

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01L 19/00
G01F 1/36
G01F 23/14

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 94193445.4

[45] 授权公告日 2001年2月28日

[11] 授权公告号 CN 1062660C

[22] 申请日 1994.7.29 [24] 颁证日 2000.10.14

[21] 申请号 94193445.4

[30] 优先权

[32] 1993.9.20 [33] US [31] 08/124,246

[32] 1994.6.9 [33] US [31] 08/258,262

[86] 国际申请 PCT/US94/08584 1994.7.29

[87] 国际公布 WO95/08758 英 1995.3.30

[85] 进入国家阶段日期 1996.3.19

[73] 专利权人 罗斯蒙德公司

地址 美国明尼苏达

[72] 发明人 本尼特·L·洛瓦吉

格利高里·S·穆桑

戴维德·E·维克伦德

米切尔·J·兹韦伯

戴维德·A·布洛登

布列思·J·比斯乔夫

卡里·P·考普龙

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

代理人 蒋世迅

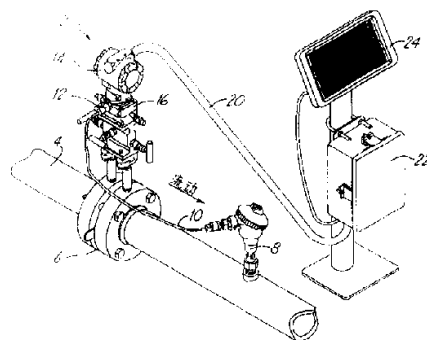
审查员 王 奕

权利要求书 2 页 说明书 20 页 附图页数 10 页

[54] 发明名称 一种过程控制系统中的双线发送器

[57] 摘要

一双线发送器采用内部压力传感器来检测压力。该传感器包括能够从与发送器相隔开的远程传感器中接收过程变量的输入端。发送器中的线路在双线处理控制环上发送与所检测到的压力和处理变量相关的信息。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

权 利 要 求 书

1. 一种过程控制系统中的双线发送器，用于感测代表一个过程的过程变量，包括：

一个模块外壳；

一个压力传感器，连接到模块外壳，用于感测过程的压力并且提供一个传感器压力输出；

一个对模块外壳的过程变量输入端，用于接收来自位于模块外壳外的外部过程变量传感器的过程变量信号；

一个模-数转换器，连接到压力传感器，提供代表传感器压力输出的数字压力输出；

在模块外壳中的第一微处理器，接收数字压力输出并且提供补偿的输出；

电子设备外壳，连接到模块外壳；

数据与功率总线，连接到第一微处理器，从电子设备外壳为第一微处理器传载数据及功率；

在电子设备外壳中的第二微处理器，连接到数据及功率总线，用于接收来自第一微处理器的补偿的输出及过程变量信号，并且相应计算与过程有关的物理参数；及

输出电路，连接到双线过程控制环路，用于接收来自第二微处理器的计算的物理参数，并且相应地在双线过程控制环路上发送物理参数。

2. 权利要求1的发送器，其中物理参数是质量流率，并且其中压力传感器感测代表过程的差压，又其中传感器模块外壳进一步包括感测代表过程的线路压力的第二传感器及感测代表过程的过程温度的第三传感器。

3. 权利要求2的双线发送器，其中第二微处理器计算过程流体的质量流率，它是作为存储在存储器中的参数的函数。

4. 权利要求1的发送器，包含一个在外壳中的轴套，连接到过程变量的输入端。

5. 权利要求4的发送器，其中轴套与传感器模块外壳是一个整体。

6. 权利要求4的发送器，其中轴套被焊接进传感器模块外壳。

7. 权利要求4的发送器，其中轴套被拧进传感器模块外壳。

8. 权利要求4的发送器，其中轴套包含一个在其外径上的沟槽。

9. 权利要求4的发送器，其中轴套具有直螺纹，并且一个适配器拧进轴套中。

10. 权利要求4的发送器，其中一个接地板被焊到轴套中。

11. 权利要求1的发送器，其中一个固定件拧进过程变量输入端，并且该固定件紧固四线电缆。

12. 权利要求1的发送器，其中一个固定件拧进过程变量输入端并且该固定件有螺纹内径，用于连接到导管。

13. 权利要求1的发送器，包括电路，连接到双线过程控制环路，以便从环路接收功率给发送器完全供电。

说 明 书

一种过程控制系统中的双线发送器

本专利资料的公开部分包含受版权保护的材料。版权所有人反对任何人对专利资料或专利公开的传真复制，如它出现于专利与商标事务所的专利文件与记录中那样，但在其他任何情况下保留全部版权权利。

背景技术

本发明涉及一种现场安装的测量发送器，用来测量一个代表一种过程的过程变量，更详细地说，涉及那些具有一个微处理器的发送器。

已知一些测量发送器可感测两个过程变量，例如在管子中流动的流体的差压和线路压力。在关心其动力消耗的过程控制工业设备领域通常安装这种发送器。测量发送器提供了一个代表其所感测变量的电流输出，该电流强度作为被感测的过程变量的函数而在4—20mA内变化。操作测量发送器所需的电流必须小于4mA，以便使发送器符合此过程控制工业的通信标准。一些其他的测量发送器感测流体的过程分段(grade)温度。每个发送器都要耗费大且可能不安全的插入管子中，另外每个发送器在12V下消耗最大达20mA的电流。

气流计算机有时包括压力测量发送器通用的压力感测装置。现

有的气流计算机装在用于精密过程控制的过程控制工业厂房中，并置于监视转移应用中来监测所转移的碳氢化合物数量，并且有时放在井口处以监测井的天然气或碳氢化合物产量。上述流体计算机提供了一个作为三个过程变量函数且代表质量流的输出。这三个过程变量是：跨过一个位于输送流体的管子中的孔板两端的差压，管子中流体的线路压力，以及流体的过程温度。许多流体计算机从分开的发送器接收所需的这三个过程变量，因此只包含计算能力。一种现有的流体计算机具有两个外壳：一个包含差压和线路压力传感器的第一外壳和一个接收代表流体温度的 RTD（电阻式温度检测器）输入的类似发送器的第二外壳。温度测量在第二外壳内经过信号调节后发送到计算气体流量的第一外壳。

测量天然气流动的方法详述于“天然气和其他相关碳氢气体的孔板测量”，1—4 部分之中，它们公知为 AGA 报告 No. 3。计算质量流速需要计算气体的压缩性系数和孔板排放系数。压缩性系数是决定所做计算方式的几个标准的主题。根据这些标准来计算压缩性系数花费了许多指令周期，从而造成每次质量流计算所需的大量计算时间以及大的能量消耗。因此，如果每次更新都从新计算出的压缩性系数来得到，则质量流速输出的随后更新之间的时间将不希望地变长，从而延缓了过程环路。即使压缩性系数在后台计算，以便防止更新速度的加长，但是从旧的压缩性系数来计算质量流速的输出就在过程变化快时，导致了差的控制。而且，压缩性系数的计算需要存储大量的辅助常数，这也消耗了大量能量。AGA 报告 No. 3，部分 4 要求 0.005% 的质量流速精度，这就导致在计算质量流速时慢的更新时间、旧的压缩性系数的使用，或者大于 4mA 的能量消耗。同

样地,直接计算孔板排放系数需要将许多数字提高至非整数的能力,这对于低能量应用来说计算强度大。同时也造成更新之间不希望的长时间或者大于 4—20mA 工业标准所要求的能量消耗。

因此对于现场安装的测量发送器存在着这样一种需求,这种发送器适于用作气体流动发送器,它具有改善的更新时间,但在 12V 下消耗小于 4mA 的能量,从而不必牺牲计算精度。

本发明的另一方面涉及压力测量装置,具体地说涉及压力发送器系统,该系统响应至少两个分离位置处的压力,并通过一个双线链路与单独的控制器的通信。

已知一些具有发送器外壳的压力发送器,它包括在流体上连接于压力外壳内的两个压力端口上的一个差压 (“ ΔP ”) 传感器。这种发送器在发送器外壳内还包含连于传感器并通过双线链路将测量的 ΔP 传送给远处控制器的电路系统。控制器通过双线链路来激活该电路系统。例如管子和歧管的流体导管将过程流体送至发送器压力端口。一般说来,紧靠孔板上下游的过程流体流过各自端口,这样由传感器测量的 ΔP 就代表穿过孔板的过程流体的流速。

在一些应用中,需要在彼此分开一个远大于发送器外壳尺度大小的多个位置处测量过程流体的差压。为了进行这种测量,已知将柔性的充油毛细管或脉冲管道连到上述的 ΔP 发送器,以便将过程液体的压力通过液体传到外壳的压力端口。但是,这种配置受到充油毛细管的高度和温度差所引起的误差的影响。

也已知在两个过程流体测量位置处分别提供一个独立的压力发送器,并将每个压力发送器电连接到一个“稳态流体接口单元”(HIU)。该 HIU 通过一个双线链路与远处的控制器进行通信,并由一

个独立单元通过一个不同的电气链路来供电。该 HIU 反过来对压力发送器供电并与它通信，而且对测量的压力执行多种算术运算。例如，当压力发送器装在过程流体的储藏罐上，该 HIU 能够通过双线链路收发一个 4—20mA 的信号，此信号代表过程流体的密度 ρ ：

$$\rho = \Delta P \times \left(\frac{1}{z \times g} \right),$$

其中 ΔP 是发送器之间的过程流体压力差， g 是重力加速度，以及 z 是（用户设置的）流体测量位置的垂向分隔。这种系统避免了与发送器外壳外边的充油毛细管相关的问题，但也有其自身的缺点，比如需要在测量位置附近安装附加的电子设备，并且在部分上由于 HIU 所进行的大量计算而需要对 HIU 单独供电。

发明内容

本发明是一种发送器，用于在一个单独的单元中计算过程流体的质量流速并具有降低的能耗。对代表过程的过程变量进行感知的双线发送器包括一个连接于传感器模块外壳的电子器件模块外壳。传感器模块外壳具有一个用于感测一个代表过程的压力过程变量的压力传感器和一个用于接受一个代表第二过程变量的信号，如温度信号的轴套（boss）。发送器包括用于被感测的过程变量的数字化电路。电子设备外壳包括一个电子设备电路板，该板具有一个用于计算管中流体的质量流的微处理器，该板还包括一个用于格式化过程变量并将该过程变量耦合到双线电路上的电子设备。电子设备外壳内的微处理器还根据特定格式的多项式来计算压缩性系数和排放系数。轴套位于传感器模块外壳上并调整于与屏蔽的双绞线或导管相

配合。

根据本发明的另一方面，压力测量系统包括一个带内部压力端口的发送器外壳。外壳的压力传感器连接于该压力端口并向发送器内的电路系统提供一个有关压力的信号。电路系统也从外部压力传感器接收一个非流体信号；该外部压力传感器连到一个在发送器外壳外边的远程压力端口。外壳内的电子设备处理信号并提供一个有关内端口和外端口处压力的输出。

附图概述

图 1 是与一个管子相连的本发明的示图，它用于感测管中的压力和温度；

图 2 是本发明电子设备的方块图。

图 3A—B 是两种流体在不同温度下，作为压力函数的压缩性系数的曲线图。

图 4 是显示了有关区域的本发明的改进剖视图；图 4A 是延 4A—4A 线对轴圈和孔板的剖视；以及

图 5 是以适用于导管的连接器所示出的本发明的剖视图。

图 6 是对根据本发明的用于测量差压的配置所做的正视图，部分以框图表示，部分以剖视图表示；

图 7 是本发明的主压力发送器的剖面图，其中部分以框图表示；

图 8 是本发明的另一种主压力发送器的剖面图，其中部分以框图表示；

图 9A 和 9B 是本发明的辅压力发送器的剖面图，其中部分以框图表示；以及

图 10 是图 6 的差压测量系统的电路框图。

为了简明并方便讨论，一些图中的元件采用与之前的图中相同的参考数字。这些采用相同参考数字的元件具有相同或相似的功能。

本发明的最佳实施方式

图 1 示出一个多变量发送器 2，它通过一个法兰 6 机械地连接于管子 4。天然气流过管子 4。在本发明中，发送器 2 接收差压、绝对压力和温度，并提供一个包括质量流速在内的多变量输出，而且它具有较低的能耗。

一个 100 欧姆 RTD（电阻式温度检测器）温度传感器 8 感测在流量发送器 2 下游的过程分段温度。感测到的是模拟量的温度通过电缆 10 得以发送，并且通过发送器基体上的一个防爆轴套 (boss) 12 进入发送器 2。发送器 2 感测差压和绝对压力，并且接收一个是模拟量的过程温度输入，它们全部处于同一外壳内。发送器基体包含一个电子设备外壳 14，它沿着螺纹向下拧到一个传感器模块外壳 16 上。发送器 2 通过一个标准的三阀或五阀歧管连接于管子 4。当发送器 2 作为一个气流计算机而连接在一个远处的场地时，包含双绞线电缆的布线导管 20 把来自发送器 2 的输出连接于电池箱 22。电池箱 22 可以由一个太阳能阵列 24 充电。在作为一个数据记录气流计算机而操作时，发送器 2 在 12V 下消耗约 8mA 的电流，即 96mW。当发送器 2 使用一个合适的开关电源以作为一个高性能多变量发送器而配置时，它仅工作在 4—20mA 的电流上，而不需要备用电池。这是通过下面讨论的减低技术来实现的。开关调节器电路系统（未示出）保证了发送器 2 消耗小于 4mA 的电流。

在图 2 中，一个基于金属元件电容的差压传感器 50 感测跨过管子 4 中的一个孔板两端的差压。一个硅基的应变仪式压力传感器 52

感测管子 4 中流体的线路压力, 而一个 100 欧姆 RTD 传感器 8 在差压测量装置下游的一个典型部位处对管子 4 中流体的过程温度进行感测。一个位于传感器模拟板 68 上的低成本硅基 PRT 56 感测压力感测器 50、52 附近的温度, 而且来自传感器 56 的数字化输出可以补偿差压与线路压力。模拟信号调节电路系统 57 过滤来自传感器 8、50 和 52 的输出而且过滤 A/D 电路 58—64 的供应线路。4 个低功率的模拟—数字 (A/D) 电路 58—64 适宜地数字化未补偿的被感测的过程变量并且以适当的时间间隔向一个共用的串行外围设备接口总线 (SPI) 66 提供 4 个独立的 16 位宽输出。A/D 电路 58—64 是电压或电容数字转换器, 适用于要被数字化的输入信号, 并且按照美国专利 4 878 012, 5 083 091, 5 119 033 和 5 155 455 构造, 这些专利转让给与本发明相同的受让人。电路系统 57、PRT 56 和 A/D 电路 58—64 实际上都装在位于传感器外壳 16 内的模拟传感器板 68 上。

微处理器 72 补偿这些被感测的且已数字化的过程变量。一个单总线 76 在传感器外壳与电子设备外壳之间对已补偿的过程变量进行通信。在电子设备外壳 14 内的一个第二微处理器 80 计算设备专用 (installation specific) 的参数并仲裁与一个主板 (master) 单元 (未示出) 的通信。发送器 2 的双微处理器结构要比具有相同计算功能的单微处理器装置提高一倍的工作能力, 并且减少混淆 (aliasing) 现象的可能性。在双微处理器结构中减少了混淆, 因为它允许过程变量以两倍于采用相同更新速率的单微处理器发送器而得以转换。换句话说, 因为分开了补偿与计算, 所以处理器 80 无须同时进行需要高强计算的补偿任务与应用及通信任务。在发送器 2 中, 传感器微处理器 72 提供了补偿的过程变量, 而与此同时电子设备微处理器

80 则利用来自前一更新周期的已补偿的过程变量对质量流进行计算。例如，当发送器 2 作为气流发送器配置时，一个装置特定的物理参数是质量流。或者，当作为分析发送器配置时，发送器 2 则包括用于浊度和液位测量的适当传感器与软件。最后，来自涡度或旋度计的脉冲输入可代替 RTD 输入（并适当调整数字化电路）并且用在质量流的计算中。在本发明的多种实施例中，多种传感器（差压、仪式压力、绝对压力、过程温度和分析过程变量，如气体感测、pH 和液体的元素含量）都位于传感器模块外壳 16 中并在其中得以补偿。

在制作发送器 2 时，压力传感器 50、52 是通过温度和压力而单独进行特征化的，并且将适当的校正常数存储于一个电可擦可编程只读存储器 (EEPROM) 70 中。微处理器 72 检索存于 EEPROM 70 中的这些特征化常数，并且计算多项式曲线来补偿数字化的差压、相对压力和过程温度。微处理器 72 是一个为了节省电力而在 3.5 伏工作的摩托罗拉 68 HC05C8 处理器。传感器数字板 76 位于传感器外壳 16 内并包括 EEPROM70、微处理器 72 和时钟电路 74。可以通过 ASIC 技术将板 67 和 68 上的功能性结合到一个单独的传感器电子设备板。总线 76 包括电源信号、2 个信号交换信号和发出 SPI 信号所需的三个信号。一个在传感器数字板 67 上的时钟电路 74 向微处理器 72 和 A/D 电路 58—64 提供时钟信号。

一个在输出电路板 78 上的摩托罗拉 68HC11F1 微处理器 80 对发送器 2 通过一个双线电路 82 接收的通信请求进行仲裁。当按照一种流量计算机配置时，发送器 2 连续地更新所计算的质量流。全部的质量流数据都记录在存储器 81 中，它含有多至 35 天的数据。当

存储器 81 存满时,用户把气流计算机连接于分析数据用的另一个存储媒体。当按照一个多变量发送器进行配置时,发送器 2 提供所感测的过程变量,它们包括适当的差压、绝对压力和过程温度。

如上所述,计算质量流速的现有技术由于微处理器和存储器需求而非常复杂且具有较大的能量需求。以前,降低功率就意味着降低质量流速的计算精度。本发明通过将复杂方程特征化为多项式并把多项式的系数存储于非易失存储器中而克服了这一限制。微处理器检索流体在其温度下的系数并使用较简单(从而较少功耗)的多项式来计算质量流。

微处理器 80 计算用于质量流的需较强计算的方程,给出如下:

$$q_v = 7709.61 C_d E_v Y_1 d^2 \sqrt{\frac{P_{f1} Z_s h_w}{G_r Z_{f1} T_f}}$$

其中: C_d = 带法兰接头的孔板流量计的排放系数,

d = 在流动温度 (T_f) 下计算出的孔板孔径 (以英寸计),

E_v = 行进系数的速度,

G_r = 在标准状态下的实际气体相对密度 (比重),

h_w = 孔板差压,以 60F° 下的英寸水柱计,

P_{f1} = 在上流阀门处的流动压力,以磅/每平方英寸的绝对压力计,

q_v = 质量流速,以标准立方英尺/小时计,

T_f = 流动温度,以兰氏温标计,

Y_1 = 膨胀系数 (上游阀门),

Z_s = 在标准状态 (P_s, T_s) 下的压缩性系数, 以及

Z_{f1} = 在上游流动状态 (P_{f1}, T_f) 下的压缩性系数。

有许多用于计算压缩性系数的标准。American Gas Association (AGA) 在 1963 年公布了一种标准, 详见于“测定天然气超压缩性系数的手册”, PAR 研究项目 NX-19。在 1985 年, AGA 引入了计算压缩性系数的另一规范, 即“天然气和其它碳氢气体的压缩性和超压缩性”, AGA 传导测量委员会报告 No. 8, 并在 1992, 出于同样目的公布了“天然气和其它相关碳氢气体的压缩性系数”, AGA 报告 No. 8。在 AGA 报告 No. 8 (1992) 中, 压缩性因数 Z_s 和 Z_{f1} 如下定义:

$$z = 1 + \frac{DB}{K^3} - D \sum C_n T^{-u_n} + \sum C_n T^{-u_n} (b_n - c_n k_n D^{k_n}) D^{b_n} \exp(-c_n D^{k_n})$$

其中, B 是第二维里系数, K 是混合物尺寸参数, D 是减小的密度, C_n 是作为组合物函数的系数, T 是绝对温度, 以及每一常数包括 AGA 报告 No. 8 中所定义的辅助常数。在图 3A-B 中给出了作为不同温度下压力函数的压缩性系数, 它们分别对于 100% 的甲烷气和有高浓度二氧化碳的天然气。当流体含多种组成成份时, 对压缩性系数 Z_s 和 Z_{f1} 的直接计算强度很大。微处理器 80 使用从最小二乘法得到的系数来计算压缩性系数。由于可用于本发明的流体种类很多, 所以压缩性系数的幅值变化巨大, 最好采用多项式的形式:

$$z = \sum_i \sum_j A_{ij} \frac{P^i}{T^j}$$

其中, A_{ij} 是存储在 EEPROM70 中由曲线拟合所得到的常数, T 是过程温度且 P 是绝对压力, 其中 i 和 j 取 -9 和 9 之间的整数值, 这有

赖于计算压缩性系数的 AGA 标准。一个 63 项的多项式对于大部分应用足够了。这一形式的多项式和项数比直接计算方法减少了计算量，从而减小了质量流输出的更新之间的时间而且降低了发送器 2 的运行功率需求。而且，这样一种技术避免了使用存储大量辅助常数的大规模存储器，这也节约了能量。

排放系数 C_d 也是需要高强度计算的，并对于直径小于 2.8 英寸的管道给出该值：

$$C_d = 0.5961 + 0.0291\beta^2 - 0.2290\beta^8 + 0.003(1-\beta)(2.8-D) \\ + (0.0433 + 0.0712e^{-8.5/D} - 0.1145e^{-6.0/D}) \left[1 - 0.23 \left(\frac{19000\beta}{R_D} \right)^{0.8} \right] \frac{\beta}{1-\beta} \\ - 0.0116 \left[\frac{2}{D(1-\beta)} - 0.52 \left(\frac{2}{D(1-\beta)} \right)^{1.3} \right] \beta^{1.1} \left[1 - 0.14 \left(\frac{19000\beta}{R_D} \right)^{0.8} \right] \\ + 0.000511 \left(\frac{10^6\beta}{R_D} \right)^{0.7} + \left[0.021 + 0.0049 \left(\frac{19000\beta}{R_D} \right)^{0.8} \right] \beta^4 \left(\frac{10^6}{R_D} \right)^{0.35}$$

对于直径大于 2.8 英寸的管道，排放系数给出如下：

$$C_d = 0.5961 + 0.0291\beta^2 - 0.2290\beta^8 \\ + (0.0433 + 0.0712e^{-8.5/D} - 0.1145e^{-6.0/D}) \left[1 - 0.23 \left(\frac{19000\beta}{R_D} \right)^{0.8} \right] \frac{\beta}{1-\beta} \\ - 0.0116 \left[\frac{2}{D(1-\beta)} - 0.52 \left(\frac{2}{D(1-\beta)} \right)^{1.3} \right] \beta^{1.1} \left[1 - 0.14 \left(\frac{19000\beta}{R_D} \right)^{0.8} \right] \\ + 0.000511 \left(\frac{10^6\beta}{R_D} \right)^{0.7} + \left[0.021 + 0.0049 \left(\frac{19000\beta}{R_D} \right)^{0.8} \right] \beta^4 \left(\frac{10^6}{R_D} \right)^{0.35}$$

其中 $\beta = d/D$ ， d 是孔板的孔直径， D 是管内径， R_D 是雷诺数，由 $R_D = \rho \cdot VD/\mu$ 给出，其中 ρ 是流体密度， V 是管中的平均流速，以及 μ 是流体粘度。与压缩性系数一样，排放系数最好用曲线拟合，但却使用如下形式：

$$C_D = \sum_{i=0}^7 a_i f(R_D)^i + \frac{\sum_{j=0}^3 b_j \beta^j}{R_D}$$

其中 b_j 是实际计算的而 β 如前述所定义的。这种形式的多项式比直接计算法减少了计算量，从而减少了质量流输出更新之间的时间而且降低了发送器 2 的运行功率需求。

发送器 2 具有一个正的端子 84 和一个负的端子 86，并且当作流动计算机配置时，在存储 35 天的质量流数据的同时，或者由电池或者由传统 DC 电源供电。当发送器 2 作为高性能多变量发送器配置时，端子 84、86 连接到 DCS 控制器 88（由一个电阻器和一个电源模拟）的两个端子上。在这种模式，发送器 2 根据 HART[®] 通信协议进行通信，其中控制器 88 为主而发送器 2 为辅。也可以使用过程控制工业中通用的其它通信协议，但需对微处理器码和编码电路做适当调整。模拟环路电流控制电路 100 从 ASIC104 中的数—模转换器接收一个模拟的电压信号并提供一个代表任一过程变量的 4—20mA 的电流输出。HART[®] 接收电路提取从控制器 88 通过双线电路 82 所接收到的数据信号，并向 ASIC 104 提供一个数字信号，该 ASIC 104 根据 HART[®] 协议解调这些数字信号并为了在双线电路 88 上传输而调制这些数字信号。电路 104 包括一个与 Bell202 兼容的调制解调器。

时钟电路 96 提供一个实时的时钟信号以便对应被记录的质量流值记录绝对时间。备用电池 98 为实时时钟 96 提供后备电力。当发送器 2 作为多变量发送器而配置时，就不再需要十分耗能的存储器 81，并且避免了使用开关调节器电源。二极管 90、92 为发送器 2 内的电路系统提供反向保护和隔离。开关调节器电源电路 94 或者快速 (flying) 充电电容器电源的设计，为输出板 78、传感器数字板 67 和传感器模拟板 68 上的电路系统提供 3.5V 和其它参考电压。

在图 4 中，测量发送器 2 的传感器外壳 16 以轴套 12 详细地示出，并与六角形电缆固定器一起表示出来。轴套 12 适于与承载代表过程变量的模拟与数字信号所用的电缆一起使用。即使示出了从传感器外壳 16 伸出的圆柱形隔板，但本发明采用齐平 (flush) 信号输入也是可行的。另外，轴套 12 示作外壳 16 的一整装部分，但也可以拧入、激光焊接或以其它方式得以连接。铠装电缆 152 包括用于 4 个线路电阻测量用的 4 个信号电线 154，但也可包括其它适当数目的信号电线。铠装电缆 152 具有保护信号线 154 免受 EMI 干扰的电屏蔽 155 以及在橡皮插头 156 内的端子，该插头具有带接地铜板 157 的接地垫圈 158。屏蔽 155 通过铜板 157 电连接到接地垫圈 158 上。两个导向插座 163 和四个信号连接器插座 167 连接到焊入轴套 12 内接地板 160 中的导销 165 和馈通 164 上。板 160 优选由不锈钢模注，以抵抗腐蚀性环境。包括铠装电缆 152、橡胶插头 156、垫圈 158、插座 167 和 163、以及铜板 157 在内的铠装电缆组件连接到隔板 12 中的接地板 160，随后带螺纹的六角形固定件 150 延电缆组件滑动并拧入到隔板 12 的直内径螺纹。轴套 12 上的直螺纹借助 1/2" NPT 导管产生的压力来挤压独立的外壳 16，这令人不希望地影响了被感测的压力过程变量的精度。

在板 160 后面，馈通销 164 连接到备选的静电和 EMI 过滤器 166，其目的在于减小来自电学噪声场位置处的干扰。馈通销 164 包上玻璃以使接地板 160 将发送器 2 的内部从环境中密封起来。由于发送器 2 可能装在存在有害和/或爆炸性气体的地方，所以一个防爆夹 168 装配在轴套 2 的槽 170 与六角形固定件 150 的螺丝孔 172 之间。螺钉 174 将防爆夹 168 牢固地定位。当本发明用在防爆设备中

时，六角形固定件 150 由图 5 所示的导管连接器 180 代替。连接器 180 具有适用于配合过程控制工业中通用的 1/2 英寸导管的内径螺纹。防爆夹 168 也可以使用本发明的这一改进。最好是，轴套 12 作为传感器组件外壳 16 的一个整体部分，因为信号并不通过噪声数字信号存在的电子设备外壳。而且，这样一种位置减小了未补偿温度信号在由传感器微处理器 72 数字化之前所行进的距离。另外，直接连到电子设备外壳上可能导致补偿进入壳体内。通过传感器组件的这种进入提供了单元之间的模块化，因为补偿和信号调节是在同一传感器模块中进行的。与传感器模块 16 上的轴套 12 相连的双微处理器结构为三个过程变量的测量提供了降低的能耗，减小了三个变量中每一个的补偿误差，并且与设计有质量流速输出的现有发送器相比，提供了一个具有较轻重量的较小外壳。

在图 6 中，差压测量系统 210 包括一个“主”压力发送器 212 和一个“辅”压力发送器 214。压力发送器 212、214 分别在贮藏罐 224 的端口 220、222 处栓于法兰 216、218。罐 224 内盛有过程液体（未示出）。系统 210 测量过程液体在端口 220、222 之间的水力静差压。端口 220、222 之间的距离处在发送器 212、214 之中一个尺寸的级别上或者大于它，这样除非使用充油毛细管伸出件或脉冲管，否则采用单一发送器就无法进行测量。每一个发送器 212、214 包括一个压力传感器，并最好还包括一个预调节电子设备，该设备提供一个代表在各自端口 220、222 处的过程流体压力的电输出。发送器 212、214 可以测量在各自端口 220、222 处的过程流体的绝对压力、差压或（所示的）仪式压力，但最好是它们进行同样类型的测量以减小大气压的效应。

辅发送器 214 通过电连接件 226 向主发送器 212 传送一个代表端口 222 处过程流体压力的电信号。电连接件 226 可以包括一个在其两端带有标准多针电连接器的受屏蔽的多导体电缆，或者它可以包括一条或多条电线在其中通过的可弯筒状导管。这样的导管保护了电线，并且如果它导电还将电线从电磁干扰中屏蔽起来。

主发送器 212，除了测量端口 220 处的过程流体压力外，还通过计算发送器 212、214 所做的压力测量值之差来计算端口 220 和 222 之间的过程液体压力差。如果压力发送器 212、214 为仪式压力测量而配置时，则它们输出之间的计算差将包括一个由于两压力发送器位置之间大气压力差所引起的因素。这一大气压的因素可以通过一个在主发送器 212 内的偏置调整而得以校正，或者根据所希望的系统精确度而忽略发送器 212、214 的垂向分布。

控制系统 230 通过双线链路 228（最好是 HART® 格式，可购自 Rosemount 公司，Eden Prairie, Minnesota, USA）向主发送器 212 发送指令并从它接收信号，而且如果需要，主发送器 212 可以与通信。发送器 214 采用相同的方式通信。辅控制系统 230 通过链路 228 对主发送器 212 供能，而主发送器 212 反过来通过连接件 226 对辅发送器 214 供能。最好是，主发送器 212 对介于 4mA 和 20mA 之间的流过链路 228 的电流进行调整，其电流值代表所计算出的过程流体压差。

主压力发送器 212 在图 7 中得以更详细地显示出。为了清楚起见，图中所示的线段 213—213 以上的发送器外壳部分相对于线 213—213 以下的发送器外壳部分旋转了 90°。压力传感器 232（最好是美国专利 No. 4 370 890 和 4 612 812 所述的电容性元件）响应压力

端口 234 处的过程流体与压力端口 236 处的周围大气之间的压力差。如图所示，传感器 232 通过隔离器薄膜 238、240 以及充有，例如硅油的通路 242、244 而连到压力端口。压力传感器 232 可以交替地测量端口 234 处过程流体的绝对压力，在此情况下可以省去端口 236、薄膜 240 和通路 244。测量电路系统 246 通过电线 245 连于传感器 232，并在链路 248 上提供一个响应端口 234 处相对或绝对压力的第一压力输出 P_1 。链路 248 和图中其它电连接件以粗线画出以表明它们可以包括多个独立的导体。最好是，电路系统 246 包括一个热敏电阻或其它的温度传感器（见图 10），这些温度传感器与传感器 232 处于紧密的热量传递关系，并用于电路系统 246 以补偿传感器 232 的热特性。因此，对主发送器 212 处的温度变化，链路 248 上的第一压力输出 P_1 具有减小的敏感性。

最好是，主发送器 212 包括 ΔP 计算电路系统 250，它通过链路 248 接收第一压力输出 P_2 并通过链路 248' 接收第二压力输出 P_1 ，并且从其计算出压力差 $\Delta P = P_2 - P_1$ 。测量值 P_2 代表端口 234' 处的相对或绝对压力，同样地 P_1 是经过温度补偿的。电路系统 250 随后通过链路 228 并穿过发送器 212 中的通信端口 252 向控制单元 230 传递压差 ΔP 。在图 6 和图 7 的实施例中， P_1 和 P_2 其自身都是差压测量值，因为它们代表仪式压力。电路系统 250 也用于分别通过链路 248 向电路系统 246，以及通过链路 248' 向辅发送器 214（见图 9a）中的对应电路系统 246' 供应电力。使用双发送器 212、214 以及在主压力发送器 212 中包括 ΔP 的计算，消除了对外置充油毛细管的需求，以及对独立计算单元的需求或对执行这种计算的控制单元 230 的需要。

图 8 示出了与图 7 中的主发送器 212 相似的另一主发送器 260，其中相似的部件标以相同的参考数字。在发送器 260 中去掉了靠近发送器 212 底座的轴套 262，在发送器 212 中包括一个用于接收代表压力的电信号的专用通信端口。取而代之，电路系统 250 通过电线 264 连于辅发送器 214，这些电线通过发送器顶部两个标准通信端口（见图 6 中发送器 212 的端口 252、253）之一进入发送器外壳。电线 228、264 通过端子盒 266 与穿透发送器外壳壁的馈通连到电路系统 250。通过消除对轴套 262 和专用电缆连接件 226 的需要，可以通过低成本来制造使用了发送器 260 而非发送器 212 的差压系统。

图 9a 更详细地显示了图 6 中的辅压力发送器 214。标以加撇号数字的组件与带有未加撇号的对应数字的前述组件具有相同的功能。加上撇号（'）以使标号的组件与辅压力发送器 214 有关。最好是，辅发送器 214 使用压力发送器 232' 和测量电路系统 246'，它们与主发送器 212 或 260 的对应发送器 232 和电路系统 246 基本相同。这些部件的复制减少了制造清单并降低了成本。连接件 226 通过一单独的通信端口 268 进入辅压力发送器 214。连接件 226 终止于附于其尾端的多针连接器以形成完整的电气链路 248'，且该多针连接器反向连到配合元件 270。

图 9b 示出了另一个辅发送器 272，它使用端子盒 274 和通信端口 276、278 来代替发送器 214 的端口 268 与配合元件 270。这种替代允许用户使用带有馈通电线的辅发送器来将辅发送器与主发送器相连。辅发送器 272 可以与主发送器 260 一起用作差压测量系统。上述的测量电路系统 246' 示作一对彼此相连的电路板，该板通过带状电缆 245' 连到传感器 280。发送器 272 包括测量过程流体在压力端

口 234[′]处绝对压力的压力传感器 280。

图 10 是图 6、7 和 9a 中所示的差压测量系统的电路框图。系统 210 包括连于传感器 232 和 232[′]的计算电路系统 250。图 10 更详细地显示了测量电路 246。电路系统 246 通过线路 245 连接于传感器 232 中的电容器 290 和 292 上。电容器 290 和 292 可以配置成测量差压。电路系统 246 包括一个电阻温度设备 (RTD) 298, 它连于测量输入电路系统 300, 该电路系统也连于传感器 232 中的电容器 290 和 292。模—数转换器 304 通过多路转换器 302 和电路系统 300 有选择性地连于传感器 232 或 RTD 298。数—模转换器 304 连于微处理器 306, 该微处理器也连于存储器 308。存储器 308 存储有多种信息, 包括有关零和满刻度的信息, 以及对, 例如采用压力的传感器 232 输出的非线性和采用温度的传感器 232 输出的变化, 进行校正的系数。微处理器 306 通过线路 248 与计算电路系统 250 进行通信, 提供一个压力输出 P_1 , 该压力输出作为由零和满量值调整的并由校正系统与 RTD 298 输出进行校正的传感器 232 输出的一个函数。电路系统 250 可以通过线路 248 对存储器 308 的内容进行编程。

电路系统 250 包括差值电路 312、微处理器 314 和存储器 316。微处理器 314 连接到电路系统 246 和 246[′]、差值电路 312、存储器 316、电流控制装置 318 以及串行接口 320。差值电路 312 也接收 246 和 246[′]的输出。微处理器 314 通过连接件 248、248[′]与电路系统 246 和 246[′]进行通信。微处理器 314 控制微处理器 306 以设置电路系统 246。另外, 压力信息直接提供给微处理器 314 以及压差 ΔP 通过差值电路 312 提供给微处理器 314。微处理器 314 通过双线链路 228 进行通信并使用电流控制电路系统 318 对测量出的压力值做出响应,

以此来控制流过环路 228 的电流。串行接口 320 用于通过电流环路 228 的数字通信。

电路系统 246 和 246' 中的微处理器 306 和 306' 对压力分别进行校正和补偿, 这些压力分别由传感器 232 和 232' 感测出。微处理器 306、306' 使用存储在存储器 308、308' 之中的校正系数。这样, 单元 246、246' 可方便地互换并能够在制造时进行单独校准。

从与发送器分开的远距离处对压力进行测量的典型先有技术方案使用一个充油的小毛细管, 以便与远处的传感器相联系, 如背景技术部分中所述。

比起先有技术, 本发明提供了大量优点。来自远处的传感器测量被马上转换成电信号。当供给发送器的信号具有高精度时, 电信号可以在远处进行补偿。在操作中, 图 10 所示的系统通过连接件 248 和 248' 与电路 246 和 246' 进行通信。如图 7 所示, 电路系统 246 和传感器 232 位于发送器 212 中。电路系统 246' 和传感器 232' 位于与发送器 212 分开的单独外壳内。在图 6 中所示的实施例中, 电路系统 246' 位于辅发送器 214 中。注意到, 即使将单元 214 描述成一个“发送器”, 但是单元 214 可以包括任一类型的远程传感装置, 它们向发送器 212 提供一个电的或其它非流体类型的输出信号。

电路系统 250 也提供多种警报。通过使电线 228 上的信号超过正常值, 电路系统 250 向控制单元 230 发出一个“HI”警报条件信号, 并且通过使该信号降低到正常范围以下时, 发出一个“LO”警报条件信号。在多种条件下, 都可由电路系统 250 来引发警报, 这包括 P_1 、 P_2 或 ΔP 落在了预定范围之外。通过将环路电流达到饱和的高或低值, 以便使用这一信息来设定警告条件。其它参数也可用

于警告条件，如密度。

另外，系统 210 的电路不仅能够分别通过存储器 306 和 306' 提供各自用于压力 P_1 和 P_2 的零、满量程和校正系数，而且也可以通过存储器 316 提供用于输出 ΔP 的零、满量程和线性度与温度校正系数。能耗降低可以通过对线路 248、248' 传送的信号进行多路转换来得到，在一种典型操作中，整个系统可以用从电流环路 228 接收到的 4mA 信号和 12 伏来供电。即使示出了电容式压力传感器，也可使用其它类型的压力传感器，如应变仪式。另外，可以采用光学连接件来代替所示的多种电连接件。例如电路系统 250 和电路系统 246' 之间的连接件可以是一条或多条光纤。

在图 6 至 10 中所示本发明的一个实施例中，主发送器 212 测量流体管道中孔板两端的差压，而辅发送器 214 在发送器 212 的上游或下游，沿流体管道定位，并测量过程流体的绝对压力。

即使已参照诸优选实施例对本发明进行了介绍，但是本技术领域中的熟练人员将认识到可以在形式和细节上做出改变，而不偏离本发明的精神和范围。例如，除了温度和压力传感器外，也可在本发明中使用其它的传感器和传感器输入，比如 pH、体积或质量流、导电率和气体组成。

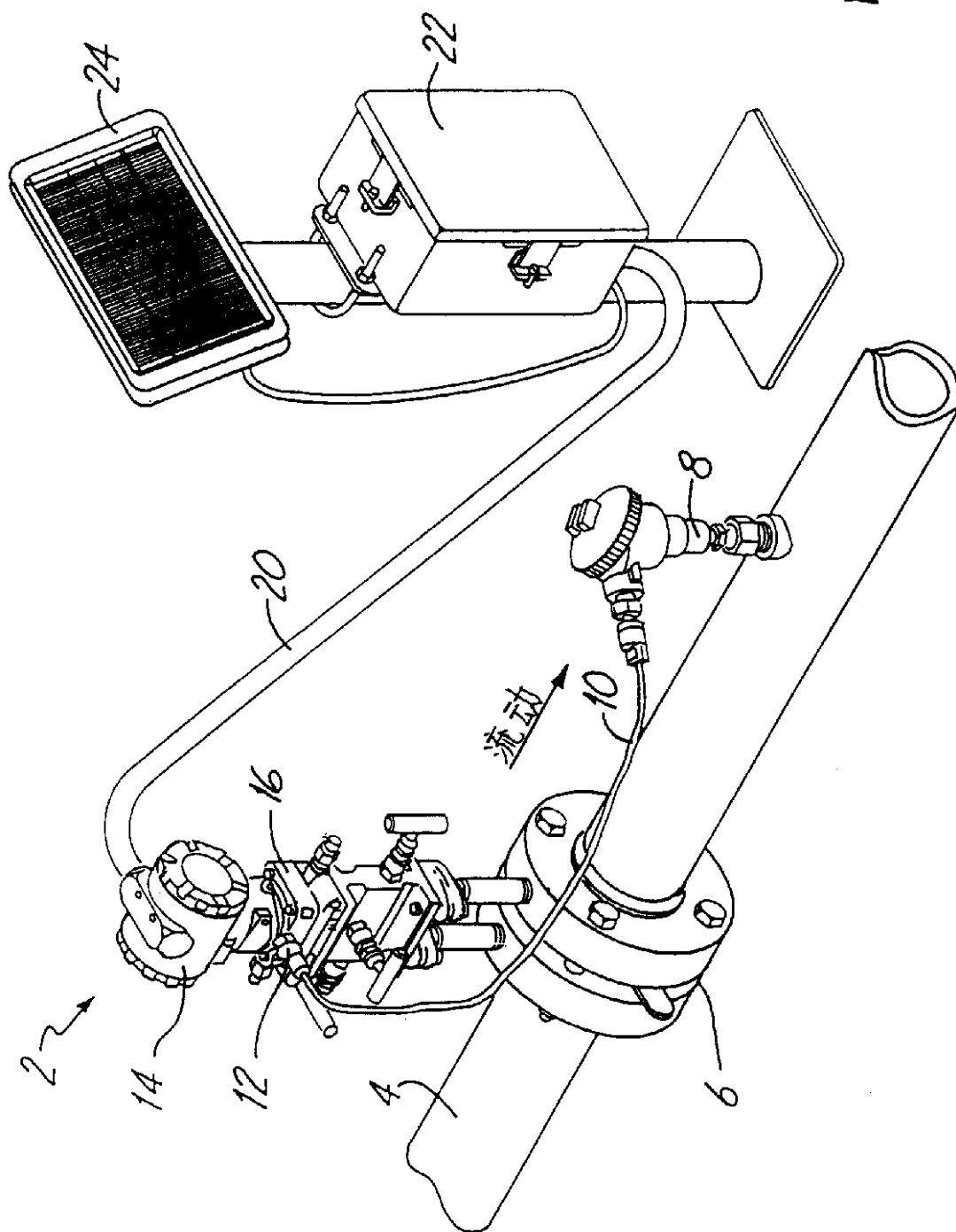


图.1

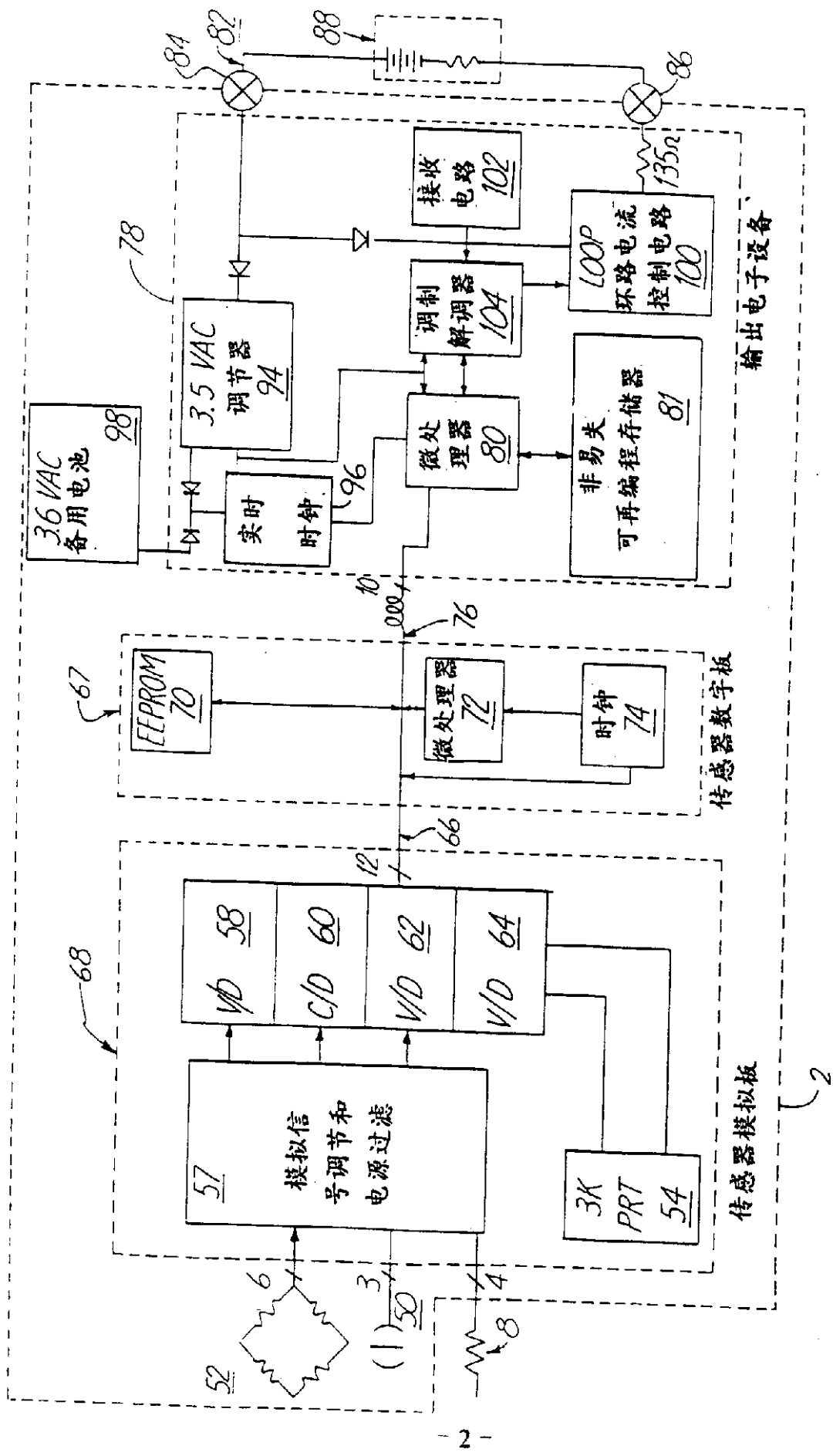


图 2

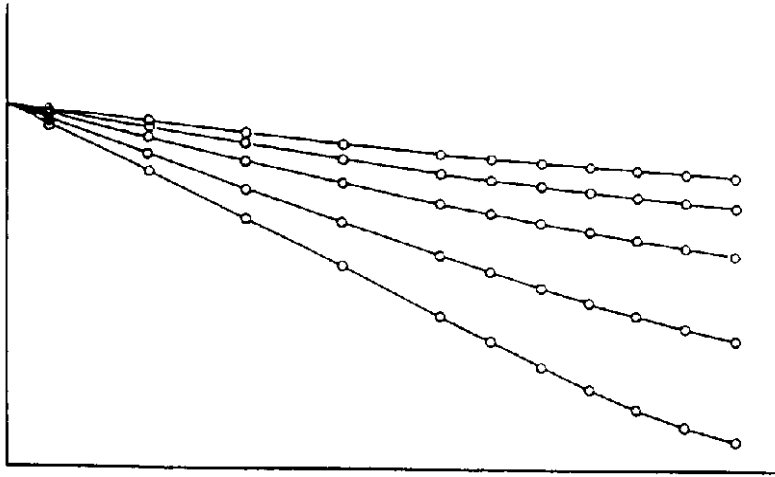


图3A

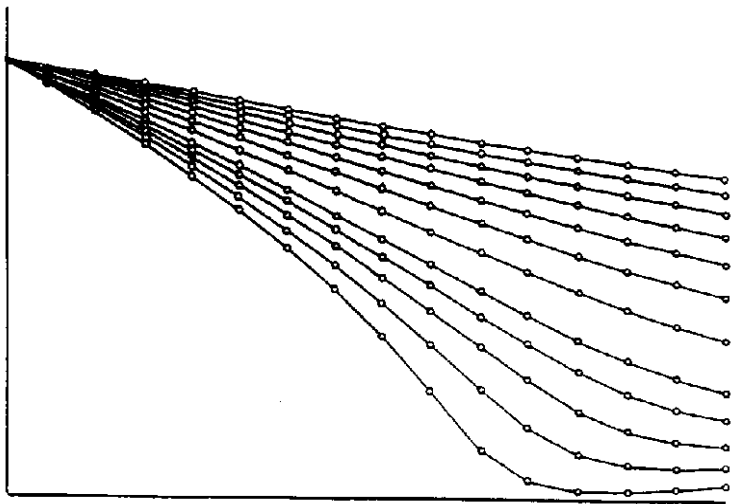


图3B

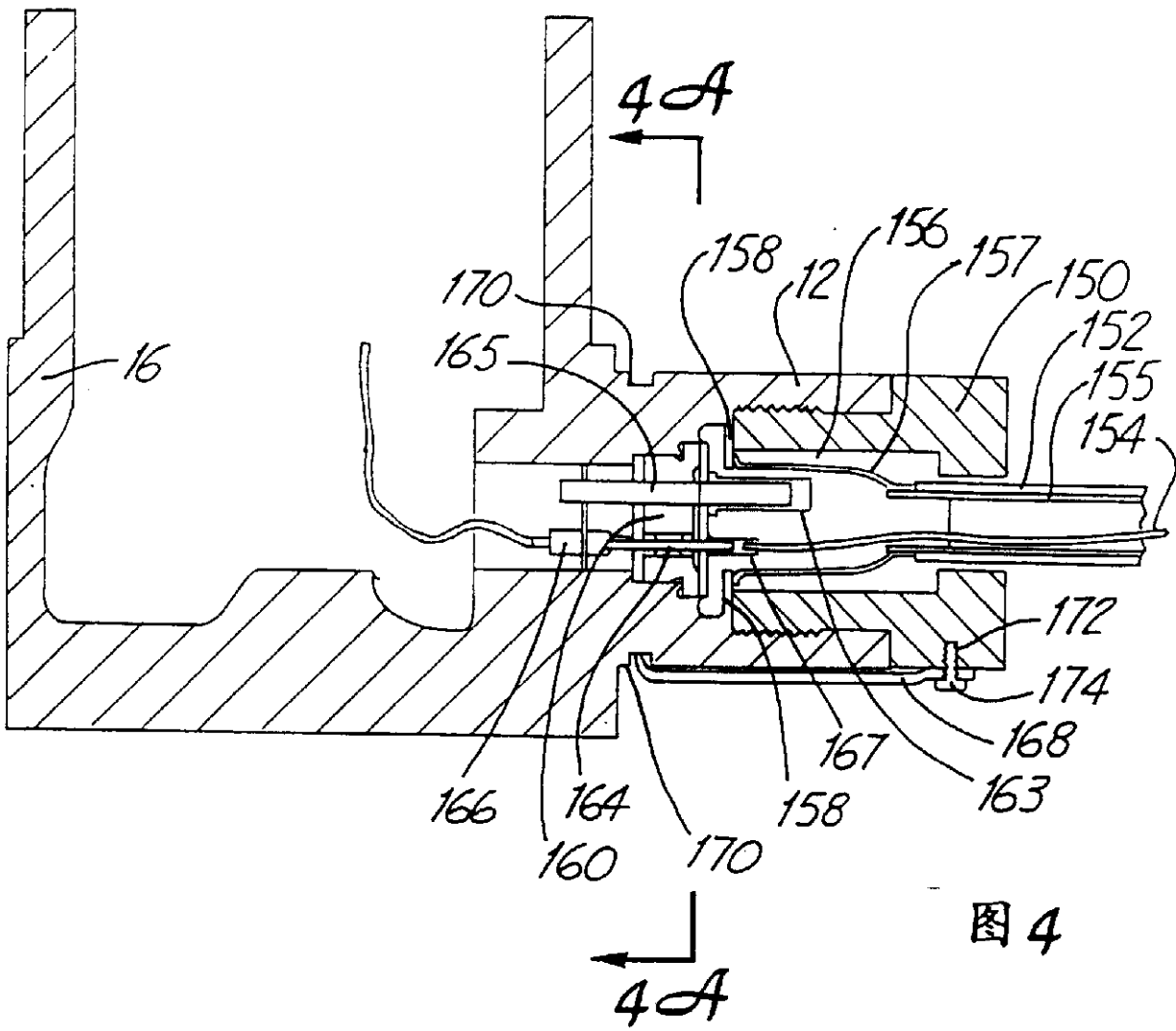


图 4

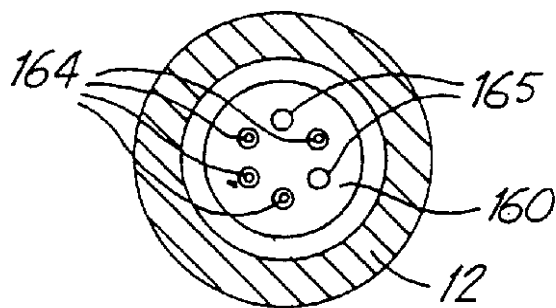


图 4A

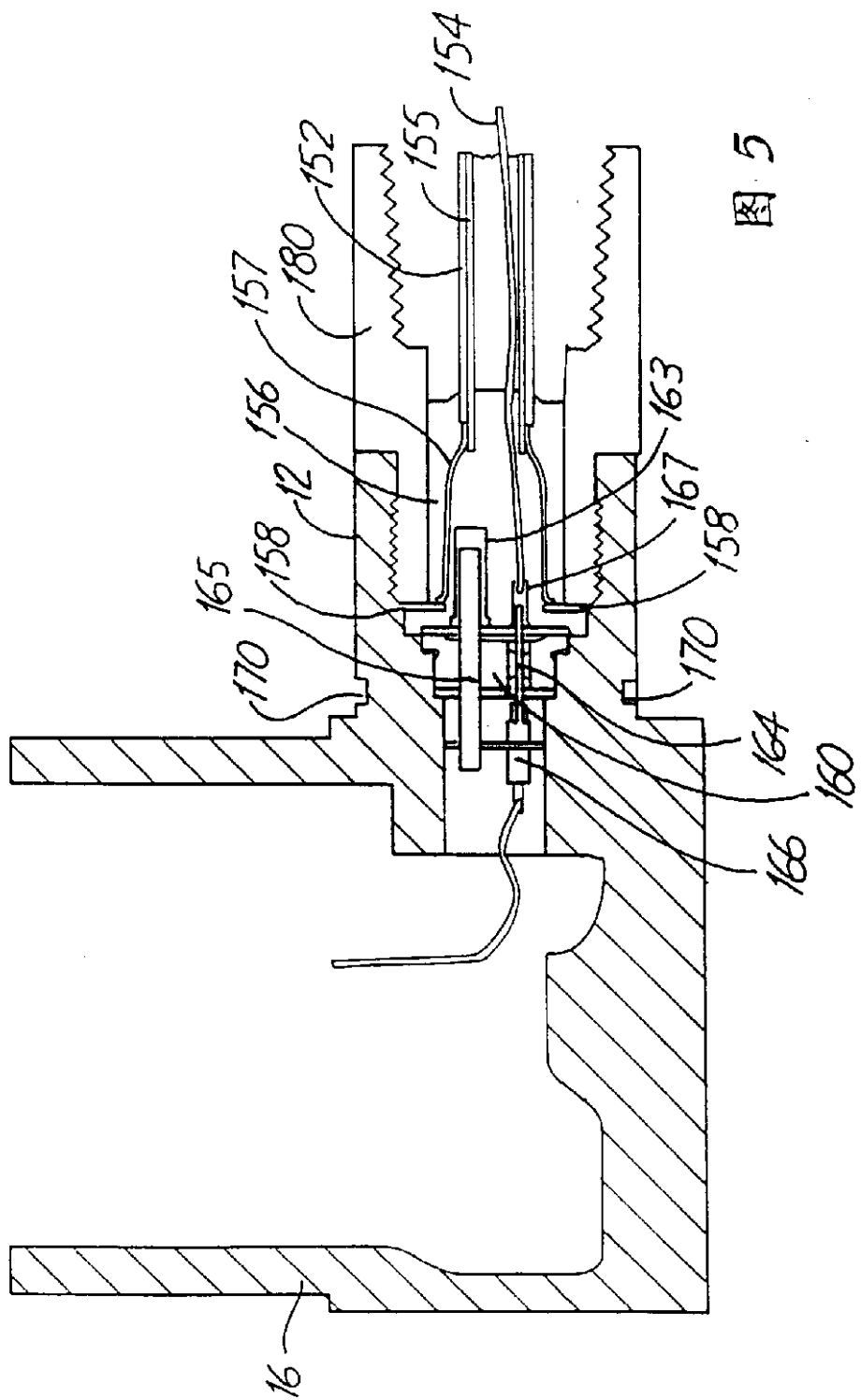


图 5

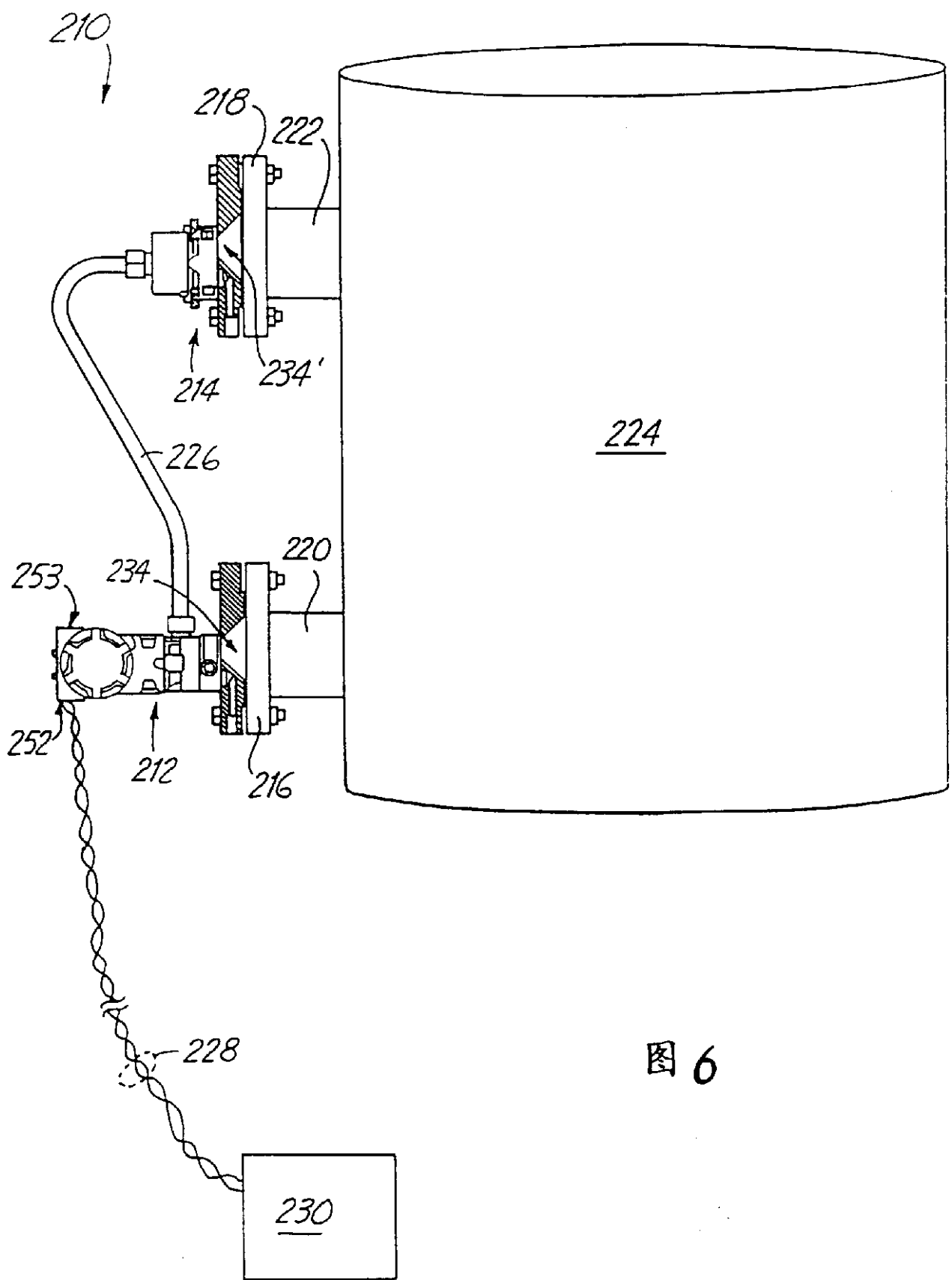


图 6

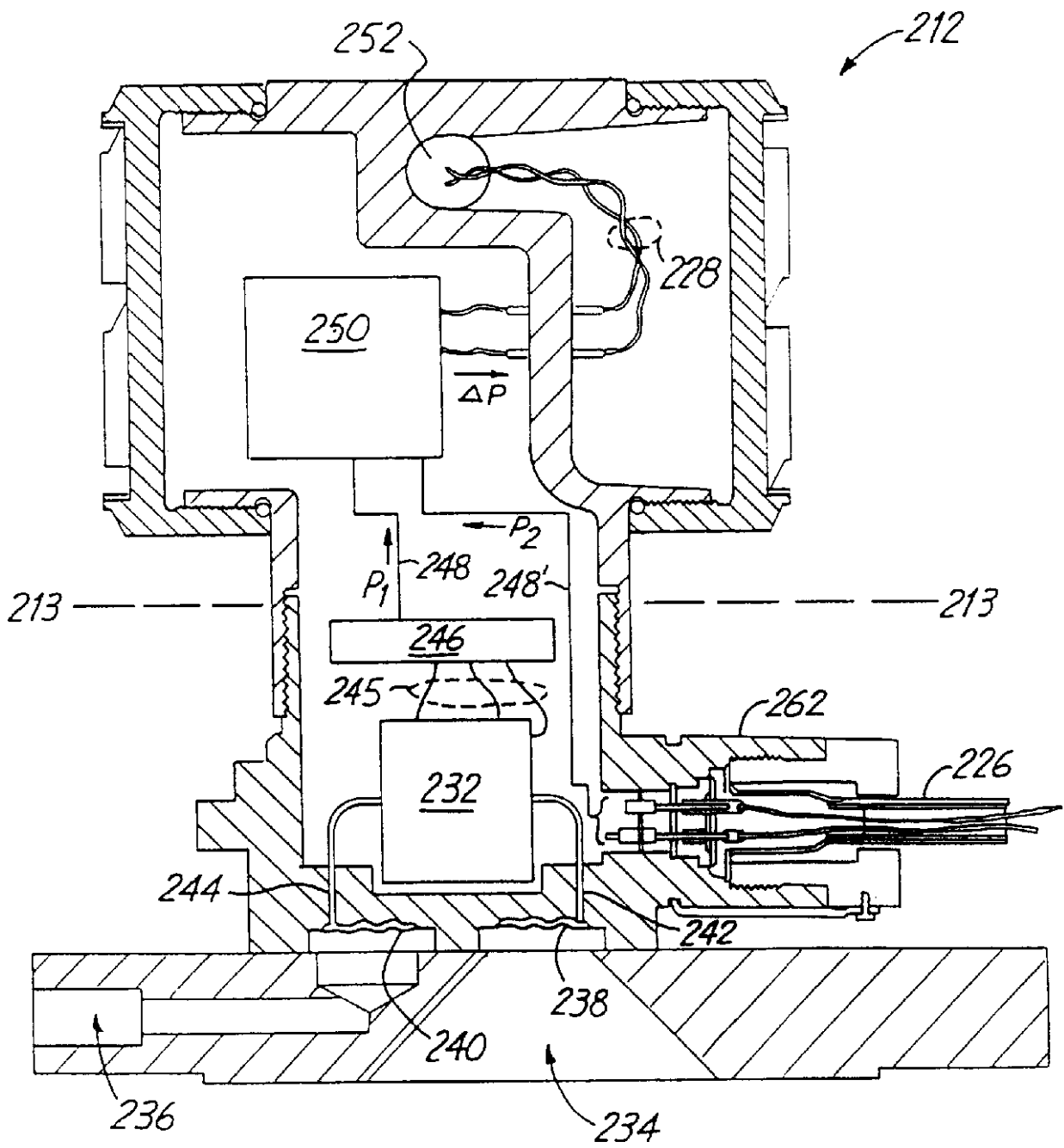


图 7

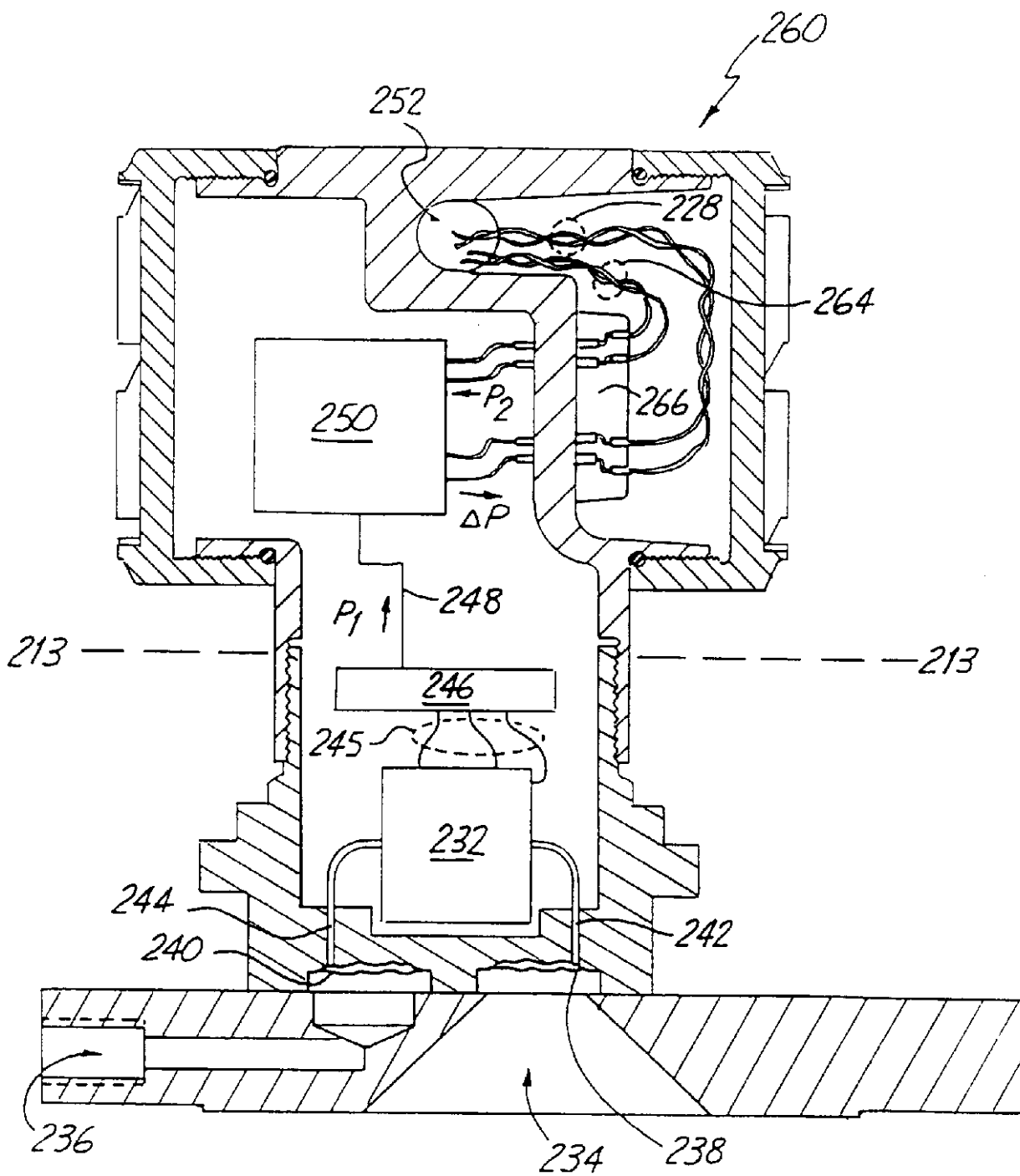


图8

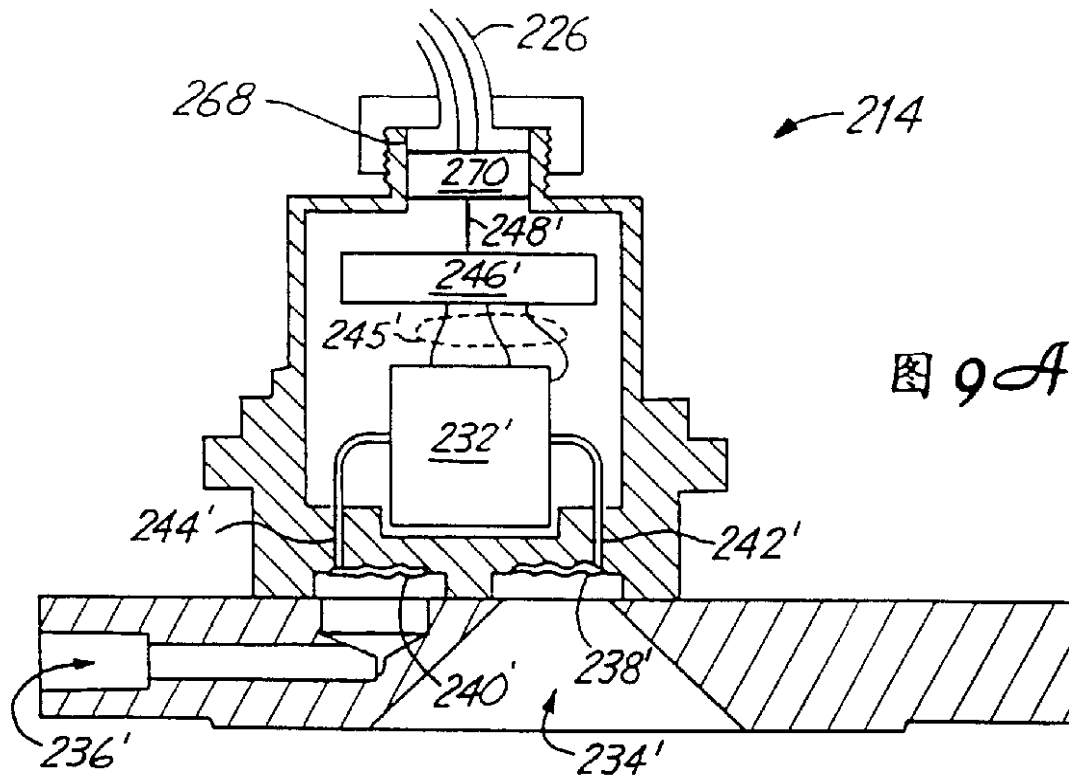


图 9A

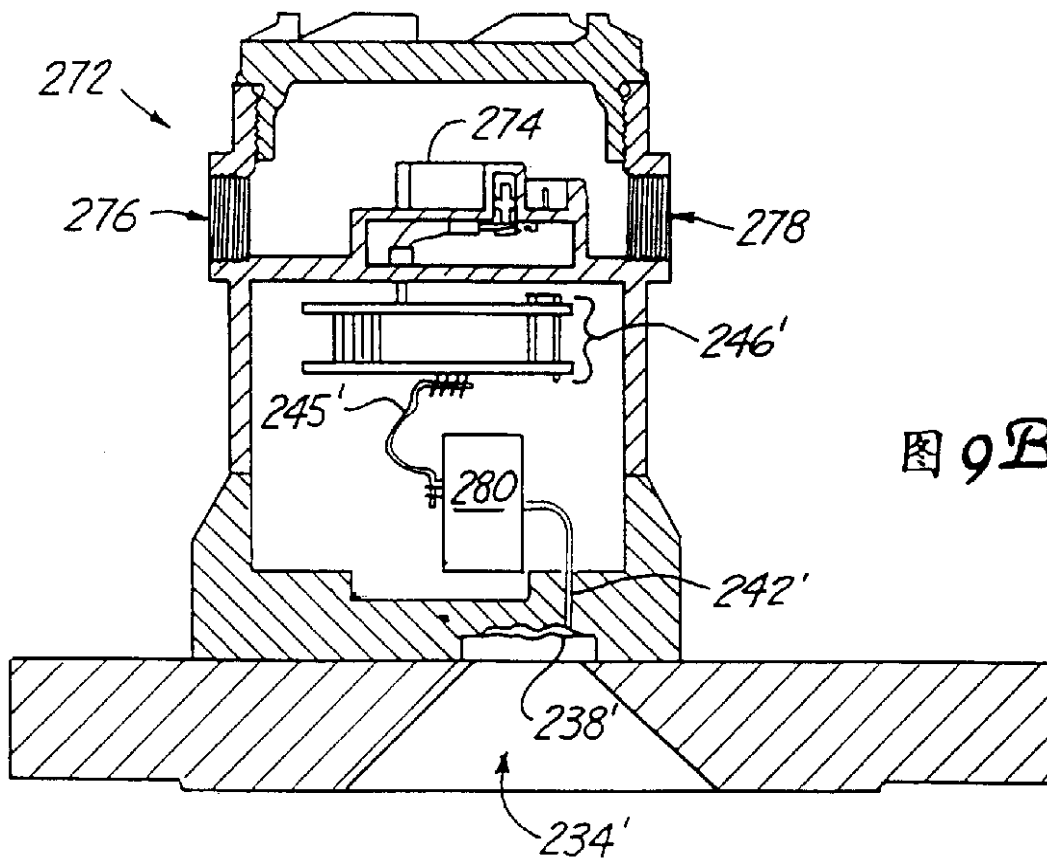


图 9B

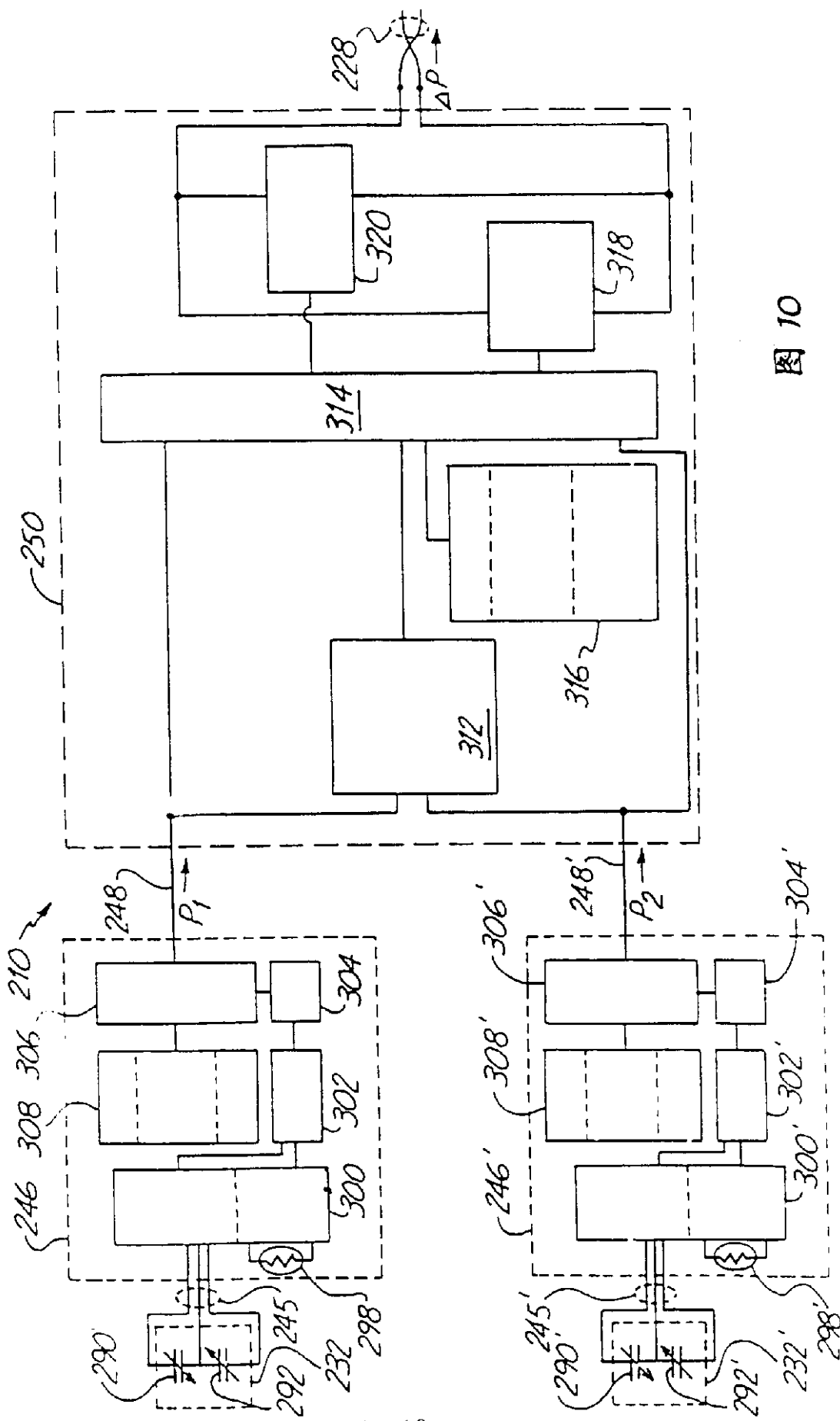


图 10