



(21) 申請案號：110133202 (22) 申請日：中華民國 110 (2021) 年 09 月 07 日

(51) Int. Cl. : **G01L15/00 (2006.01)** **G01L21/12 (2006.01)**
G01L21/30 (2006.01) **G01L27/02 (2006.01)**
G01N27/00 (2006.01)

(30) 優先權：2020/10/14 世界智慧財產權組織 PCT/EP2020/078924

(71) 申請人：列支敦斯登商英飛康股份公司 (列支敦斯登) INFICON AG (LI)
 列支敦斯登

(72) 發明人：柏格 克利斯汀 BERG, CHRISTIAN (CH)；恩德瑞斯 羅夫 ENDERES, ROLF
 (CH)；烏斯特 馬丁 WUEEST, MARTIN (CH)；安德勞斯 伯哈德 ANDREAUS,
 BERNHARD (CH)

(74) 代理人：王彥評；黃政誠

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：12 共 43 頁

(54) 名稱

用於操作壓力感測器之群組的方法

(57) 摘要

用於操作壓力感測器之群組的方法 100，其中此群組至少包含具有第一壓力測量範圍之第一壓力感測器和具有第二壓力測量範圍的第二壓力感測器，其中第一和第二壓力感測器配置成測量共同測量容積中之壓力，其中第一和第二壓力測量範圍在重疊的壓力測量範圍中重疊，且其中此方法包含以下步驟：

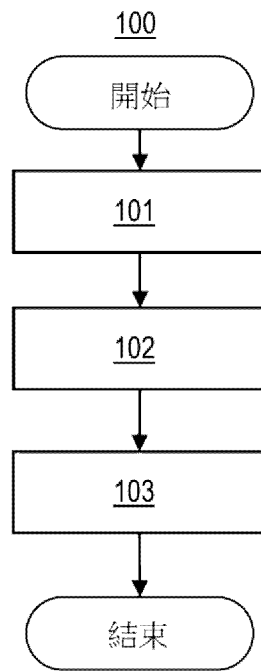
- aa) 實質上同時讀出 101 來自第一壓力感測器之第一測量信號和來自第二壓力感測器的第二測量信號，而共同測量容積中之壓力處於重疊的壓力測量範圍中；
- bb) 將讀出之第一測量信號定義 102 為用於第二壓力感測器的調整點；
- cc) 為第二壓力感測器決定 103 至少一個校準參數、尤其是依賴氣體之校準參數，作為第一測量信號的函數、作為用於步驟 bb) 中所定義之第二壓力感測器的調整點之函數、及作為第二測量信號的函數。本發明另外有關操作真空處理廠之方法、用於執行此方法的裝置、和電腦程式產品。

Method 100 for operating a group of pressure sensors, wherein the group comprises at least a first pressure sensor having a first pressure measurement range and a second pressure sensor having a second pressure measurement range, wherein the first and second pressure sensors are arranged to measure pressure in a common measurement volume, wherein the first and second pressure measurement ranges overlap in an overlap pressure measurement range, and wherein the method comprises the steps of:

- (aa) substantially simultaneously reading out 101 a first measurement signal from the first pressure sensor and a second measurement signal from the second pressure sensor while the pressure in the common measurement volume is in the overlap pressure measurement range;
- bb) defining 102 the readout first measurement signal as adjustment point for the second pressure sensor;
- cc) determining 103 at least one calibration parameter, in particular a gas-dependent calibration parameter, for the second pressure sensor as a function of the first measurement signal, as a function of the adjustment point for the second pressure sensor defined in step bb) and as a function of the second measurement signal.

The invention further relates to a method for operating a vacuum process plant, a device for carrying out the method and a computer program product.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

100:根據本發明之方法

101:步驟 aa)讀出第一
和第二測量信號

102:步驟 bb)定義調整
點

103:步驟 cc)決定至少
一個校準參數



【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於操作壓力感測器之群組的方法

【英文發明名稱】

METHOD FOR OPERATING A GROUP OF PRESSURE SENSORS

【中文】

用於操作壓力感測器之群組的方法 100，其中此群組至少包含具有第一壓力測量範圍之第一壓力感測器和具有第二壓力測量範圍的第二壓力感測器，其中第一和第二壓力感測器配置成測量共同測量容積中之壓力，其中第一和第二壓力測量範圍在重疊的壓力測量範圍中重疊，且其中此方法包含以下步驟：

aa)實質上同時讀出 101 來自第一壓力感測器之第一測量信號和來自第二壓力感測器的第二測量信號，而共同測量容積中之壓力處於重疊的壓力測量範圍中；

bb)將讀出之第一測量信號定義 102 為用於第二壓力感測器的調整點；

cc)為第二壓力感測器決定 103 至少一個校準參數、尤其是依賴氣體之校準參數，作為第一測量信號的函數、作為用於步驟 bb)中所定義之第二壓力感測器的調整點之函數、及作為第二測量信號的函數。本發明另外有關操作真空處理廠之方法、用於執行此方法的裝置、和電腦程式產品。

【 英文 】

Method 100 for operating a group of pressure sensors, wherein the group comprises at least a first pressure sensor having a first pressure measurement range and a second pressure sensor having a second pressure measurement range, wherein the first and second pressure sensors are arranged to measure pressure in a common measurement volume, wherein the first and second pressure measurement ranges overlap in an overlap pressure measurement range, and wherein the method comprises the steps of:

(aa) substantially simultaneously reading out 101 a first measurement signal from the first pressure sensor and a second measurement signal from the second pressure sensor while the pressure in the common measurement volume is in the overlap pressure measurement range;

bb) defining 102 the readout first measurement signal as adjustment point for the second pressure sensor;

cc) determining 103 at least one calibration parameter, in particular a gas-dependent calibration parameter, for the second pressure sensor as a function of the first measurement signal, as a function of the adjustment point for the second pressure sensor defined in step bb) and as a function of the second measurement signal. The invention further relates to a method for operating a vacuum process plant, a device for carrying out the method and a computer program product.

【指定代表圖】

圖 1

【代表圖之符號簡單說明】

100:根據本發明之方法

101:步驟 aa)讀出第一和第二測量信號

102:步驟 bb)定義調整點

103:步驟 cc)決定至少一個校準參數

【特徵化學式】

無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於操作壓力感測器之群組的方法

【英文發明名稱】

METHOD FOR OPERATING A GROUP OF PRESSURE SENSORS

【技術領域】

【0001】本發明有關用於操作壓力感測器之群組的方法。本發明進一步有關操作真空處理系統之方法、執行此方法的裝置、及電腦程式產品。

【先前技術】

【0002】在先前技術領域中，已知諸多類型之壓力感測器。這些包括壓力感測器，其測量原理是基於膜片的兩側之間的壓力差導致之膜片變形，如同所謂的電容式膜片錶 (capacitance diaphragm gauge，縮寫：CDG)。所謂之熱傳導真空錶經由氣體之與壓力相依的熱傳導來決定壓力，例如，於皮拉尼真空錶 (Pirani vacuum gauge) 或皮拉尼感測器 (Pirani sensor) 的案例中經由決定藉由至周圍氣體之載流導線所發出的熱輸出。取決於氣體之類型，電離壓力計、另一類型的壓力感測器藉由決定氣體密度間接地測量壓力。藉著電子電離氣體分子，此氣體密度係基於收集電極 (collector electrode) 上的離子之中和率來決定，其中此中和率係藉著電流測量來決定。

【0003】不同類型的壓力感測器具有不同之測量範圍。例如，有在大氣壓力下提供有意義的測量值之壓力感測器，但於非常低的壓力下、如同中真空或高真空下

就無法再偵測出差異。其它真空壓力感測器需要於毫巴 (mbar) 範圍中之壓力才能完全操作，並可解決非常低的壓力。在先前技術領域中，已知使用壓力感測器之群組，例如自具有重疊測量範圍的二個壓力感測器所組成，以覆蓋比單一壓力感測器類型所能覆蓋者更大之壓力測量範圍。例如，INFICON AG 的 PCG550 產品系列於一個測量裝置中結合皮拉尼感測器和陶瓷電容式隔膜錶，其中皮拉尼感測器和陶瓷電容式隔膜錶之測量範圍重疊。

【0004】用於評估二個壓力感測器的輸出信號之方法可自公開案 EP 0 658 755 A1 得知。在此公開案中，尤其是對於冷陰極電離感測器和皮拉尼感測器的組合，提出在各自感測器測量範圍之過渡區域中的加權技術，用於與各自感測器類型之測量範圍相比較，獲得實質上擴展、明確的測量範圍，藉著此技術，感測器特徵以明確的、一對一之方式不斷地傳送進入彼此之間。

【發明內容】

【0005】本發明之目的是提供替代之操作方法。尤其是，此目的是提供在整個壓力測量範圍內提高壓力測量之準確性的操作方法。

【0006】此目的藉由如請求項 1 之方法來解決。根據本發明的方法係用於操作壓力感測器之群組的方法。此群組之壓力感測器包含具有第一壓力測量範圍的至少一個第一壓力感測器和具有第二壓力測量範圍之至少一個第二壓力感測器。第一和第二壓力感測器配置成測量共

同測量容積中的壓力。第一和第二壓力測量範圍在重疊的壓力測量範圍中重疊。

【0007】此方法包括以下步驟：

aa)實質上同時讀出來自第一壓力感測器之第一測量信號和來自第二壓力感測器的第二測量信號，而共同測量容積中之壓力處於重疊的壓力測量範圍中；

bb)將讀出之第一測量信號定義為用於第二壓力感測器的調整點；

cc)為第二壓力感測器決定至少一個校準參數作為第一測量信號之函數、作為步驟 bb)中所決定的調整點之函數、及作為第二測量信號的函數。

【0008】本發明人已認識到藉由此方法，能準確地決定壓力。尤其是，如果至少一個壓力感測器是提供與氣體成分無關之測量信號的類型之壓力感測器，就可達成一個令人驚訝的簡單方法，此方法達成讀取壓力與氣體類型或氣體成分之很大程度的獨立性。

【0009】此壓力感測器群組中之一個以上的壓力感測器可為真空壓力感測器，亦即使用於例如測量低真空(亦即在自約 1 mbar 至 10^{13} mbar、亦即至大氣壓力之壓力範圍中)、中真空(亦即於自 10^{-3} mbar 至 1 mbar 的壓力範圍中)、高真空(亦即在自 10^{-8} mbar 至 10^{-3} mbar 之壓力範圍中)、或上述二個或三個真空壓力範圍的組合之壓力感測器。本發明的原理亦適用於測量接近大氣壓力之壓力的壓力感測器或過壓感測器。

【0010】至少一個校準參數尤其可為與氣體類型相關之校準參數。

【0011】步驟 aa)執行至少一次。步驟 aa)亦可執行數次、尤其是在不同壓力下，以便收集測量資料，於此基礎上可在步驟 cc)中調整複數個校準參數。例如，基於根據步驟 aa)於不同壓力下施行的二次測量，可決定偏移和斜率。這例如對於氣體類型之水蒸氣是有利的，由此皮拉尼範圍之斜率自正常的斜率偏離，以致「指示壓力」對「有效壓力」之曲線將不能僅僅藉由偏移量或因數來充分準確地敘述。

【0012】作為具體範例，此群組壓力感測器可包括 13mm 的 CDG 作為第一壓力感測器和皮拉尼感測器作為第二壓力感測器。在此案例中，校準點可於 100 mTorr 壓力範圍中選擇，亦即比設計用於 10 Torr 滿刻度之第一壓力感測器的測量範圍之下邊緣高出大約一個十進數。在此範例中，第二壓力感測器的氣體類型相關之校準參數可為皮拉尼感測器於待校準氣體和在藉由校準點所定義的壓力下之測量信號偏離於根據校準點的壓力用氮氣所獲得之測量信號的因數。

【0013】步驟 cc)可為在測量容積中尤其用已知之氣體類型、或於測量容積中連續用複數種氣體來執行，這些氣體的類型彼此相同(例如空氣、氮氣、氧氣、氫氣、氬氣、氦氣、氙氣等)，或濃度比例不同(例如 20%氮氣、80%氫氣)。

【0014】然後，校準參數可例如以用於不同氣體類型之表格形式儲存。以此方式，第二測量信號與關於測量容積中存在的氣體類型之資訊的結合導致提高精確度。例如，關於測量容積中存在之氣體類型的資訊可藉由控制真空室中之製程的控制單元提供。例如，此資訊可例如在於惰性氣體、例如氮氣或氬氣用之進入閥已打開的事實。

【0015】可在步驟 cc)中調整之可能的校準參數係所選氣體類型之壓力與參考氣體、例如氮氣的壓力於相同測量信號下對應之壓力偏差的因數。

【0016】因此，一方面，第二壓力感測器之依賴氣體類型的壓力測量信號可藉由此因數來調整，以致因此校正壓力測量，且甚至在只有第二壓力感測器測量之範圍中使氣體類型依賴性降至最低。於另一方面，此因數提供有關氣體成分相對於參考氣體的資訊。

【0017】具有小尺寸的小型電容式隔膜錶係例如可作為 INFICON 公司之產品，在指定的名稱「Porter™ CDG020D」下，它們於大約 10...1000 Torr 下達到其壓力指示之滿刻度，並可測量低至 10 mTorr 的壓力(在滿刻度 10 Torr 時)。根據本發明之方法係適用於二個以上所提及的壓力感測器之組合的操作，它們可在共同之測量容積中測量。

【0018】例如，三重測量裝置 BCG450 Triple-Gauge™ 經過三個感測器覆蓋從大氣壓力至超高真空的範圍。INFICON BCG450 組合錶(Triple-Gauge™)將三種不同技

術之優點組合於單一、小型而經濟的裝置中，用於測量在 5×10^{-10} 至 1500 mbar (3.75×10^{-10} 至 1125 Torr) 範圍中之製程和基礎壓力。BCG450 被設計來取代三個個別的感測器(熱離子、皮拉尼和直徑 11 mm 之小型 CDG)。這降低成本，並減少系統上所需的空間。例如，此組合裝置可用根據本發明之方法來操作。

【0019】然而，根據本發明的方法亦適用於將不同之壓力感測器附接至同一真空室的裝置，從而形成具有共同測量容積之壓力感測器群組。

【0020】此方法的實施例源自附屬請求項 2 至 16 之特徵。

【0021】在此方法的一個變形例中，第二壓力感測器之調整點於 10^{-2} mbar 至 10^0 mbar 的壓力範圍中，尤其是在 0.1 至 0.4 mbar 之壓力範圍中。

【0022】例如，於 CDG 和皮拉尼感測器的組合中，二個壓力感測器之重疊壓力範圍可有利地藉由設計 CDG 的大小而置於一壓力範圍中，在此皮拉尼感測器之氣體類型依賴性係於雙對數圖中藉由用於每種氣體類型的線性和實質上平行移位曲線為特徵，亦即避免發生非線性發散氣體類型特徵之較高壓力範圍。這進一步提高精確度。方法的此變形例係尤其適用於藉由為不同壓力測量範圍設計其尺寸之二個 CDG 和皮拉尼感測器的組合所形成之壓力感測器群組的操作，其中具有較低壓力測量範圍之第一個 CDG 提供與皮拉尼感測器的線性範圍之重疊範圍，且具有較高壓力測量範圍的第二個 CDG 將壓力感測器群組之有效測量範圍延伸朝高壓力。

【0023】此方法的變形例進一步包含以下步驟：

dd)另外實質上同時讀出第一壓力感測器之另外的第一測量信號和第二壓力感測器之另外的第二測量信號，而共同測量容積中之壓力處於重疊的壓力測量範圍中，且其中此共同測量容積中之壓力係與步驟 aa)中的壓力不同，尤其是其中此共同測量容積中之壓力係與步驟 aa)中的壓力相差 2 倍、10 倍以上；

ee)將另外讀出之第一測量信號定義為用於第二壓力感測器的另外之調整點；

ff)為第二壓力感測器決定另外之校準參數(K2)、尤其是另外的依賴氣體之校準參數，作為第一測量信號的函數、作為步驟 ee)中所決定之用於第二壓力感測器的另外調整點之函數、及作為另外的第二測量信號之函數。

【0024】此變形例可擴展至三個以上的測量點之記錄及另外的校準參數之決定，其中校準參數的數目最多對應於測量點之數目。尤其是，可記錄比待決定的校準參數更多之測量點。在此案例中，可使用擬合演算法來決定一組與測量點最佳匹配的校準參數。因此，校準參數對測量雜訊之依賴性較小。

【0025】於此方法的一個變形例中，測量容積中之當前壓力測量值係決定為當前第二測量信號和先前決定的至少一個校準參數或諸多校準參數之函數。

【0026】方法的此變形例包括使用第二壓力感測器之事先校準來決定當前壓力值的實際步驟。此校準係基於

在重疊之壓力測量範圍中獲得的資訊，且現在可應用至整個第二測量範圍。

【0027】於一個變形例中，此方法進一步包含以下步驟：

gg)判定存在於共同測量容積中之氣體成分是否偏離目標規格，考量當前壓力測量值相對於從第一測量信號得出的壓力測量值之偏差，其中第一測量信號的讀出基本上與當前第二測量信號之讀出同時進行，而共同測量容積中的壓力處於重疊之壓力測量範圍中。

【0028】步驟 gg)對應於氣體成分用的檢查步驟。藉由指定用於與目標規格之可接受偏差的公差範圍，可作出是/否之判定，例如，是否應該執行下一個製程步驟。本發明人已認識到在此能以非常簡單的方式獲得功能性，為此通常將需要殘餘氣體分析儀。

【0029】例如，此變形例可使用於偵測 PVD 製程中之氣體成分變動。

【0030】在此方法的變形例中，於步驟 ff)中所決定之另外的校準參數係第二測量信號之雙對數函數圖中的作為第一測量信號之函數的斜率，或第二測量信號作為第一測量信號之函數的雙對數函數圖中之斜率是由步驟 cc)中所決定的校準參數和步驟 ff)中所決定的校準參數來計算，此方法進一步包含以下步驟：

hh)決定此斜率與預期用於參考氣體、例如氮氣之斜率的偏差；

ii)將步驟 hh)中所決定之偏差與用於此偏差的預先決定之容忍閾值進行比較；

jj)如果超過此容忍閾值，觸發用於共同測量容積中水蒸氣的存在之警報。

【0031】本發明人已認識到以下事實，即於水蒸氣的案例中，所提及之斜率與幾乎所有相關的殘留氣體所觀察到之斜率不同，以致由於此特性，可偵測到水蒸氣的存在。皮拉尼感測器之此特性係非常明顯的。

【0032】於此方法之一個變形例中，第一壓力感測器係與測量容積中的氣體成分無關之壓力感測器類型的壓力感測器。再者，第二壓力感測器係與測量容積中之氣體成分有關的壓力感測器類型之壓力感測器，尤其是第二壓力感測器可為：

- 熱傳導真空計、尤其是根據皮拉尼真空計 (Pirani gauge)或帶有熱電偶感測器，或
- 冷陰極電離真空計、尤其是潘寧電離真空計、或非倒置磁控管或倒置磁控管，或
- 帶熱陰極之電離真空計、尤其是根據巴雅－愛泊特 (Bayard-Alpert)的電離真空計、帶提取器或三極體之電離真空計，或
- 自旋轉子錶感測器。

【0033】壓力感測器可分兩類壓力感測器類型，亦即對單位面積上的力量直接敏感之壓力感測器；及利用壓力對另一物理量的間接影響、如同於待測量壓力之下的氣體之熱導率來決定壓力的壓力感測器。後一種類型之

壓力感測器通常與氣體的類型有關。發明人已認識到，包含第一種類型之第一壓力感測器和第二種類型的第二壓力感測器之壓力感測器群組尤其受益於根據本發明的操作方法。

【0034】取決於所期望之測量範圍，亦即取決於達成高測量精度的壓力範圍，可選擇壓力感測器之組合。根據皮拉尼的熱傳導真空計具有大約 $100 \dots 0.1$ Pa 之測量範圍，根據潘寧的帶有冷陰極之電離真空錶具有大約 $10^0 \dots 10^{-9}$ Pa 的測量範圍，根據巴雅－愛伯特之熱陰極的電離真空錶具有大約 $1 \dots 10^{-8}$ Pa 之測量範圍，用於提取器測量系統分別為 $10^{-1} \dots 10^{-10}$ Pa、用於三極體分別為 $10^3 \dots 10^{-10}$ Pa。皮拉尼熱傳導真空錶可使用直至大氣壓力 10^5 Pa，但精確度大大地降低。

【0035】在此方法的一個變形例中，第一壓力感測器係隔膜式壓力錶、特別是電容式隔膜錶、尤其是陶瓷電容式隔膜錶、或光學隔膜式壓力錶。

【0036】膜片式壓力錶直接對單位面積之力量作出回應，且因此與氣體類型無關。

【0037】於此方法的一個變形例中，第二壓力感測器係熱傳導真空計、尤其是根據皮拉尼或熱電偶。

【0038】熱傳導真空錶具有明顯之氣體類型依賴性，且因此受益於根據本發明的方法之校準。

【0039】在此方法的一個變形例中，步驟 aa)、bb)和 cc)係以定期之時間間隔重複，尤其是每天一次或每週一次。

【0040】時間間隔可尤其適應於另外的製程步驟之計時順序。取決於上下文，事先執行步驟 a)，亦即把共同測量容積中的壓力降低至低壓力範圍也是有用的，以致在每一個案例中，步驟 aa)、bb)和 cc)之整個順序係以定期的時間間隔重複。步驟 aa)、bb)和 cc)之順序亦可作為製程的函數來重複，例如當於真空處理廠中運行強溫度循環時。

【0041】在此方法之一個變形例中，此方法係用於操作包含此群組壓力感測器的真空處理系統之方法。步驟 aa)、bb)和 cc)在真空處理系統的每個製程週期重複一次。

【0042】此製程週期可包括例如充氣、基材之導入、將壓力降低至高真空範圍、允許製程氣體流入、提取製程氣體、充氣和移除基材。製程的步驟 aa)至 cc)之每一者可會同將壓力降低至高真空範圍來執行。此變形例可例如與自動壓力測量品質檢查結合，其中於較短的時間間隔內決定與製程步驟之持續時間有關的幾個壓力值，且其中它檢查這些壓力值是否位在所界定之值範圍內。以此方式，可排除壓力變化過快而無法擷取高品質資料的情況。

【0043】例如，只要達到或超越啟動壓力範圍，此方法就可自動地觸發。例如，如上所述，重疊之壓力測量範圍可為用於決定皮拉尼感測器的校準參數之啟動壓力範圍。

【0044】在此方法的一個變形例中，第二壓力測量範圍包含低壓力範圍，其中此壓力低於第一壓力測量範圍之下限。此方法包含以下附加步驟：

kk)藉著來自第二壓力感測器的第二測量信號，檢查是否已抵達低壓力範圍；

ll)在共同測量容積中之壓力處於低壓力範圍中時，讀出第一壓力感測器的第一測量信號；及

mm)將讀出之第一測量信號設定為用於第一壓力感測器的零點信號。

【0045】例如，對於電容式隔膜錶，可能決定輸出信號之哪個值對應於零的壓力(或在測量範圍之下端的壓力)。此值緩慢地漂移，並可使測量信號之解釋變得困難。通過方法的此變形例，此零點可被決定且如需要地反復更新，同時確保於二個壓力感測器之共同測量容積中有足夠低的壓力，以便能夠決定零點。例如，對於上面提及之 PCG550 產品系列，在根據本發明的方法中，皮拉尼感測器可使用作為第二壓力感測器來建立 CDG 之零點，於此案例中，它具有第一壓力感測器的角色。根據此方法之此變形例，校準參數的決定和事先歸零之結合大大增加整個壓力測量範圍內的壓力測量之準確性。

【0046】此方法的一個變形例進一步包含以下步驟：

nn)將共同測量容積中之壓力增加至第一壓力測量範圍；

oo)讀出第一壓力感測器的當前第一測量信號；

pp)將當前壓力測量值決定作為當前第一測量信號和步驟 mm)中所決定之零點信號的函數、尤其是作為當前第一測量信號與零點信號之差的函數。

【0047】以此方式，當前的壓力讀數係具有正確零點之當前壓力讀數。

【0048】在此方法的一個變形例中，低壓力範圍僅包含比第一壓力測量範圍之下限低至少 10 倍、尤其是低至少 100 倍的壓力。

【0049】本發明人已認識到通過此變形例，可特別準確地決定用於第一個感測器之零點。

【0050】在此方法的一個變形例中，低壓力範圍包含 10^{-3} mbar 至 10^{-4} mbar 之範圍。

【0051】此變形例可例如與上述變形例結合地實施，其中第二壓力感測器係皮拉尼熱傳導真空錶。作為第一壓力感測器的角色之陶瓷電容式壓力計尤其受益於根據方法的此變形例對零點之定期決定。

【0052】在此方法的一個變形例中，此群組壓力感測器包含至少三個壓力感測器。根據本發明之方法的步驟適用於此群組壓力感測器之第一對壓力感測器，且根據本發明的方法之步驟亦適用於此群組壓力感測器的第二對壓力感測器。在此案例中，第一對壓力感測器之其中一者亦是第二對的壓力感測器。

【0053】根據此變形例，根據本發明之方法能以級聯方式擴展至具有二個以上的壓力感測器之壓力感測器群組，其中於第一對壓力感測器中，一個壓力感測器具有

第一壓力感測器的角色，且另一個壓力感測器具有第二壓力感測器之角色。在另一對壓力感測器中，根據此方法，第二壓力感測器可具有第一壓力感測器的角色，以此類推。此群組之總壓力測量範圍的此級聯式擴展之先決條件是，於每一案例中都有二個壓力感測器的重疊測量範圍，此二個壓力感測器相對於它們之測量範圍係相鄰的。

【0054】例如，在包含電容式隔膜錶、皮拉尼感測器和電離壓力計之壓力感測器的群組中，不同壓力感測器之測量範圍的此級聯式鏈接係可能的。例如，用於作為第一對之壓力感測器的電容式隔膜錶和作為第一對之第二壓力感測器的皮拉尼感測器之調整點可設定為約 1 mbar。再者，用於作為第二對的第一壓力感測器之皮拉尼感測器和用於作為第二對的第二壓力感測器之電離壓力計的調整點可設定在約 10^{-3} mbar。根據此變形例，校準係級聯式。

【0055】例如，電離壓力計可為巴雅－愛泊特型壓力計或上述之另一種電離壓力計。例如，此群組壓力感測器可為於大氣壓力下具有完全偏轉的呈電容式隔膜錶形式之第四個壓力感測器。結合起來，可獲得具有從大氣壓力直至 10^{-10} mbar 的壓力之總測量範圍的「四元組」壓力感測器，其藉由根據本發明之操作在整個測量範圍內達成高精確度，而分別與氣體類型有廣泛的獨立性。

【0056】再者，本發明亦有關如請求項 17 之裝置，此裝置係用於執行根據本發明的方法之裝置。

【0057】此裝置包含：

- 壓力感測器的群組；

其中此群組至少包含具有第一壓力測量範圍之第一壓力感測器和具有第二壓力測量範圍的第二壓力感測器，其中第一和第二壓力感測器被配置成測量共同測量容積中之壓力，且其中第一和第二壓力測量範圍在重疊的壓力測量範圍中重疊；及

- 控制單元，其操作地連接至第一真空壓力感測器之第一信號輸出和第二真空壓力感測器的第二信號輸出，用於處理真空壓力感測器之測量信號。

【0058】此裝置尤其可作為一個單元(壓力感測器單元，「壓力錶」)來實現，此單元包含在共同外殼中所提及的所有元件。例如，此外殼可具有用於連接至真空系統之標準真空法蘭。例如，此單元可具有向外側提供單一個處理過的壓力信號之資料介面，其中此處理過的壓力信號係藉由考量所有校準和此群組之所有可用的壓力感測器而獲得。尤其是，此單元可包括電腦程式產品，例如呈將在下面討論之韌體的形式。

【0059】於此裝置之一個實施例中，第一壓力感測器係隔膜式壓力錶。第一和第二壓力測量範圍重疊之重疊壓力測量範圍包含壓力 0.1 mbar。壓力感測器的群組包含具有第三壓力測量範圍之第三壓力感測器，其中此第三壓力測量範圍將第一壓力測量範圍擴展至更大的壓力。

【0060】例如，裝置之此實施例可藉由以下壓力感測器的組合來實現：作為第一壓力感測器之電容式隔膜錶、作為第二壓力感測器的皮拉尼感測器、及再者作為第三感測器之電容式隔膜錶。例如，第一壓力感測器可具有包括 0.1 mbar 的壓力之測量範圍，並覆蓋三個十進數。本範例中的皮拉尼感測器具有亦包括壓力 0.1 mbar 之測量範圍。第三壓力感測器可具有於大氣壓力下有滿刻度的第三壓力測量範圍，將整個群組之壓力感測器的壓力範圍擴展至高壓力。第三壓力測量範圍可與第一及/或第二壓力測量範圍重疊。此群組之所有三個壓力感測器可安裝在共同的外殼中。

【0061】於一個實施例中，此裝置包含用於改變共同測量容積中之壓力的至少一個手段，其中用於改變壓力之至少一個手段係操作地連接至壓力控制單元，用於起始共同測量容積中的壓力之降低或提高。

【0062】壓力控制單元可為用於處理來自真空壓力感測器的測量信號之控制單元，或其可操作地連接至它們，例如，以傳輸閥門或泵的狀態或接收控制命令，如同改變用於調整之準備中的壓力。

【0063】用於改變壓力之手段可包括例如泵或閥門。

【0064】又進一步，本發明有關根據請求項 20 的電腦程式產品。

【0065】根據本發明之電腦程式產品包含命令，當藉由根據本發明的裝置之控制單元執行命令時，此等命令造成控制單元施行根據本發明的方法之步驟。

【0066】例如，電腦程式產品可包含壓力感測器裝置中的韌體，或其可包含在壓力感測器裝置中之韌體。

【圖式簡單說明】

【0067】下面參考圖面進一步詳細解釋本發明的示範性實施例，其中：

圖 1 顯示根據本發明之方法的流程圖；

圖 2 顯示此方法之實施例的流程圖；

圖 3 顯示此方法之實施例的流程圖；

圖 4 顯示此方法之另一個實施例的流程圖；

圖 5 顯示此方法之實施例的流程圖，其包含將第一壓力感測器歸零；

圖 6 示意性顯示第一和第二壓力測量範圍之可能的相對位置；

圖 7 示意性顯示用於執行此方法之裝置；

圖 8 示意性顯示此方法的變形例中之壓力的依時間前後排列而記載之順序；

圖 9 在雙對數圖中顯示藉由皮拉尼感測器所決定的壓力於氣體類型上之依賴性；

圖 10 至 12 藉著所指示壓力作為有效壓力的函數之雙對數圖，顯示兩種方式，其中藉由根據本發明的方法可用一個以上之校準因數來調整第二種依賴氣體類型的壓力感測器之依賴氣體類型的壓力測量信號，以致因此亦在只有第二種依賴氣體類型之壓力感測器測量的範圍中校正壓力測量，並消除此氣體類型依賴性。

【實施方式】

【0068】圖 1 顯示根據本發明之方法 100 的流程圖。此方法包含以下步驟：

aa)實質上同時讀出 101 第一壓力感測器之第一測量信號和第二壓力感測器的第二測量信號，而共同測量容積中之壓力處於重疊的壓力測量範圍中；

bb)將讀出之第一測量信號定義 102 為用於第二壓力感測器的調整點；

cc)為第二壓力感測器決定 103 至少一個校準參數 K1、K2、尤其是依賴氣體之校準參數，作為第一測量信號的函數、作為用於步驟 bb)中所定義之第二壓力感測器的調整點之函數、及作為第二測量信號的函數。

【0069】步驟 101、102 和 103 係按順序地施行。

【0070】圖 2 顯示此方法之實施例 120 的流程圖。首先，執行根據本發明之方法 100 的所有步驟。接下來是以下步驟：

dd)另外實質上同時讀出 104 第一壓力感測器之另外的第一測量信號和第二壓力感測器之另外的第二測量信號，而共同測量容積中之壓力處於重疊的壓力測量範圍中，且其中共同測量容積中之壓力係與步驟 aa)中的壓力不同；

ee)將另外讀出之第一測量信號定義 105 為用於第二壓力感測器的另外之調整點；

ff)為第二壓力感測器決定 106 另外之校準參數 K2、尤其是另外的依賴氣體之校準參數，作為另外的第一測

量信號的函數、作為步驟 ee)中所定義之另外的調整點之函數、及作為另外的第二測量信號之函數。

【0071】圖 3 顯示此方法的實施例 130 之流程圖。首先，執行根據本發明的方法 100 之所有步驟。接下來是以下步驟：

gg)判定 107 存在於共同測量容積 2 中之氣體成分是否偏離目標規格，其中考量當前壓力測量值與從第一測量信號得出之壓力測量值的偏差，其中第一測量信號之讀出基本上與當前第二測量信號的讀出同時執行，而共同測量容積中之壓力處於重疊的壓力測量範圍 6 中。

【0072】圖 4 顯示此方法之實施例 140 的流程圖。首先，交替地執行變形例 120(見圖 2)或變形例 130(見圖 3)之步驟。接下來是以下步驟：

hh)決定 108 此斜率與預期用於參考氣體、在此案例中為氮氣的斜率之偏差；

ii)將步驟 hh)中所決定的偏差與用於此偏差之預先決定的容忍閾值進行比較 109；

jj)如果超過此容忍閾值，觸發 110 用於共同測量容積 2 中之水蒸氣的存在之警報。

【0073】圖 5 顯示此方法的一個實施例 150 之流程圖。這是一個組合，其中用於將第一壓力感測器歸零的步驟 111、112、113 之順序係交替地根據圖 100、120、130 或 140 的其中一者在隨後之一個實施例的步驟之前執行。用虛線勾勒所顯示者係步驟 114、115 和 116 的另外之順序，加上這些步驟導致另外的實施例。藉由圖 5

中之箭頭所分開的方塊可於時間中相隔很遠地執行。在方塊中組合之步驟較佳為前後緊接地執行。

【0074】圖 6 示意性顯示壓力感測器群組的第一和第二壓力感測器 1'和 1"之第一和第二壓力測量範圍 4'和 4"於壓力軸線 p 上的相對位置。此壓力軸線 p 在此示意性理解為：例如，其可為線性軸線或對數軸線。高壓力比低壓力於軸線上畫得更遠。存在重疊之壓力測量範圍 6，其中第一和第二壓力測量範圍 4'和 4"重疊。發生此方法的步驟 aa)中之第一和第二測量信號的讀出，而共同測量容積中之壓力處於此重疊的壓力測量範圍 6 中。

【0075】在此所顯示之範例中，進一步顯示第二壓力測量範圍 4"包含低壓力範圍 5 的案例，其中此壓力低於第一壓力測量範圍 4'之下限。當壓力處於此低壓力範圍中時，壓力感測器可用較高的壓力測量範圍 (4')來歸零，見圖 8 中所示之順序。

【0076】圖 7 示意性顯示用於執行此方法的示範性裝置 10。此裝置包含壓力感測器之群組 1，具有至少有一個第一壓力感測器 1'和一個第二壓力感測器 1"，它們可測量共同測量容積 2 中的壓力。測量容積 2 尤其可為真空室之部分容積，如藉由虛線勾勒的區域所示意地指示。第一壓力感測器 1'被設置成將第一測量信號 3'轉送至控制單元 12。第二壓力感測器 1"被設置成將第二測量信號 3"轉送至控制單元 12。在所示範例中，控制單元具有用於控制泵 11'的活動連接 13 和用於控制進入閥 11"的活動連接 14。泵 11'和進入閥 11"係用於改變它們

所連接之腔室中的壓力之手段，且因此尤其也是用於改變共同測量容積 2 中的壓力之手段，此共同測量容積包含腔室的部分容積。用虛線畫出之測量信號和有效連接可為例如以有線方式實施，但它們亦可例如經由無線電信號(藍牙等)或光學信號傳輸等來實施。

【0077】所示裝置的零件或整個裝置可安裝在共同之外殼中。尤其是，壓力感測器的群組和控制單元可組合於共同之外殼中，以形成壓力感測器單元。在所示配置中，設計來處理測量信號的控制單元 12 亦施行對改變壓力之手段的控制。後者之功能亦可藉由分開的壓力控制單元來施行。

【0078】圖 8 顯示此方法之變形例中的壓力之示意性時間壓力圖的時間順序。於水平方向中顯示時間 t ，且壓力軸線 p 延伸在垂直方向中，具有與圖 6 中所顯示者相同之壓力範圍。藉由粗線指示隨時間變化的壓力曲線。虛線矩形標記個別方法步驟之時間位置。如果有必要，於此之前有從低壓力範圍 5 以上的壓力降低至低壓力範圍之步驟。零點信號的檢查 111、讀取 112 和定義 113 之步驟都是在低壓力範圍 5 中的壓力下發生。於步驟 113 中所決定之零點信號現在可使用來將當前的第一測量信號轉換成精確之壓力測量值，此壓力測量值係與第一壓力感測器的任何零點漂移無關。於此之後，在所示範例中，壓力增加進入重疊的壓力測量範圍 6。根據本發明之方法的基本順序之步驟 101、102 和 103 係於此重疊壓力測量範圍 6 中執行。接下來是另外的步驟，

其中歸零和校準參數使用來提高在此群組壓力感測器之整個測量範圍上的測量精確度。

【0079】圖 9 以雙對數代表圖顯示藉著皮拉尼感測器所決定之壓力與某種氣體類型的依賴性。於水平方向中，顯示「有效」壓力 p_{eff} ，其係用與氣體類型無關之感測器、例如用 CDG 壓力感測器所決定，它在根據本發明的方法中可具有第一壓力感測器之角色。於垂直方向中，在皮拉尼感測器處讀取的壓力 $p(\text{mbar})$ 係作為用於不同氣體類型之有效壓力 $p_{\text{eff}}(\text{mbar})$ 的函數來繪製，每一氣體類型具有分開之曲線，參見用於曲線圖的右上方區域中之每一條曲線的標籤。所顯示之壓力範圍在兩軸線上從 10^{-3} mbar 延伸至 10^2 mbar，亦即超過五個數量級。於此案例中，以其顯示用於氣體類型空氣的壓力 p_{eff} 之方式校準皮拉尼壓力感測器，亦即用於空氣的壓力曲線係雙對數繪圖中之對角線上的一條直線。在低於大約 1 mbar 之壓力範圍中，氣體類型的影響可藉由用皮拉尼感測器所測量的 p_{eff} 與壓力 p 之間的因數來敘述。在更高之壓力下，會出現與壓力 p_{eff} 的非線性偏差，這是氣體類型之特徵。可當決定第一壓力測量值時測量有效壓力 p_{eff} ，且壓力 p 可於決定第二壓力測量值的步驟中決定。使用圖 9 中所示類型之儲存曲線，可從 p 與 p_{eff} 之間的偏差得出一個聲明，即存在於測量容積中之氣體成分是否匹配預期的氣體成分，或有效氣體成分是否偏離目標規格(見步驟 gg)，107)。例如，在所示之整個壓力範圍內，氫氣(H_2)的存在導致於皮拉尼感測器處讀取

之壓力值例如明顯高於對氣體類型氮氣(N₂)將預期者。此評估的一項可能之應用係洩漏測量。外來氣體的決定、以及對於其濃度的估計係可能的。例如，與目標值之偏差程度可使用作為另外的方法步驟之去/不去判定的基礎。

【0080】圖 10 以雙對數代表圖顯示用於圖 11 和 12 中所解釋之兩種可能性的基本情況，即如何可藉由根據本發明之方法用一個以上的校準因數來調整第二個依賴氣體類型壓力感測器之依賴氣體類型壓力測量信號，以致因此校正壓力測量，並亦在只有測量第二個依賴氣體類型的壓力感測器之範圍中消除氣體型依賴性。圖解係如於圖 9 中，細虛線顯示所期望的最佳輸出信號 90，對於此信號，以下適用：有效壓力(橫軸)=指示壓力(縱軸)。進一步顯示者係來自第一壓力感測器之信號 91(在此案例中對所有氣體都是相同的)、來自 H₂ 中之第二壓力感測器的信號 92、來自水蒸汽中之第二壓力感測器的信號 93、及來自氫氣中之第二壓力感測器的信號 94。示意圖中顯示從 10⁻³ mbar 至 10⁺³ mbar 之 6 個數量級的壓力。

【0081】圖 10 顯示與氣體類型無關之感測器 1，於此案例中是具有滿刻度為 10 mbar、25 年之操作範圍的電容式隔膜感測器的輸出信號 91，及用於諸多氣體之依賴氣體類型的皮拉尼感測器之輸出信號 92、93、94。這導致用於所有氣體的在 5×10⁻² mbar 直至大約 5 mbar 之重疊壓力測量範圍，而對於作為測試氣體的 H₂，皮拉尼感

測器之測量範圍的上限為 5 mbar。在此應強調從 5×10^{-2} mbar 至大約 0.4 mbar 之感興趣的重疊壓力測量範圍，其中如於圖 10 中，圖 9 之絕大多數氣體特徵在雙對數代表圖為線性的。

【0082】如於圖 11.a)中，如果現在用於皮拉尼特徵之校準曲線 K 係在此重疊的壓力測量範圍中藉由同步讀數為氙氣所決定，然後，如圖 11.b)所示，可藉著校準因數調整曲線而以亦於低壓力範圍 5 中之方式來調整皮拉尼特徵，其中可只藉由皮拉尼讀出壓力，輸出正確的測量信號。第二壓力感測器之信號的調整 95 之效果用粗箭頭說明。例如，在方法步驟中，於有效壓力 96 下讀取調整後的顯示信號 97 在氙氣中之曲線，並導致如藉由虛線所指示的顯示信號 97。於圖 11 所示之案例中，0.1 與 1 mbar 之間的壓力被決定為調整點 102、更準確地說是約 0.2 mbar。

【0083】在圖 12.a)和 12.b)中，其顯示如果於此方法中使用數個壓力點，可改進此調整方法。藉由在不同之壓力點 p1 和 p2 同時讀出，取決於與氣體類型無關的感測器 1 之讀出壓力點得到不同的校準參數，在此案例中為 K1 和 K2，見圖 12.a)。藉著適當之校正方法，如同此壓力中的依賴壓力之一階校正因數，其現在可能如於水蒸氣的案例中，校正那些在雙對數代表圖中具有與其它氣體不同之斜率的特徵，以致再次於壓力只能藉由皮拉尼讀出之低壓力範圍 5 中，輸出正確的測量信號。用粗箭頭說明第二壓力感測器之信號的調整 95 之效果。

例如，在方法步驟中，於有效壓力 96 下讀取調整後的顯示信號 98 在水蒸氣中之曲線，並導致如用虛線所顯示的顯示信號 98。具有調整點之角色的壓力 p_1 和 p_2 係相差略小於十進數。在此具體顯示者係 p_1 大約 0.5 mbar，且 p_2 大約 0.07 mbar。

【0084】 因此，總之，本發明和本發明之上述實施例可達成以下效果：

- a) 於整個壓力測量範圍內提高壓力測量的準確性；
- b) 甚至在具有依賴氣體類型之壓力測量原理的壓力感測器之測量範圍中，將氣體類型依賴性降至最低；
- d) 提供於一定極限值內決定超出壓力測量的氣體成分之能力；
- e) 提醒使用者氣體成分中的變化，或至少是依賴氣體類型之壓力測量中的變化，以便提醒使用者非計劃中之系統變化；及
- f) 便於將壓力感測器歸零作為輔助功能。

【符號說明】

【0085】

- 1: 壓力感測器的群組
- 1': 第一壓力感測器之群組
- 1'': 第二壓力感測器的群組
- 2: 壓力感測器之共同測量容積
- 3': 第一測量信號
- 3'': 第二測量信號
- 4': 第一壓力測量範圍

- 4":第二壓力測量範圍
- 5:低壓力範圍
- 6:重疊的壓力測量範圍
- 10:用於執行此方法之裝置
- 11':泵
- 11":進入閥
- 12:控制單元
- 13:有效連接(用於控制泵)
- 14:有效連接(用於控制進入閥)
- 90:最佳輸出信號(有效壓力 = 顯示壓力)
- 91:第一個壓力感測器的信號(對所有氣體)
- 92:H₂中之第二個壓力感測器的信號
- 93:水蒸氣中之第二個壓力感測器的信號
- 94:氫氣中之第二個壓力感測器的信號
- 95:調整第二個壓力感測器之信號
- 96:方法步驟 1xx 中的有效壓力
- 97:氫氣中之調整後的顯示信號
- 98:水蒸氣中之調整後的顯示信號
- 100:根據本發明之方法
- 101:步驟 aa)讀出第一和第二測量信號
- 102:步驟 bb)定義調整點
- 103:步驟 cc)決定至少一個校準參數
- 104:步驟 dd)另外讀出第一和第二測量信號
- 105:步驟 ee)讀出另外的調整點
- 106:步驟 ff)決定另外之校準參數

- 107:步驟 gg)決定當前的壓力測量值
- 108:步驟 hh)決定與預期斜率之偏差
- 109:步驟 ii)比較此偏差與容忍閾值
- 110:步驟 jj)觸發警報水蒸氣
- 111:步驟 kk)檢查是否達到低壓力範圍
- 112:步驟 ll)讀出第一測量信號(在低壓力範圍中的壓力期間)
- 113:步驟 mm)定義零點信號
- 114:步驟 nn)增加壓力
- 115:步驟 oo)讀出當前之第一測量信號
- 116:步驟 PP)決定當前的壓力測量值(考量零點信號)
- 120,130,140,150:方法之實施例
- K,K1,K2:校準參數
- p:壓力
- p1:測量點 1(壓力)
- p2:測量點 2(壓力)
- t:時間
- START:方法的開始(於流程圖中)
- END:方法之結束(在流程圖中)

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種用於操作壓力感測器之群組(1)的方法(100)，

其中該群組至少包含具有第一壓力測量範圍(4')之第一壓力感測器(1')和具有第二壓力測量範圍(4'')的第二壓力感測器(1'')，其中該等第一和第二壓力感測器配置成測量共同測量容積(2)中之壓力，其中該第一和第二壓力測量範圍(4')和(4'')在重疊的壓力測量範圍(6)中重疊，且其中該方法包含以下步驟：

aa)實質上同時讀出(101)來自該第一壓力感測器之第一測量信號和來自該第二壓力感測器的第二測量信號，而該共同測量容積中之壓力處於該重疊的壓力測量範圍中；

bb)將讀出之該第一測量信號定義(102)為用於該第二壓力感測器的調整點；

cc)為該第二壓力感測器決定(103)至少一個校準參數(K1，K2)、尤其是依賴氣體之校準參數，作為該第一測量信號的函數、作為步驟 bb)中所定義之調整點的函數、及作為該第二測量信號之函數。

【請求項 2】如請求項 1 的方法(100)，其中用於該第二壓力感測器之調整點係在 10^{-2} mbar 至 10^0 mbar 的壓力範圍中、尤其是於 0.1 至 0.4 mbar 之壓力範圍中。

【請求項 3】如請求項 1 或 2 的方法(120)，其中該方法進一步包含以下步驟：

dd)另外實質上同時讀出(104)該第一壓力感測器之另外的第一測量信號和該第二壓力感測器之另外的第二測量信號，而共同測量容積中之壓力處於該重疊的壓力測量範圍中，且其中該共同測量容積中之壓力係與步驟aa)中的壓力不同，尤其是其中該共同測量容積中之壓力係與步驟aa)中的壓力相差2倍、10倍以上；

ee)將另外讀出之該第一測量信號定義(105)為用於該第二壓力感測器的另外之調整點；

ff)為該第二壓力感測器決定(106)另外之校準參數(K2)、尤其是另外的依賴氣體之校準參數，作為該第一測量信號的函數、作為步驟ee)中所定義之另外的調整點之函數、及作為該另外的第二測量信號之函數。

【請求項4】如請求項1至3中任一項的方法(100，120)，其中該測量容積中之當前壓力測量值係決定為當前第二測量信號和先前決定的該至少一個校準參數(K1)或先前決定的該校準參數(K1，K2)的函數。

【請求項5】如請求項4的方法(130)，其中該方法進一步包含以下步驟：

gg)判定(107)存在於該共同測量容積(2)中之氣體成分是否偏離所期望的規格，其中考量該當前壓力測量值與從該第一測量信號得出之壓力測量值的偏差，其中該第一測量信號之讀出基本上與該當前第二測量信號的讀出同時進行，而該共同測量容積中之壓力處於該重疊的壓力測量範圍(6)中。

【請求項 6】如請求項 3 至 5 中任一項的方法(140)，其中在步驟 ff)中所決定之另外的校準參數係該第二測量信號之作為該第一測量信號的函數之雙對數函數圖中的斜率，或其中該第二測量信號作為該第一測量信號之函數的雙對數函數圖中之斜率是由步驟 cc)中所決定的校準參數和步驟 ff)中所決定的校準參數來計算，且其中該方法進一步包含以下步驟：

hh)決定(108)此斜率與預期用於參考氣體、例如氦氣之斜率的偏差；

ii)將步驟 hh)中所決定之偏差與用於該偏差的預先決定之容忍閾值進行比較(109)；

jj)如果超過該容忍閾值，觸發(110)用於該共同測量容積(2)中水蒸氣的存在之警報。

【請求項 7】如請求項 1 至 6 中任一項的方法(100，120，130，140)，其中該第一壓力感測器(1')係與該測量容積中之氣體成分無關的壓力感測器類型之壓力感測器，且其中該第二壓力感測器(1'')係依賴該測量容積中的氣體成分之壓力感測器類型的壓力感測器，尤其是其中該第二壓力感測器(1'')係

- 熱傳導真空計、尤其是根據皮拉尼(Pirani)真空計或帶有熱電偶感測器，或
- 冷陰極電離真空計、尤其是潘寧(Penning)電離真空計、或非倒置磁控管或倒置磁控管，或
- 帶熱陰極之電離真空計、尤其是根據巴雅－愛泊特(Bayard-Alpert)的電離真空計、帶提取器或三極體之電離真空計，或
- 自旋轉子錶感測器。

【請求項 8】如請求項 1 至 7 中任一項的方法(100, 120, 130, 140)，其中該第一壓力感測器(1')係隔膜錶、尤其是電容式隔膜錶、尤其是陶瓷電容式隔膜錶、或光學隔膜錶。

【請求項 9】如請求項 1 至 8 中任一項的方法(100, 120, 130, 140)，其中該第二壓力感測器(1'')係熱傳導真空計，尤其是根據皮拉尼或熱電偶。

【請求項 10】如請求項 1 至 9 中任一項的方法(100, 120, 130, 140)，其中步驟 aa)、bb)和 cc)係以定期之時間間隔重複，尤其是每天一次或每週一次。

【請求項 11】如請求項 1 至 10 中任一項的方法(100, 120, 130, 140)，用於操作包含壓力感測器之群組(1)的真空處理系統，其中步驟 aa)、bb)和 cc)係於該真空處理系統的每個製程週期中重複一次。

【請求項 12】如請求項 1 至 11 中任一項的方法(150)，其中該第二壓力測量範圍包含壓力低於該第一壓力測量範圍之下限的低壓力範圍(5)，其中該方法包含以下步驟：

kk)基於來自該第二壓力感測器之第二測量信號(3'')，檢查(111)是否已抵達該低壓力範圍；

ll)在該共同測量容積中的壓力處於該低壓力範圍中時，讀出(112)該第一壓力感測器之第一測量信號(3')；及

mm)將該讀出的第一測量信號設定(113)為用於該第一壓力感測器之零點信號。

【請求項 13】如請求項 12 的方法(150)，其中該方法進一步包含以下步驟：

nn)將該共同測量容積中之壓力增加(114)至該第一壓力測量範圍(4')；

oo)讀出(115)該第一壓力感測器的當前第一測量信號(3')；

pp)將當前壓力測量值決定(116)作為當前第一測量信號和步驟 mm)中所決定之零點信號的函數、尤其是作為該當前第一測量信號與該零點信號之差的函數。

【請求項 14】如請求項 12 或 13 中任一項的方法(150)，其中該低壓力範圍(5)僅包含比該第一壓力測量範圍之下限低至少 10 倍、尤其是低至少 100 倍的壓力。

【請求項 15】如請求項 12 至 14 中任一項的方法(150)，其中該低壓力範圍(5)包含 10^{-3} mbar 至 10^{-4} mbar 之範圍。

【請求項 16】如請求項 1 至 15 中任一項的方法，其中該壓力感測器之群組包含至少三個壓力感測器，且其中如請求項 1 的步驟係被應用於來自該壓力感測器之群組的第一對壓力感測器，且其中根據請求項 1 之步驟係被應用於來自該壓力感測器的群組之第二對壓力感測器，其中該第一對壓力感測器的其中一者也是該第二對之壓力感測器。

【請求項 17】一種用於執行如請求項 1 至 16 中任一項的方法之裝置(10)，其中該裝置包含：

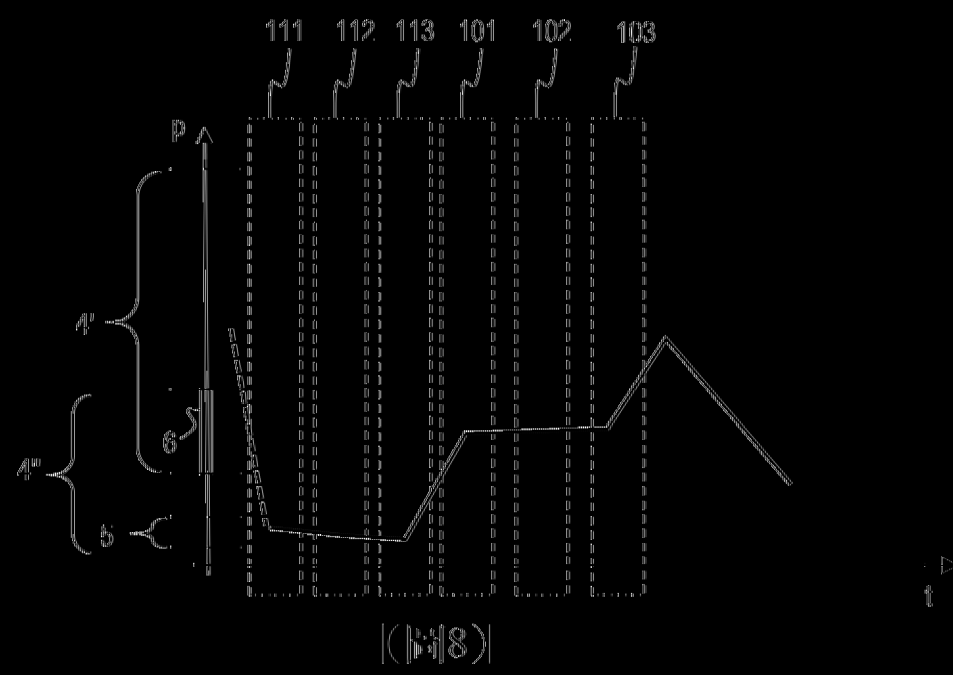
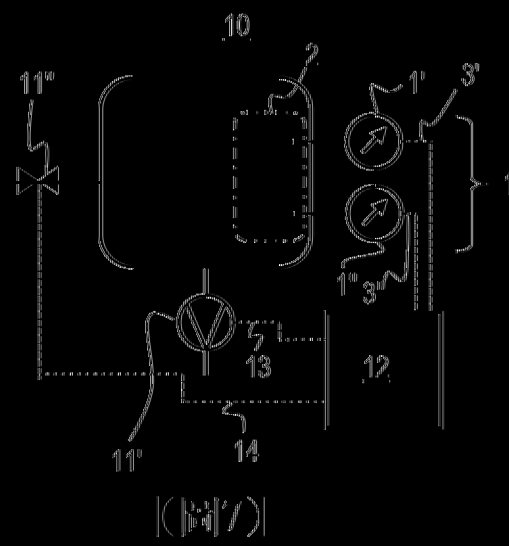
- 壓力感測器的群組(1)；
其中該群組至少包含具有第一壓力測量範圍(4')之第一壓力感測器(1')和具有第二壓力測量範圍(4'')的第二壓力感測器(1'')，其中該第一和第二壓力感測器係被配置成測量共同測量容積(2)中之壓力，且其中該第一和第二壓力測量範圍(4')和(4'')在重疊的壓力測量範圍(6)中重疊；及
- 控制單元(12)，其操作地連接至該第一真空壓力感測器之第一信號輸出和該第二真空壓力感測器的第二信號輸出，用於處理該等真空壓力感測器之測量信號(3'，3'')。

【請求項 18】如請求項 17 的裝置(10)，其中該第一壓力感測器(1')係隔膜式壓力錶，其中該第一和第二壓力測量範圍(4')和(4'')重疊之重疊壓力測量範圍(6)包含壓力 0.1 mbar，且其中該壓力感測器的群組(1)包含具有第三壓力測量範圍之第三壓力感測器，其中該第三壓力測量範圍將該第一壓力測量範圍擴展至更大的壓力。

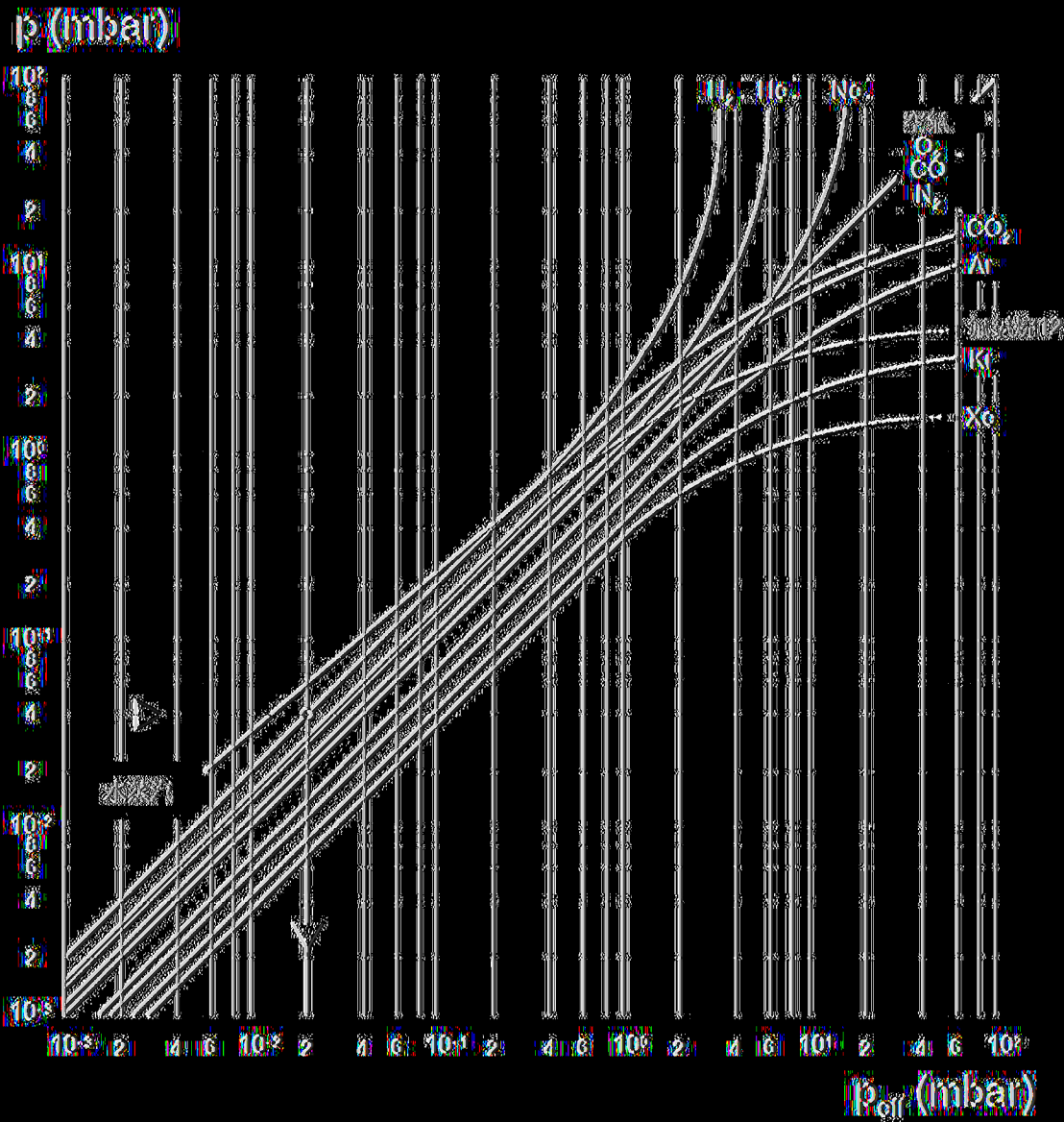
【請求項 19】如請求項 17 或 18 中任一項的裝置(10)，進一步包含用於改變該共同測量容積中之壓力的至少一個手段，其中該用於改變該壓力之至少一個手段係操作地連接至壓力控制單元(12)，用於起始該共同測量容積中的壓力之降低或提高。

【請求項 20】一種電腦程式產品，包含命令，當藉由如請求項 16 至 18 中任一項的裝置(10)之控制單元(12)執行該等命令時，該等命令造成該控制單元執行如請求項

1 至 16 中任一項之方法(100、120、130、140、150)的
步驟。



ISOTHERM (VAN DER WAALS EQUATION)



[MIP-2]

