



[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 94191982.X

[51]Int.Cl⁶

G01L 19/04

[43]公开日 1996年5月15日

[22]申请日 94.4.26

[30]优先权

[32]93.5.5 [33]US[31]08 / 057,745

[86]国际申请 PCT / US94 / 04579 94.4.26

[87]国际公布 WO94 / 25844 英 94.11.10

[85]进入国家阶段日期 95.11.3

[71]申请人 罗斯蒙德公司

地址 美国明尼苏达

[72]发明人 查尔斯·G·赫斯

[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 杨国旭

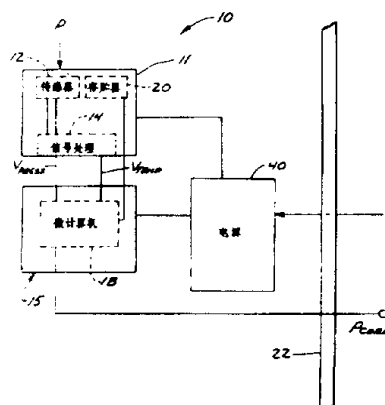
G01B 7 / 16

权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 具有完整温度信号的应变仪传感器

[57]摘要

一个应变成压力传感器 (12), 它具有一个电阻桥式电路 (76, 78, 80, 82), 从该电阻桥式电路上不仅能测量压力传感器 (12) 的外加压力而且能测量压力传感器的温度。在该桥式电路 (76, 78, 80, 82) 两端的一个恒定电压 (V_{BRIDGE}) 是这样提供的, 使得任何温度引起该桥式电路 (76, 78, 80, 82) 的电阻的变化被反映在流经该桥式电路 (76, 78, 80, 82) 的电流中。一个读出电阻器是这样与该桥式电路 (76, 78, 80, 82) 进行电气连接, 使得桥式电流 (I_{BRIDGE}) 的任何变化将引起读出电阻器 (36) 两端电压发生变化。该压降和压力输出信号经数字化和适当地处理后为使用适当的压力测量仪表而产生一个高精度的, 已校正的压力输出。



权 利 要 求 书

1. 一个压力传感器包括:

一个用来提供压力输出信号的电阻桥式电路:

一个给该电阻桥式电路提供电源的电源装置:

一个具有在电气上与该桥式电路连接的第一引线端和具有与电源电气连接的第二引线端以便至少运输流过桥式电路已知部分电流的电阻元件;以及

一个在电气上与该电阻元件连接目的是放大该电阻元件两端电压降以便提供一个温度输出信号的第一放大器。

2. 在权利要求 1 的设备中, 该电阻桥式电路包括四个在电气上相连接以便形成单臂(惠斯登)桥式电路的压敏电阻。

3. 在权利要求 2 的设备中, 压敏电阻是沉积在一片半导体基片上。

4. 在权利要求 2 的设备中, 第一放大器具有一个与该电阻元件的第一引线端电气连接的倒相输入和一个与该电阻元件的第二引线端电气连接的非倒相输入。

5. 除权利要求 4 的设备外, 一个第二放大器具有一个与电源电气连接的非倒相输入, 一个与该电阻元件的第一引线端电气连接的倒相输入和一个与该电阻元件的第二引线端电气连接的输出。

6. 除权利要求 5 的设备外, 第三放大不仅具有与电阻桥式电

路电气连接的一个非倒相输入而且具有一个倒相输入，目的是用来放大该压力输出信号。

7. 除权利要求 6 的设备外，一个第一压力不敏感电阻和一个第二压力不敏感电阻在电路上与第三放大器相连接以便调整增益。

8. 一个用来测量压力传感器的温度的方法，该压力传感器具有一个电阻桥式电路以便提供一个压力输出信号和一个电源以便供给电流流经该桥式电路，该方法包括以下几个步骤：

提供一个连接在电源和电阻桥式电路之间的电阻元件以便运输至少是流经该桥式电路的已知部分的电流；

在该桥式电路两端维持一个基本恒定的电压，这样使得在该桥式电路的电阻产生变化的温度反映在流经该电阻桥式电路的电流中；以及

测量该电阻元件两端的电压降。

9. 除权利要求 8 的方法外，下一步骤是放大该电阻元件两端的电压降以便产生一个温度输出信号。

10. 除权利要求 9 的方法外，下一步骤是利用该温度输出信号来校正压力输出信号以补偿该压力传感器的温度变化。

11. 一个压力传感器包括：

一个电阻桥式电路，它具有为提供一个压力输出信号的输出引线端和为接收电源的电源引线端；

电源装置，在电源引线端以一个基本恒定的电压将电源供给该电阻桥式电路，这样使得温度引起桥式电路的电阻的变化反映在流经该电阻桥式电路的电流中；

一个电阻元件，它具有在电路上与该桥式电路相连接的第一引线端和具有在电路上与电源相连接的第二引线端以便输送至少是流经该桥式电路的电流的已知部分；以及

一个用来放大该电阻元件两端电压的在电路上与该电阻元件连接的第一放大器以便提供温度输出信号。

说 明 书

具有完整温度信号的应变仪传感器

本发明涉及电阻应变仪压力传感器，尤其涉及这种传感器的温度补偿。

在电阻压力传感器的工作环境中的温度变化会在这种压力输出信号中产生明显的误差。电阻桥式传感器的电阻率温度系数的微小变化会产生一种偏移误差和膜片的柔软性明显下降，从而产生灵敏度误差。因而，经常必需通过测量该压力传感器的温度和校正该压力输出信号来补偿由于温度变化所产生的误差。

有几种能部分校正电阻压力传感器中的温度感应误差的方法。许多方法是使用一种分离的温度敏感元件，例如一种热电偶、热敏电阻或二极管。这些元件测量靠近该压力传感器的温度并生成取决于该传感器的环境条件的校正信号。其它方法包括选择该桥式电路的热系数和诸如电阻的温度补偿元件，以便从整体上平衡该桥式电路。

具有这种现有技术方法的一个问题是，在例如加热的动态状态期间，将出现在压力信号和温度信号之间经常产生一种相位滞后的瞬时温度偏移或其他瞬时温度状态。这种相位滞后是由在两个同时接收随时间变化的激励源的电元件之间的内在的不理想的热耦合所引起的，这种激励源如温度起伏不是同时到达并影响该温度敏感元

件和压力传感器。因此，在校正压力输出信号时会产生误差。

本发明提供一种具有电阻桥式电路的应变仪压力传感器，此电阻电桥电路利用流经它的电流测量温度变化并提供一个温度校正信号。本发明使用比较少的电气元件，并且由单独的桥式电路不仅同时产生与加在该电桥上的压力有关的一个模拟输出信号，而且同时产生一个与该电桥的温度有关的模拟输出信号。

与本发明有关的电气元件包括一个电阻压力传感器和信号处理电路，该信号处理电路包括一个读出(检测)电阻和三个放大器，其中有两个放大器也是利用增益调整电阻。跨接在该桥式电路两端的恒定电位将确保该桥式电路电阻的热感应变化将引起流经该桥式电路的电流的变化。读出电阻器与桥式电路是这样连接，以便使流经该桥式电路的电流流过该读出电阻器。温度输出信号和压力输出信号的内在耦合是由既起温度敏感元件作用又起压力敏感元件作用的桥式电路造成的。

读出电阻器两端的电位降的测量与放大将提供一个用来校正由温度变化引起的压力输出信号中的误差的温度信号。此后，应用大家熟知的信号调节技术将允许在宽温范围进行高精度压力测量。

在一种实施例中，由同一材料构成并同时被构成作为桥式电路电阻器的在压力传感器基片上形成的对偶电阻器将允许对传感器灵敏度的瞬时的以及温度感应的变化进行补偿。这些对偶增益调整电阻器被连接到一个桥式电路放大器以便固定该放大器的增益调整比率，由于该电阻器的公共偏差，该放大器不随温度的变化而变化，而且，该传感器基片的批量生产技术的变化与本发明的压力输出信号的精确度不相抵触。这一方法将产生一种高互换传感器设计。该

设计在传感器失效和连续替换之后要求重新校准或变换外部信号处理电路系统，因此，将导致时间和金钱大量地节省。

很多不同类型的压力传感应用将得益于本发明的应用，它包括薄膜应变仪传感器，详细情况如已透漏在被分派给本代理人的美国专利号 4,777,826 中，因此，要结合起来参考。

图 1 是一个本发明的压力传感设计和温度补偿设计的功能方框图；

图 2 是一个与本发明的温度补偿电路相连接的压力传感器示意图；以及

图 3 是一个适用于本发明的压力传感器的平面示图。

如图 1 所示，本发明的压力传感器电路 10 是由对外加压力敏感的，用字母“P”标志的第一块电路板 11 组成。第一块电路板 11 包括连接信号处理电路系统 14 的压力传感器 12，信号处理电路系统 14 又与包含微计算机系统 18 的第二块电路板 15 相连接。微计算机系统访问来自固定存贮器 20 的预加载压力温度校正系数，以便产生代表实际外加压力 P_{corr} 的数字输出信号。在所示的实施例中，一个适当的电磁干扰(EMI)滤波器 22 将保护压力传感器电路 10 避免不希望的电磁干扰。像在此处的优先实施例的航天应用指定使用 EMI 滤波器 22。但是，像法拉第笼蔽的其他适当的屏蔽将是以满足本发明的其他应用。

如图 2 所示，信号处理电路系统 14 包括一个第一放大器 30，一个第二放大器 32，一个第三放大器 34 和一个读出(检测)电阻器 36。第一放大器 30 的一个非倒相输入端 38 在电气上与一个参考电压 45 相连接，而第一放大器 30 的一个倒相输入 42 在电气上与读

出电阻器 36 的第一个末端 44 相连接。一个电源 40 给压力传感器电路 10 提供一个稳定的电源。如本实施例所示，参加电压 45 还给压力传感器电路 10 产生一个 2.5 伏的稳定电位。第一放大器 30 的输出端 46 在电气上与读出电阻器 36 的第二个末端 48 相连接。放大器 30 和读出电阻器 36 相连接构成一个非常稳定的电压调节器电路，部分原因是由参考电压设备 45 的精密度和准确度所致。第二放大器 32，即差分放大器具有一个与读出电阻器 36 的第一个末端 44 电气连接的倒相输入 50 和一个与读出电阻器 36 的第二个末端 48 电气连接的非倒相输入 52。放大器 32 具有一个由电阻器 53 的值固定的预定增益系数。

第三放大器 34，即一个差分放大器具有一个在电气上与该桥式电路的第一节点 56 相连接的非倒相输入 54 和一个在电气上与该桥式电路的第二节点相连接的倒相输入 58。第三放大器 34 最好是公司零件号为 AMPOL/883 或类似的适当的测量仪器质量放大器的模拟设备，该测量仪质量放大器提供两个增益调整电阻器，以便将该放大器增益调整到两个增益调整电阻器比率的倍数。第一增益调整电阻器 62 和第二增益调整电阻器 64 都适当地连接起来，并根据下面等式： $Gain(\text{增益}) = 20(R_{62}/R_{64})$ 设定第三放大器 34 的增益。

参照图 1，第二放大器 32 的一个输出 66 和第三放大器 34 的一个输出 68 在电气上与包含在信号处理电路 14 中的一个模—数转换器相连接，然后连接到微计算机系统 18。另外，存贮器 20 和电源 40 在电气上都连接到微计算机系统 18。

详细情况如图 3 所示，一个均质的基本上平坦的半导体基片 70

包括一个用来支承桥式电路的可弯同部分 72, 以及一个相对不易弯曲的或坚固部分 74。在图 3 中, 压力传感器 12 包括四个压力敏感电阻器, 即一个第一电阻器 76, 一个第二电阻器 78, 一个第三电阻器 80 和一个第四电阻器 82, 这些电阻器在电气上连接在一普通的单臂(惠斯登)桥式电路中, 并支撑在单片硅基片 70 上面。该压敏电阻器按照一种已知方式这样配置, 即当施加在压力传感器 12 的压力增加时, 第一电阻器 76 和第二电阻器 80 的电阻都增加, 而当作用在该压力传感器 12 的压力增加时, 第二电阻器 78 和第四电阻器 82 的电阻都减少。当没有压力作用在压力传感器 12 时, 每一个压敏电阻器的电阻值近似相等。

如下面所详细说明的, 为了调整第三放大器 34 的增益, 该硅基片 70 还支承在基片 70 的相对不易弯曲部分 74 上的第一和第二增益调整电阻器 62, 64。不易弯曲部分 74 支承增益调整电阻器 62, 64 以便在使用过程中, 它们相对地不受易弯曲部分 72 活动的影响, 从而对外加压力不敏感。当然, 图 3 只是说明性的, 并且它上面的其他元件的配置可用于本发明。该压力传感器的所有电阻器最好都是由多晶硅构成的薄膜电阻元件。

在工作过程中, 参考电压 45 为第一放大器 30 的非倒相输入 38 提供一个参考电压 V_{ref} , 第一放大器 30 在它的输出 46 提供一个驱动电位 V_{drive} 。该驱动电位使一个桥式电流 I_{bridge} 流经读出电阻器 36, 并且使一个恒定驱动电压 V_{bridge} 外加在该桥式电路的第三节点 86 上。流经读出电阻器 36 的电流将增加直到 V_{bridge} 等于 V_{ref} , 第一放大器 30 的输出 46 稳定在这一点上。第一放大器 30 的高开环增益保证 V_{bridge} 将在 V_{ref} 值处维持恒定。该桥式电流将从

第三节点 86 到在电气上连接一个参考电位节点的第四节点 88 流经该桥式电路。对于所示的本实施例，通过将一种标准机壳基准连接到该金属表层和飞行器的支撑结构来提供电气接地。因为 V_{bridge} 是保持恒定的， I_{bridge} 将随着有效地桥式电阻 R_{bridge} 变化而变化， R_{bridge} 与温度有关，近似表示如下：

$$R_{bridge} = \frac{(R_{76} + R_{78})(R_{80} + R_{82})}{(R_{76} + R_{78} + R_{80} + R_{82})}$$

读出电阻器 36 在第二放大器 32 的输入端 50, 52 两端提供了一个与 I_{bridge} 成正比例的压降。第二放大器 32 将放大该压降，并在它的输出端 66 提供一个与有效桥式电阻 R_{bridge} 成反比的温度信号 V_{temp} 。

如图所示，该压敏电阻器 76, 78, 80, 82 一般具有大约为 $1200\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 的电阻温度系数 (TCR)。因此，与压敏电阻器比较，读出电阻器 36 只需具有一个相对低的 TCR 以确保该读出电阻器 36 精确地反映流经该电桥的电流 I_{bridge} 。因此，假定对于读出电阻器 36 来说，压敏电阻器的 TCR 为 $1200\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ， $30\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 将不影响本发明所说明的特性，结果， V_{temp} 就给压敏电阻器 76, 78, 80, 82 的平均温度提供一个精确读数。

如上所述，外加给压力传感器 12 的压力增加，将增加第一和第三电阻器 76, 80 的电阻，并使第二和第四电阻器 78, 82 的电阻减小。电阻的一变化将引起第一节点 56 和第二节点 60 的电位产生相等和相反的变化。这些电位变化耦合到第三放大器 34，该放大器 34 将根据增益等式： $Gain=20(r_{62}/r_{64})$ 放大该电压差。第三放大器 34 在它的输出端 68 提供最后所得到的压力信号 V_{press} 。

该模拟信号 V_{temp} 和 V_{press} 被提供给信号处理电阻系统 14 中的一个模-数转换器，信号处理电路 14 将数据信号提供给微计算机系统 18，微计算机系统 18 使用用矩阵表示法中所示的下面等式对被校正的压力信号 P_{corr} 进行计算。

$$\text{被校正的压力} = [1 V_p V_p^2 V_p^3] \begin{bmatrix} M_{00} & M_{01} & M_{02} & M_{03} \\ M_{10} & M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{20} & M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{30} & M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ V_t \\ V_t^2 \\ V_t^3 \end{bmatrix}$$

V_p 和 V_t 表示如下：

$$V_p = \frac{V_{pres}}{V_{ref}} \quad V_t = \frac{V_{temp}}{V_{ref}}$$

包括矩阵 M 的系数在压力传感器电路 10 的末级装置中进行计算，并存储于固定存储器 20 中以便通过微计算机系统 18 进行访问和使用。当熟悉这一技术时，这些系数是在温度和压力的阶跃变化期间通过监测该压力传感器 12 产生的。该数字电路工作是为了将该压力测量精度改进成大约从最大压力误差的 1—2% 到 0.1% 的数量级。

在所说明的实施例中，每个压敏电阻器具有 $10K\Omega$ 的电阻值，第一增益调整电阻器 62 具有近似 $10k\Omega$ 的电阻值，第二增益调整电阻器 64 具有近似 $3k\Omega$ 的电阻值，而读出电阻器具有 $1K\Omega$ 的电阻值。因此，在本优先实施例中，第三放大器 34 具有近似 60 的增益，

并且 V_{temp} 的输出电压信号从直流 1.8 伏变化到 2 伏, 而 V_{press} 从直流 0.25 伏变化到 2.25 伏。

当整个桥式电流被表明是流过读出电阻器 36 时, 就有可能对信号处理电路 14 进行这样设计, 以便使只有流经该电桥的电流的固定部分或被选择部分流过读出电阻器 36。

在图 3 中, 第二增益调整电阻器 64 可以包含一个微调阶梯电路 90, 该微调阶梯电路 90 可以调节以便对于压力传感器之间的压力灵敏度差别提供粗略校正。按照在生产期间通常在晶片一级上所做的这一调节, 对于影响给定的成批或成组的压力传感器的相同的压力变化, 大体上会产生相同的(信号)处理输出。这种在一个所选的压力值与零点调整相结合的增益调节方法将产生压力传感器的互换性而无需重新校准该信号处理电路 14。如所示, 通过微调对偶输入电阻器 92, 94 来产生压力传感器 12 的零点调整以便使桥式电路在没有外加压力情况下达到平衡。

在这里所用的“压力灵敏度比率”这一术语是表示在给定的参考电压下压力传感器 12 输出幅度的变化与外加压力变化的比率。第一和第二增益调整电阻器 62, 64 与第三放大器 34 的连接将导致家厂设置的压力灵敏度比率在宽温范围是稳定的。第一和第二增益调整电阻 62, 64 例如可以通过薄膜沉积、掺杂或其他普通技术未形成, 并且最好是作为压敏电阻 76, 78, 80, 82 同时在相同的硅基片上形成。这些电路元件同时制造将在所有的电阻器之间提供几相同的温度跟踪特性, 尤其是关于温度、老化效应以及在长时期内使用的特性。此外, 虽然图中未示出, 该增益调整电阻器 62, 64 可以沉积紧靠在一起以便优化第三放大器 34 的线性增益。

通过感测流经桥式电路的电流的变化来测量影响桥式电路的温度变化将要求如热敏电阻那样的不分离的温度检测计。在动态条件下，由这种检测计的内在的相位滞后所产生的误差就会被消除。另外，即使是在动态温度条件下和所说明的实施例是按被设计为从 55°C 到 85°C 的温度范围去实行以及在连续变化的加速力的情况下，本发明仍能提供一种对温度变化和压力同时测量的方法。虽然未示出，一个单独的5伏电源可以供给该压力传感器电路10，这就进一步减小本发明的成本和复杂性。

虽然本发明是对优先实施例进行说明，但对于精通此技术的工作人员将认识到，在不脱离本发明的精神和范围，在形式上和细节方面可以对本发明作一些变动。

图1

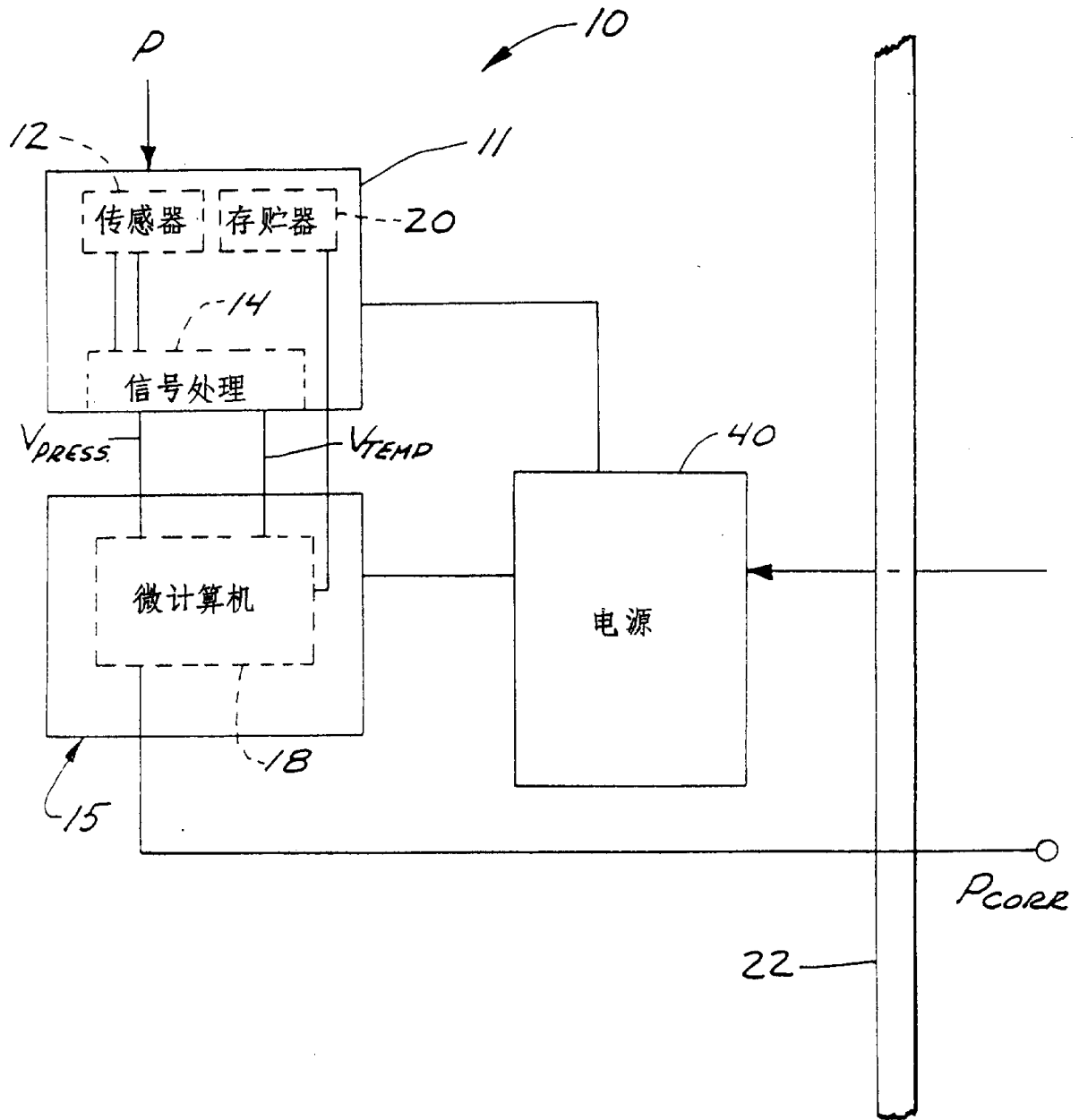


图2

