函数 (F)：

[0085] $$\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1}=F(X_{LM}) \quad (14)$$

[0086] $$X_{LM}=X_{LM}(\alpha_g,\rho_1,\rho_g) \quad (15)$$

[0087] 当预先知道相密度时，测得的压差比因此可被用来确定气相部分 102，解出用于气体质量部分的方程 (14) 和 (15)。由于气相部分 102 和液相部分 104 的和必然等于 1，液相部分 104 根据气相部分 102 得出：

[0088] $$\alpha_g+\alpha_1=1 \quad (16)$$

[0089] 在实施例中，其中受保护的装置 40 是多个 EIS 电极，相部分 106 可根据呈由沿着内周界 304 的 EIS 电极产生的电导测量值的形式的数据（未显示）确定。尽管多相流 200 的液相（例如水和油）可导电，但多相流 200 的气相不可以。从而，相部分 106 可由在内周界 304 处的管 300 的横截面面积处的导电的多相流 200 的百分数除以在内周界 304 处的管 300 的横截面面积处的不导电的多相流 200 的百分数来确定。

[0090] 在实施例中，其中，受保护的装置 40 是位于空腔 26 处的微波传感器，液体组成 108 可以是在由微波传感器在空腔 26 处产生的电磁场中的峰值谐振频率的转换和在空腔 26 中循环的电磁场中能量的衰减变化的函数。峰值谐振频率的转换可通过多相流 200 与电磁场的相互作用生成，衰减变化可通过例如在多相流 200 内的水吸收电磁场中的能量生成。峰值谐振频率的转换和衰减的变化可根据由微波传感器产生的数据（未显示）确定。

[0091] 该书面描述使用示例公开了本发明，包括最佳模式，并且还使得本领域技术人员能够实践本发明，包括制作和使用任何装置或系统，执行任何结合的方法。本发明可被授予专利的范围由权利要求书限定，且可包括本领域技术人员想到的其他示例。如果此类其他示例包括与权利要求的字面语言并非不同的结构元件或它们包括与权利要求的字面语言非实质不同的等同结构元件，则它们意图落在权利要求的范围内。

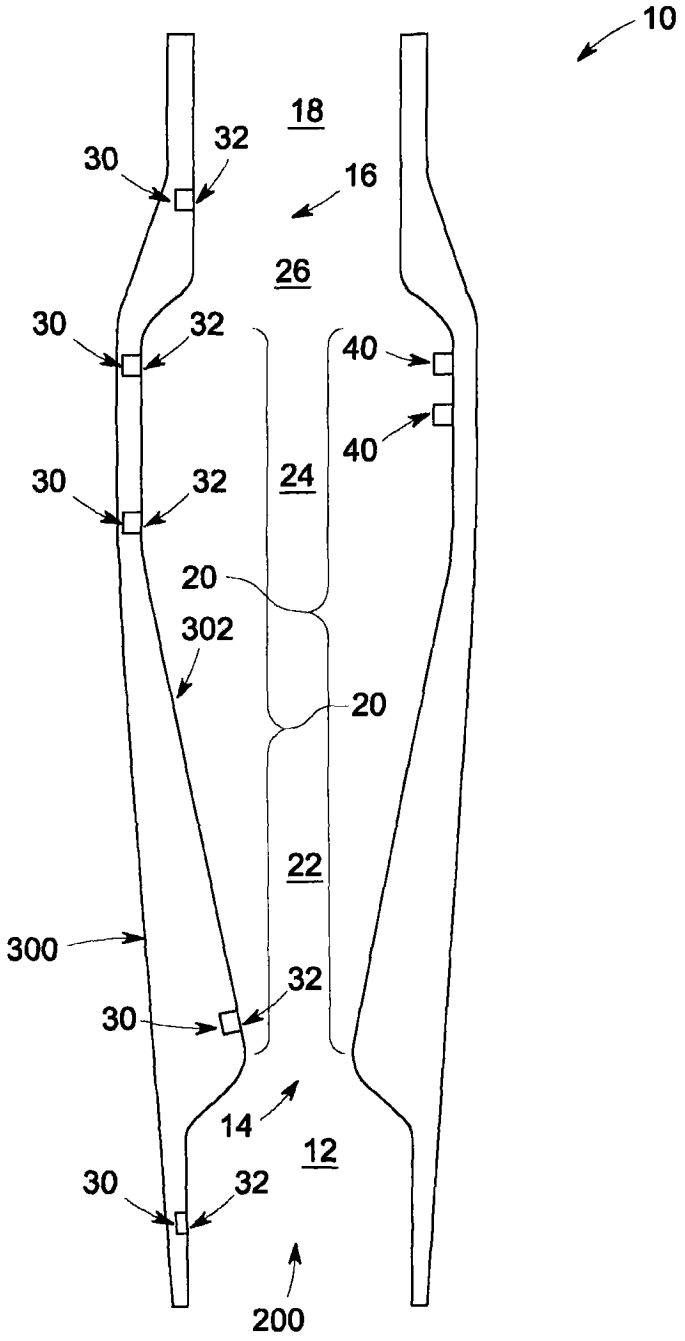

10
18
32
30
16
26
30
32
40
40
30
32
24
20
302
20
22
300
32
30
14
12
30
32
200

图 1

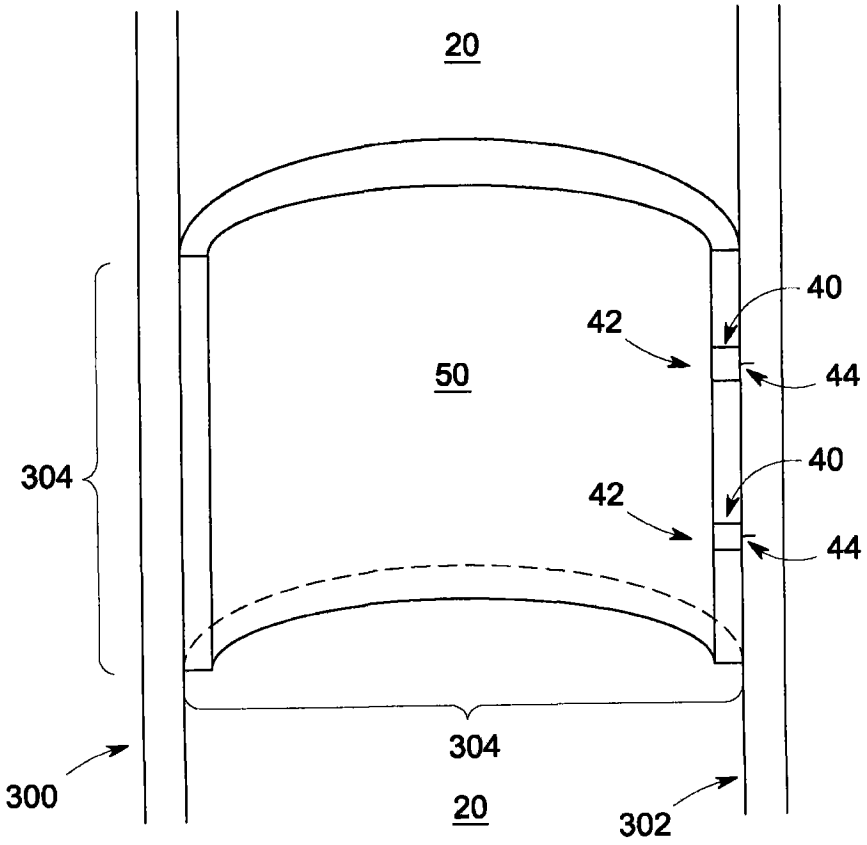


图 2

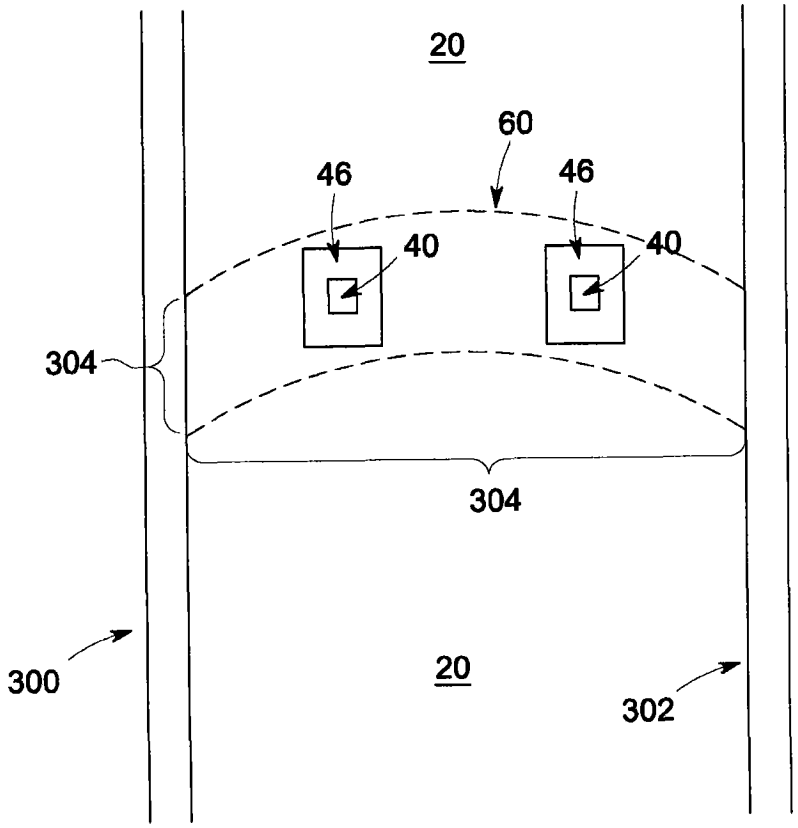


图 3

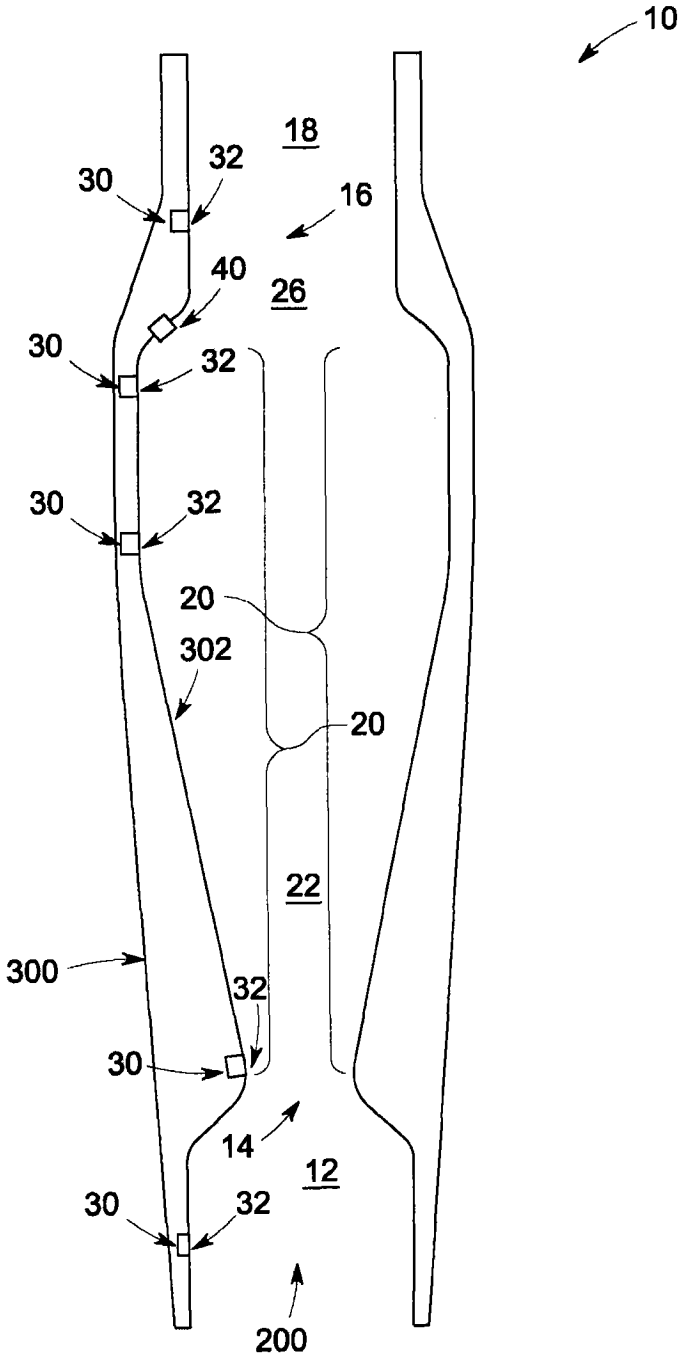


图 4

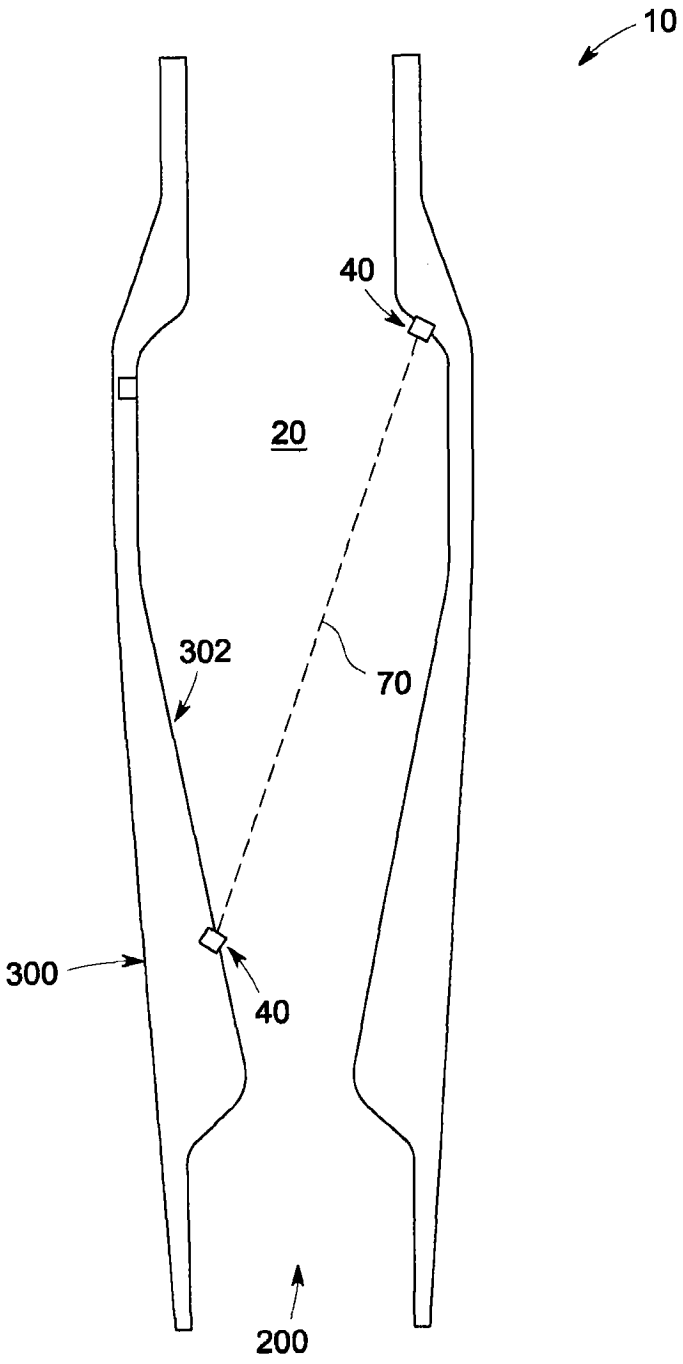


图 5

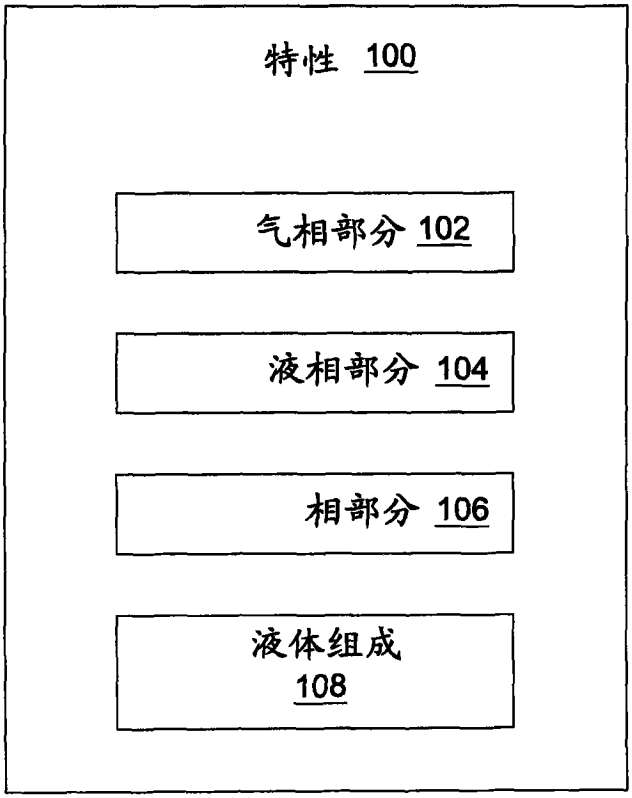


图 6