



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102741665 B

(45) 授权公告日 2016.03.16

(21) 申请号 201180008134.2

(22) 申请日 2011.01.04

(30) 优先权数据

12/683,036 2010.01.06 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012.08.02

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/020106 2011.01.04

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/084947 EN 2011.07.14

(73) 专利权人 丹尼尔测量和控制公司

地址 美国得克萨斯州

(72) 发明人 查尔斯·罗伯特·阿兰

亨利·查尔斯·小斯特劳布

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

代理人 寇英杰 王婧

(51) Int. Cl.

G01F 1/66(2006.01)

G01F 15/14(2006.01)

G01F 15/18(2006.01)

(56) 对比文件

GB 8807565 D0, 1988.05.05,

US 2007035211 A1, 2007.02.15,

US 4308754 A, 1982.01.05,

WO 2009023528 A1, 2009.02.19,

FR 2150630 B1, 1974.09.27,

审查员 孙世新

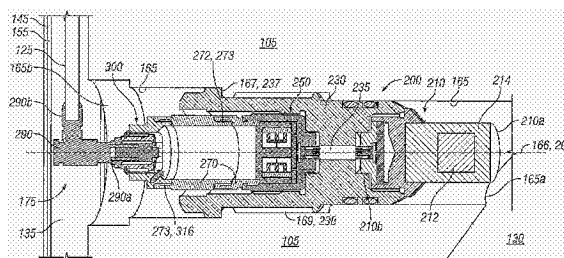
权利要求书3页 说明书22页 附图18页

(54) 发明名称

超声波流量计和具有隔离的变压器舱的换能器组件

(57) 摘要

在一实施方式中,超声波流量计包括管段,该管段包括通孔和从该管段的外表面延伸至该通孔的换能器端口。另外,该超声波流量计包括设置在换能器端口中的换能器组件。该换能器组件具有中央轴线并且包括换能器保持器,该换能器保持器具有邻近管段的通孔的第一端部以及远离管段的通孔的第二端部。此外,换能器组件包括压电舱,该压电舱包括压电元件。压电舱联接至换能器保持器并从换能器保持器的第一端部大致轴向地延伸。此外,换能器组件包括变压器舱,该变压器舱包括变压器。变压器舱联接至换能器保持器并与压电舱轴向地间隔开。



1. 一种用于测量经过管路的流体的流量的超声波流量计,包括:

管段,所述管段包括通孔和换能器端口,所述换能器端口从所述管段的外表面延伸至所述通孔;

换能器组件,所述换能器组件设置在所述换能器端口中,其中,所述换能器组件具有中央轴线并且包括:

换能器保持器,所述换能器保持器具有邻近所述管段的所述通孔的第一端部、远离所述管段的所述通孔的第二端部、从所述换能器保持器的所述第一端部轴向地延伸的第一沉孔、从所述换能器保持器的所述第二端部轴向地延伸的第二沉孔、以及从所述第一沉孔轴向地延伸至所述第二沉孔的通孔;

压电舱,所述压电舱包括径向外部的压电壳体和联接至所述压电壳体的压电元件,其中,所述压电舱联接至所述换能器保持器并从所述换能器保持器的所述第一端部大致轴向地延伸,所述压电舱具有远离所述换能器保持器的第一端部以及安置在所述换能器保持器的所述第一沉孔中的、邻近所述换能器保持器的所述通孔的第二端部;

变压器舱,所述变压器舱包括径向外部的变压器壳体和设置在所述变压器壳体内部的变压器,其中,所述变压器舱联接至所述换能器保持器并与所述压电舱轴向地间隔开,所述变压器舱安置在所述换能器保持器的所述第二沉孔中并且包括邻近所述换能器保持器的所述通孔的第一端部以及远离所述换能器保持器的所述通孔的第二端部,所述变压器构造成用以匹配所述压电元件对构造成用以接收由所述压电元件产生的电子信号的电子组件的阻抗;

联接器,所述联接器设置在所述换能器保持器的所述通孔中,其中,所述联接器具有连接至所述压电舱的所述第二端部的第一端部以及连接至所述变压器舱的所述第一端部的第二端部,所述联接器电联接所述压电元件与所述变压器;

环形密封件,所述环形密封件径向地定位于所述联接器与所述换能器保持器之间。

2. 根据权利要求1所述的流量计,其中,所述联接器的所述第一端部和所述第二端部各自包括同轴缆线连接器;

其中,所述压电舱的所述第二端部和所述变压器舱的所述第一端部各自包括与所述联接器的所述同轴缆线连接器中的一个相匹配的同轴缆线连接器。

3. 根据权利要求2所述的流量计,其中,所述联接器的每个同轴缆线连接器为凸形同轴缆线连接器,所述压电舱的所述同轴缆线连接器为接合所述联接器的所述第一端部的所述凸形同轴缆线连接器的凹形同轴缆线连接器,并且所述变压器舱的所述同轴缆线连接器为接合所述联接器的所述第二端部的所述凸形同轴缆线连接器的凹形同轴缆线连接器。

4. 根据权利要求2所述的流量计,其中,所述压电壳体包括从所述压电舱的所述第二端部轴向地延伸的沉孔;以及

其中,所述压电舱的所述同轴缆线连接器表面安装至设置在所述压电壳体的所述沉孔中的电路板。

5. 根据权利要求4所述的流量计,其中,所述变压器壳体包括从所述变压器舱的所述第一端部延伸至所述变压器舱的所述第二端部的通孔;

其中,所述变压器舱的同轴缆线连接器表面安装至设置在所述变压器壳体的所述通孔中的电路板。

6. 根据权利要求 1 所述的流量计,其中,所述环形密封件为玻璃密封件。

7. 根据权利要求 1 所述的流量计,还包括径向地设置在所述换能器保持器与所述压电舱之间的环形密封组件。

8. 根据权利要求 7 所述的流量计,还包括径向地设置在所述换能器保持器与所述换能器端口之间的至少一个环形密封组件。

9. 一种用于测量通过管路的流体的流量的超声波流量计,包括:

管段,所述管段包括通孔和多个换能器端口,所述换能器端口从所述管段的外表面延伸至所述通孔;

换能器组件,所述换能器组件设置在所述换能器端口中的一个中,其中,所述换能器组件具有中央轴线并且包括:

压电舱,所述压电舱具有邻近所述管段的所述通孔的第一端部以及远离所述管段的所述通孔的第二端部,并且所述压电舱包括在所述第一端部与所述第二端部之间延伸的压电壳体;

其中,所述压电壳体包括从所述第一端部轴向地延伸的第一沉孔,所述压电舱包括设置在所述第一沉孔中的、邻近所述第一端部的压电元件;以及

变压器舱,所述变压器舱联接至所述压电舱,其中,所述变压器舱包括变压器壳体和设置在所述变压器壳体内的变压器,其中,所述变压器构造成用以匹配所述压电元件对构造成用以接收由所述压电元件产生的电子信号的电子组件的阻抗;

环形密封组件,所述环形密封组件径向地设置在所述换能器组件与所述换能器端口之间,其中,所述密封组件限制流体通过所述换能器端口在所述换能器组件与所述管段之间的轴向流动,

其中,所述压电壳体包括从所述第二端部轴向地延伸的第二沉孔以及在所述第一沉孔与所述第二沉孔之间延伸的至少一个通孔;

其中,所述变压器舱设置在所述压电壳体的所述第二沉孔中,其中,所述变压器舱具有邻近所述压电壳体的所述至少一个通孔的第一端部和远离所述压电壳体的所述通孔的第二端部;以及

其中,所述换能器组件还包括设置在所述压电壳体的每个通孔中的联接器,其中,每个联接器具有电联接至所述压电元件的第一端部以及电联接至所述变压器的第二端部;

环形密封件,所述环形密封件径向地设置在每个联接器与所述压电壳体之间。

10. 根据权利要求 9 所述的流量计,其中,在每个联接器与所述压电壳体之间的各个所述环形密封件都是玻璃密封件。

11. 根据权利要求 9 所述的流量计,其中,每个所述联接器都包括在所述第一沉孔中的匹配凹处与在所述变压器舱中的匹配凹处之间延伸的销连接器。

12. 根据权利要求 9 所述的流量计,其中,所述换能器端口包括内螺纹,并且所述压电壳体包括接合所述换能器端口的所述内螺纹的外螺纹。

13. 根据权利要求 12 所述的流量计,其中,所述第二沉孔包括内螺纹,并且所述变压器壳体包括接合所述第二沉孔的所述内螺纹的外螺纹。

14. 根据权利要求 9 所述的流量计,其中,所述环形密封组件径向地设置在所述压电壳体与所述换能器端口之间。

15. 一种组装用于测量通过管路的流体的流量的根据权利要求 1 或 9 所述的超声波流量计的方法,其中,所述方法包括:

(a) 将所述管段联接至所述管路,其中,所述管段包括通孔和换能器端口,所述换能器端口从所述管段的外表面延伸至所述通孔,其中,所述超声波换能器组件在所述换能器端口内联接至所述管段,

(b) 将所述流体流动通过所述管段的通孔;

(c) 在步骤 (b) 期间,使所述超声波换能器组件的所述压电舱暴露于在所述管段的所述通孔中流动的流体;以及

(d) 在步骤 (c) 期间,使所述超声波换能器组件的所述变压器舱与在所述管段的所述通孔中流动的流体隔离。

16. 根据权利要求 15 所述的方法,其中,在步骤 (d) 期间,将所述压电舱的压电壳体与所述变压器舱的变压器壳体轴向地间隔开。

超声波流量计和具有隔离的变压器舱的换能器组件

[0001] 关于联邦政府资助的研究或研发的声明

[0002] 不适用。

背景技术

[0003] 多种实施方式涉及超声波流量计并且特别涉及在超声波流量计中使用的换能器组件。

[0004] 在已将碳氢化合物从地面移除之后，(液相的或气相的) 流体流经由管路输送至各处。所期望的是，精确地获知该流中流动的流体的数量，并且当流体正在转手时，或在“密闭输送”期间，要求特别的精度。然而，即使是在没有发生密闭输送的地方，测量精度也是所期望的，并且在这些情形中可使用超声波流量计。

[0005] 超声波流量计包括两个或更多个换能器组件，每个换能器组件紧固在流量计的本体或管段中的端口的内侧。为了在流量计内容纳输送的流体，在管段中的每个换能器端口的外端上紧固有端部连接器。由此，管段和端部换能器形成压力边界，该压力边界容纳流动通过该流量计的流体。为了测量通过流量计的流体流量，沿着管段的内表面设置有一对换能器组件，使得每个换能器组件彼此面对。每个换能器组件包括压电元件，并且当将交流电施加至第一换能器组件的压电元件时，该压电元件通过在正被输送通过流量计的流体中发射超声波而作出响应。当波入射到第二换能器组件的压电元件上时，该换能器组件通过产生电信号而作出响应。一段时间之后，将交流电施加至第二换能器组件的压电元件，并且该压电元件通过将超声波发射通过流量计中的流体而作出响应。当波入射到第一换能器组件的压电元件上时，该换能器组件通过产生电信号而作出响应。这样一来，换能器组件越过流体流来回地发送和接收信号。

[0006] 每个换能器组件连接至缆线，该缆线穿过端部连接器延伸至管段的外部及诸如通常安装至管段的外部的电子器件罩壳之类的远程位置。缆线将由压电元件产生的信号承载至设置在电子器件罩壳内的采集板，信号可在采集板上进行处理并随后用于确定通过流量计的流体流速。

[0007] 当不处于使用中时，换能器组件中的压电元件可累积电荷。该电荷对在流量计上执行维护的人员存在危险。为了降低维护人员的风险，通常将每个压电元件联接至变压器，该变压器除了下述功能之外，还为由压电元件产生的电荷提供放电路径。

[0008] 变压器还在压电元件与最终接收由压电元件产生的信号的采集装置之间提供抗阻匹配。由此，压电元件和变压器是配对的。因此，变压器通常被设置在换能器组件内。利用大多数的传统设计，当压电元件或变压器需要更换时，整个换能器组件被从管段中的端口上移除，这在将端部连接器移除以触及换能器组件时，通常使得穿过管段的流体流的所不期望的中断成为必需。

[0009] 此外，在许多传统的换能器组件中，换能器组件内的变压器和 / 或在变压器与压电元件之间的电气连接易于受到在与压电元件所经历的条件相同的条件中的暴露的影响。当变压器或电气连接并不设计用于与压电元件相同的条件时，这种暴露并不是所期望的。

例如,穿过流量计的流体可以是腐蚀性的。尽管压电元件可与腐蚀性的条件相容,但变压器可能不与腐蚀性的条件相容。在这种情况下,腐蚀性的流体会损坏变压器和相关联的布线。

[0010] 改善给予流体的超声波信号的质量的机构可改善测量精度。而且,流量计的部件的磨损、破裂、和部件老化(例如,由正被测量的流体的腐蚀性导致)会相当大地缩短该装置的寿命,并且由此,任何提高流量计及其部件的耐用性和/或寿命的设备、方法或系统会是所期望的。最后,超声波流量计可安装在恶劣的环境中,并且由此,任何缩短维修时间并且如果可能的话改善性能的机构会是所期望的。

发明内容

[0011] 通过一种用于测量通过管路的流体的流量的超声波流量计在一个实施方式中满足现有技术中的这些和其它需要。在一实施方式中,该流量计包括管段,该管段包括通孔和换能器端口,该换能器端口从管段的外表面延伸至通孔。另外,该流量计包括设置在换能器端口中的换能器组件。该换能器组件具有中央轴线并且包括换能器保持器,该换能器保持器具有邻近管段的通孔的第一端部以及远离管段的通孔的第二端部。此外,换能器组件包括压电舱,该压电舱包括压电元件。该压电舱联接至换能器保持器并从换能器保持器的第一端部大致轴向地延伸。此外,换能器组件包括变压器舱,该变压器舱包括变压器。变压器舱联接至换能器保持器并与压电舱轴向地间隔开。

[0012] 通过一种用于测量通过管路的流体的流量的超声波流量计在另一实施方式中满足现有技术中的这些和其它需要。在一实施方式中,该流量计包括管段,该管段包括通孔和多个换能器端口,该多个换能器端口从管段的外表面延伸至通孔。另外,该流量计包括设置在换能器端口中的一个中的换能器组件。换能器组件具有中央轴线并且包括压电舱,该压电舱具有邻近管段的通孔的第一端部以及远离管段的通孔的第二端部。该压电舱包括在第一端部与第二端部之间延伸的压电壳体。该压电壳体包括从第一端部轴向地延伸的第一沉孔。此外,该压电舱包括设置在第一沉孔中邻近第一端部的压电元件。而且,该换能器组件包括联接至压电舱的变压器舱。变压器舱包括变压器壳体和设置在变压器壳体内部的变压器。此外,该换能器组件包括环形密封组件,该环形密封组件径向地设置在换能器组件与管段之间,并轴向地设置在变压器舱与管段的通孔之间。该密封组件阻止流体通过换能器端口在管段的通孔与变压器舱之间的流动。

[0013] 通过一种用于测量通过管路的流体的流量的超声波流量计在另一实施方式中满足现有技术中的这些和其它需要。在一实施方式中,该方法包括将管段联接至管路。该管段包括通孔和从管段的外表面延伸至通孔的换能器端口。另外,该方法包括使流体流动通过管段的通孔。此外,该方法包括组装气体超声波换能器组件。该换能器组件具有中央轴线并且包括联接至管段的压电舱。该压电舱包括压电壳体和设置在压电壳体中的压电元件。此外,换能器组件包括联接至压电舱的变压器舱。该变压器舱包括变压器壳体和设置在变压器壳体中的变压器,并且将变压器电联接至压电元件。此外,该方法包括设置组装在换能器端口中的换能器。而且,该方法包括使压电舱暴露于在管段的通孔中流动的流体。另外,该方法包括将变压器舱与在管段的通孔中流动的流体隔离。

[0014] 由此,于此所述的实施方式包括意在应对与某些现有装置、系统、和方法相关联的多种缺点的特征和优点的结合。一旦所属领域技术人员参照附图阅读详细的说明,上述多

种特性及其它特征将易于变得明白。

附图说明

[0015] 为了对本发明的示例性实施方式进行详细的说明,现将参照附图进行说明,在附图中:

[0016] 图 1A 为超声波流量计的实施方式的截面俯视图;

[0017] 图 1B 为图 1A 的流量计的端部;

[0018] 图 1C 为图 1A 的流量计的俯视示意图;

[0019] 图 2 为根据于此所述的原理的超声波流量计的实施方式的立体图;

[0020] 图 3 为设置在图 2 的超声波流量计的换能器端口中的一个中的气体超声波换能器组件的实施方式的放大的局部截面图;

[0021] 图 4 为图 3 的气体超声波换能器组件的放大的局部截面图;

[0022] 图 5 和图 6 为图 2 的压电舱的放大的截面图;

[0023] 图 7 和 8 为图 2 的变压器舱的放大的截面图;

[0024] 图 9 为图 2 的变压器舱衬套(spacer)的立体图;

[0025] 图 10 为图 2 的接受器舱的分解视图;

[0026] 图 11 和 12 为图 2 的接收器舱的放大的截面图;

[0027] 图 13 为图 2 的接收器舱的端视立体图;

[0028] 图 14 为设置在图 2 的超声波流量计的换能器端口中的一个中的气体超声波换能器组件的实施方式的放大的局部截面图;

[0029] 图 15 为图 14 的压电舱的放大的截面图;

[0030] 图 16 为图 14 的压电舱的端视图;

[0031] 图 17 为根据于此所述的原理的超声波流量计的实施方式的截面图;

[0032] 图 18 为根据于此所述的原理的超声波流量计的实施方式的截面图。

具体实施方式

[0033] 下列讨论涉及本发明的多种实施方式。尽管这些实施方式中的一个或更多个是目前优选的,但所公开的实施方式不应当被认为是、或另外被用作限制包括权利要求在内的本公开的范围。另外,所属领域技术人员将理解,下列说明具有广泛的应用,并且对任何实施方式进行的讨论仅意味着是该实施方式的示例,而不意在表示将包括权利要求在内的本公开的范围限制于该实施方式。

[0034] 特定的术语贯穿于下列说明和权利要求使用以指示特定的特征或部件。如所属领域技术人员将会了解到的那样,不同的人可能以不同的名字来指示同一特征或部件。本文献并不意在名字不同但功能并非不同的部件或特征进行区分。附图无需按比例绘制。此处的特定特征或部件可以放大的比例夸大或以略微示意性的形式示出,并且出于清楚和简要的目的,传统元件的一些细节可不被示出。

[0035] 在下列讨论中并且在权利要求中,术语“包含”和“包括”以开放式的方式使用,并且由此应当被解释为意指“包含,但不限于...”。同样,术语“联接”或“联结”被解释为意指间接的连接或直接的连接。由此,如果第一装置联接至第二装置,该连接可通过直接连接、

或通过经由其它装置、部件和连接件的间接连接。另外,如于此所使用的那样,术语“轴向的”和“轴向地”通常意指沿着或平行于中央轴线(例如,本体或端口的中央轴线),而术语“径向的”和“径向地”通常意指垂直于该中央轴线。例如,轴向距离指的是沿着或平行于中央轴线测量到的距离,而径向距离指的是垂直于中央轴线测量到的距离。

[0036] 图 1A 和 1B 示出了超声波流量计 10 的实施方式,以说明多种部件和关系。适于放置在管路的区段之间的管段 11 具有预定的尺寸并限定测量过的流体(例如,气体和 / 或液体)流动通过的中央通道。一对说明性的换能器 12 和 13、以及它们各自的壳体 14 和 16 沿管段 11 的长度设置。换能器 12 和 13 为声收发器,并且更特别地为超声波收发器,从而意指它们既产生又接收频率超过约 20 千赫的声能。声能可由每个换能器中的压电元件产生和接收。为了产生声信号,压电元件经由正弦信号电力地受到刺激,并且它通过振动作出响应。压电元件的振动产生声信号,该声信号通过测量过的流体行进至换能器对的对应的换能器。同样,一旦被声能(即,声信号和其它噪声信号)冲击,接收中的压电元件振动并产生正弦电信号,该正弦电信号由与流量计相关联的电子设备进行检测、数字化处理、和分析。

[0037] 有时候称之为“弦”的路径 17 存在于说明性的换能器 12 与 13 之间,与中心线 20 成角度 θ 。“弦”17 的长度为在换能器 12 的正面与换能器 13 的正面之间的距离。点 18 和 19 限定由换能器 12 和 13 产生的声信号进入和离开流动通过管段 11 的流体的位置(即,管段钻孔的入口)。换能器 12 和 13 的位置可被角度 θ 、被在换能器 12 与 13 之间测量到的第一长度 L、与在点 18 与 19 之间的轴向距离相对应的第二长度 X、以及与管道内径相对应的第三长度“d”限定。在大多数情况中,距离 d、X 和 L 在流量计制造期间被精确地确定。此外,无论流量计的尺寸(即,管段尺寸)如何,诸如换能器 12 和 13 之类的换能器通常被分别设置在与点 18 和 19 相距特定距离处。诸如天然气之类的流体以速度剖面 23 在方向 22 上流动。速度矢量 24-29 表明了通过管段 11 的速度朝向中心线 20 增大。

[0038] 最初,下游换能器 12 产生声信号,该声信号越过管段 11 中的流体传播,并且随后入射到上游换能器 13 并由上游换能器 13 进行检测。短时间之后(例如,数毫秒内),上游换能器 13 产生返回声信号,该返回声信号越过管段 11 中的流体向后传播,并且随后入射到下游换能器 12 并由下游换能器 12 进行检测。由此,换能器 12 和 13 沿着弦路径 17 利用信号 30 进行“收和发”。在操作期间,该场景每分钟可发生数千次。

[0039] 声信号 30 在换能器 12 与 13 之间的传播时间部分取决于该声信号 30 是关于流体流正在逆流地行进还是顺流地行进。声信号顺流地(即,在与流体流动相同的方向上)行进的传播时间比其逆流地(即,逆向于流体流动)行进时的传播时间短。逆流传播时间和顺流传播时间可用于计算沿信号路径的平均速度和测量过的流体中的声速。

[0040] 超声波流量计可具有一个或更多个声信号路径。图 1B 示出了超声波流量计 10 的一端的正视图。如图 1B 中所示,超声波流量计 10 实际上包括在管段 11 内处于不同高度处的四个弦路径 A、B、C 和 D。每个弦路径 A-D 与交替地表现为发送器和接收器的换能器对相对应。同样示出的是控制电子仪器组件或罩壳 40,该控制电子仪器组件或罩壳 40 获取并处理来自四个弦路径 A-D 的数据。图 1B 中的视图中所隐藏的是对应于弦路径 A-D 的四对换能器。

[0041] 参照图 1C,可更为容易地理解四对换能器的布置。四对换能器端口安装在管段 11 上。每对换能器端口与图 1B 的单个弦路径相对应。第一对换能器端口 14 和 15 包括换能

器 12 和 13 (图 1A)。换能器安装成与管段 11 的中心线 20 成非垂直的角度 θ 。另一对换能器端口 34 和 35 (在图中仅部分地示出) 和相关联的换能器安装成使得它的弦路径关于换能器端口 14 和 15 的弦路径随意地形成“X”形。同样, 换能器端口 38 和 39 放置成平行于换能器端口 34 和 35, 但处于不同的“高度”(即, 管道或流量计管段中的不同的径向位置) 处。在图 1C 中未明确示出的是四对换能器和换能器端口。将图 1B 和 1C 联系在一起, 成对的换能器设置成使得与弦 A 和 B 相对应的上面两对换能器形成“X”形, 而与弦 C 和 D 相对应的下面两对换能器也形成“X”形。流体的流速可于每个弦 A-D 处加以确定以获得弦流速, 并且将弦流速相结合以确定在整个管道上的平均流速。通过平均流速, 可确定在管段中流动的流体的数量, 并由此确定在管路中流动的流体的数量。

[0042] 现在参见图 2 和 3, 分别示出了用于测量管路中的流体流速的超声波流量计 100 的立体图和局部截面图。超声波流量计 100 包括本体或管段 105、多个气体超声波换能器组件 200、导线或缆线 125、以及可拆卸的缆线盖 120, 该导线或缆线 125 从每个换能器组件 200 延伸至联接于管段 105 的顶部的电子仪器组件 40。

[0043] 管段 105 是用于超声波流量计 100 的壳体并被构造成用于放置在管路的区段之间。管段 105 具有中央轴线 110 并包括第一端部或入口端部 105a、第二端部或出口端部 105b、在端部 105a 和 105b 之间延伸的流体流道或通孔 130、和多个从管段 105 的外表面延伸至通孔 130 的换能器端口 165。在该实施方式中, 端部 105a、b 各自包括凸缘, 该凸缘在管路的各个管道节段之间将管段 105 轴向地联接成首尾相连。水平基准面 111 经过中央轴线 110 并通常将管段 105 划分成上半部和下半部。

[0044] 最佳如图 2 中所示, 管段 105 还包括多个换能器凸台 135, 这多个换能器凸台 135 通常沿着它的外部圆周竖直地延伸。每个凸台 135 设置成使得它与两个竖直间隔的换能器端口 165 的径向外端部 165b 相交。每个缆线 125 在凸台 135 中的一个内从换能器组件 200 中的一个延伸至电子仪器组件 40。由于两个换能器端口 165 与每个凸台 135 相交, 因此, 两个缆线 125 在每个凸台 135 内垂直地延伸。

[0045] 每个换能器凸台 135 还包括凹进的正面 140、侧部 145、150、和侧部沟槽 155、160。正面 140 和侧部 145、150 在其之间限定容置缆线 125 的凹处 175。侧部沟槽 155、160 分别沿着侧部 145、150 的彼此面对并且面对凹处 175 的表面延伸。在将缆线 125 设置在换能器凸台 135 的凹处 175 内的情况下, 将横向侧盖 120 插入到沟槽 155、160 中, 并滑动地推进经过沟槽 155、160, 从而覆盖住缆线 125 并保护它们使其免受管段 105 外部的环境的影响。在于 2007 年 6 月 15 日提交的名称为“用于超声波流量计的缆线盖(Cable Cover for an Ultrasonic Flow Meter)”的美国专利申请序列 No. 11/763, 783 中公开了适用的盖的示例, 以参引的方式为了所有的目的而将该美国专利申请的全部合并到本文中。

[0046] 在一些实施方式中, 管段 105 为铸件, 在该铸件中机加工出换能器端口 165。凹处 175 也通过机加工工艺形成所需的尺寸。正面 140 的宽度比换能器端口 165 的直径大。凹处 175 的深度足以允许将侧部沟槽 155、160 机加工到换能器凸台 135 以及凹处 175 本身的侧面 145、150 之中, 并且该深度足以容置缆线 125。在一些实施方式中, 侧部沟槽 155、160 为具有方角的三面沟槽。在其它实施方式中, 侧部沟槽 155、160 可为仅具有两个侧部的半-燕尾槽, 其中, 第一侧部平行于换能器凸台 135 的正面 140, 并且第二侧部被定向为与第一侧部成小于 90 度的角度。而且, 在侧部沟槽 155、160 为半-燕尾槽的实施方式中, 侧部 145、

150 与正面 140 所成的角度可小于或大于 90 度。

[0047] 最佳如图 3 中所示,在每个换能器端口 165 内设置有一个换能器组件 200。每个换能器端口 165 具有中央轴线 166 并从通孔 130 处的径向内部(相对于轴线 110)或第一端部 165a 经过管段 105 延伸至管段 105 的外表面处的径向外部分(相对于轴线 110)或第二端部 165b。在该实施方式中,每个换能器端口 165 通常为水平的。换言之,每个换能器端口 165 的中央轴线 166 位于通常平行于基准面 111 的平面中。虽然每个换能器端口 165 的中央轴线 166 的投影可不必与管段 105 的中央轴线 110 相交,但出于简化的目的,可相对于轴线 110 描述多种特征和部件的径向位置,通常理解的是,“径向内部”(相对于轴线 110)指的是通常邻近轴线 110 和钻孔 130 的位置,并且“径向外部分”(相对于轴线 110)指的是通常远离轴线 110 和钻孔 130 的位置。

[0048] 每个换能器端口 165 的内表面包括在端部 165a、b 之间的环形肩部 167 以及轴向地(相对于轴线 166)设置在肩部 167 与第一端部 165a 之间的内螺纹 169。如将在下文中更为详细描述的那样,肩部 167 帮助将换能器组件 200 设置在端口 165 内,并且螺纹 169 接合换能器组件 200 上的匹配螺纹,从而将换能器组件 200 螺纹地联接至端口 165 和管段 105。

[0049] 再次参见图 2 和 3,在使用期间,流体流动通过管路和通孔 130。换能器组件 200 经过在通孔 130 中的流体流来回地发送声信号。特别地,换能器组件 200 设置成使得从一个换能器组件 200 行进至另一换能器组件的声信号与流动通过流量计 100 的流体以相对于中央轴线 110 成锐角的方式交叉。电子仪器组件 40 联接至管段 105 的顶部,向传感器组件 200 提供动力,并经由在其间延伸的缆线 125 接收来自换能器组件 200 的信号。一旦接收了来自换能器组件 200 的信号,电子仪器组件就处理该信号以确定经过流量计 100 的钻孔 130 的产品的流体流速。

[0050] 现在参见图 3,气体超声波换能器组件 200 同轴地设置在端口 165 内并从通孔 130 延伸至凸台 135 的凹处 175。由此,换能器组件 200 具有中央或纵向轴线 205,当将换能器组件 200 联接至端口 165 内的管段 105 时,该中央或纵向轴线 205 通常与端口 165 的中央轴线 166 重合。从管段 105 的通孔 130 径向向外移动,换能器组件 200 包括压电舱 210、换能器保持器 230、变压器舱 250、多个变压器舱衬套 270、接收舱 300、以及电连接器 290。压电舱 210、换能器保持器 230、变压器舱 250、变压器舱衬套 270、和接收舱 300 首尾相连地轴向联接并相对于轴线 166、205 同轴地定向。由此,压电舱 210、换能器保持器 230、变压器舱 250、变压器舱衬套 270、和接收舱 300 都具有通常与轴线 205、166 重合的中央轴线。出于简洁的目的,轴线 166、205 于此用以限定换能器组件 200 的多种结构元件和部件的轴向位置,了解到的是,每个单独的部件具有当组装到换能器组件 200 中时通常与轴线 205 重合、并且当安装在端口 165 中时通常与轴线 166 重合的中央轴线。

[0051] 现在参见图 3-6,压电舱 210 具有邻近钻孔 130 的径向内部(相对于轴线 110)或第一端部 210a、远离钻孔 130 的径向外部分(相对于轴线 110)或第二端部 210b,并且包括本体或壳体 211、压电元件 212、匹配层 214、以及电连接器 216。在图 3-5 中,压电舱 210 被示出为具有匹配层 214 (例如,在匹配层 214 的安装之后),并且在图 6 中,压电舱 210 被示出为不具有匹配层 214 (例如,在包括匹配层 214 之前)。

[0052] 壳体 211 在端部 210a、b 之间轴向地(相对于轴线 205)延伸,并且由此,也可被描述为具有通常分别与端部 210a、b 重合的第一端部 211a 和第二端部 211b。压电舱 210 的

第一端部 210a 和壳体 211 的第一端部 211a 分别轴向地(相对于轴线 166、205)延伸至钻孔 130 并且暴露于在通孔 130 内流动的流体。另外,壳体 211 的第一端部 211a 包括从第一端部 211a 轴向地(相对于轴线 205)延伸的沉孔 213。压电元件 212 同轴地设置在沉孔 213 中邻近第一端部 211a 和钻孔 130。压电元件 212 为压电材料,该压电材料响应于施加的机械应力而产生电势,并且响应于施加的电场而产生机械应力和 / 或应变。更具体地,压电元件 212 响应于声信号产生电势即相关联的电流,并且响应于施加的电势和相关联的电流产生声信号。通常,压电元件 212 可包括诸如压电晶体或陶瓷之类的任何适合的压电材料。然而,在该实施方式中,压电元件 212 为压电晶体。

[0053] 匹配层 214 填充沉孔 213 的剩余部分并完全地环绕或包裹住压电元件 212。匹配层(例如,匹配层 214)可包括诸如塑料、金属、玻璃、陶瓷、环氧树脂、粉末填充的环氧树脂、橡胶、或粉末填充的橡胶之类的任何适合的材料。在该实施方式中,匹配层 214 包括注入到沉孔 213 中并以流体的形式围绕并越过该压电元件 212 并且允许凝固和硬化的环氧树脂。无论匹配层(例如,匹配层 214)的材料如何,该匹配层在压电元件(例如,压电元件 212)与流动通过流量计的流体(例如,在流量计 100 的钻孔 130 中流动的流体)之间提供声耦合。根据于此公开的某些实施方式,声匹配层具有位于压电元件的声匹配层与在流量计内的流体之间的声抗阻。利用在压电元件的匹配层与在流量计中的流体之间的匹配层的声抗阻,改善了超声波信号的质量(例如,更大的振幅和更快的上升时间)。

[0054] 依然参见图 3-6,匹配层 214 和压电元件 212 在沉孔 213 内联接至壳体 211。通常,匹配层 214 可通过包括但不限于焊接、过盈配合或弹簧配合、匹配螺纹的啮合、声连接器油、油脂或粘合剂之类的任何适合的方式联接至壳体 211。在该实施方式中,匹配层 214 通过环氧树脂的粘合剂直接地连接至壳体 211 的沉孔 213 的内部圆筒形表面。

[0055] 最佳如图 5 和 6 中所示,电连接器 216 设置于压电舱 210 的第二端部 210b 处并联接至壳体 211 的第二端部 211b。特别地,壳体 211 的第二端部 211b 包括从第二端部 211b 轴向地(相对于轴线 205)延伸的沉孔 215。电连接器 216 表面安装至设置在沉孔 215 中的电路板 217 并从该电路板 217 轴向地(相对于轴线 205)延伸。在该实施方式中,电连接器 216 为凹形的同轴缆线接收器或插口。通常,“同轴缆线”连接器(例如,凸形的同轴缆线连接器、凹形的同轴缆线连接器、同轴缆线插口、同轴缆线接收器等)为构造成并设计用于同轴用途、或同轴缆线、缆线和连接器。同轴缆线和连接器包括被管状的绝缘层环绕的内部电导体,该管状的绝缘层通常由具有高介电常数的材料构成,并且所有的同轴缆线和连接器都被导电层(通常由柔韧的细织线构成,或由薄金属箔构成)环绕,并最终在外部上覆盖薄的绝缘层。由此,同轴缆线和连接器包括径向内部导体和径向外导体,该径向外导体与内部导体是同心的并且通过管状的绝缘层与内部导体径向地间隔开。

[0056] 两条引线或导线(未示出)将压电元件 212 电联接至电路板 217 和电连接器 216。在压电舱 210 中的电路板 217 优选地包括位于在两个压电引线之间的电阻,以在将压电舱 210 与变压器舱 250 分离时,允许在压电元件 212 中的电荷安全地放电。在该实施方式中,电路板 217 包括在两个压电引线之间的一兆欧电阻(未示出),以在将压电舱 210 与变压器舱 250 分离时,允许在压电元件 212 中的电荷安全地放电。

[0057] 电路板 217 和电连接器 216 通过填充材料 218 相对于壳体 211 刚性地保持在适当的位置中,该填充材料 218 填充沉孔 215 的剩余部分并且围绕电连接器 216 的周界设置。在

图 5 中,将压电舱 210 示出为具有填充材料 218 (例如,在将填充材料 218 安装在沉孔 213 中之后),并且在图 6 中,将压电舱 210 示出为没有填充材料 218 (例如,在将填充材料 218 包括在沉孔 213 中之前)。通常,填充材料(例如,填充材料 218)可包括诸如塑料或环氧树脂之类的任何适合的材料。填充材料 218 优选地与电路板 217、电连接器 216、沉孔 215 中的任何电阻和引线、以及壳体 211 形成粘结结合,以将这些部件中的每个刚性地保持在适当的位置中。在该实施方式中,填充材料 218 为类似于匹配层 214 的刚性的环氧树脂。

[0058] 仍然参照图 3-6,壳体 211 的径向(相对于轴线 205)外表面包括处于第二端部 211b 处的外螺纹 221、位于端部 211a、b 之间的环形凸缘 222、以及在螺纹 221 与凸缘 222 之间轴向地(相对于轴线 205)设置成邻近于凸缘 222 的环形凹部或沟槽 223。最佳如图 3 和 4 中所示,环形沟槽 223 和设置在其中的环形密封构件 225 限定径向地(相对于轴线 205)设置在壳体 211 与换能器保持器 230 之间的密封组件 227。密封组件 227 在壳体 211 与换能器保持器 230 之间形成环形密封,并限制和 / 或防止流体在换能器保持器 230 与壳体 211 之间的轴向流动(例如,相对于轴线 205)。例如,密封组件 227 限制和 / 或防止钻孔 130 中的流体在壳体 211 与换能器保持器 230 之间流动。在该实施方式中,环形密封构件 225 为弹性的 O 形圈密封件,一旦组装,该环形密封构件 225 就在壳体 211 与换能器保持器 230 之间被径向压缩。

[0059] 现在参见图 3 和 4,换能器保持器 230 具有邻近钻孔 130 的径向内部(相对于轴线 110)或第一端部 230a、以及远离钻孔 130 的径向外侧(相对于轴线 110)或第二端部 230b。每个端部 230a、b 分别包括具有内螺纹 232、234 的沉孔 231、233。沉孔 231、233 分别从端部 230a、230b 轴向地(相对于轴线 205)延伸。压电舱 210 的第二端部 210b 经由匹配螺纹 221、232 被沉孔 231 螺纹地接收,并且如将在下文中更为详细地所述,变压器舱 250 被沉孔 233 螺纹地接收。匹配螺纹 221、232 的啮合优选地足以抵抗由截留的会已随时间的流逝而不期望地渗透密封组件 227 的压电流体产生的潜在的力。螺纹 221、232 的这种坚固的啮合在将换能器保持器 230 和压电舱 210 从端口 165 上移除时或在降低钻孔 130 内的压力时会是重要的。当将压电舱 210 从换能器保持器 230 上松脱时,任何截留在换能器保持器 230 与压电舱 210 之间的气体可在密封组件 227 的周围排出。

[0060] 电连接器 235 同轴地设置在通孔 236 中,该通孔 236 轴向地(相对于轴线 205)延伸经过沉孔 231、233 之间的换能器保持器 230。连接器 235 包括分别连接至压电舱 210 和变压器舱 230 的端部 235a、b。连接器 235 将压电舱 210 与变压器舱 230 电联接并允许关于在钻孔 130 中从压电舱 210 流至变压器舱 250 的流体的数据的通信。在该实施方式中,电连接器 235 为同轴的或“同轴缆线的”连接器,该连接器包括处于每个端部 235a、b 处的同轴缆线连接器。如将在下文中更为详细地描述的那样,在该实施方式中,端部 235a、b 处的同轴缆线连接器都是凸形的同轴缆线连接器,该凸形的同轴缆线连接器在变压器舱 250 和压电舱 210 中匹配并接合对应的凹形同轴缆线连接器。

[0061] 仍然参见图 3 和 4,在电连接器 235 与换能器保持器 230 之间形成环形密封件 242,从而限制和 / 或防止流体在连接器 235 与换能器保持器 230 之间的轴向流动(相对于轴线 205)。形成在连接器 235 与换能器保持器 230 之间的环形密封件 242 优选地足以经受住钻孔 130 中的预期流体压力,该预期流体压力通常在约 1psi 与 10,000psi 之间。因此,如果钻孔 130 内的加压流体随时间的流逝而渗透或旁路经过密封组件 227,则环形密封件 242 还

提供了另一屏障以限制和 / 或防止钻孔 130 中的流体到达变压器舱 250、衬套 270、接收器舱 300 以及流量计 100 外部的环境。在该实施方式中,密封件 242 为处于联接器 235 与换能器保持器 230 之间的玻璃密封件。

[0062] 换能器保持器 230 的径向外(相对于轴线 205)表面包括邻近第二端部 230b 的环形肩部 237、设置在肩部 237 与第一端部 230a 之间的外螺纹 238、以及轴向地(相对于轴线 205)设置在外螺纹 238 与第一端部 230a 之间的多个环形凹部或沟槽 239。环形密封构件 241 设置在每个沟槽 239 中。沟槽 239 和设置在其中的密封件 241 一起限定径向地(相对于轴线 205)设置在换能器保持器 230 与管段 105 之间的密封组件 240。密封组件 240 限制和 / 或防止流体在换能器保持器 230 与管段 105 之间的轴向流动(相对于轴线 205)。因此,密封组件限制和 / 防止钻孔 130 中的流体在换能器保持器 230 与管段 105 之间流动。在该实施方式中,每个环形密封构件 241 为弹性的 O 形圈密封件,一旦组装,该其环形密封构件 241 在管段 105 与换能器保持器 230 之间被径向地压缩。

[0063] 如前所述,密封组件 227 限制和 / 或防止流体(例如,在钻孔 130 中流动的流体)在换能器保持器 230 与壳体 211 之间的流动,环形密封件 242 限制和 / 防止流体在联接件 235 与换能器保持器 230 之间的轴向流动(相对于轴线 205),并且密封组件 240 限制和 / 或防止流体在换能器保持器 230 与管段 105 之间的流动。由此,密封组件 227、密封组件 240 和密封件 242 一起工作以限制和 / 或防止钻孔 130 中的潜在危险的、污染性的、或腐蚀性的流体经由端口 165 从钻孔 130 泄漏。限制和 / 或防止流体从钻孔 130 流动通过端口 165 在钻孔 130 中的流体包含有毒的和 / 或有害的物质(例如,该流体是包含硫化氢的碳氢化合物物流)的情况下是特别重要的。密封组件 227、密封组件 240、和密封件 242 也起作用以维持在管段 105 外部的周围环境与钻孔 130 中的压电流体之间的压力差。由此,虽然压电舱 210 暴露于钻孔 130 中的流体以及相关的压力,但是变压器舱 250、衬套 270 和接收器舱 300 与钻孔 130 内的流体和压力隔离。特别地,变压器舱 250、衬套 270、和接收器舱 300 仅仅经受管段 105 外部的周围环境。

[0064] 换能器保持器 130 经由匹配螺纹 169、238 螺纹地联接至管段 105,并且换能器保持器 230 的环形肩部 237 接合端口 165 的环形肩部 167。在组装期间,换能器保持器 230 被旋拧并轴向地(相对于轴线 166)推进到端口 165 中直到肩部 167、237 接合,从而防止换能器保持器 230 (和换能器组件 200)到端口 165 中的继续的轴向推进。由此,端口 165 中的肩部 167 限定换能器保持器 230 (和换能器组件 200)在端口 165 内的轴向位置。

[0065] 现在参见图 3、4、7 和 8,变压器舱 250 具有径向内部(相对于轴线 110)或第一端部 250a 和径向外(相对于轴线 110)或第二端部 250b,并包括本体或壳体 251、变压器 252、和电连接器 253。壳体 251 在端部 250a、b 之间轴向地延伸(相对于轴线 205),并且由此,也可被描述为具有分别与端部 250a、b 重合的第一端部 251a 和第二端部 251b。另外,壳体 251 包括在端部 251a、b 之间轴向地延伸(相对于轴线 205)的通孔 254。

[0066] 最佳如图 7 和 8 中所示,电连接器 253 设置于变压器舱 250 的第一端部 250a 处并联接至壳体 251 的第一端部 251a。特别地,电连接器 253 表面安装至设置在通孔 254 中的电路板 255 并从该电路板 255 上轴向地延伸(相对于轴线 205)。在该实施方式中,电连接器 253 为凹形的同轴缆线接收器或插口。第一对引线或导线(未示出)将变压器 252 电联接至电路板 255 和电连接器 253,并且第二对引线或导线(未示出)电联接变压器 252 和接收器

舱 300。通常,变压器 252 匹配压电元件 212 对电子设备的阻抗。

[0067] 电路板 255 和电连接器 253 通过填充材料 256 在通孔 254 内相对于壳体 251 刚性地在适当的位置中,该填充材料 256 填充通孔 254 的剩余部分。在图 7 中,将变压器舱 250 示出为具有填充材料 256 (例如,在将填充材料 256 安装在通孔 254 中之后),并且在图 8 中,将变压器舱 210 示出为没有填充材料 256 (例如,在将填充材料 256 包括在通孔 254 中之前)。通常,填充材料 (例如,填充材料 256) 可包括诸如塑料或环氧树脂之类的任何适合的材料。填充材料 256 优选地在电路板 255、电连接器 253、引线、与壳体 251 之间形成粘结结合,该粘结结合足以将这些部件刚性地保持在适当的位置中。在该实施方式中,填充材料 256 为类似于匹配层 214 的刚性的环氧树脂。

[0068] 仍然参照图 3、4、7 和 8,壳体 256 的径向外 (相对于轴线 205) 表面包括处于第二端部 251b 处的凹口或凹部 257、处于端部 251a、b 之间的外螺纹、以及邻近第一端部 251a 的多个平面状的平坦部。具体地,外螺纹 258 轴向地设置 (相对于轴线 205) 在第二端部 251b 与平坦部 259 之间,并且平坦部 259 轴向地设置 (相对于轴线 205) 在外螺纹 258 与第一端部 251a 之间。在该实施方式中,成角度地间隔开 180° 的两个平坦部 259 设置在壳体 251 上。通常,平坦部 259 提供相对的平坦表面用于变压器舱 250 与扳手的接合和夹紧,该扳手可用于相对于其它部件旋转变压器舱 250。壳体 251 的径向内表面 (相对于轴线 205) 包括处于第二端部 251b 处的内螺纹 261。

[0069] 最佳如图 3 和 4 中所示以及如前所述,电连接器 235 设置在通孔 236 中并在压电舱 210 与变压器舱 250 之间延伸。同轴缆线连接器的每个端部 235a、b 分别与电连接器 216、253 接合并匹配,从而电联接压电舱 210 与变压器舱 250。特别地,变压器舱 250 经由匹配螺纹 234、258 螺纹地推进到换能器保持器 230 的沉孔 233 中,直至将凸形的同轴缆线连接器 235b 充分地接收并安置在匹配的电连接器 253 中。同样,变压器舱 210 的第二端部 210b 经由匹配螺纹 221、232 螺纹地推进到换能器保持器 230 的沉孔 231 中,直至将凸形的同轴缆线连接器 235a 充分地接收并安置在匹配的电连接器 216 中。由此,压电舱 210 和变压器舱 250 通过电连接器 235 轴向地间隔开 (相对于轴线 205)。

[0070] 现在参见图 3、4 和 9,每个大致呈圆筒形的衬套 270 具有径向内部 (相对于轴线 110) 或第一端部 270a、径向外表面 (相对于轴线 110) 或第二端部 270b,并包括在端部 270a、b 之间延伸的通孔 271。第一端部 270a 包括外螺纹 272,并且第二端部 270b 包括内螺纹 273。另外,每个衬套 270 的径向外表面 (相对于轴线 205) 包括凹部或凹口 274、多个平面状的平坦部 275、以及环形环或凸缘 276。凹口 274 和平坦部 275 设置于第二端部 270b,而环形凸缘 276 设置成邻近第一端部 270a。凹口 274 和平坦部 275 每个都从第二端部 270b 轴向地延伸 (相对于轴线 205)。在该实施方式中,成角度地间隔开 180° 的两个平坦部 275 设置在每个衬套 270 上。通常,平坦部 275 提供相对的平坦的表面用于衬套 270 与扳手的接合和夹紧,该扳手可用于使衬套 270 相对于其它部件旋转。最佳如图 9 中所述,凸缘 276 具有径向测量 (相对于轴线 205) 的高度 H_{276} ,该高度 H_{276} 大于它的轴向测量 (相对于轴线 205) 的宽度 W_{276} ,并且由此凸缘 276 也可被描述为“薄的”环或凸缘。如将在下文中更为详细地描述的那样,每个衬套 270 的凸缘 276 被构造为是“薄的”,使得可被变形并弯曲到匹配凹口 (例如,前述凹口 274 或凹口 257) 中。虽然在图 9 中仅详细地示出了一个衬套 270,但每个衬套 270 都是被类似地构造的。然而,每个衬套 270 的轴向长度视情况而定可以是不同的。

[0071] 具体参见图 3 和 4, 每个衬套 270 螺纹地联接至换能器组件 200 中的相邻部件。出于随后进行说明的目的, 图 3 和 4 中所示的最右侧的衬套 270 将被称作“第一衬套 270”, 并且图 3 和 4 中所示的最左侧的衬套 270 将被称作“第二衬套 270”。在该实施方式中, 第一衬套 270 的第一端部 270a 被变压器舱 250 的通孔 254 螺纹地接收于第二端部 250b, 并且第二衬套 270 的第一端部 270a 被通孔 271 螺纹地接收于第一衬套 270 的第二端部 270b。特别地, 第一衬套 270 经由匹配螺纹 261、272 被螺纹地推进到通孔 254 中, 直至第一衬套 270 的凸缘 276 接合或抵接变压器舱 250 的第二端部 250b, 并且第二衬套 270 于该第二衬套 270 的第二端部 270b 处经由匹配螺纹 272、273 被螺纹地推进到通孔 271 中, 直至第二衬套 270 的凸缘 276 接合或抵接第一衬套 270 的第二端部 270b。一旦第一衬套 270 的凸缘 276 与变压器舱 250 的第二端部 250b 接合, 凸缘 276 就被变形并弯曲成与变压器舱 250 的匹配凹口 257 相接合, 从而限制和 / 或防止衬套 270 相对于变压器舱 250 的旋转。同样, 一旦第二衬套 270 的凸缘 276 与第一衬套 270 的第二端部 270b 接合, 凸缘 276 就被变形并弯曲成与第一衬套 270 的匹配凹口 274 接合, 从而限制和 / 或防止第二衬套 270 相对于第一衬套 270 的旋转。为了使得凸缘 276 能够变形和弯曲, 每个变压器衬套 270 优选地包括诸如铝或黄铜之类的可锻金属。此外, 每个衬套 270 均可为镀镍的或受过阳极化处理的以增强抗腐蚀性。如将在下文中更为详细地描述的那样, 虽然在图 3 的换能器组件 200 中示出了两个变压器衬套 270, 但是通常, 可在每个气体超声波换能器组件 200 中利用任何数量的变压器衬套 270。

[0072] 现在参见图 3 和图 10-13, 接收器舱 300 包括壳体 310、护圈 320、保持器 330、和接收器 340。壳体 310、护圈 320、保持器 330、和接收器 340 同心且同轴地设置, 通常每个都以共同的中央轴线(例如, 轴线 205)为中心。具体地, 护圈 320 径向地设置在壳体 310 内, 保持器 330 径向地设置在护圈 320 内, 并且接收器 340 径向地设置在保持器 330 内。

[0073] 壳体 310 具有径向内部(相对于轴线 110)或第一端部 310a、径向外表面(相对于轴线 110)或第二端部 310b, 并包括在端部 310a、b 之间轴向地延伸(相对于轴线 205)的通孔 311。由通孔 311 限定的壳体 310 的径向内表面(相对于轴线 205)包括在端部 310a、b 之间轴向地(相对于轴线 205)设置的环形肩部 313。另外, 壳体 310 的内表面包括成角度地间隔开 180° 的平面状的平坦部 314, 以及成角度地间隔开 180° 的弯曲的或轮廓相合的凹处或凹部 315。每个平坦部 314 与每个凹处 315 成角度地间隔开 90° , 使得每个平坦部 314 沿圆周地设置在两个凹处 315 之间。平坦部 314 和凹处 315 每个都从肩部 313 朝向第一端部 310a 轴向地延伸(相对于轴线 205)。最佳如图 12 和 13 中所示, 导线端子 345 在一个平坦部 314 与第一端部 310a 之间、在通孔 311 内电联接至壳体 310 的内表面。在该实施方式中, 导线端子 345 利用传动螺杆联接至壳体 310。

[0074] 仍然参见图 3 和 10-13, 壳体 310 的径向外表面(相对于轴线 205)包括处于第一端部 310a 处的外螺纹 316 和处于第二端部 310b 处的多个平面状的平坦部 317。在该实施方式中, 设置了六个均匀地成角度地间隔开的平坦部 317, 从而限定六角形的构造。通常, 平坦部 317 提供了多组相对的平坦的表面, 用于壳体 310 与扳手的接合和夹紧, 该扳手可用于使壳体 310 相对于其它部件旋转。壳体 310 的径向外表面还包括轴向地设置(相对于轴线 205)在螺纹 316 与平坦部 317 之间的薄的环形环或凸缘 318。

[0075] 最佳如图 3, 壳体 310 的第一端部 310a 被衬套 270 的通孔 271 螺纹地接收于第二

端部 270b 处。特别地,壳体 310 经由匹配螺纹 273、316 被螺纹地推进到通孔 271 中,直至壳体 310 的凸缘 318 接合或抵接衬套 270 的第二端部 270b。一旦壳体 310 的凸缘 318 与衬套 270 的第二端部 270b 接合,凸缘 318 就被变形并弯曲成与衬套 270 的匹配凹口 274 接合,从而限制和 / 或防止壳体 310 相对于衬套 270 的旋转。为了使得凸缘 318 能够变形和弯曲,壳体 310 优选地包括诸如铝或黄铜之类的可锻金属。此外,壳体 310 可为镀镍的以增强抗腐蚀性。

[0076] 再次参见图 3 和 10-13,护圈 320 具有径向内部(相对于轴线 110)或第一端部 320a、径向外表面(相对于轴线 110)或第二端部 320b,并包括在端部 320a、b 之间轴向地延伸(相对于轴线 205)的通孔 321。由通孔 321 限定的护圈 320 的径向内表面(相对于轴线 205)包括在端部 320a、b 之间轴向地设置(相对于轴线 205)、但邻近于第一端部 320a 的环形肩部 323。

[0077] 护圈 320 的径向外表面(相对于轴线 205)包括多个平面状的平坦部 323 和径向地(相对于轴线 205)向外延伸的多个突出部或凸部 324。在该实施方式中,设置了两个成角度地间隔开 180° 的平坦部 323。每个平坦部 323 从第一端部 320a 完全地延伸至第二端部 320b,且被确定尺寸和构造成与壳体 310 的一个平坦部 314 滑动地接合和匹配。此外,在该实施方式中,于第一端部 320a 处设置有两个成角度地间隔开 180° 的凸部 324。每个凸部 324 被确定尺寸和构造成与壳体 310 的一个凹处 315 滑动地接合和匹配。最佳在图 11 和 12 中所示,护圈 320 同轴地设置在壳体 310 内。护圈 320 的凸部 324 设置在壳体 310 的匹配凹处 315 中,并且护圈 320 的平坦部 323 接合壳体 310 的匹配平坦部 314,从而形成限制和 / 或防止护圈 320 相对于壳体 310 的旋转的键控接合。此外,凸部 324 接合或抵接壳体 310 的肩部 313,从而有助于护圈 320 相对于壳体 310 的轴向定位(相对于轴线 205)。

[0078] 具体参见图 10-12,护圈 320 还包括贯通的槽孔 325,槽孔 325 经过护圈 320 从护圈 320 的外表面径向地(相对于轴线 205)延伸至护圈 320 的内表面。槽孔 325 与轴线 205 轴向地对齐并具有径向内部(相对于轴线 205)或第一端部 325a 和径向外表面(相对于轴线 205)或第二端部 325b。最佳如图 10 和 11 中所示,槽孔 325 具有在端部 325a、b 之间轴向测量(相对于轴线 205)的长度 L_{325} 、在槽孔 325 的横向侧面沿圆周地测量的宽度 W_{325} 、和在护圈 320 的径向外表面与径向内表面之间径向(相对于轴线 205)测量的深度 D_{325} 。槽孔 325 的长度 L_{325} 比它的宽度 W_{325} 大,并且由此,可将槽孔 325 称为是“细长的”。

[0079] 槽孔 325 被确定尺寸和构造成用以接收半径为 R_{326} 的球 326。最佳如图 10 和 11 中所示,槽孔 325 的长度 L_{325} 大于该半径 R_{326} 的四倍(即,大于球 326 的直径的两倍),槽孔 325 的宽度 W_{325} 略大于半径 R_{326} 的两倍(即,略大于球 326 的直径),并且槽孔 325 的深度 D_{325} 小于半径 R_{326} 的二倍(即,小于球 326 的直径)。由此,球 326 在槽孔 325 内在端部 325a、b 之间能够自由移动,被阻止相对于槽孔 325 沿圆周地或横向地移动,并且从槽孔 325 径向地(相对于轴线 205)延伸。

[0080] 再次参见图 3 和 10-13,保持器 330 具有径向内部(相对于轴线 110)或第一端部 330a、径向外表面(相对于轴线 110)或第二端部 330b,并包括在端部 330a、b 之间轴向地延伸(相对于轴线 205)的通孔 331。通孔 331 通常为圆筒形的并包括在端部 330a、b 之间轴向地延伸(相对于轴线 205)的内螺纹 332。此外,保持器 330 的径向(相对于轴线 205)外表面包括位于第一端部 330a 处的环形凸缘 333、处于第二端部 330b 处的环形沟槽或凹部 334、以

及在端部 330a、b 之间轴向地(相对于轴线 205)设置的螺旋形沟槽或凹部 335。

[0081] 最佳如图 11 和 12 中所示,在该实施方式中,环形凹部 334 为矩形截面,并包括通常平行于轴线 205 定向的圆筒形基部 334a、以及一对通常垂直于轴线 205 的轴向地(相对于轴线 205)间隔开的横向环形侧壁 334b。每个侧壁从基部 334a 径向地(相对于轴线 205)向外延伸至保持器 330 的外表面。环形凹部 334 被确定尺寸并构造成与围绕保持器 330 设置在凹部 334 内的止挡或保持构件 336 匹配。如图 10 中所示,止挡构件 336 具有端部 336a、b,并通常被成形为如同开口环。端部 336a、b 成角度地间隔开超过 180° (相对于轴线 205)。最佳如图 10 和 11 中所示,止挡构件 336 具有大体上与凹部 334 的圆筒形基部 334a 的直径 D_{334a} 相同或比其略大的内径 D_{336} 。然而,由于端部 336a、b 成角度地间隔开超过 180° (相对于轴线 205),因此,端部 336a、b 之间的最小的分隔距离 L_{336} 小于内径 D_{336} 并小于外径 D_{334a} 。由此,当将止挡构件 336 安装至保持器 330 处于凹部 334 内时,端部 336a、b 在保持器 330 经过端部 336a、b 之间时被推开或迫使分开,并且随后在它们移动到保持器 330 和凹部 334 的下半部分中时,卡扣或弹跳回它们最初的定向和分隔距离 L_{336} 。此外,在该实施方式中,衬套环或垫圈 337 围绕保持器 330 设置,并且分别轴向地(相对于轴线 205)放置在止挡构件 336 与壳体 310 的第二端部 310b 之间以及放置在止挡构件 336 与护圈 320 的第二端部 320b 之间。在将止挡构件 336 充分地安置在凹部 334 中的情况下,端部 336a、b 限制和 / 或防止止挡构件 336 相对于保持器 330 的径向运动(相对于轴线 205)。

[0082] 最佳如图 10 中所示,螺旋形沟槽 335 具有第一端部 335a 以及与第一端部 335a 轴向地间隔开(相对于轴线 205)的第二端部 335b。此外,螺旋形沟槽 335 完全地围绕着保持器 330 沿圆周地延伸。具体地,沿着螺旋形沟槽 335 从端部 335a 移动至端部 335b,螺旋形沟槽 335 延伸通过大于或等于 360° 的角距离。此外,最佳如图 11 和 12 中所示,螺旋形沟槽 335 在截面上为拱形的或弯曲的,具有曲率半径 R_{335} 和深度 D_{335} 。螺旋形沟槽 335 的曲率半径 R_{335} 与球 326 的半径 R_{326} 大体相同或略大,并且螺旋形沟槽 335 的深度 D_{335} 小于球 326 的半径 R_{326} (即,小于球 326 的直径的一半)。由此,沟槽 335 被确定尺寸并构造成接收球 326。槽孔 325 轴向地延伸(相对于轴线 205)穿过螺旋形沟槽 335。槽孔 325 的长度 L_{325} 是足够大的,使得槽孔 325 在螺旋形沟槽 335 的两个端部 335a、b 之上轴向地延伸(相对于轴线 205)。此外,球 326 设置在槽孔 325 和沟槽 335 中。由于球 326、槽孔 325、和螺旋形沟槽 335 的按尺寸精加工,通过壳体 310 的内表面阻止了球 326 径向地(相对于轴线 205)移动脱离与槽孔 325 和沟槽 335 的接合。

[0083] 再次参照图 3 和 10-13,保持器 330 同轴地设置在护圈 320 内。特别地,保持器 330 的径向外表面(相对于轴线 205)滑动地接合护圈 320 的由通孔 321 限定的径向内表面。换言之,并未将保持器 330 和护圈 320 螺纹地接合在一起。通过止挡构件 336 和护圈 320 的肩部 322 阻止保持器 330 相对于护圈 320 轴向地移动(相对于轴线 205)。具体地,保持器 330 的环形凸缘 333 接合护圈 320 的肩部 322,并且止挡构件 336 接合凹部 334 的横向侧壁 334b 和垫圈 337。然而,保持器 330 能够相对于护圈 320 围绕轴线 205 自由旋转。在保持器 330 围绕轴线 205 旋转期间,止挡构件 336 滑动地接合垫圈 337,并且球 326 能够在槽孔 325 和沟槽 335 内自由滚动。如前所述,球 326 被限制和 / 或防止与槽孔 325 和螺旋形沟槽 335 脱离接合。此外,保持器 330 相对于护圈 320 的旋转受到球 326 与螺旋形沟槽 335 的端部 335a 或端部 335b 的接合的限制。换言之,随着使保持器 330 围绕轴线 205 在第一方向

中旋转,球 326 在沟槽 335 中移动,直至它接合沟槽 335 的一个端部 335a、b,从而限制和 / 或防止保持器 330 相对于护圈 320 在该第一方向中继续旋转。同样,随着使保持器 330 围绕轴线 205 在与第一方向反向的第二方向中旋转,球 326 在沟槽 335 中移动,直至它接合沟槽 335 的另一个端部 335a、b,从而限制和 / 或防止保持器 330 相对于护圈 320 在该第二方向中继续旋转。由于端部 335a、b 成角度地间隔开超过 360° , 因此,保持器 330 能够在接合另一个端部 225a、b 之前,从每个端部 335a、b 围绕轴线 205 自由旋转。由此,螺旋形沟槽 335 构造成允许保持器 330 相对于护圈 320 旋转满 360° , 但防止该旋转远超过 360° 。

[0084] 接收器 340 同轴地设置在保持器 330 内并具有径向内部(相对于轴线 110)或第一端部 340a 以及径向外部分(相对于轴线 110)或第二端部 340b。接收器 340 的径向外部分(相对于轴线 205)包括在端部 340a、b 之间延伸的外螺纹 341。具有内螺纹 343 的锁紧螺母 342 围绕保持器 330 设置成邻近第二端部 340b。特别地,锁紧螺母 342 经由匹配螺纹 341、343 螺纹地联接至保持器 330。此外,第二端部 340b 包括连接至联接器 290 的连接器 344。连接器 344 电联接至穿过每个衬套 270 的通孔 271 从第一端部 340a 轴向地延伸(相对于轴线 205)至变压器 252 的导线(未示出),从而利用电联接器 290 电联接变压器 252 与缆线 125, 并允许在变压器 252 与缆线 125 之间的数据通信。在该实施方式中,连接器 344 为接收电联接器 290 的凹形的同轴缆线连接器。

[0085] 最佳如图 11-13 中所示,接收器 340 同轴地设置在保持器 330 内。具体地,接收器 340 被通孔 331 螺纹地接收,并经由匹配螺纹 332、341 被轴向地(相对于轴线 205)推进或推出该通孔 331。锁紧螺母 342 被旋拧至接收器 340 并接合保持器 330 的第二端部 330b,从而限制和 / 或防止在保持器 330 与接收器 340 之间的相对轴向运动(相对于轴线 205)。

[0086] 现在参见图 10-12,可通过将接收器 340 的第一端部 340a 于保持器 330 的第二端部 330b 处轴向地(相对于轴线 205)插入到通孔 331 中,并将接收器 340 经由匹配螺纹 332、341 旋拧到通孔 331 中,直至端部 330a、340a 彼此轴向地(相对于轴线 205)对齐或邻近来组装接收器舱 300。随后,将锁紧螺母 342 从第二端部 340b 旋拧到接收器 340 上,直至锁紧螺母 342 接合第二端部 330b,从而限制和 / 或防止在保持器 330 与接收器 340 之间的相对的轴向和旋转运动(相对于轴线 205)。接着,将(现在包括接收器 340 的)保持器 330 的第二端部 330b 于护圈 320 的第一端部 320a 处插入到通孔 321 中,并轴向地(相对于轴线 205)推进到护圈 320 中,直至保持器 330 的环形凸缘 333 接合护圈 320 的肩部 322。护圈 320 中的槽孔 325 和保持器 330 的螺旋形沟槽 335 被确定尺寸和定位成使得当凸缘 330 抵接肩部 322 时,槽孔 325 与螺旋形沟槽 335 重叠。接着,将球 326 放置在槽孔 325 中,它的径向下部(相对于轴线 205)接合螺旋形沟槽 335。在将球 326 充分地放置在槽孔 325 和螺旋形沟槽 335 中的情况下,护圈 320 的凸部 324 和平坦部 323 分别与壳体 310 的凹处 315 和平坦部 314 沿圆周地对齐;并且,将护圈 320 的第二端部 320b 于第一端部 310a 处插入到并轴向地推进到壳体 310 的通孔 311 中,直至环形凸部 324 接合肩部 313。如前所述,凸部 324 与凹处 315 的接合、平坦部 323 与平坦部 314 的接合、护圈 320 与壳体 310 的接合被限制和 / 或防止相对于彼此的旋转(围绕轴线 205)。此外,如前所述,在将壳体 310 围绕护圈 320 和保持器 330 设置的情况下,通过壳体 310 的径向内(相对于轴线 205)表面,阻止和 / 或防止球 326 与槽孔 325 和螺旋形沟槽 335 脱离接合。接着,将接收器 340 的第二端部 340b 和保持器 330 的第二端部 330b 分别插入到垫圈 337 中,并且将垫圈 337 轴向地(相对于轴线 205)

推进到接收器 340 和保持器 330 之上,直至它接合护圈 320 的第二端部 320b 和壳体 310 的第二端部 330b。在将垫圈 337 适当设置的情况下,将止挡构件 336 围绕保持器 330 设置在凹部 334 内,从而限制和 / 或防止在保持器 330、护圈 320 与壳体 310 之间的相对的轴向运动(相对于轴线 205)。然而,如前所述,允许保持器 330 并且因此允许接收器 340 按照由球 326 和螺旋形沟槽 335 的接合所允许的那样相对于护圈 320 旋转。

[0087] 现在参见图 3,电连接器 290 包括连接至接收器 340 的第一端部 290a 和连接至缆线 125 的第二端部 290b。在该实施方式中,连接器 290 为 90° 推拉式插塞,端部 290a、b 通常定向成 90° 间隔开。此外,在该实施方式中,第一端部 290a 为与凹形的同轴缆线连接器 344 匹配的凸形的同轴缆线连接器。由此,连接器 290 电联接缆线 125 与接收器 340 和换能器组件 200,从而使得数据能够在其间进行通信。缆线 125 从电连接器 290 的第二端部 290b 延伸至电子仪器组件 40,该电子仪器组件 40 接收来自所用气体超声波换能器组件的数据并计算管段 105 的钻孔 130 内的流体流速。

[0088] 最佳如图 3 中所示, 90° 推拉式插塞连接器 290 优选地设置并定向成使得第一端部 290a 轴向地(相对于轴线 166)延伸到钻孔 165 中,邻近接收器 344,并且第二端部 290b 在凸台 135 的凹处 175 内径向地(相对于轴线 166)向上延伸。特别地,第一端部 290a 优选地轴向地(相对于轴线 166)延伸到钻孔 165 中,邻近接收器 344,以使得能够将第一端部 290a 插入到匹配的同轴缆线接收器 344 中。此外,第二端部 290b 在凸台 135 的凹处 175 内优选地径向地(相对于轴线 166)向上延伸,以使得(a)通过盖 120 来屏蔽并保护缆线 125 和连接器 290,并使得(b)缆线 125 朝着设置在管段 105 的顶部上的电子仪器组件 40 向上延伸。如前所述,保持器 330 和接收器 340 可相对于护圈 320 旋转满 360° ,从而使得推拉式插塞连接器 290 能够旋转满 360° ,以确保第二端部 290b 在凹处 175 内的恰当对齐。然而,接收器 340 和护圈 320 的旋转受到螺旋形沟槽端部 335a、b 与球 326 的接合的限制,并且由此,限制和 / 或防止推拉式插塞连接器 290 的过度旋转和缆线 125 的不期望的过度扭转。

[0089] 现在参见图 3、4 和 10-12,可改变组装换能器组件 200 的多个部件的次序。然而,优选地在插入到端口 165 中之前,组装换能器组件 200,此外,优选地在将变压器舱 250 联接至换能器保持器 230 之前,组装包括变压器舱 250、衬套 270、和接收器舱 300 在内的第一子组件。再者,可在将第一子组件(包括变压器舱 250、衬套 270、和接收器舱 300)联接至换能器保持器 230 之前或之后,将压电舱 210 联接至该换能器保持器 230。然而,在将压电舱 210 和第一子组件(包括变压器舱 250、衬套 270、和接收器舱 300)螺纹地联接至换能器保持器 230 之前,将密封好的电连接器 235 设置在(相对于轴线 205)换能器保持器 230 的通孔 236 中。

[0090] 现在将参照图 3、4 和 10-12 来描述用于组装气体换能器组件 200 的示例性方法。可通过以任一特定的顺序联接变压器舱 250、衬套 270、和接收器舱 300 来组装包括变压器舱 250、衬套 270、和接收器舱 300 在内的第一子组件。在下文的示例性组装方法中,将以如图 3 中所示的从右向左移动的顺序来组装这些组件。将具有连接至变压器舱 250 的电路板 255 的端部的一对变压器次级导线(未示出)轴向地(相对于轴线 205)供给到第一衬套 270 的通孔 271 中并完全地穿过第一衬套 270 的通孔 271。随后,通过将第一衬套 270 的第一端部 270a 轴向地(相对于轴线 205)插入到变压器舱 250 的沉孔 254 中,并将第一端部 270a 经由匹配螺纹 261、272 旋拧到沉孔 254 中,直至凸缘 270 接合变压器舱 250 的第二端部 250b,

而将第一衬套 270 联接至变压器舱 250。可将第一衬套 270 的第二端部 270b 上的平坦部 275 以及变压器舱 250 的第一端部 250a 上的平坦部 259 用于使第一衬套 270 相对于变压器舱 250 旋转。在将第一衬套 270 的第一端部 270a 充分地设置在沉孔 254 中的情况下,凸缘 276 被变形并弯曲到变压器舱 250 的凹口 257 中,从而限制和 / 或防止第一衬套 270 相对于变压器舱 250 的旋转(以及进一步的拧紧或松脱)。随后,将具有连接至变压器舱 250 的电路板 255 的端部并延伸通过第一衬套 270 的通孔 271 的一对变压器次级导线(未示出)轴向地(相对于轴线 205)供给到第二衬套 270 的通孔 271 中并完全地穿过第二衬套 270 的通孔 271。接着,通过将第二衬套 270 的第一端部 270a 于第二端部 270b 处轴向地(相对于轴线 205)插入到第一衬套 270 的通孔 271 中,并将第二衬套 270 的第一端部 270a 经由匹配螺纹 272、273 旋拧到第一衬套 270 的通孔 271 中,直至第二衬套 270 的凸缘 276 接合第一衬套 270 的第二端部 270b,而将第二衬套 270 联接至第一衬套 270。可将第二衬套 270 的第二端部 270b 上的平坦部 275 和第一衬套 270 的第二端部 270b 上的平坦部 275 (或变压器舱 250 的第一端部 250a 上的平坦部 259)用于使第二衬套 270 相对于第一衬套 270 和变压器舱 250 旋转。在将第二衬套 270 的第一端部 270a 充分地设置在第一衬套 270 的通孔 271 中的情况下,第二衬套 270 的凸缘 276 被变形并弯曲到第一衬套 270 的凹口 274 中,从而限制和 / 或防止第二衬套 270 相对于第一衬套 270 和变压器舱 250 的旋转(和进一步的拧紧或松脱)。

[0091] 将接地导线(未示出)的一个端部卷曲至导线端子 345,利用该传动螺杆 346 将该导线端子 345 紧固至壳体 310。将接地导线(未示出)的另一端部焊接至从接收器 340 的第一端部 340a 延伸的第一销(例如,销 1)。此外,将具有连接至变压器舱 250 的电路板 255 的端部并延伸通过第一衬套 270 的通孔 271 和第二衬套 270 的通孔 271 的一对变压器次级导线(未示出)分别焊接至从接收器 340 的第一端部 340a 延伸的第二销和第三销(例如,销 2 和 3)。

[0092] 接着,通过将壳体 310 的第一端部 310a 于第二端部 270b 处轴向地(相对于轴线 205)插入到第二衬套 270 的通孔 271 中,并将壳体 310 的第一端部 310a 经由匹配螺纹 273、316 旋拧到第二衬套 270 的通孔 271 中,直至壳体 310 的凸缘 318 接合第二衬套 270 的第二端部 270b,而将接收器舱 300 联接至第二衬套 270。可将壳体 310 的第二端部 310b 上的平坦部 317 和第二衬套 270 的第二端部 270b 上的平坦部 275(或第一衬套 270 的第二端部 270b 上的平坦部 275 或变压器舱 250 的第一端部 250a 上的平坦部 259)用于使壳体 310 相对于第二衬套 270、第一衬套 270、以及变压器舱 250 旋转。在将壳体 310 的第一端部 310a 充分地设置在第二衬套 270 的通孔 271 中的情况下,壳体 310 的凸缘 318 被变形并弯曲到第二衬套 270 的凹口 274 中,从而限制和 / 或防止壳体 310 相对于第二衬套 270、第一衬套 270、以及变压器舱 250 的旋转(和进一步的拧紧或松脱)。

[0093] 在组装时,可通过将变压器舱 250 的第一端部 251a 轴向地(相对于轴线 205)插入到换能器保持器 230 的沉孔 233 中,并将换能器舱 250 经由匹配螺纹 234、258 旋拧到沉孔 233 中,直至将换能器舱 250 充分地安置在沉孔 233 中,而将包括接收器舱 300、衬套 270、和变压器舱 250 在内的第一子组件联接至换能器保持器 230。在将第一子组件联接至换能器保持器 230 之前或之后,可将压电舱 210 联接至该换能器保持器 230。通过将压电舱 210 的第二端部 210b 轴向地(相对于轴线 205)插入到换能器保持器 230 的沉孔 231 中,并将第

二端部 210b 经由匹配螺纹 221、232 旋拧到沉孔 231 中,直至将第二端部 210b 充分地安置在沉孔 231 中,而将压电舱 210 联接至换能器保持器 230。如上所述,在将第一子组件和压电舱 210 分别旋拧到沉孔 233、231 中之前,将密封好的电连接器 235 设置在换能器保持器 230 的通孔 236 中。将变压器舱 250 和压电舱 210 优选地分别安置在沉孔 233、231 中,使得密封好的电连接器 235 的凸形的同轴缆线连接器 235a、b 分别充分地接合压电舱 210 的匹配的电连接器 216 和变压器 250 的匹配的电连接器 253。

[0094] 现在参见图 14,将气体超声波组件 500 的实施方式示出为同轴地设置在管段 405 的端口 465 中,端口 465 与管段 405 分别与前述端口 165 和管段 105 大致相同。换能器组件 500 具有中央或纵向轴线 505,当将换能器组件 500 在端口 165 内联接至管段 405 时,该中央或纵向轴线 505 通常与端口 465 的中央轴线 466 重合。换能器组件 500 与前述换能器组件 200 类似。即,换能器组件 500 包括变压器舱 550,该变压器舱 550 与在管段 405 的通孔 430 中流动的流体以及在通孔 430 内的压力密封地隔离。然而,在该实施方式中,换能器保持器和压电舱根本上合并为一个整体结构,并且另外,将销连接器(与同轴缆线连接器相对)用于电联接变压器与压电元件。

[0095] 从管段 405 的通孔 430 向外移动,换能器组件 500 包括压电舱 510 和变压器舱 550。可将如前所述的一个或更多个变压器舱衬套 270、接收器舱 300(未示出)、以及电连接器 290 联接至变压器舱 550。将压电舱 510 和变压器舱 550 (以及任何变压器舱衬套 270、接收器舱 300、和电连接器 290) 轴向地首尾相连并相对于轴线 466、505 同轴地定向。出于简洁的目的,将轴线 466、505 于此用于限定换能器组件 500 的多种特征和部件的轴向位置,了解到的是,每个单独的部件具有中央轴线,当将每个单独的部件组装到换能器组件 500 中时,该中央轴线通常与轴线 505 重合,并且当将每个单独的部件安装在端口 465 中时,该中央轴线通常与轴线 466 重合。

[0096] 现在参见图 14-16,压电舱 510 具有径向(相对于轴线 110)内部或第一端部 510a、径向(相对于轴线 110)外部或第二端部 510b,并且包括本体或壳体 511、压电元件 512、以及匹配层 514。壳体 511 在端部 510a、b 之间轴向地(相对于轴线 505)延伸,并且由此,也可被描述为具有分别与端部 510a、b 重合的第一端部 511a 和第二端部 511b。压电舱 510 的第一端 510a 和壳体 511 的第一端部 511a 分别轴向地(相对于轴线 466、505)延伸至通孔 430 并暴露于在通孔 430 内流动的流体。另外,壳体 511 的第一端部 511a 包括从端部 511a 轴向地(相对于轴线 505)延伸的沉孔 513,并且壳体 511 的第二端部 511b 包括从端部 511b 轴向地(相对于轴线 505)延伸的沉孔 517。两个通孔 536 在沉孔 513、517 之间轴向地延伸穿过壳体 511。在每个通孔 536 中同轴地设置一个电连接器 535;连接器 535 具有端部 535a、b。在该实施方式中,每个电连接器 535 为延伸穿过通孔 536 中的一个的长形销。在每个连接器 535 与壳体 511 之间设置有环形密封件 542,从而限制和/或防止流体在连接器 535 与壳体 511 之间的轴向流动(相对于轴线 505)。形成在连接器 535 与壳体 511 之间的密封件 542 优选地充以抵抗钻孔 430 中预期的流体压力,该流体压力通常大于周围环境压力。在该实施方式中,每个密封件 542 均为玻璃密封件。

[0097] 压电元件 512 设置在沉孔 513 中、邻近第一端部 511a 和钻孔 430,并被匹配层 514 所环绕或被封装在匹配层 514 中。与前述压电元件 212 类似,压电元件 512 为压电材料,该压电材料响应于所施加的机械应力而产生电势,并且响应于所施加的电场而产生机械应力

和 / 或应变。通常,压电元件 512 可包括诸如压电晶体或陶瓷之类的任何适合的压电材料。然而,在该实施方式中,压电元件 512 为压电晶体。

[0098] 匹配层 514 通常填充沉孔 513 并环绕压电元件 512。一旦安装在沉孔 513 中,匹配层 514 就从邻近钻孔 430 的径向(相对于轴线 110)内部或第一端部 514a (与端部 510a 重合)和远离钻孔 430 并邻近通孔 536 的径向(相对于轴线 110)外部或第二端部 514b 轴向地(相对于轴线 505)延伸。在该实施方式中,在匹配层 514 中设置了一对凹处或接收器 516,每个凹处 516 通常与通孔 536 和联接器 535 中的一个对齐。具体地,在该实施方式中,每个凹处 516 为接收联接器 535 中的一个的端部 535a 的凹形插塞接收器。两条引线或导线(未示出)将压电元件 512 电联接至插口 516。插口 516 由匹配层 514 相对于壳体 511 刚性地保持在适当位置中,该匹配层 514 通常填充沉孔 513 并环绕压电元件 512。

[0099] 仍然参见图 14-16,匹配层 514 和压电元件 512 在沉孔 513 内联接至壳体 511。在该实施方式中,匹配层 514 直接地连接至壳体 511 的沉孔 513 的内部圆筒形表面。匹配层(例如,匹配层 514)可包括诸如塑料、金属、玻璃、陶瓷、环氧树脂、粉末填充的环氧树脂、橡胶、或粉末填充的橡胶之类的任何适合的材料。在该实施方式中,匹配层 514 包括环氧树脂,该环氧树脂注入到沉孔 514 中并围绕并越过压电元件 512、将压电元件 512 电联接至插口 516 的两条引线或导线(未示出)、每个插塞 516 以及每个联接器 535。无论匹配层(例如,匹配层 514)的材料如何,该匹配层在压电元件(例如,压电元件 512)与流动通过流量计的流体之间提供声耦合。根据于此公开的某些实施方式,声匹配层具有位于压电元件的声匹配层与流量计内的流体之间的声抗阻。利用在压电元件的匹配层与流量计中的流体之间的匹配层的声抗阻,改善了超声波信号的质量(例如,更大的振幅和更快的上升时间)。

[0100] 参见图 14 和 15,壳体 511 的径向(相对于轴线 505)外表面包括邻近第二端部 510b 的环形肩部 537、设置在肩部 537 与内端部 510a 之间的外螺纹 538、以及轴向地(相对于轴线 505)设置在外螺纹 538 与内端部 510a 之间的环形凹部或沟槽 539。环形密封件 541 设置在沟槽 539 中。沟槽 539 与设置在其中的密封件 541 一起限定径向地(相对于轴线 505)设置在压电舱 510 与管段 405 之间的密封组件 540。密封组件 540 在压电舱 510 与管段 405 之间形成环形密封,从而限制和 / 或防止流体(例如,钻孔 430 中流动的流体)在压电舱 510 与管段 405 之间的轴向流动。在该实施方式中,环形密封件 541 为弹性的 O 形圈密封件,一旦组装,其就在管段 405 与压电舱 510 之间被径向压缩。

[0101] 如前所述,密封组件 540 限制和 / 或防止流体(例如,在钻孔 430 中流动的流体)在压电舱 510 与管段 405 之间的流动,并且环形密封件 542 限制和 / 防止流体在每个联接件 535 与壳体 511 之间的轴向流动(相对于轴线 505)。密封组件 540 和密封件 542 一起工作以限制和 / 或防止钻孔 430 中的潜在危险的、污染性的、或腐蚀性的流体经由端口 465 从钻孔 430 泄漏。密封组件 540 和环形密封件 542 也起作用以维持在位于管段 405 外部的周围环境与钻孔 430 中流动的加压流体之间的压力差。由此,虽然压电舱 510 暴露于钻孔 430 中的流体和压力,但是变压器舱 550 (以及联接于其上的任何衬套 270 和接收器舱 300)与钻孔 130 内的流体和压力隔离。

[0102] 压电舱 510 和换能器组件 500 经由匹配螺纹 169、538 螺纹地联接至管段 405,并且壳体 511 的环形肩部 537 接合端口 465 的环形肩部 167。在组装期间,将压电舱 510 旋拧到并轴向地推进到端口 465 中,直到肩部 167、537 接合,从而防止压电舱 510 (和换能器组

件 500) 机械轴向推进到端口 465 中。由此, 端口 465 中的肩部 167 限定压电舱 510 (和换能器组件 500) 在端口 465 内的轴向位置。

[0103] 现在参见图 14, 变压器舱 550 具有径向(相对于轴线 110)内部或第一端部 550a、径向(相对于轴线 110)外部或第二端部 550b, 并包括本体或壳体 551、变压器 552、和一对凹形的插口或接收器 553。壳体 551 从与端部 550b 重合的径向(相对于轴线 110)外部或第一端部 551b 轴向地(相对于轴线 505)延伸至邻近端部 550a 的径向(相对于轴线 110)内部或第二端部 551a。此外, 壳体 551 包括在端部 551a、b 之间延伸的通孔 554。

[0104] 每个凹形插口 553 设置于变压器舱 550 的第一端部 550a 处并联接至壳体 551 的第一端部 551a。每个凹形插口 553 电联接变压器 552。通常, 变压器(例如, 变压器 552)匹配压电元件(例如, 压电元件 512)对系统电子设备的抗阻。凹形插口 553 和变压器 552 通过填充通孔 554 的剩余部分的填充材料 556 相对于壳体 551 刚性地保持在通孔 554 内处于适当位置中。通常, 填充材料(例如, 填充材料 256)可包括诸如塑料、环氧树脂、或陶瓷之类的任何适合的材料。填充材料 556 在变压器 552、变压器 552 的导线引线(未示出)、以及凹形插口 553 之间形成粘结结合, 以将这些部件刚性地保持在适当位置中。在该实施方式中, 填料 556 为刚性的环氧树脂。

[0105] 与前述壳体 251 类似, 壳体 551 的径向(相对于轴线 505)外表面处于第二端部 551b 处包括凹口或凹部 557。壳体 551 的径向(相对于轴线 205)内表面包括处于第二端部 551b 处的内螺纹 561。

[0106] 最佳如图 14 中所示以及如前所述, 联接器 535 在压电舱 510 与变压器舱 550 之间轴向地延伸穿过通孔 536。每个联接器的端部 535a、b 分别与插口 516、533 接合并匹配, 从而电联接压电元件 512 与变压器 552。

[0107] 许多传统的气体超声波换能器利用直式弦套件连接件, 该直式弦套件连接件从管段上轴向地(相对于端口中央轴线)突出, 并随后被向上弯曲以将弦套件缆线朝向电子仪器组件引导。为了避免由于卷曲或扭折其中的导线而对弦套件造成可能的损坏, 大多数的这种弦套件被构造成与 90° 推拉式插塞联接器相比具有相对大的曲率半径。因此, 与于此所述的实施方式相比, 大多数的这种传统的弦套件连接件从管段本体上延伸得更远。由于从管段本体上的更大的延伸部, 因此, 与于此所述的实施方式相比, 大多数传统的弦套件连接件占据了更大的空间, 可能更难被覆盖和保护, 并且会更易受损(例如, 在运送期间被动物咀嚼或撞击, 等)。

[0108] 在于此所述的实施方式中利用 90° 推拉式插塞联接器(例如, 90° 推拉式插塞联接器 290)将气体超声波换能器(例如, 气体超声波换能器组件 200)电联接至电子仪器组件提供了增强对在气体超声波换能器与电子仪器组件之间延伸的缆线(例如, 缆线 125)进行保护的潜力。具体地, 90° 推拉式插塞联接器在设置于管段内的换能器组件与沿着管段的外部延伸至电子仪器组件的缆线之间提供了相对短的转弯半径, 从而允许将缆线在缆线凸台(例如, 凸台 135)和相关联的凹处(例如, 凹处 175)内紧紧地或非常接近地置靠在该管段本体上。

[0109] 应当了解到的是, 仅用 90° 弯管式插塞弦套件连接件替换传统的直式弦套件连接件可能不足以解决大多数传统的直式弦套件连接件的缺点。例如, 这种修改会导致不合乎要求的缆线布线, 这是因为一旦安装, 就对于 90° 弯管式插塞弦套件连接件的旋转定向存

在受限的控制。具体地,多数传统的直式弦套件连接件(直式的或其它的)利用与从换能器组件接收器延伸的两个销相匹配的两个凹处。重要的是,每个销连接至弦套件连接件中的特定的凹处。为了获得正确的连接,换能器组件接收器通常键接于弦套件连接件。因此,换能器组件和换能器组件接收器(及其两个销)的定向支配匹配弦套件连接件的定向。此外,通过将换能器旋拧到管段中的匹配端口中直至换能器组件触底且将压电元件恰当地定位,将大多数传统的气体超声波换能器可旋转地联接至管段。因此,换能器组件相对于管段端口的可旋转定向、以及因此接收器销和 90° 弯管式插塞弦套件连接件相对于管段端口的可旋转定向难以被预测而且一旦在现场安装,这些可旋转定向在端口与端口之间可变化。由此,在许多情况下,90° 弯管式插塞弦套件连接件可不被定向成,使得其远侧端部朝着电子仪器组件向上延伸。在 90° 弯管式插塞弦套件连接件并不朝着电子仪器组件向上延伸的情形中,由于使弦套件缆线朝着电子仪器组件向上弯曲和发送所导致的弦套件从管段的突出部可比传统的直式弦套件连接件大。然而,于此所述的包括能够相对于换能器组件(例如,换能器组件)的剩余部分自由旋转的接收器(例如,接收器 340)在内的实施方式使得能够在将换能器组件安装到其匹配端口(例如,端口 165)中之后旋转该 90° 推拉式插塞联接器(例如,90° 推拉式插塞联接器 290),从而无论换能器组件(例如,换能器组件 200)相对于管段端口的可旋转定向如何,提供了对缆线(例如,缆线 125)在从换能器组件至电子仪器组件的相对直的路径上进行最佳定向和发送的潜能。

[0110] 而且,如果传感器换能器组件并未延伸至管段的外部,则仅用 90° 弯管式插塞弦套件连接件来替换传统的直式弦套件连接件可能不是可行的选择方案。特别地,如果换能器组件并未延伸至管段的外部(即,管段端口的长度大于换能器组件的长度),则 90° 弯管式插塞弦套件连接件可能不能到达并接合换能器组件。大多数换能器端口设置在由在管段中竖向间隔开的两个水平延伸的端口构成的组中。考虑到管段的曲率,给定组内的每个端口具有不同的长度。例如,具有与管段钻孔的中央轴线相交的中央轴线的第二水平端口比平行于第一端口并在第一端口上方竖向间隔开的第二水平端口短。由此,从管段钻孔经过第一水平端口延伸至管段的外表面的气体超声波换能器在设置在第二水平端口中时,可不从管段钻孔延伸至管段的外表面。这就是为什么按照惯例利用直式弦套件的一个原因,用于导致端口长度的变化。然而,于此所述的实施方式提供了通过利用衬套(例如,衬套 270)来调节换能器组件(例如,换能器组件 200)的整个长度,以便实现 90° 推拉式插塞接收器(例如,接收器 340)邻近凸台(例如,凸台 135)的适当定位的潜能。

[0111] 在于此所述的实施方式中,可将衬套(例如,衬套 270)用于调节换能器组件的整个长度,使得它从管段的钻孔(例如,钻孔 130)延伸至缆线凸台(例如,凸台 135),从而使得接收器(例如,接收器 340)能够充分定位成邻近缆线凸台(例如,凸台 135)。通常,可将任何适合数量的衬套和/或衬套的任何适合的长度用于获得所需的换能器组件长度。衬套的数量和长度优选地被选择成,使得将接收器轴向地(相对于该组件的中央轴线)设置在凸台内不超过 0.25 英寸。

[0112] 现在参见图 17 和 18,分别示出了根据于此所述的原理的气体超声波换能器组件 700、800 的不同实施方式。除了衬套的数量和长度之外,每个组件 700、800 与前述换能器组件 200 大体相同。在图 17 中,换能器组件 700 包括压电舱 210、换能器保持器 230、变压器舱 250、接收器舱 300 和 90° 推拉式电联接器 290,如前所述。然而,在该实施方式中,换能

器组件 700 不包括换能器衬套(例如,衬套 270)。更确切地说,接收器舱 700 直接连接至变压器舱 250。通过将壳体 310 的第一端部 310a 轴向地(相对于轴线 205)插入到变压器舱 250 的沉孔 254 中,并将壳体 310 的第一端部 310a 经由匹配螺纹 261、316 旋拧到沉孔 254 中,直至壳体 310 的凸缘 318 接合变压器舱 250 的第二端部 250b。可将接收器舱 300 的平坦部 317 和变压器舱 250 的平坦部 259 用于使接收器舱 300 相对于变压器舱 250 旋转。在将壳体 310 的第一端部 310a 充分地设置在沉孔 254 中的情况下,凸缘 318 被变形并弯曲到变压器舱 250 的凹口 257 中,从而限制和 / 或防止壳体 310 相对于变压器舱 250 的旋转(以及进一步的拧紧或松脱)。一旦将接收器舱 300 联接至变压器舱 250,它们可联接至换能器保持器 230、端口 165、和管段 405,如前所述。由于图 17 中所示的换能器组件 700 的实施方式不包括衬套,因此,它通常被构造成用于管段中的相对短的端口。

[0113] 现在参见图 18,换能器组件 800 包括压电舱 210、换能器保持器 230、变压器舱 250、接收器舱 300、和 90° 推拉式电连接器 290,如前所述。然而,在该实施方式中,换能器组件 800 仅包括一个变压器衬套 270。接收器舱 300 和变压器舱 250 联接至衬套 270,如前所述。此外,一旦将接收器舱 300、衬套 270、和变压器舱 250 联接到一起,它们可联接至换能器保持器 230、端口 165、和管段 405,如前所述。由于图 15 中所示的换能器组件 800 的实施方式仅包括一个衬套 270,因此,它通常被构造成用于中等长度的端口。

[0114] 如前所述,衬套的数量和长度优选地被选择成,使得接收器轴向地(相对于组件的中央轴线)设置在凸台内不超过 0.25 英寸。通过利用具有不同长度的衬套(例如,衬套 270),如所述,可改变换能器组件的整个长度。为了减小和 / 或最小化不同长度的衬套的数量(例如,出于库存的目的),可将衬套制造成两种或三种不同的长度,使得可将衬套组装在不同的组合中,以获得整个所需长度的换能器组件。

[0115] 在于处所述的实施方式中,换能器组件(例如,换能器组件 200)的必须暴露于管段的钻孔(例如,钻孔 130)中的流动流体的部件与换能器组件的无需暴露于在钻孔或相关联的压力中的流动流体的部件轴向地间隔开并密封地隔离。例如,最佳如图 3 和 4 中所示,压电舱 210 暴露于钻孔 130 中的流体,而变压器舱 250、衬套 270、和接收器舱 300 与压电舱 210 轴向地(相对于轴线 205)间隔开并通过密封组件 227、密封组件 240、和密封件 242 与压电舱 210 密封地隔离。通常,那些无需暴露于管段钻孔中的流动流体的部件与流动流体(以及与必须暴露于流动流体的部件)的密封隔离提供了提高换能器组件的寿命的潜能。具体地,阻止和 / 或防止选定的部件暴露于流动流体减少了对于流动流体中的腐蚀性的、危险的、和 / 或污染性的物质的暴露,并且减少了对于管段的钻孔中经受的压力的暴露,上述两者均可随着时间的流逝过早地损坏部件。

[0116] 而且,将换能器组件的必须暴露于流动流体的部件与换能器组件的无需暴露于钻孔中的流动流体的部件轴向地间隔开并密封地隔离提供了用于提高的适用性和维修的潜能。特别地,与流动流体和相关联的压力隔离的部件可在不移除整个换能器组件和压电元件的情况下被移除和替换。此外,移除与流动流体隔离的部件无需停止流体在管段的钻孔中的流动。例如,最佳如图 3 和 4 中所示,可在不移除压电舱 210 的情况下,将接收器舱 300、衬套 270、变压器舱 250、或其结合与换能器保持器 230 分离并从端口 165 移除。此外,由于密封组件 227、240 和密封好的电连接器 235 限制和 / 或防止流体从钻孔 130 流动通过端口 165,因此,通过钻孔 130 的流体流无需被中断以移除和替换接收器舱 300、衬套 270、变压器

舱 250、或其结合。

[0117] 尽管已经示出并描述了优选实施方式,但在不脱离于此的范围和教授的情况下,所属领域技术人员可对其做出修改。于此所述的实施方式仅是示例性的而非限制性的。于此所述的系统、设备、和工艺的许多变型和修改是可能的,并且处于本发明的范围内。例如,可改变多种部件的相对尺寸、制成不同部件的材料、以及其它参数。因此,保护范围不限于于此所述的实施方式,而是仅受限于所附权利要求,权利要求的范围应当包括权利要求的主题的等效物。

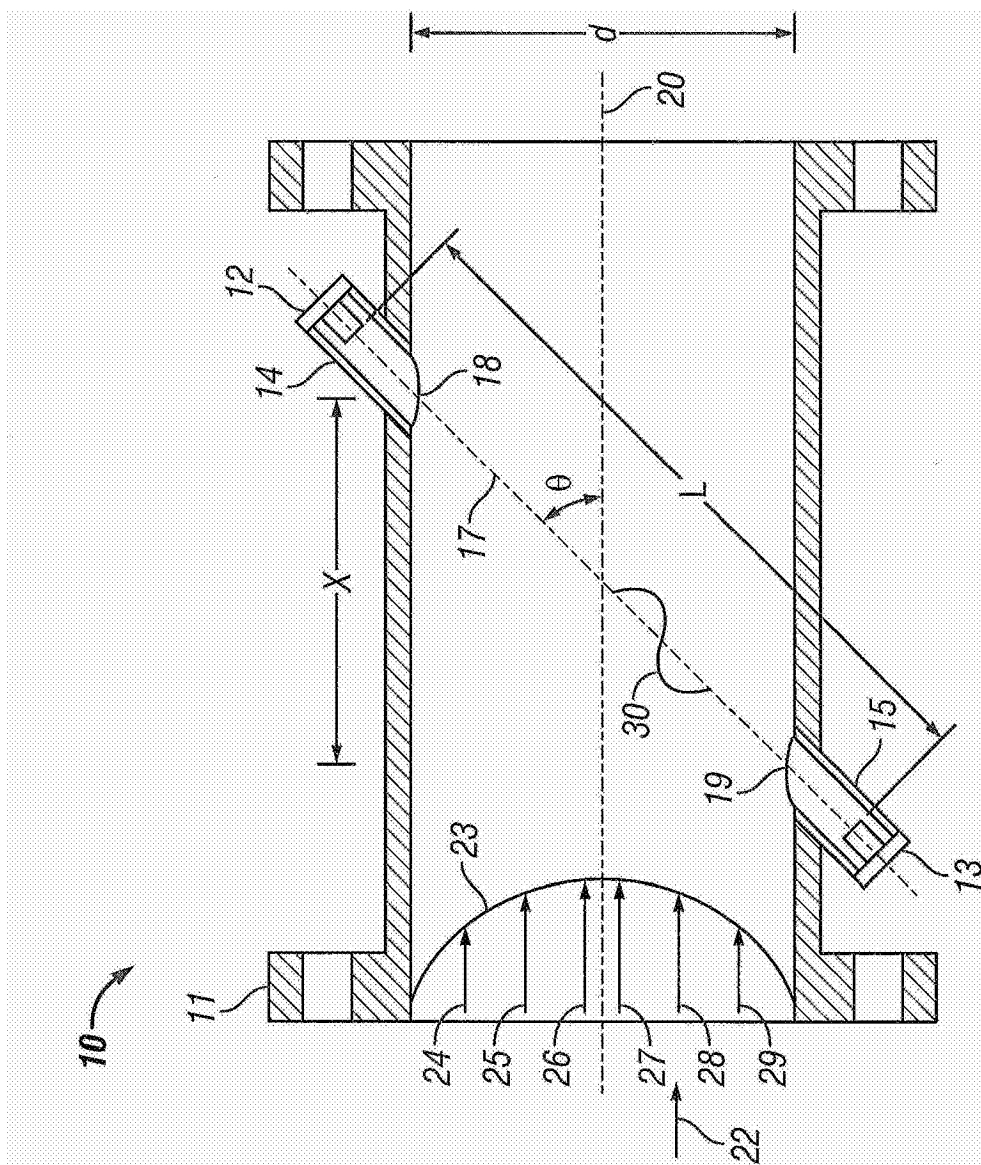


图 1A

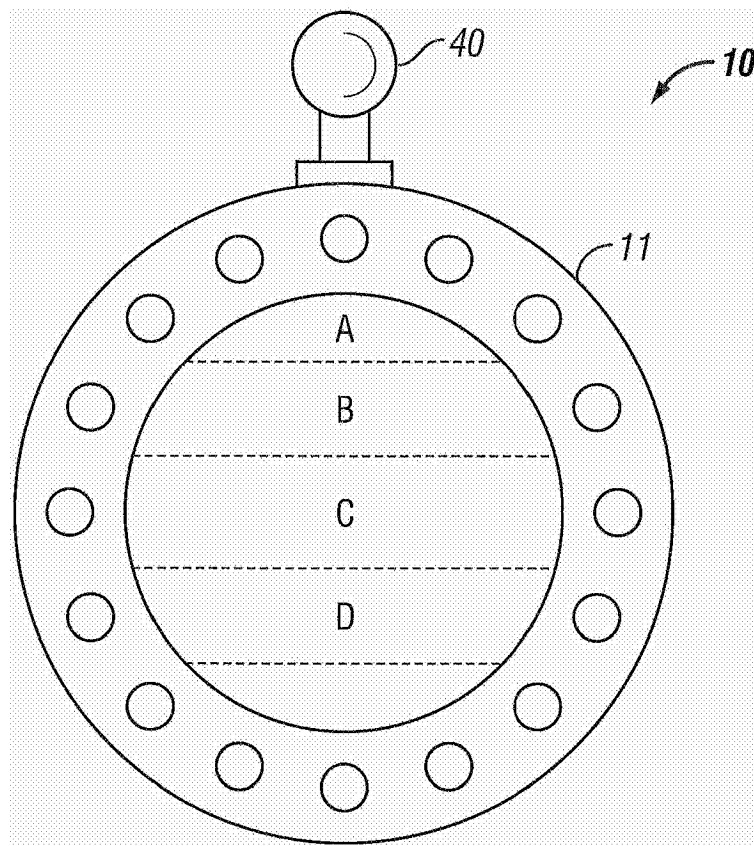


图 1B

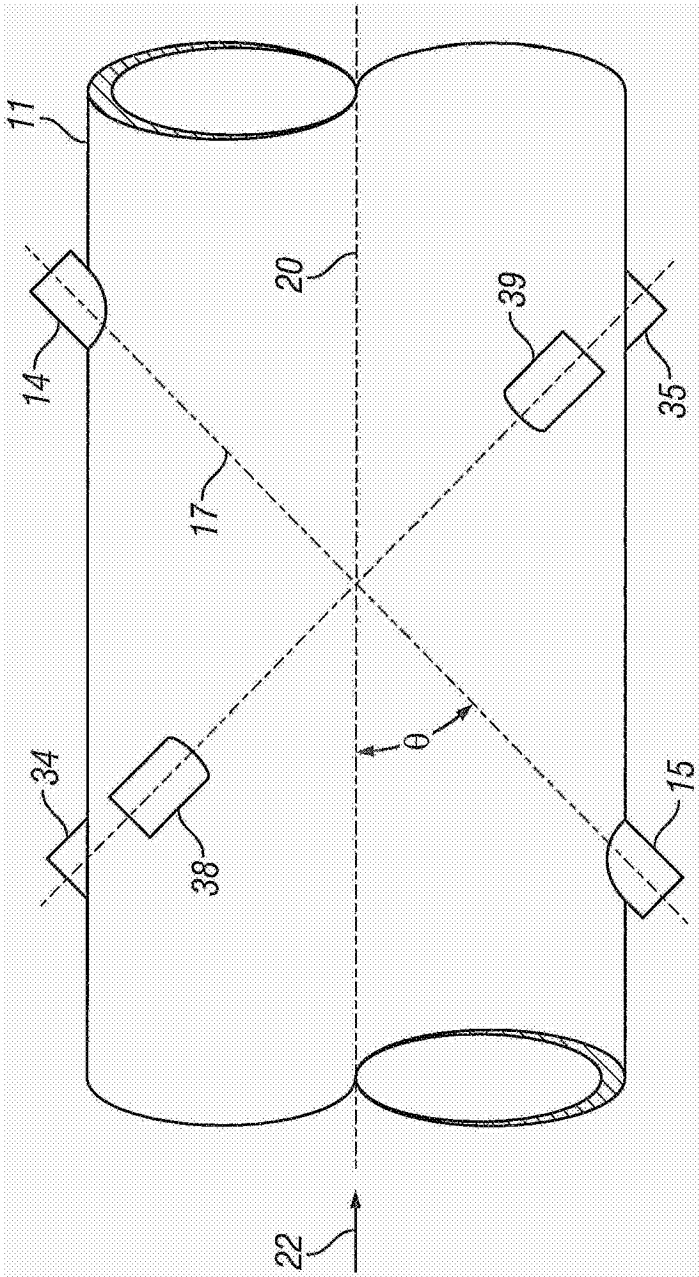


图 1C

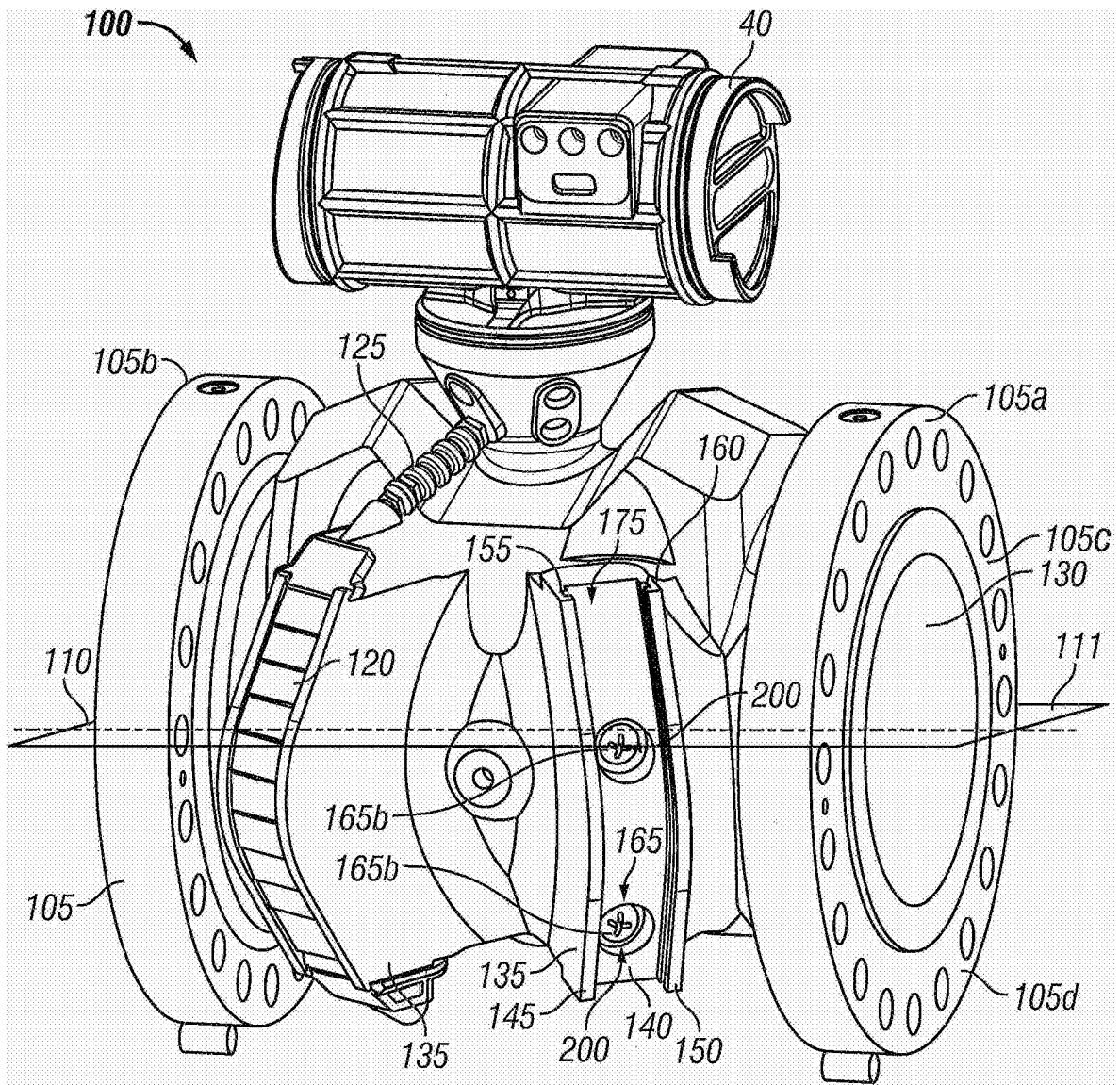


图 2

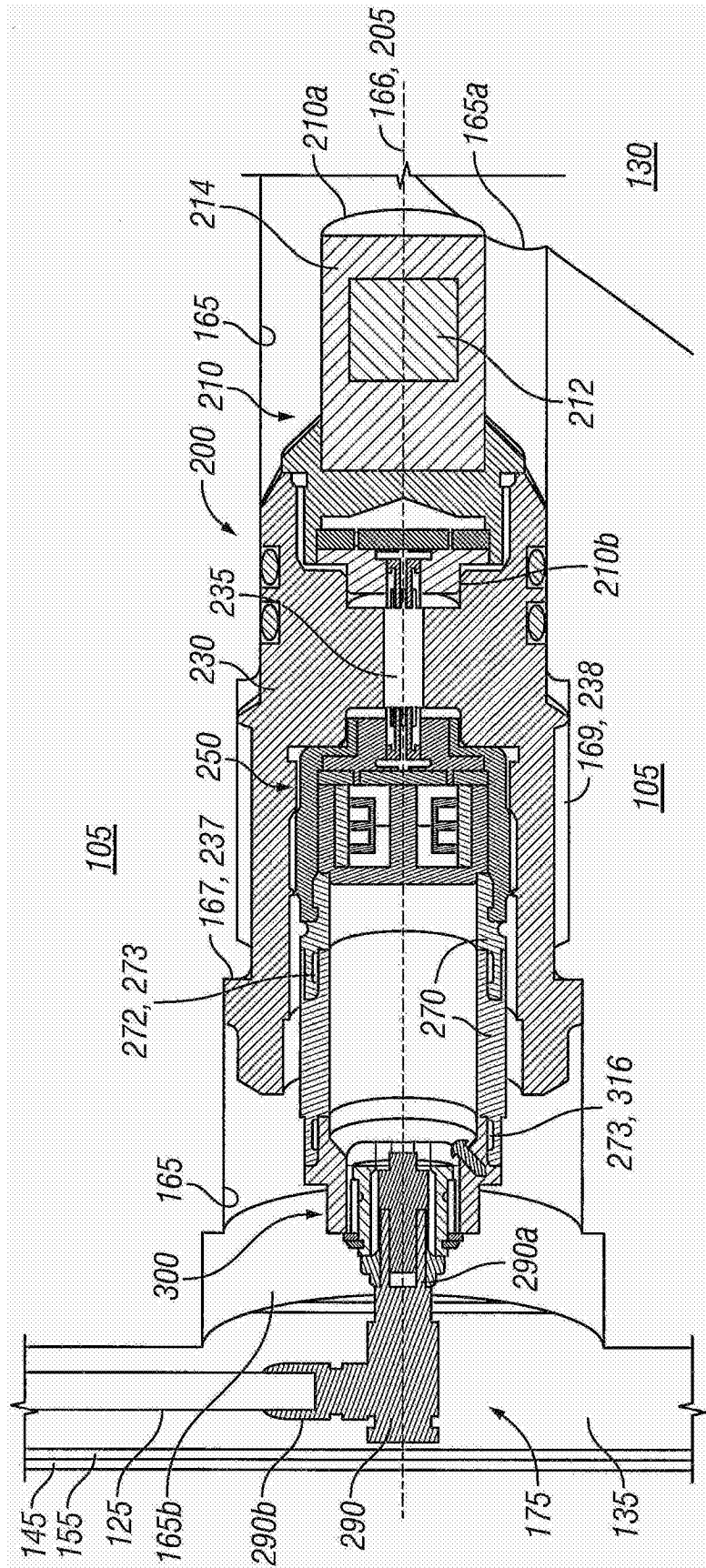


图 3

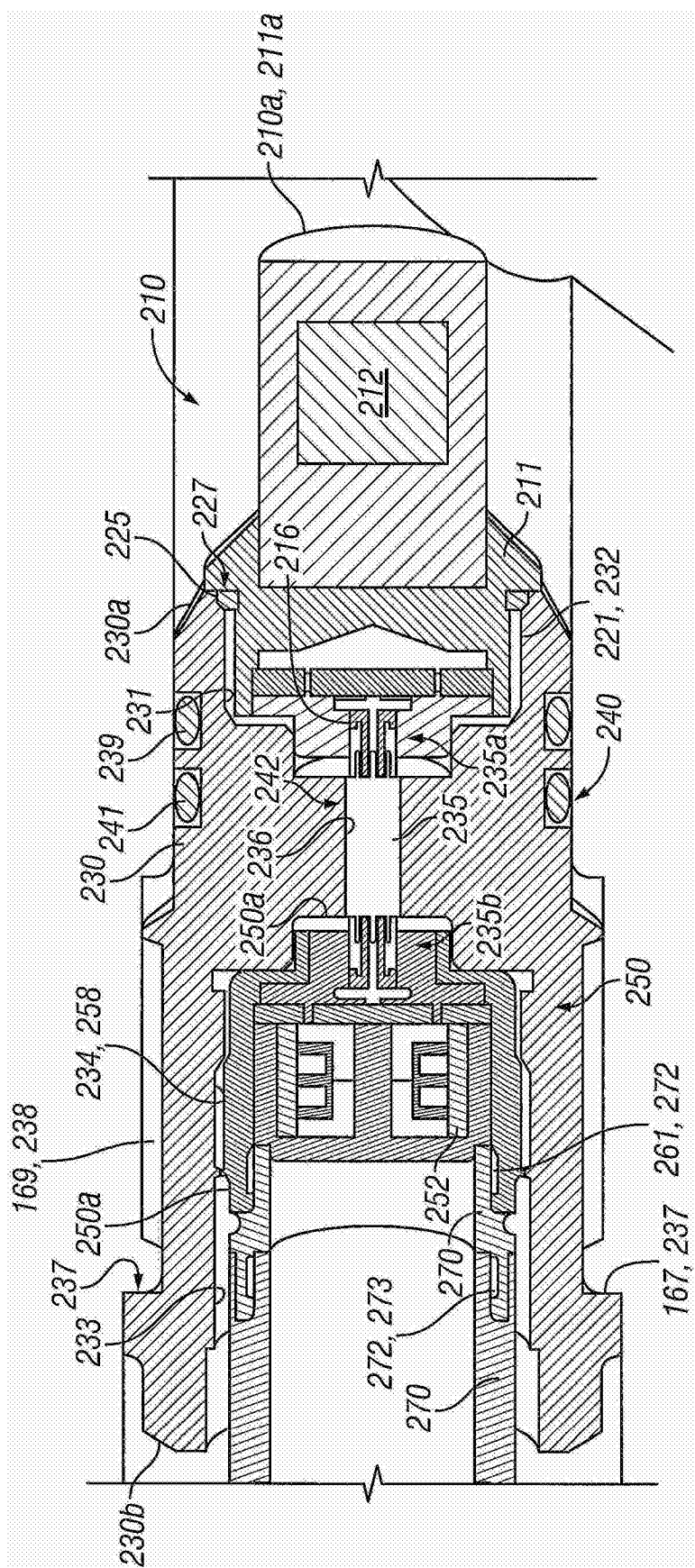


图 4

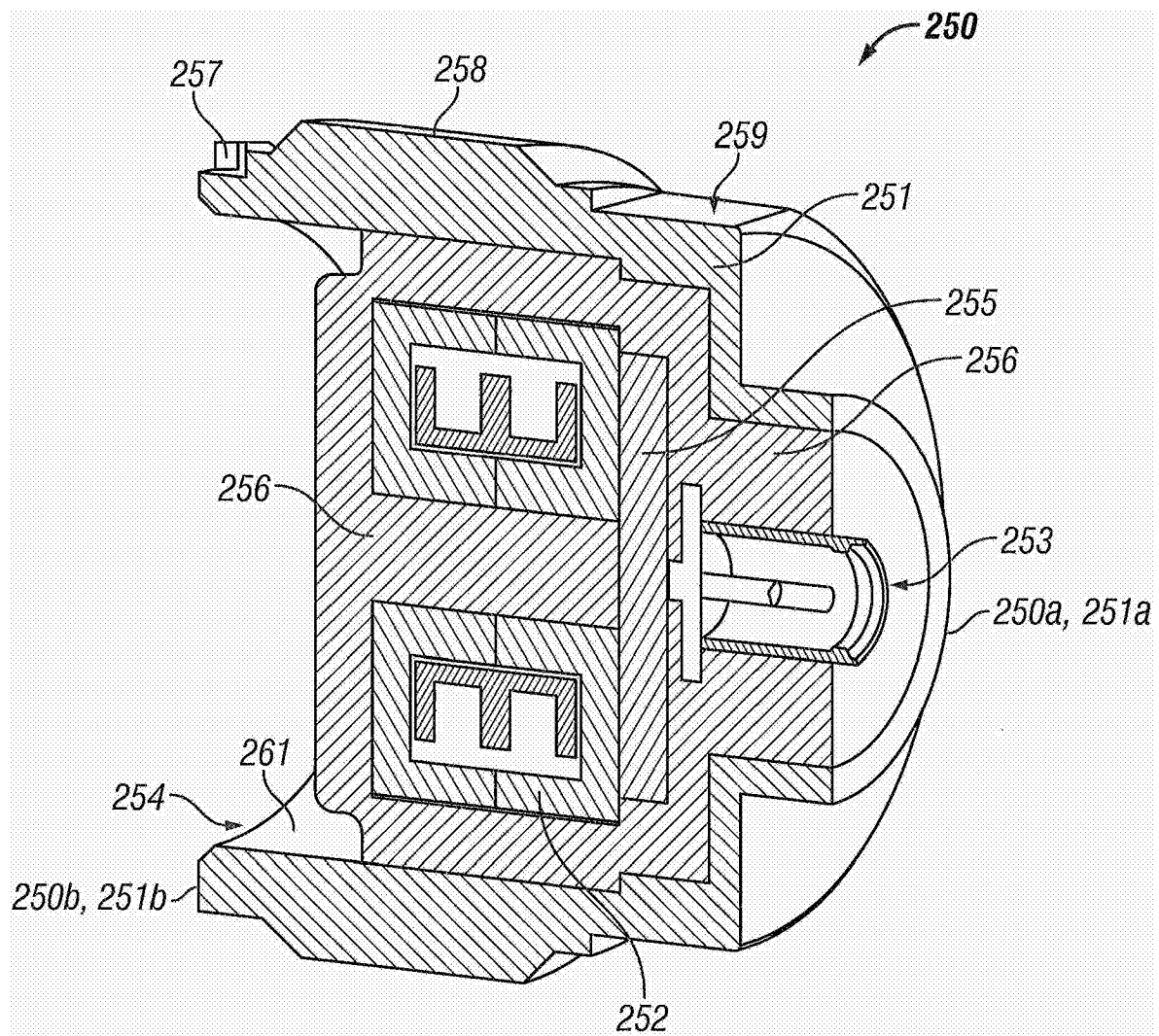


图 7

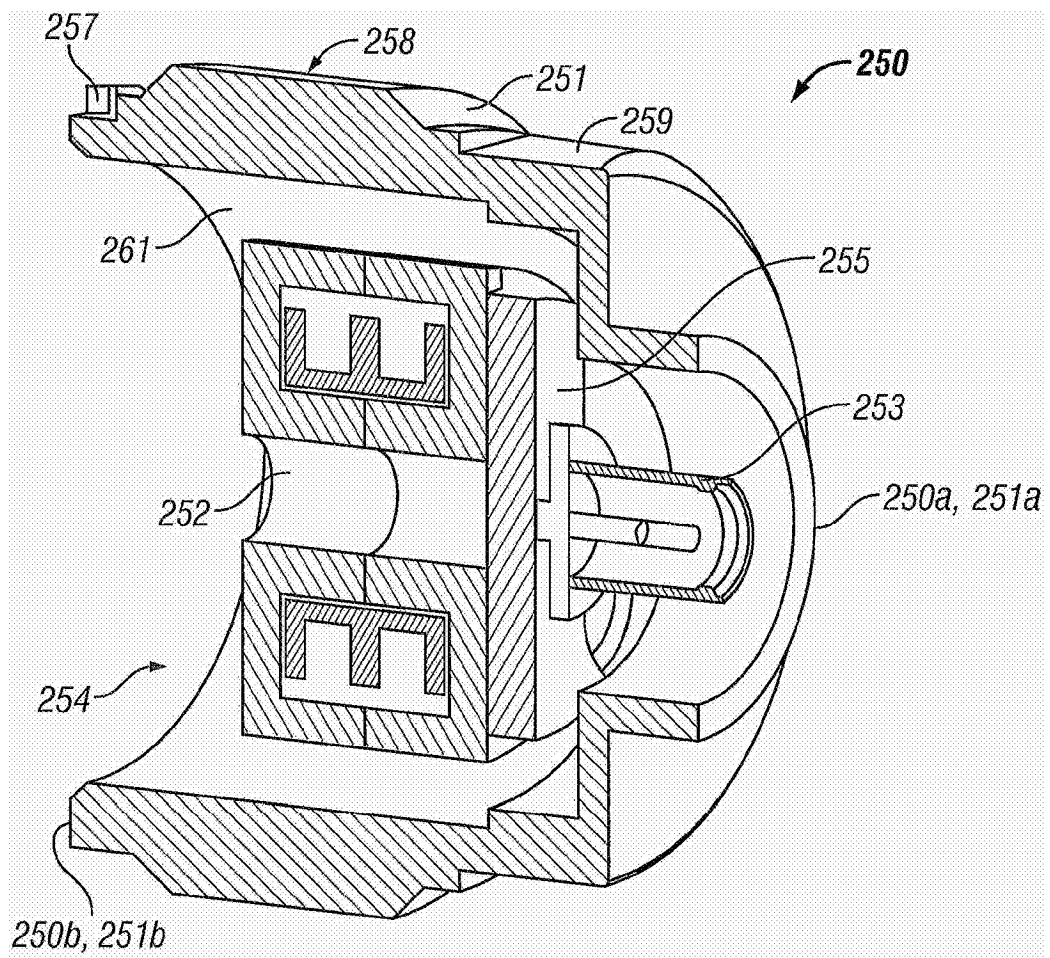


图 8

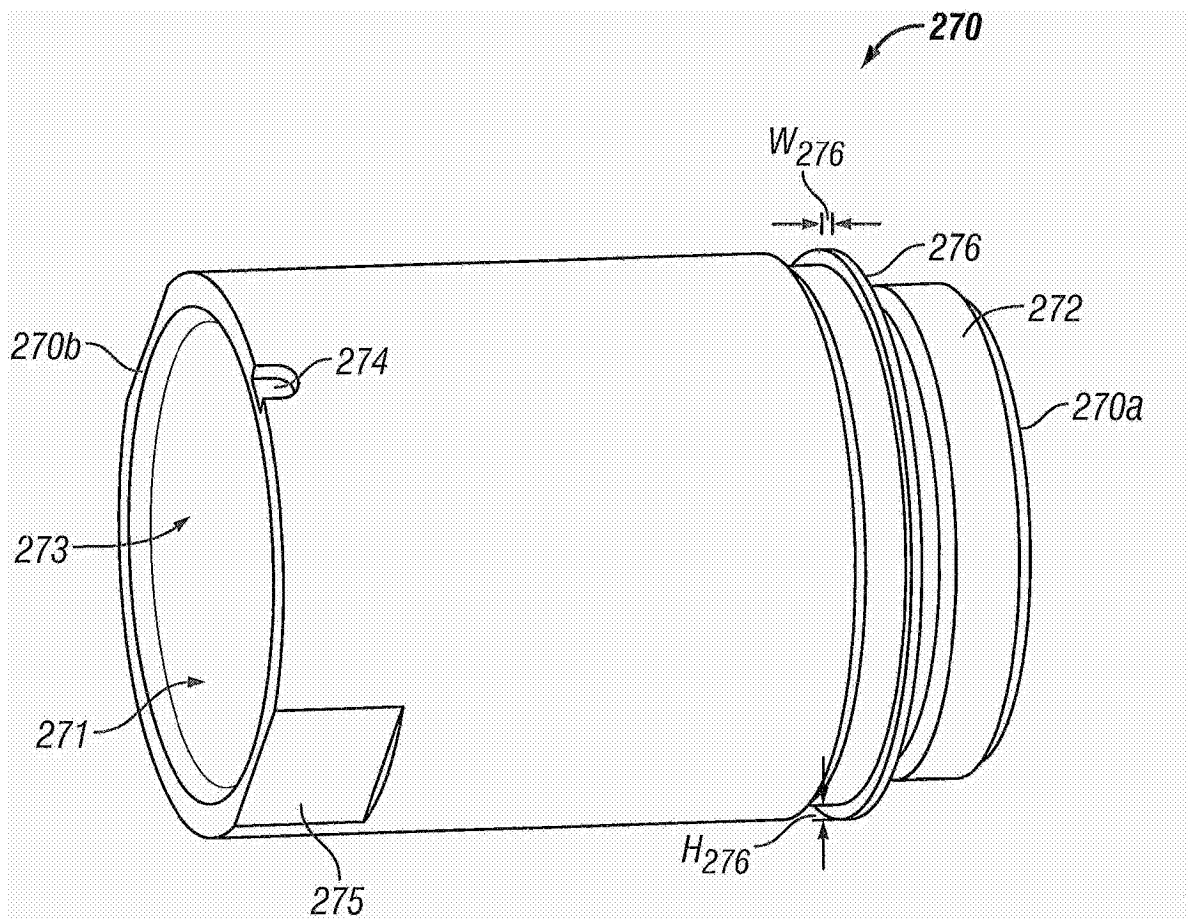


图 9

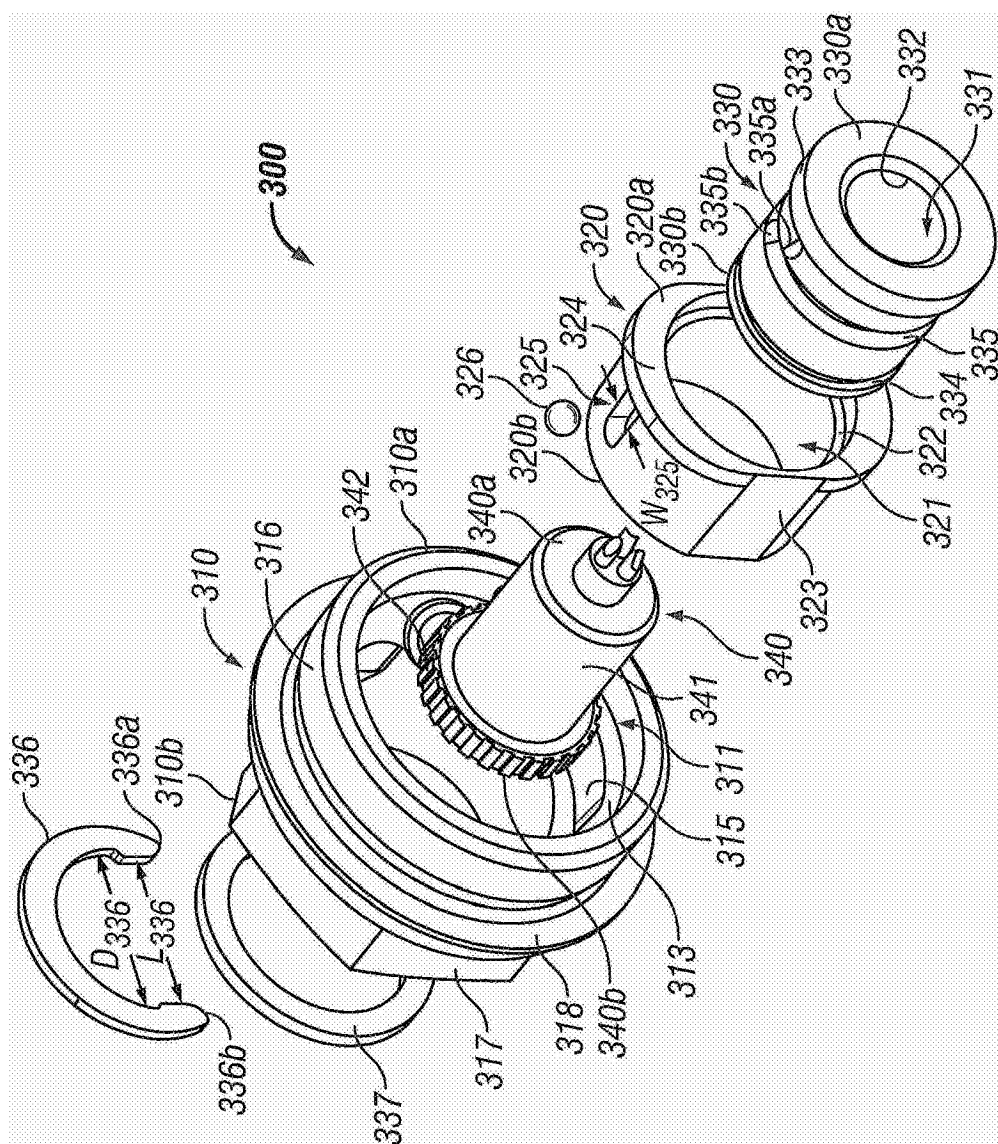


图 10

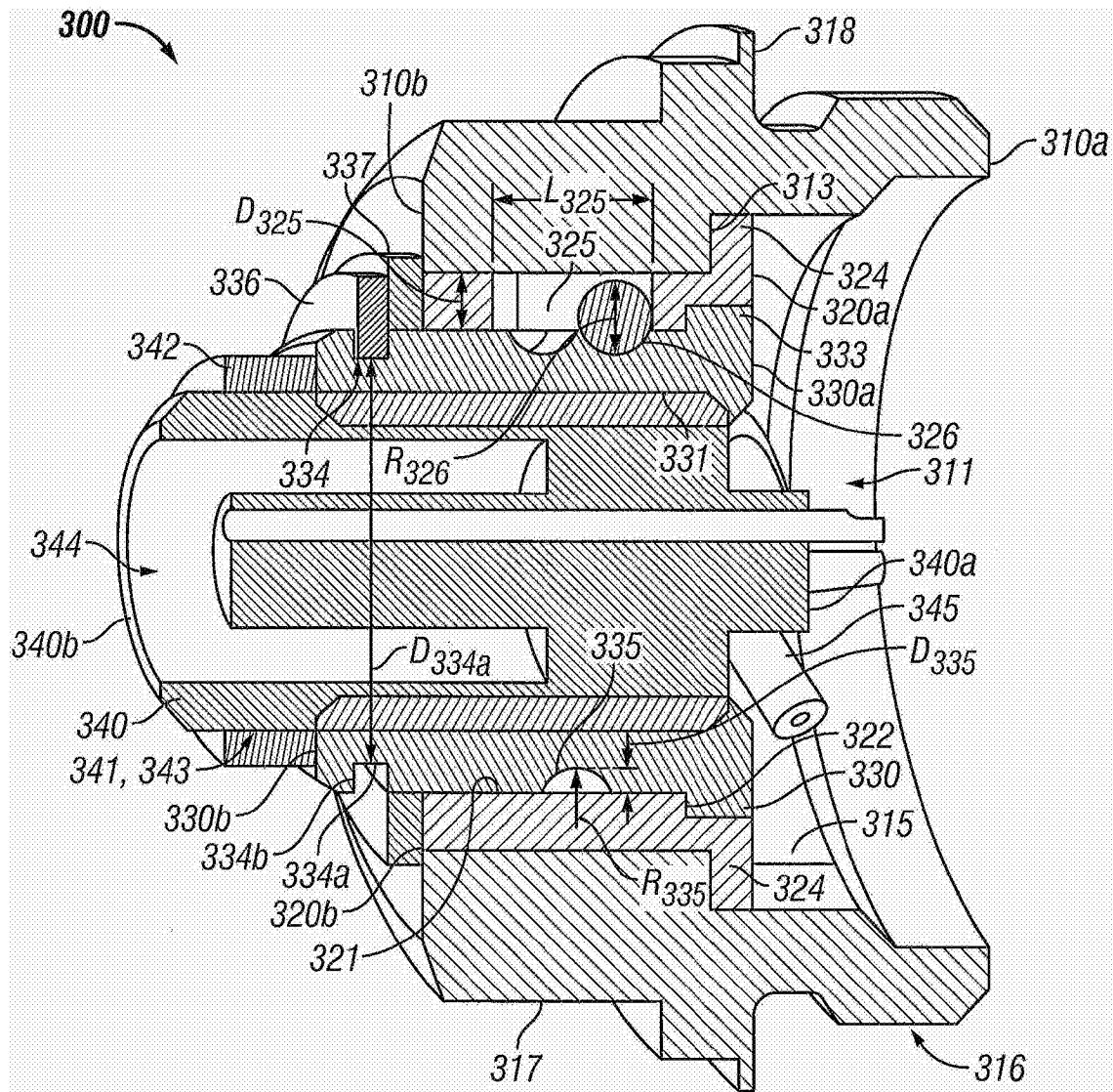


图 11

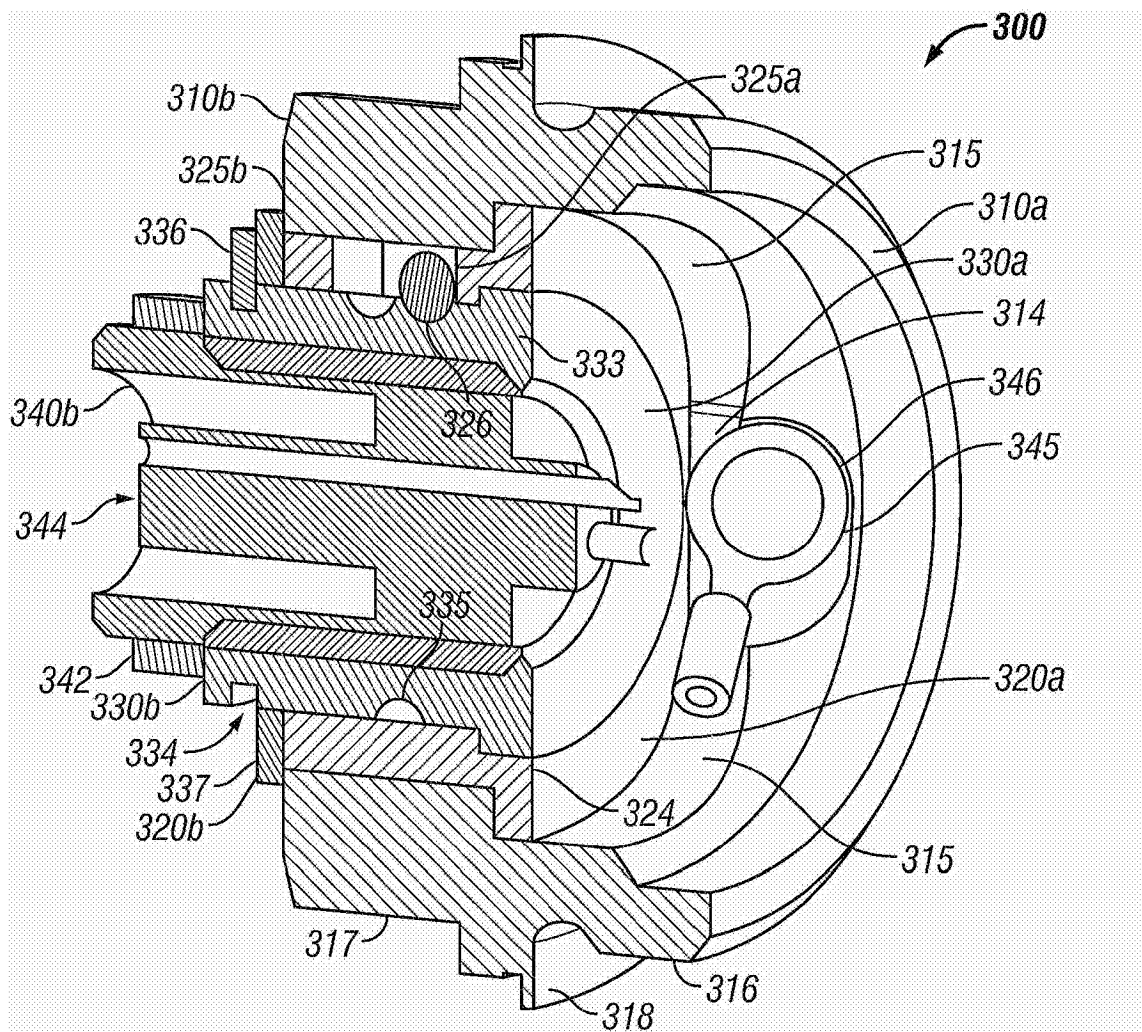


图 12

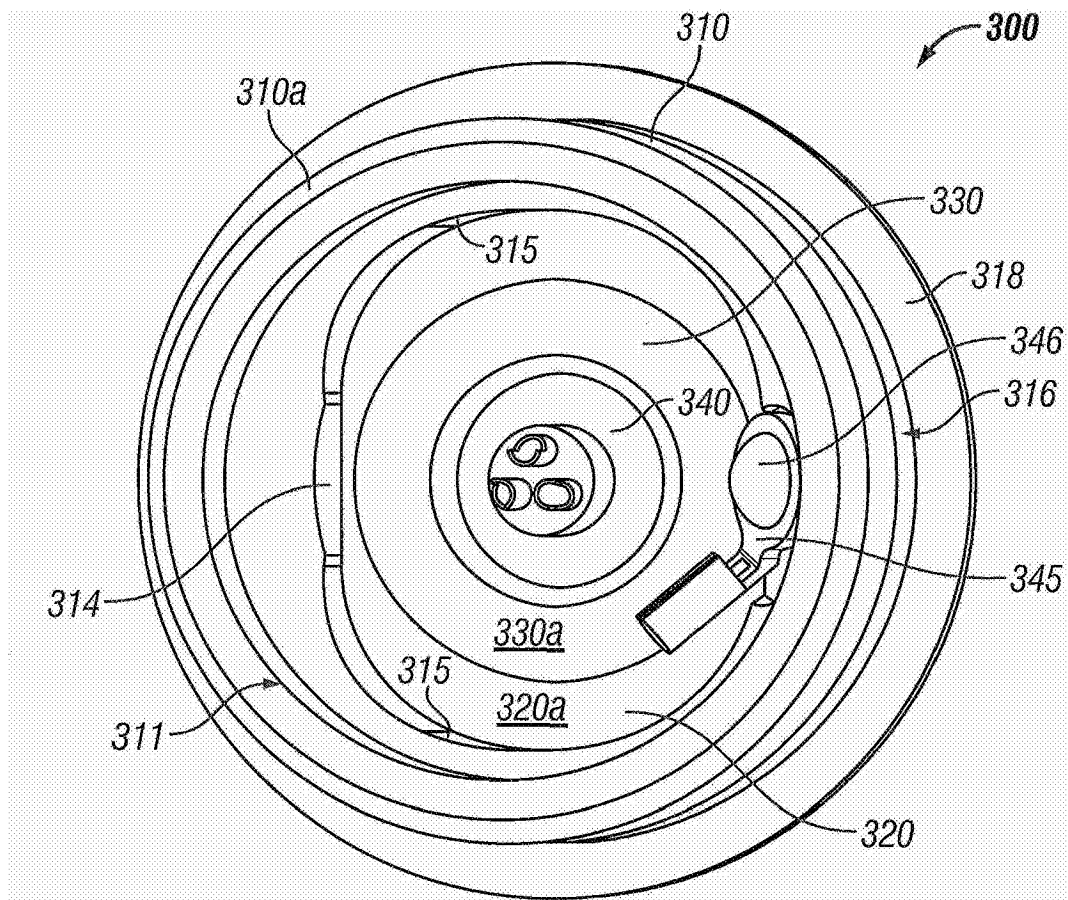


图 13

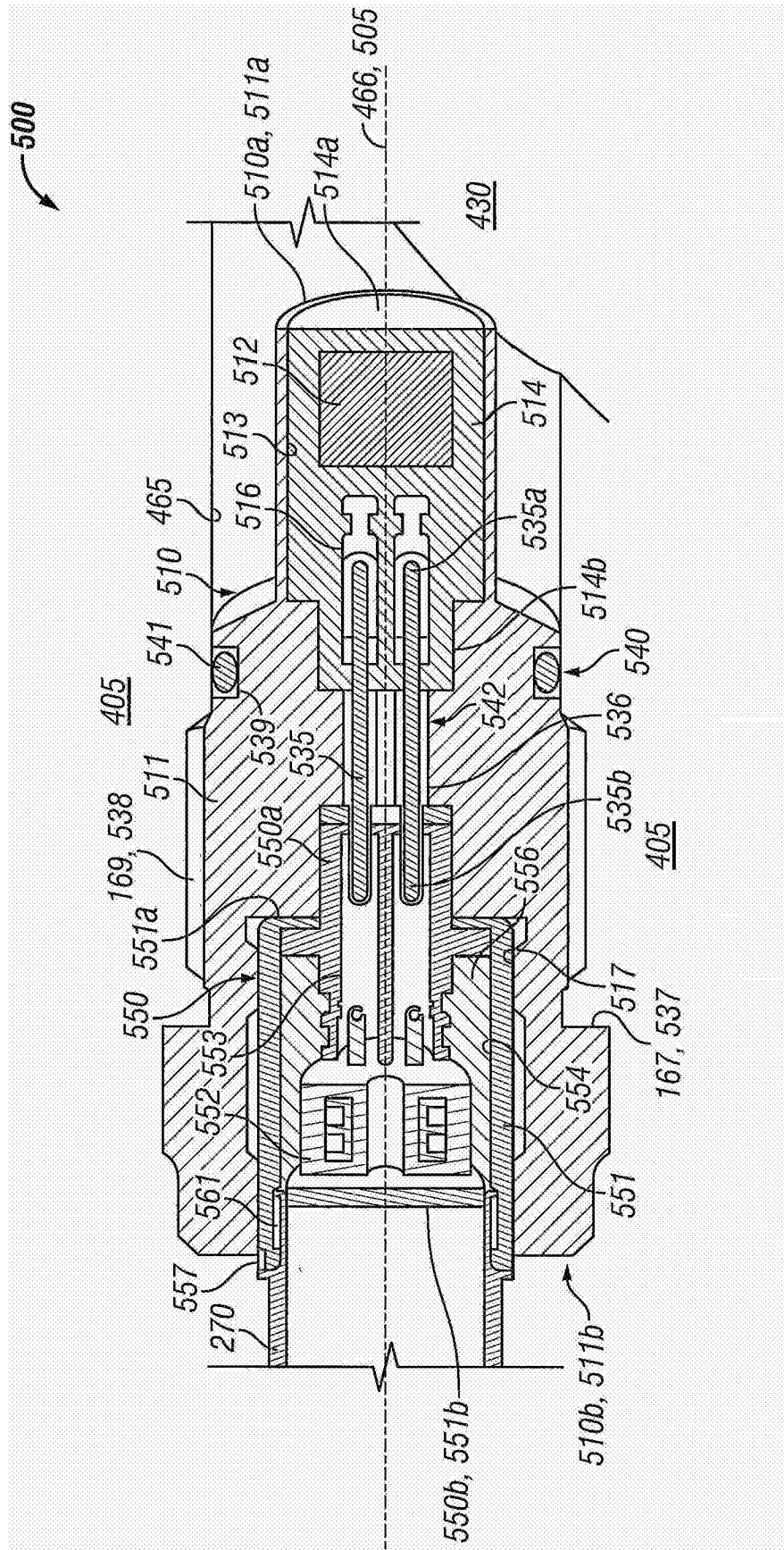


图 14

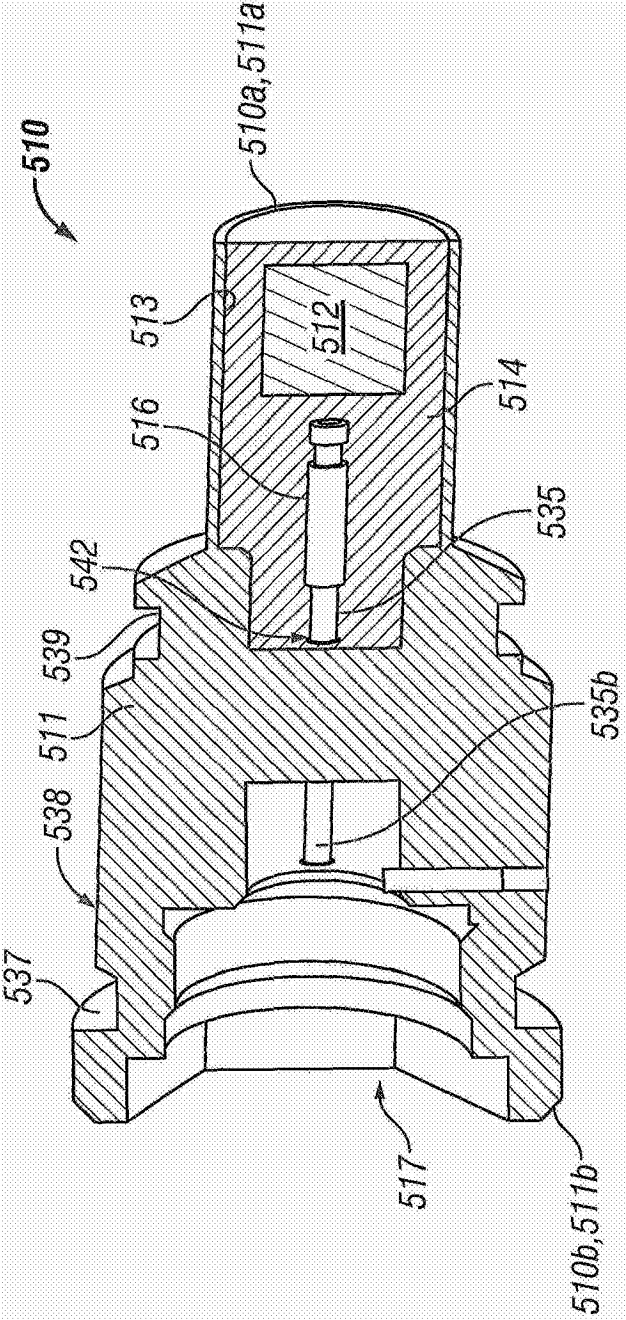


图 15

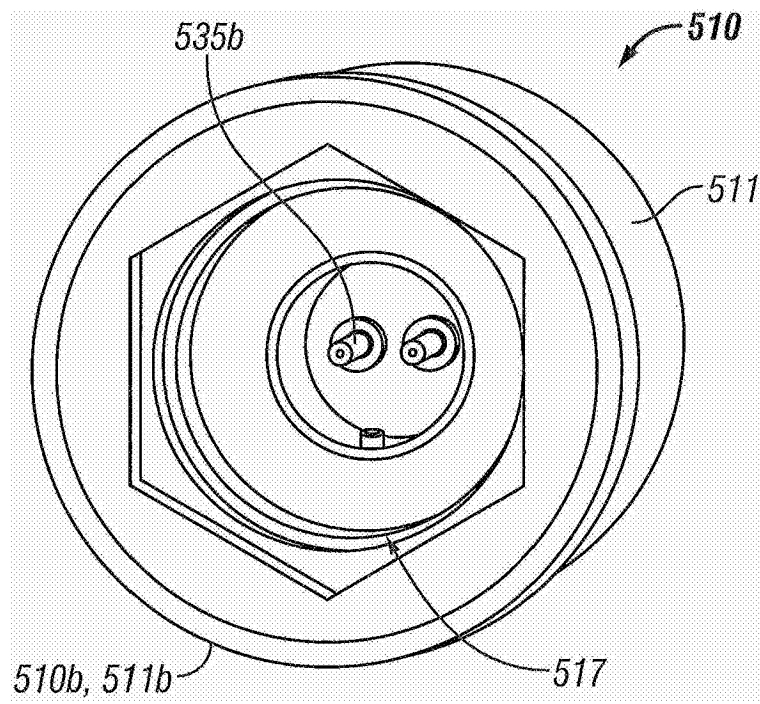


图 16

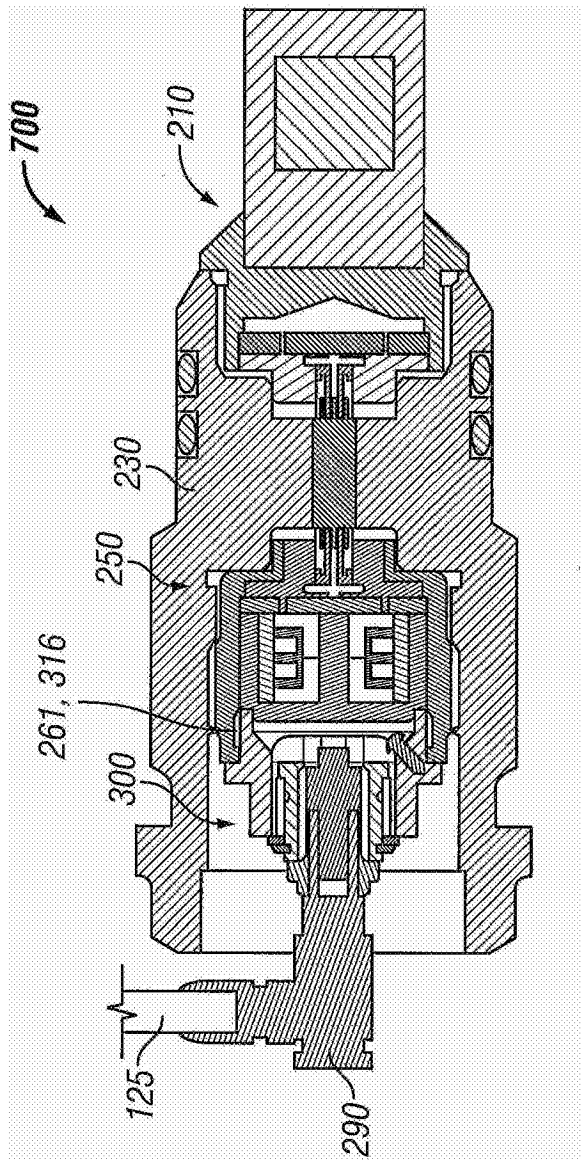


图 17

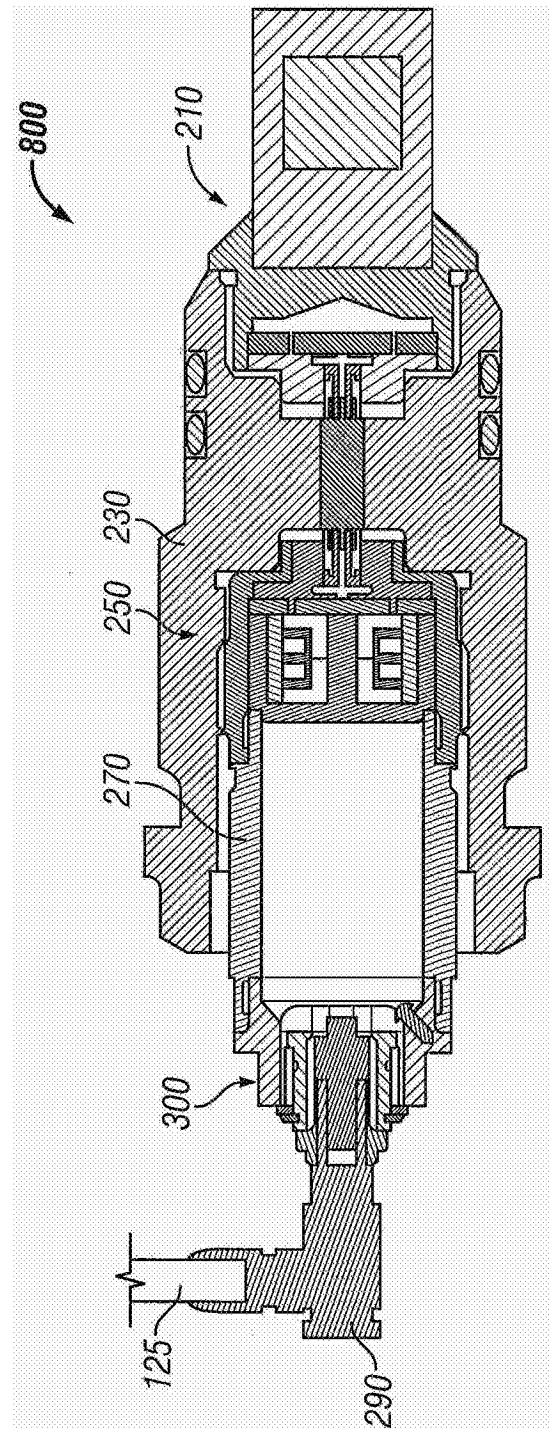


图 18