



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I479128 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：102118100

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 22 日

(51)Int. Cl. : G01F1/76 (2006.01)

G01F1/78 (2006.01)

(30)優先權：2012/05/24 歐洲專利局

12169386.5

(71)申請人：氣體產品及化學品股份公司(美國) AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (US)
美國

(72)發明人：道尼 奈爾 亞力山大 DOWNIE, NEIL ALEXANDER (GB)

(74)代理人：陳展俊；林聖富

(56)參考文獻：

CN 1240024A

CN 1656360A

US 7134320B2

WO 98/15811A1

審查人員：吳耿榮

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：17 共 85 頁

(54)名稱

用於測量一氣體的質量流率的方法及設備

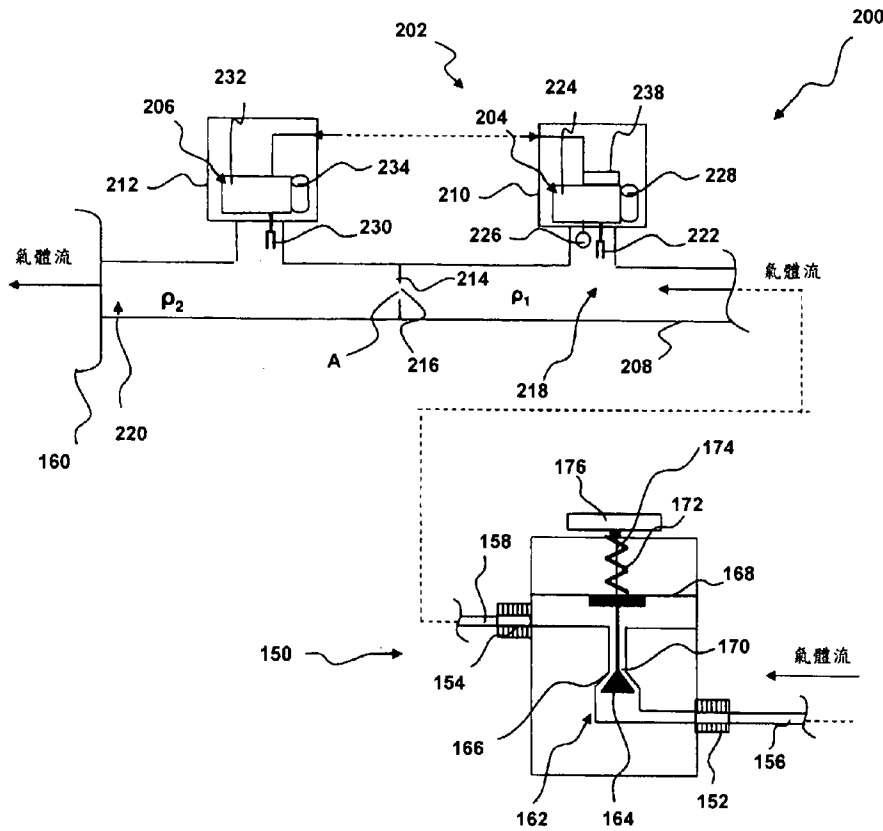
METHOD OF, AND APPARATUS FOR, MEASURING THE MASS FLOW RATE OF A GAS

(57)摘要

本發明提供一種用於測量一氣體的質量流率的量計。該量計包含：在使用時氣體流動通過的導管，該導管具有在使用時在通過時發生扼流的流量限制孔口，該流量限制孔口將導管劃分成該孔口的上游的上游部份、及該孔口的下游的下游部份；且該量計進一步包含：感測器組合，其包括一在該上游部份的第一壓電晶體振盪器，使得當量計在使用時，該第一壓電振盪器是與該氣體相接觸，及一在該下游部份的第二壓電晶體振盪器，使得當量計在使用時，該第二壓電振盪器是與該氣體相接觸，且該感測器組合是配置成：可驅動第一及第二壓電晶體振盪器，使得各第一及第二壓電晶體振盪器在各自的共振頻率進行共振，可測量第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率，以及可從第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率，進行決定通過該孔口的氣體的質量流率。

There is provided a meter for measuring the mass flow rate of a gas, the meter comprising a conduit through which the gas flows in use, the conduit having a flow restriction orifice through which choked flow occurs in use, the flow restriction orifice dividing the conduit into an upstream portion upstream of said orifice and a downstream portion downstream of said orifice, the meter further comprising a sensor assembly including a first piezoelectric crystal oscillator in said upstream portion such that said first piezoelectric oscillator is in contact with said gas when the meter in use, a second piezoelectric crystal oscillator in said downstream portion such that said second piezoelectric oscillator is in contact with said gas when the meter in use, said sensor assembly being arranged: to drive the first and second piezoelectric crystal oscillators such that each of the first and second piezoelectric crystal oscillators resonate at respective resonant frequencies; to measure the resonant frequency of the first piezoelectric oscillator and the resonant frequency of the second piezoelectric oscillator; and to determine, from the resonant frequency of the first piezoelectric

oscillator and the resonant frequency of the second piezoelectric oscillator, the mass flow rate of gas through said orifice.



第 2 圖

- 150 . . . 調節器
- 152 . . . 入口
- 154 . . . 出口
- 156 . . . 入口管
- 158 . . . 出口管
- 160 . . . 聯結器
- 162 . . . 閥區
- 164 . . . 提動閥
- 166 . . . 閥座
- 168 . . . 隔膜
- 170 . . . 開口
- 172 . . . 彈簧
- 174 . . . 軸
- 176 . . . 可握緊的手柄
- 200 . . . 量計組合
- 202 . . . 本體
- 204 . . . 第一感測器組合
- 206 . . . 第二感測器組合
- 208 . . . 導管
- 210 . . . 第一外罩
- 212 . . . 第二外罩
- 214 . . . 孔口板
- 216 . . . 孔口；限制孔口
- 218 . . . 上游；上游部份；上游區段
- 220 . . . 下游；下游部份；下游區段
- 222 . . . 石英晶體振盪器
- 224 . . . 驅動電路
- 226 . . . 溫度感測器
- 228 . . . 電池

230 . . . 石英晶體振盪器

232 . . . 驅動電路

234 . . . 電池

238 . . . 微處理器

A . . . 孔口截面積

ρ_1 . . . 上游密度

ρ_2 . . . 下游密度

發明摘要

※ 申請案號：102118100

※ 申請日：102.5.22

※IPC 分類：G01F 1/06 (2006.01)

G01F 1/08 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

用於測量一氣體的質量流率的方法及設備

METHOD OF, AND APPARATUS FOR, MEASURING THE MASS
FLOW RATE OF A GAS

【中文】

本發明提供一種用於測量一氣體的質量流率的量計。該量計包含：在使用時氣體流動通過的導管，該導管具有在使用時在通過時發生扼流的流量限制孔口，該流量限制孔口將導管劃分成該孔口的上游的上游部份、及該孔口的下游的下游部份；且該量計進一步包含：感測器組合，其包括一在該上游部份的第一壓電晶體振盪器，使得當量計在使用時，該第一壓電振盪器是與該氣體相接觸，及一在該下游部份的第二壓電晶體振盪器，使得當量計在使用時，該第二壓電振盪器是與該氣體相接觸，且該感測器組合是配置成：可驅動第一及第二壓電晶體振盪器，使得各第一及第二壓電晶體振盪器在各自的共振頻率進行共振，可測量第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率，以及可從第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率，進行決定通過該孔口的氣體的質量流率。

【英文】

There is provided a meter for measuring the mass flow rate of a gas, the meter comprising a conduit through which the gas flows in use, the conduit having a flow restriction orifice through which choked flow occurs in use, the flow restriction orifice dividing the conduit into an upstream portion upstream of said orifice and a downstream portion downstream of said orifice, the meter further comprising a sensor assembly including a first piezoelectric crystal oscillator in said upstream portion such that said first piezoelectric oscillator is in contact with said gas when the meter in use, a second piezoelectric crystal oscillator in said downstream portion such that said second piezoelectric oscillator is in contact with said gas when the meter in use, said sensor assembly being arranged: to drive the first and second piezoelectric crystal oscillators such that each of the first and second piezoelectric crystal oscillators resonate at respective resonant frequencies; to measure the resonant frequency of the first piezoelectric oscillator and the resonant frequency of the second piezoelectric oscillator; and to determine, from the resonant frequency of the first piezoelectric oscillator and the resonant frequency of the second piezoelectric oscillator, the mass flow rate of gas through said orifice.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 2 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

150	調節器
152	入口
154	出口
156	入口管
158	出口管
160	聯結器
162	閥區
164	提動閥
166	閥座
168	隔膜
170	開口
172	彈簧
174	軸
176	可握緊的手柄
200	量計組合
202	本體
204	第一感測器組合
206	第二感測器組合
208	導管
210	第一外罩
212	第二外罩

214	孔口板
216	孔口；限制孔口
218	上游；上游部份；上游區段
220	下游；下游部份；下游區段
222	石英晶體振盪器
224	驅動電路
226	溫度感測器
228	電池
230	石英晶體振盪器
232	驅動電路
234	電池
238	微處理器
A	孔口截面積
ρ_1	上游密度
ρ_2	下游密度

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

【無】。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】 (中文/英文)

用於測量一氣體的質量流率的方法及設備

METHOD OF, AND APPARATUS FOR, MEASURING
THE MASS FLOW RATE OF A GAS

【技術領域】

【0001】本發明關於一種用於測量一氣體的質量流率 (mass flow rate) 的方法及設備。更具體而言，本發明關於一種使用壓電振盪器 (piezoelectric oscillator)，進行測量通過流量限制孔口 (flow restriction orifice) 的一氣體的質量流量 (mass flow) 的方法及設備。

【先前技術】

【0002】在此所揭述的方法及設備可應用在例如流體可能存在於相對高壓 (例如，約 10 bar 或更高) 的系統，例如從高壓鋼瓶來供應流體、或利用高壓流體的製造工廠。本發明特別是關於「潔淨」氣體，亦即具有少量或無雜質或污染物例如水蒸氣或粉塵的氣體。

【0003】本發明是特別適用於永久氣體 (permanent gas)。永久氣體是無法僅藉由壓力來加以液化的氣體，例如可在壓力為高達 450 bar g (bar g 是高於大氣壓力的壓力的量度) 的鋼瓶中來供應，其實例為氫氣及氮氣。然而，並不受限於此，且術語「氣體」是可視為涵蓋較廣泛範圍的氣體，例如

永久氣體及液化氣體的蒸氣兩者。

【0004】在壓縮氣體鋼瓶中，液化氣體的蒸氣是存在於液體的上方。當彼等被壓縮以充填入鋼瓶而在壓力下液化的氣體並非為永久氣體，而其更準確地敘述為在壓力下的液化氣體、或液化氣體的蒸氣。關於一實例，一氧化二氮（笑氣：nitrous oxide）是在鋼瓶中以液態來供應，具有在 15 °C 為 44.4 bar g 的平衡蒸氣壓。由於此等蒸氣可藉由在周圍條件的壓力或溫度下而加以液化，因此彼等並非為永久或真實氣體(true gas)。

【0005】壓縮氣體鋼瓶是一種設計用於容納在高壓下，亦即在壓力顯著地大於大氣壓力的氣體的壓力容器(pressure vessel)。壓縮氣體鋼瓶是使用於廣泛範圍的市場，從低成本的一般工業市場、醫療市場到較高成本的應用，例如使用高純度腐蝕性、毒性或自燃性(pyrophoric)特用氣體的電子設備製造。一般而言，加壓氣體容器包含由鋼、鋁或複合材料所構成且能儲存壓縮、液化、或溶解的氣體，具有最大充填壓力對於大多數氣體為高達 450 bar g，且對於例如氫氣及氮氣等氣體則為高達 900 bar g。

【0006】為了有效地控制從氣體鋼瓶或其他壓力容器分配氣體，則需要閥或調節器。通常是兩種組合而形成一具有整合型壓力調節器的閥（VIPR：Valve with Integrated Pressure Regulator）。調節器是能調節氣體的流量(flow)，使得氣體在恆定、或使用者可變的壓力下加以分配。

【0007】對於許多應用而言，期望知道從氣體鋼瓶的氣體的流率。此對於許多應用例如醫學應用而言，可能是重要

的關鍵因素。

【0008】已知有數種不同的質量流量計配置。

【0009】泛用於許多工業應用的質量流量計的一類別是機械式質量流量計。此等量計(meter)包括以移動或轉動來測量質量流量的機械式構件。一如此類型的是慣性流量計(inertial flow meter) (或科氏流量計(Coriolis flow meter))，其測量流體流動通過形狀管對於流體的影響。科氏流量計可以高準確度處理廣泛範圍的流率。然而，爲了偵測流率，則需要例如啓動、感測、電子及計算特性的複雜系統。

【0010】另一可行的機械式質量流量計是隔膜式量計(diaphragm meter)、旋轉式量計(rotary meter)及渦輪式量計(turbine meter)。然而，此等類型的量計通常是較不準確且涉及可能會磨損的活動零組件。此外，例如旋轉式量計的量計是僅用於測量相對低流率。

【0011】另一可行的類別的質量流量計是電子流量計。兩種主要類型是熱流量計(thermal meter)及超音波流量計(ultrasonic meter)。熱流量計是測量通過經加熱的管的熱傳導來測量流率。超音波流量計是測量在氣體介質中的音速，有時候是將在管路內多重路徑的音速加以平均。然而，兩種類型的電子流量計通常需要重要的訊號處理硬體，且通常爲高成本的物品。

【發明內容】

【0012】根據本發明的第一形態，提供一種用於測量通

過孔口(orifice)的一氣體的質量流率的方法。該方法是使用與孔口的上游的氣體相接觸的第一壓電振盪器、及與孔口的下游的氣體相接觸的第二壓電振盪器；且該方法包括下列步驟：a) 進行驅動第一及第二壓電晶體振盪器，使得各第一及第二壓電晶體振盪器在各自的共振頻率進行共振；b) 進行測量第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率；以及 c) 從第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率，進行決定通過該孔口的氣體的質量流率。

【0013】藉由提供如此的方法，使用穩固且相對廉價的壓電晶體振盪器(piezoelectric crystal oscillator)例如石英晶體振盪器，則可容易地決定通過限制孔口(restrictive orifice)的一氣體的質量流率。該壓電晶體振盪器將在視振盪器所浸沒於其中的氣體密度而定的共振頻率進行振盪。因為在扼流狀態(choked flow condition)下，孔口的上游的氣體密度是與通過孔口的質量流率成比例，因此晶體振盪器可用於測量質量流率。此外，藉由在孔口的下游配置又一晶體振盪器，則可達成更準確的測量。

【0014】如此的振盪器作用包括作為：一激發源(excitation source)（藉由因應經驅動電路(drive circuit)所驅動而進行振盪）、及一偵測器（藉由具有視振盪器所在位置的環境而定的單一共振頻率）。除此以外，晶體振盪器是穩固，因此相對地較不會受到環境干擾的影響。此外，操作如此的振盪器所需要的構件是小型化且低成本。

【0015】在一具體實例中，該步驟 c) 進一步包括下列步

驟： d) 從第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率，進行決定孔口的上游的氣體密度、及孔口的下游的氣體密度。

【0016】在一具體實例中，該步驟 c) 進一步包括下列步驟： d) 進行決定孔口的上游的氣體密度對於孔口的下游的氣體密度的比率。

【0017】在一具體實例中，當該比率為在於或高於預定值，則判斷通過該孔口的流量為扼流，而質量流率是從孔口的上游的氣體密度單獨計算得。

【0018】在一具體實例中，當該比率為低於預定值，則質量流率是從孔口的上游的氣體密度、及從孔口的下游的氣體密度計算得。

【0019】在一具體實例中，當該比率為低於預定值，則質量流率是從孔口的上游的氣體密度單獨計算得，且該方法進一步包括下列步驟： e) 提供質量流率的決定可能包含誤差的通知(notification)。

【0020】在一具體實例中，氣體是從位於壓電晶體振盪器的上游的壓力調節器或閥加以分配。

【0021】在一具體實例中，該壓力調節器或閥是可因應所測得通過該孔口的氣體的質量流率，以電子方式加以控制。

【0022】在一具體實例中，該方法進一步包括：進行決定孔口的上游的氣體的溫度。

【0023】在一配置例中，該氣體是從位於壓電晶體振盪器的上游的壓力調節器或閥加以分配。

【0024】在一配置例中，該壓力調節器是可因應所測得通過該孔口的氣體的質量流率，以電子方式加以控制。

【0025】在一具體實例中，該壓電振盪器包含石英晶體振盪器。

【0026】在一具體實例中，該石英晶體包含至少一叉齒(tine)。在一變異例中，該石英晶體包含一對平面叉齒。

【0027】在一具體實例中，該石英晶體是 AT 切割(AT cut)或 SC 切割(SC cut)。

【0028】在一變異例中，該石英晶體的表面是直接暴露於氣體。

【0029】根據本發明的第二形態，提供一種用於測量一氣體的質量流率的量計。該量計包含：在使用時氣體流動通過的導管，該導管具有在使用時在通過時發生扼流(choked flow)的流量限制孔口，該流量限制孔口將導管劃分成該孔口的上游的上游部份、及該孔口的下游的下游部份；且該量計進一步包含：感測器組合，其包括一在該上游部份的第一壓電晶體振盪器，使得當量計在使用時，該第一壓電振盪器是與該氣體相接觸，及一在該下游部份的第二壓電晶體振盪器，使得當量計在使用時，該第二壓電振盪器是與該氣體相接觸，且該感測器組合是配置成：可驅動第一及第二壓電晶體振盪器，使得各第一及第二壓電晶體振盪器在各自的共振頻率進行共振，可測量第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率，以及可從第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率，進行決定通過該孔口的氣體的質量流率。

【0030】藉由提供如此的配置，使用穩固且相對廉價的壓電晶體振盪器例如石英晶體振盪器，則可容易地決定通過限制孔口(restrictive orifice)的一氣體的質量流率。該壓電晶體振盪器將在視振盪器所浸沒於其中的氣體密度而定的共振頻率進行振盪。因為在扼流狀態下，流量限制孔口的上游的氣體密度是與通過孔口的質量流率成比例，因此晶體振盪器可用於測量質量流率。此外，藉由在孔口的下游配置又一晶體振盪器，則可達成更準確的測量。

● 【0031】如此的振盪器作用包括作為：一激發源（藉由因應經驅動電路所驅動而進行振盪）、及一偵測器（藉由具有視振盪器所在位置的環境而定的單一共振頻率）。除此以外，晶體振盪器是穩固，因此相對地較不會受到環境干擾的影響。此外，操作如此的振盪器所需要的構件是小型化且低成本。

● 【0032】在一具體實例中，該感測器組合包含驅動電路。在一變異例中，該感測器組合包含驅動電路，其具有配置成從共射極放大器(common emitter amplifier)的反饋架構(feedback configuration)的達靈頓對(Darlington pair)。

【0033】在一具體實例中，該感測器組合包含電源。在一配置例中，該電源包含鋰離子電池。

【0034】在一具體實例中，該感測器組合包含處理器(processor)。

【0035】在一配置例中，該壓電晶體振盪器包含至少兩個平面叉齒。

【0036】在一具體實例中，該壓電晶體振盪器具有 32

kHz 或以上的共振頻率。

【0037】在一配置例中，該量計進一步包含：一個或以上的驅動電路、處理器及電源。

【0038】在一具體實例中，該壓電振盪器包含石英晶體振盪器。

【0039】在一具體實例中，該石英晶體包含至少一叉齒。在一變異例中，該石英晶體包含一對平面叉齒。

【0040】在一具體實例中，該石英晶體是 AT 切割或 SC 切割。

【0041】在一變異例中，該石英晶體的表面是直接暴露於氣體。

【0042】在一具體實例中，該感測器組合包含驅動電路。在一變異例中，該感測器組合包含驅動電路，其具有配置成從共射極放大器的反饋架構的達靈頓對。

【0043】在一具體實例中，該感測器組合包含電源。在一配置例中，該電源包含鋰離子電池。

【0044】在一具體實例中，該感測器組合包含處理器。

【0045】在一配置例中，該驅動電路包含達靈頓對，其配置成從共射極放大器的反饋架構。

【0046】在一配置例中，該量計進一步包含溫度感測器，其配置成可決定鄰近該壓電振盪器的氣體的溫度。

【0047】在一配置例中，該量計是配置在壓力調節器或閥的下游。

【0048】在又一配置例中，該量計是配置成可因應所測得通過流量限制孔口的質量流率，以電子方式控制壓力調節

器或閥。

【0049】在一配置例中，該壓電晶體振盪器包含至少兩個平面叉齒。

【0050】在一配置例中，該壓電晶體振盪器具有 32 kHz 或以上的共振頻率。

【0051】根據本發明的第三具體實例，其配備一種可藉由可程式規劃處理設備來執行的電腦程式產品，具有一種或以上用於實施第一形態的步驟的軟體部份。

【0052】根據本發明的第四具體實例，其配備一種可使用於電腦的儲存媒體，具有根據第四形態而儲存於其中的電腦程式產品。

【圖式簡單說明】

【0053】本發明的具體實例將參照附加的圖式詳細地加以說明如下：

第 1 圖是一氣體鋼瓶及調節器組合的示意圖；

第 2 圖是展示根據本發明的第一具體實例的調節器組合及量計組合的示意圖；

第 3 圖是展示關於數種不同的氣體的石英晶體頻率(kHz) (在 Y-軸) 作為密度(kg/m^3)的函數圖；

第 4 圖是展示石英晶體頻率(kHz) (在 Y-軸) 作為通過孔口的質量流率(l/min)的函數圖；

第 5 圖是展示關於所測得值及對於兩種預測模式的流率作為密度/壓力的函數圖；

第 6 圖是展示關於所預測模式及兩種操作行為極端的流率作為密度/壓力的函數圖；

第 7 圖是展示根據本發明的第二具體實例的調節器組合及控制器組合的示意圖；

第 8 圖是展示根據本發明的第三具體實例的調節器組合及控制器組合的示意圖；

第 9 圖是使用於第一至第三具體實例中的任一者的驅動電路的示意圖；

第 10 圖是展示使用於第一至第三具體實例中的任一者的另一可行的驅動電路的示意圖；

第 11 圖是展示使用於第一至第三具體實例中的任一者的又一可行的驅動電路的示意圖；

第 12 圖是展示使用於第二或第三具體實例中的任一者的調節器驅動電路的示意圖；

第 13 圖是以圖解說明第一具體實例的操作方法的流程圖；

第 14 圖是以圖解說明第二或第三具體實例的操作方法的流程圖；

第 15 圖是展示不同的晶體類型的頻率行為圖；

第 16 圖是展示具有兩個石英晶體的另一可行的感測器組合的示意圖；以及

第 17 圖是展示使用遠端電子數據單元的另一可行的配置。

【實施方式】

〔本發明的最佳實施方式〕

【0054】第 1 圖是展示根據本發明的一具體實例的氣體鋼瓶組合 10 的示意圖。第 1 圖是展示可使用於本發明的情況的示意圖，其配備氣體鋼瓶 100、調節器 150 及量計組合 (meter assembly) 200。

【0055】氣體鋼瓶 100 具有氣體鋼瓶體 102 及閥 104。該氣體鋼瓶體 102 包含一般為具有平坦底座 102a 的圓筒形壓力容器，且配置成使得氣體鋼瓶組合 10 能未經支撐而站立於平坦表面上。

【0056】氣體鋼瓶體 102 是由鋼、鋁及/或複合材料所形成，且使其適配且配置成可承受高達大約 900 bar g 的內部壓力。開口 (aperture) 106 是位於氣體鋼瓶體 102 在底座 102a 的對面側的近端 (proximal end)，且具有螺紋 (未展示) 以使其適配接到閥 104。

【0057】氣體鋼瓶 100 定義一具有內部容積 V 的壓力容器。任何適當的流體皆可容納在氣體鋼瓶 100 內。然而，本具體實例是關於不含雜質例如粉塵及/或水份的純化永久氣體 (但是並不受限於此)。此等氣體的非限制性實例可為：氧氣、氮氣、氫氣、氬氣、氦氣、氫氣、甲烷、三氟化氮、一氧化碳、二氧化碳、氬氣、氖氣或其具有永久氣體行為方式的混合物。

【0058】閥 104 包含：外罩 (housing) 108、出口 (outlet) 110、閥體 112 及閥座 114。該外罩 108 包含互補螺紋 (complementary screw thread)，用於銜接氣體鋼瓶體 102 的開口 106。該出口 110 是使其適配且配置成可使得氣體鋼瓶

100 連接到在氣體組合中的其他構件，例如軟管、管線或其他壓力閥或調節器。該閥 104 可視需要而包含 VIPR（整合型減壓閥：Valve with Integrated Pressure Reduction）。在此情況，調節器 150 是可省略。

【0059】閥體 112 可藉由轉動可握緊的手柄 116，以軸向調整朝向或遠離閥體 112 而可選擇性地開放或關閉出口 110。換句話說，該閥體 112 朝向或遠離閥座 114 的移動，可選擇性地控制在氣體鋼瓶體 102 的內部與出口 110 間的輸送通道的面積。此可連續不斷地輪流控制從氣體鋼瓶 100 的內部到外部環境的氣體的流量。

【0060】調節器 150 是設置於出口 110 的下游。該調節器 150 具有入口(inlet) 152 及出口 154。該調節器 150 的入口 152 是連接到入口管 156，其提供一在氣體鋼瓶 100 的出口 110 與調節器 150 間的連通路徑。該調節器 150 的入口 152 是配置成可接收從氣體鋼瓶 100 的出口 110 在高壓下的氣體。此可為任何適當的壓力；然而，一般而言，退出(exiting)出口 110 的氣體的壓力將為超過 20 bar，且更可能為在 100 至 900 bar 的範圍。

【0061】出口 154 是連接到出口管 158。聯結器(coupling) 160 是設置於出口管 158 的遠端(distal end)，且使其適配而連接到需要氣體的其他管路或裝置（未展示）。

【0062】量計組合 200 是設置成與在出口 154 與聯結器 160 間的出口管 158 連通。該量計組合 200 是位於緊鄰調節器 150 的下游，且配置成可決定輸送至聯結器 160 的氣體的質量流率。

【0063】根據本發明的第一具體實例的調節器 150 及量計組合 200 是更詳細地展示於第 2 圖。

【0064】在此具體實例中，該調節器 150 包含單隔膜調節器。然而，熟習此技藝者將可容易地瞭解可使用於本發明的變異例，例如雙隔膜調節器或其他配置。

【0065】調節器 150 包含與入口 152 及出口 154 連通的閘區 162。該閘區 162 包含位於鄰近閘座 166 的提動閘 (poppet valve) 164。該提動閘 164 是連接到隔膜 (diaphragm) 168，其構成爲可使得提動閘 164 的直移運動朝向及遠離閘座 166 而可分別關閉及開放在其間的開口 170。

【0066】隔膜 168 是藉由位於軸 174 周圍 (about) 的彈簧 172 而可彈性回復地偏動 (resiliently biased)。

【0067】調節器 150 是可操作以接收從在全鋼瓶壓力 (例如，100 bar) 的出口 110 的氣體，且可將實質地恆定的固定低壓 (例如，5 bar) 的氣體輸送至出口 154。此是藉由反饋機制來達成，藉此開口 170 的下游的氣體的壓力是可操作以與彈簧 172 的偏動力 (biasing force) 成相反地作用在隔膜 168 上。

【0068】若在鄰近隔膜 168 區域的氣體的壓力超過特定的位準 (level)，則該隔膜 168 是可操作以向上移動 (相關於第 2 圖)。因此，提動閘 164 移動至更接近閘座 166 而縮減開口 170 的大小，因此可限制從入口 152 至出口 154 的氣體的流量。一般而言，彈簧 172 的阻力與氣體的壓力間的競爭力量將導致隔膜在一平衡位置，因此可在出口 154 輸送恆定壓力的氣體。

【0069】可握緊的手柄 176 是配備以使得使用者可調整彈簧 172 的偏動力。藉此，可移動隔膜 168 的位置，結果可調整提動閥 164 與閥座 166 間的平衡間隔。此使其可調整從出口 110 的高壓氣體流通過的開口 170 的大小(dimensions)。

【0070】量計組合 200 包含：本體 202、第一感測器組合 204 及第二感測器組合 206。該本體 202 可包含任何適當的材料，例如鋼、鋁或複合材料。該本體 202 包含：導管 208、第一外罩 210 及第二外罩 212。導管 208 是與出口管 158 的內部連通，且配置成可與其連接。該導管 208 提供在出口 154 與聯結器 160 間的連通路徑（以及使用者的裝置或應用可同時連接到聯結器 160）。

【0071】孔口板(orifice plate) 214 是位於導管 208 的內部。該孔口板 214 包含劃定限制孔口(restricted orifice) 216 界限(delimit)的壁。該孔口板 214 在導管 208 內形成流量限制。孔口(orifice) 216 具有截面積 A ，其相對於導管 208 的截面積為較小，使得通過孔口 216 的流速為在扼流狀態(choked condition)，如稍後將加以敘述者。

【0072】雖然孔口板 214 如第 2 圖所展示為一薄壁板，但是此並不需要為如此。該孔口板 214 可採用任何適當的壁形態，且可具有錐形外形、或可具有比如圖所展示較大的厚度。另一可行的是任何適當的流量限制可用於取代孔口板 214。例如，該流量限制可包含比其餘更狹窄直徑的管的一部份。熟習此技藝者將可容易地瞭解可使用另一可行的流量限制，以提供在使用時通過會發生扼流的流量限制孔口 216。

【0073】在本具體實例中，導管 208 具有數公分等級的長度。孔口板 214 劃定一具有直徑範圍為在 0.1 毫米至 4 毫米孔口 216 的界限。對於例如氮氣或氫氣的氣體而言，此足以提供扼流狀態，且供應通過孔口 216 的氣體的流率為在 1 公升至 40 公升/分鐘間。對於具有較低分子量的氣體而言，孔口 216 的直徑可加以縮小以達成類似的流率。另一可行的是對於較大的流率，該孔口 216 可按照比例而加以擴大，其限制條件為上游壓力是充分地高於下游壓力，以產生通過孔口 216 的扼流狀態。

【0074】孔口板 214 將導管 208 的內部分成孔口板 214 的上游的上游區段 218、及孔口板 214 的下游的下游區段 220。在使用時，當氣體是從調節器 150 的出口 154 流入導管 208 的上游部 218 時，該孔口板 214 將作用如同一流量限制，結果導致在導管 208 的上游 218 與下游 220 部份間的壓力差異。因此，該導管 208 的上游部份 218 是在第一壓力 P_1 及密度 ρ_1 ，而導管的下游部份 220 是在第二壓力 P_2 （因此，在使用時為較低）及密度 ρ_2 。此稍後將詳細地加以敘述。

【0075】第一外罩 210 是位於鄰近導管 208 的上游部份 218，且配置成可容納第一感測器組合 204 的至少一部份。該第一外罩 210 的內部可為在大氣壓力、或可為與導管 208 的內部連通，因此是在與出口管 158 的內部相同的壓力下。此將消除對於在外罩 210 與導管 208 的內部間的壓力饋通 (pressure feed-through) 的需要。

【0076】另一可行的是該第一外罩 210 可配備作為導管 208 的一部份。例如，該導管 208 的一部份可加寬以收納感

測器組合 204。

【0077】第二外罩 212 是位於鄰近導管 208 的下游部份 220，且配置成可容納第二感測器組合 206 的至少一部份。該第二外罩 212 的內部可為在大氣壓力、或可為與導管 208 的內部連通，因此是在與出口管下游部份 220 的內部相同的壓力下。此將消除對於在第二外罩 212 與導管 208 的內部間的壓力饋通的需要。

【0078】另一可行的是與第一外罩 210 相同，該第二外罩 212 可省略，而該第二感測器組合 206 是設置於導管 208 的一部份、或聯結器 160。例如，該導管 208 下游部可加寬以收納感測器組合 206。

【0079】此等配置是具有實務應用性，因為本案發明人已經發現：第一及第二感測器組合 204, 206 中僅少數的構件對於高壓是具有敏感性。特別是較大的構件例如電池是易受到高壓的影響。然而，已經發現鋰電池在可能涉及高壓的導管 208 的上游及下游部份 218, 220 內的性能是特別優良。然而，熟習此技藝者將可容易地預期其他可行適當的電源。

【0080】第一及/或第二感測器組合 204, 206 的潛在性位置是整體在導管 208 內，當構成量計組合 200 時，則可提供額外的適應性。特別是相對脆弱性電子構件的位置是整體在本體 202 的金屬或複合壁內，不需要例如外罩 210 的突出物，則可提供相當大的保護免於環境或意外的損壞。此對於例如在儲存區域或補給站(depots)，氣體鋼瓶可能是位於與其他氣體鋼瓶、重型機械或粗糙表面相毗鄰是特別重要。感測器組合 204, 206 的相對較小的大小使得內部位置(internal

location)可容易地達成。

【0081】除此以外，第一及/或第二感測器組合 204, 206 的內部位置可保護此等構件免於環境條件例如鹽、水及其他污染物的損壞。例如，此將允許對於鹽及水的損壞具有高度敏感性的高阻抗(impedance)電路，可用作為第一及/或第二感測器組合 204, 206 的一部份。

【0082】量計組合 200 是配置成可測量通過孔口 216 的氣體的質量流率。此是利用如下所述的第一及第二感測器組合 204, 206 所測得。

【0083】通過孔口 216 的氣體的質量流率僅使用第一感測器組合 204 在特定的條件下是可準確地決定。如此的決定的準確度是視通過孔口 216 的扼流狀態的存在性而定，如在下文中將加以敘述者。對於許多應用而言，或許利用如上所述孔口 216 的結構參數，此將是在大多數的操作條件下的情況。然而，在較低流率，此條件可能無法滿足，且藉由第一感測器組合 204 所決定的質量流率可能準確性較低。

【0084】為了改善質量流量測定的準確度、或其所指示(indication)的確實性，則可配備第二感測器組合 206。該第二感測器組合 206 是可操作以決定下游密度，以改善質量流量測定的準確度，且也可額外地決定是否滿足扼流狀態。因此，第二感測器組合 206 搭配第一感測器組合 204，則可操作以提供確認該藉由量計組合 200 所決定的質量流率是否準確。

【0085】第一感測器組合 204 包含：石英晶體振盪器 222 連接到驅動電路 224、溫度感測器 226 及電池 228。

【0086】在此具體實例中，石英晶體振盪器 222 及溫度感測器 226 是設置成與導管 208 的上游部份 218 的內部連通，而感測器組合 204 的其餘構件是設置於外罩 210 內。換句話說，該石英晶體振盪器 222 是浸沒於孔口板 214 的上游的氣體中。也可配備微處理器(microprocessor) 238，其可分開或作為驅動電路 224 的一部份兩者之一皆可。

【0087】第二感測器組合 206 是實質地類似於第一感測器組合 204，雖然在此情況並不需要溫度感測器。該第二感測器組合 206 包含：石英晶體振盪器 230、驅動電路 232 及電池 234。該第二感測器組合 206 是連接到微處理器 238。

【0088】在此具體實例中，石英晶體振盪器 230 是設置成與導管 208 的下游部份 220 的內部連通，而感測器組合 206 的其餘構件是設置於外罩 212 內。換句話說，該石英晶體振盪器 230 是浸沒於孔口板 214 的下游的氣體中。

【0089】熟習此技藝者將可容易地瞭解的是上述的配置的變異。例如，該第二感測器組合 206 可簡單地包含石英晶體振盪器，連接到第一感測器組合 204 的驅動電路 224。換句話說，該第一及第二感測器組合 204, 206 可分享共用驅動電路及/或電池及/或微處理器。

【0090】驅動電路 224, 232 及石英晶體振盪器 222, 230 稍後將參照第 6 及 7 圖加以敘述。溫度感測器 226 包含熱敏電阻(thermistor)。可使用任何適當的熱敏電阻。並不需要從熱敏電阻獲得高準確度，例如 0.5 °C 的準確度是適用於此具體實例。因此，可使用廉價且小的構件。

【0091】在此配置中，該石英晶體振盪器 222, 230 在導

管 208 內是經常在等靜壓力(isostatic pressure)下，因此不會經歷壓力梯度(pressure gradient)。換句話說，源自在外部大氣與量計組合 200 的本體 202 的內部間的壓力差異的任何機械式應力是表示橫過(across)該本體 202。

【0092】感測器組合 204 的理論與操作，現在將參照第 3 及 4 圖加以敘述。

【0093】石英晶體振盪器 222, 230 各具有視其所在位置的流體密度而定的共振頻率。在振盪中的音叉型平面晶體振盪器暴露於氣體中，導致晶體的共振頻率發生位移(shift)及阻尼(damping)（當與晶體在真空中的共振頻率相比較時）。對於此是有數個理由。然而，氣體對於晶體的振盪具有阻尼效應(damping effect)，氣體鄰近在振動中的各自音叉型之石英晶體振盪器 222, 230 的振動叉齒 222a, 230a（如第 7 圖所展示）會增加振盪器的等效質量。根據單側固定彈性樑(one-sided, fixed elastic beam)的動作，此會導致石英晶體振盪器的共振頻率降低：

$$1) \quad f = \frac{f_0}{\sqrt{1 + \frac{\rho}{M_0}}}$$

其中， f 是振盪頻率， f_0 是在真空中的振盪頻率， ρ 是氣體密度，且 M_0 是常數。

【0094】密度 ρ 在幾乎所有的情況與 M_0 相比較為小，因此公式可加以近似為線性方程式(linear equation)：

$$2) \quad f = f_0 \left(1 - \frac{\rho}{2M_0}\right)$$

其可重新以與 f_0 的頻率偏差 (frequency deviation) Δf 來表示，如方程式 3) 所揭述者：

$$3) \quad \Delta f = \frac{1}{2} \left(\frac{f_0}{M_0}\right) \rho。$$

【0095】因此，以最佳近似法 (to a good approximation)，頻率的變化是與石英晶體振盪器所暴露的氣體密度的變化成比例。第 10 圖是展示關於數種不同的氣體/氣體混合物，該石英晶體振盪器 222, 230 的共振頻率作為密度的函數而以線性變化。

【0096】一般而言，石英晶體振盪器 222, 230 的靈敏度為 5% 的頻率變化是可例如在 250 bar (當與大氣壓力相比較) 的氧氣 (具有 32 AMU 的分子量) 中觀察到。此等壓力及氣體密度是永久氣體所使用的儲存鋼瓶的典型數值，對於大多數的氣體通常為在 137 與 450 bar g 間，而對於氮氣及氫氣則為高達 700 或 900 bar g。

【0097】石英晶體振盪器 222 是特別適合用作為商品級所供應的氣體密度感測器而形成質量流量計的一部份。為了正確地感測氣體的密度，其需要氣體為不含粉塵及液滴，此是商品級所供應的氣體所保證者，但是並不保證不含空氣或

在一般的壓力監測狀態下。

【0098】一旦從石英晶體振盪器 222 獲得密度值，則通過孔口 216 的氣體的質量流率可加以決定。該通過孔口的質量流率(mass flow rate) Q 是定義為：

$$4) \quad Q = kv\rho_1 A$$

其中， k 是常數， v 是氣體的速度， ρ_1 是上游氣體的密度，且 A 是孔口 A 的截面積。然而，從白努利方程式 (Bernoulli's equation) 5) 可獲得：

$$5) \quad P_1 + \frac{1}{2}\rho_1 v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_2 v_2^2。$$

【0099】當孔口的截面積減少，則氣體的速率將增加，而氣體的壓力將會降低。

【0100】僅使用單一、上游石英晶體振盪器 222，則通過孔口 216 的質量流率的決定是視習知的「扼流(choked)」或「臨界(critical)」流量的狀態而定。當氣體速度達到音速條件，亦即當由於孔口板 214 所造成的流量限制而使得氣體流動通過孔口 216 的速度達到音速時，則會出現如此的情況。當橫過孔口 216 的壓力比（亦即， P_1/P_2 ）大約為 2 或以上時，此會發生。另一可行的措施是當上游絕對壓力 P_1 為至少 1 bar g 高於其壓力為大氣壓的下游絕對壓力 P_2 時，則此條件通常可應用。

【0101】 一旦符合此條件時，氣體通過孔口 216 的速度進一步增加是非常少。因此，在扼流狀態，該 $v = c$ （在此所討論的在氣體中的音速），則方程式 4）變成爲：

$$6) \quad Q = kc\rho_1 A。$$

【0102】 因此，對於具有固定截面積 A 的孔口而言，通過孔口 216 的質量流量是僅視上游密度而定。此是石英晶體振盪器 222 配置以測量的參數。

【0103】 除此以外，音速 c 是與絕對溫度的平方根 \sqrt{T} 成比例。然而，如前所述，在此具體實例中，該溫度感測器 226 並不需要特別準確。例如，若在 $300\text{ }^\circ\text{K}$ 溫度的誤差爲 $0.5\text{ }^\circ\text{K}$ ，則此誤差轉換僅爲所計算得音速的 1200 分之 1。因此，對於許多應用而言，該溫度感測器 226 並非必要性的需要。

【0104】 第 4 圖是以圖解說明質量流率測量的實驗數據。第 4 圖是對於氮氣的共振頻率(kHz)（在 Y-軸）作爲氣體流率(l/min)（在 X-軸）的函數圖。如所展示者，該圖是高度地線性且顯示質量流率是可使用石英晶體振盪器 222 準確地加以測量。

【0105】 此外，該石英晶體振盪器 222 的高準確度可使得測量達到具有百萬分比(ppm)解析度的高準確度。配合石英密度感測器(quartz density sensor) 222 在高密度及壓力下的線性響應(linear response)，則高準確度使其可準確地測量非常輕的氣體例如 H_2 （氫氣）及 He （氦氣）的質量流率。

【0106】 然而，如上所述，使用石英晶體振盪器 222 的質量流量測量，將僅在扼流狀態下，亦即當通過孔口 216 的流速為接近或等於在氣體中的音速時為準確。在實務應用上，此將需要使用者維持流入量計 200 的氣體流量(gas flow)為在一特定最小值，以提供準確的測量。

【0107】 因此，在僅單獨一個上游石英晶體振盪器 222 進行操作下，則無法提供通過孔口 216 是否為存在扼流狀態的指示。因此，其配置第二石英晶體振盪器 230（形成第二感測器組合 206 的至少一部份）。藉由在孔口 216 的上游及下游使用壓電感測器，則可達成準確的流量計量。

【0108】 如上所揭述關於方程式 7)，若流動通過孔口 216 的流體速率是音速或接近音速，則質量流率 Q 是與上游密度 ρ_1 成比例。如上所揭述，若上游壓力對於下游壓力的比率（亦即， P_1/P_2 ）大約為 2 或以上時，則通常是可符合此條件。

【0109】 然而，在實務應用上，該壓力比可能不足夠。應用白努利方程式且建立扼流的理論及音速，則可導出方程式 7)：

$$7) \quad Q \approx k' A c \sqrt{(\rho_1^2 - \rho_1 \rho_2)}$$

其中， k' 是無因次常數， A 是孔口面積， ρ_1 是上游密度且 ρ_2 是下游密度。

【0110】 明顯可見，若 $\rho_1/\rho_2 \geq 2$ ，則方程式 7) 可藉由上述方程式 6) 加以近似(approximated)，因為橫過孔口 216 的

扼流狀態是視為存在。因此，在此情況，在 $\rho_1/\rho_2 \geq 2$ 的情況，則可僅利用從第一感測器組合 204 的測量，以提供準確的指示質量流率。

【0111】 然而，若該比率為低於此，使用第一及第二感測器組合 204, 206 兩者而分別測量上游密度 ρ_1 及下游密度 ρ_2 ，則方程式 7) 可用於計算質量流率，且用於決定通過孔口 216 的流率在低於扼流狀態下的質量流率。

【0112】 另一可行的是該量計 200 可從第一感測器組合 204 僅提供一讀數(read-out) (亦即，單獨地根據上游密度的測量的質量流率)，而第二感測器組合 206 (包含石英晶體振盪器 230) 可執行以提供指示，亦即，該質量流率測量是在準確的操作範圍以外進行操作。

【0113】 第 5 圖是展示包含通過 0.5 mm 孔口的氮氣的流率(l/min)的實驗數據 (菱形(diamonds))。對於上游/下游密度比為充分地超過 2:1 時，則直線顯示在上游密度 ρ_1 與流率間的線性關係是可擬合數據(fits the data) (方程式 6))。該曲線顯示在較低密度比，則流量如何藉由使用考慮下游密度 ρ_2 的方程式 7) 而以優良的精確度加以預測。此曲線是隨著流率上升，在臨界比(critical ratio)為 2:1、在超過 1 bar g 的範圍內周圍的密度，藉由從方程式 7) 逐漸地切換至方程式 6) 所獲得。

【0114】 因此，第二感測器組合的提供(provision)，在量計的出口幾乎或完全被阻塞時，則具有其優點。在此情況，該第二感測器將強制該量計採用方程式 7) (低比率)，且正確地指示低或零流量。若無第二感測器，則仿佛是未發生

堵塞，量計將會錯誤地指示流量。

【0115】 第 6 圖是展示考慮下游密度可提供準確性的優點。第 6 圖展示從第 5 圖所獲得的擬合線(fit line)。除此以外，上部曲線展示：若下游密度是大氣(atmospheric)時，僅從上游感測器將預測得的關係（此線是以短虛線展示）。從正確值的偏差是如此小，而在高流量可被忽略，但是在低流量下是顯著的。下部線（長虛線）展示：在實驗性測量中，若下游壓力相對於大氣壓(atmosphere)為兩倍時，將預測得的曲線。再者，除了在低流量以外，其偏差為小。

【0116】 本發明的第二具體實例是展示於第 7 圖。在第 7 圖所展示的第二具體實例的特性(feature)中，與第 2 圖的第一具體實例相同的部份是賦予相同的元件代表符號(reference numeral)，因此在此將不再加以敘述。

【0117】 在第 7 圖的具體實例中，調節器 300 與第 2 圖具體實例的調節器 150 不同的是：該調節器 300 是配置成可藉由電磁閥(solenoid valve) 302 而提供從出口 154 的氣體的自動化控制。除此以外，僅配備單一感測器組合 204，與第一具體實例相反。換句話說，在此具體實例中，該第二感測器組合是省略。該電磁閥 302 包含電樞(armature) 304，其可因應通過電磁閥 302 的線圈（未展示）的電流而移動。該電樞 304 是可移動而直接開放或關閉提動閥 164，因此也包括開口 170。該電磁閥 302 在此具體實例中是可連續地變化（亦即，習知的「大約成比例」）而調節通過調節器 300 的氣體流量。

【0118】 在第 5 圖所展示的電磁閥 302 是在正常開放狀

態(normally open condition)。換句話說，在並無電流通過電磁閥 302，則電樞 304 是在伸展位置(extended position)而使得提動閥 164 是開放，亦即開口 170 是開放。若電流施加到該電磁閥 302，則該電樞 304 將會縮進(retract)且該提動閥 164 將會關閉。

【0119】 熟習此技藝者將可容易地瞭解可使用於本發明的電磁閥的其他可行的變異例。例如，該電磁閥可為數位式響應（亦即，開啓/關閉或開放/關閉）。也可執行另一可行的結構，例如電樞 304 可直接作用在隔膜上，或可控制通過狹窄導管而與出口 154 連通的流量，以調節隔膜 168 的移動。另一可行的是該提動閥可加以刪除，且該隔膜 168 本身可為閥構件而直接控制從入口 152 至出口 154 的氣體的流量。

【0120】 第二具體實例包含控制器 350。為清楚的目的，在該控制器 350 的構件中，與量計組合 200 相同的部份是賦予相同的元件代表符號。

【0121】 在第 7 圖的具體實例中，控制器 350 包含僅單一個感測器組合 204 位於孔口 216 的上游，而第一具體實例的第二感測器組合是省略。

【0122】 控制器 350 進一步包含電子螺線管驅動裝置(electronic solenoid drive) 352，連接到電磁閥 302 及感測器組合 204。該螺線管驅動裝置(solenoid drive) 352 是配置成可接收來自感測器組合 204 的訊號(signal)，且可因應該訊號而控制該電磁閥 302，因此可控制通過調節器 300 的流量。

【0123】 螺線管驅動裝置 352 可包含任何適當的驅動電

路用於控制電磁閥 302。一適當的電路可為運算放大器配置 (operational amplifier arrangement)，其具有一從感測器組合 204 至運算放大器的負極端子的輸入。因此，一可變電阻器 (variable resistor) 可搭接在正極端子，該可變電阻器是配置成可提供一恆定參考位準 (reference level)，且作用如同一比較器 (comparator)。

【0124】 從感測器組合 204 至螺線管驅動裝置 352 的輸入將會造成電磁閥 302 的動作。例如，若來自該感測器組合 204 (或另一選擇為處理器 240) 的輸入訊號超過一特定臨限值 (threshold level)，則該螺線管驅動裝置 352 可激磁 (energise) 該電磁閥 302。此將詳細地加以敘述如下。該電磁閥 302 可以數位式 (digital) (亦即，開啓或關閉) 的方式加以控制，其中 DC 電壓是在最大與最小值間變化。此是如同已知的脈波寬度調變 (PWM: Pulse Width Modulation)。另一可行的是來自該螺線管驅動裝置 352 的 DC 電壓可為連續變化 (例如，按照比例 (proportional))，以類比式方式準確地調整提動閥 164 的位置。

【0125】 除此以外或另一可行的是該螺線管驅動裝置 352 藉由具有交流成份的直流輸出而可控制電磁閥 302。因為電樞 304 從該電磁閥 302 的伸展 (extension) 是大約與所施加的電流成比例，此會造成該電磁閥 302 的電樞 304 振盪。如此的振盪可減輕該電樞 304 的「靜摩擦 (stiction)」，亦即，有助於防止該電樞 304 變得卡住或塞住。

【0126】 另一可行的其他控制配置，例如 FETs (場效電晶體: Field Effect Transistor)、微處理器或 ASICs (特定應

用積體電路：Application Specific Integrated Circuits) 可適當地用於控制電磁閥 302 的動作。此外，如前所述，該電磁閥 302 可以數位式（亦即，開啓/關閉）、或類比式(analogue)（亦即，可連續地變化）兩者之一皆可的模式而動作，使得提動閥 164 或其類似物可準確的移動。

【0127】 控制器 350 的操作，現在將加以敘述。如上所述，該感測器組合 204（包含石英晶體振盪器 222）可用作為反饋迴路(feedback loop)的一部份而以電子方式控制壓力。

【0128】 來自感測器組合 204 的輸出是連接到在反饋迴路中的電磁閥 302。如上所證實，該石英晶體振盪器 222 的共振頻率是與孔口 216 的上游的氣體密度成比例，及在扼流狀態下，孔口 216 的上游的氣體密度是與通過孔口的質量流率 Q 成比例。

【0129】 因此，石英晶體振盪器 222 的一特定共振頻率將相對應於孔口的上游的一特定氣體的密度，及在扼流狀態下，一特定通過孔口 216 的質量流率。因此，在控制器 350 中可執行反饋迴路，其可操作以維持該石英晶體振盪器 222 的共振頻率在一特定的設定頻率，因此可維持通過孔口 216 的氣體流量在一恆定的質量流率。

【0130】 因此，操作的一般原理為：該石英晶體振盪器 222 是設定成一特定頻率。若上游密度降低，則該石英晶體振盪器 222 的共振頻率將會增加。然後，控制器 350 將會打開(open)電磁閥 302，以增加電磁閥 302 的下游的氣體壓力。此將會提高壓力，亦即孔口 216 的上游的氣體密度。然

後，此將會減少該石英晶體振盪器 222 的共振頻率，直到重新建立設定點頻率(set-point frequency)，其相對應於一所欲通過孔口 216 的氣體的質量流率。換句話說，該控制器 350 執行一反饋迴路，以將在設定點質量流率與實際的質量流率間的差異減至最小。

【0131】 控制器 350 也可視溫度而控制電磁閥 302。因此，反饋迴路是配置成可維持壓力不等於一常數，但是等於一常數除以所測得絕對溫度的平方根 $1/\sqrt{T}$ (以 °K 為單位)。

【0132】 以此方式所製成的電子氣體壓力控制器可連接到孔口下游，將可賦予一恆定氣體的質量流量。橫過孔口的壓力比(上游/下游)必須足夠且大約為 2 或以上，以維持孔口在臨界流量(critical flow)，藉此可符合在最狹窄點的氣體流量大約為音速。此可從方程式 7) 觀察到。

【0133】 在方程式 6) 中，在氣體中的音速 c 可表示為如方程式 8) 所揭述者：

$$8) \quad c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

其中， γ 是比熱(specific heat)的比率 C_p/C_v ， R 是氣體常數(gas constant)， T 是溫度，且 M 是分子量。因此，將表示 c 的式代入方程式 6) 而可提供：

$$9) \quad Q = kA\rho_1 \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

其中， ρ_1 是上游密度，如藉由石英晶體振盪器 222 所測得者。

【0134】 一般而言，在與本發明相關的應用中，只有密度及溫度是變數。因此，數量 ρ' 可加以定義為如在方程式 10) 所揭述者：

$$10) \quad \rho' = \frac{\rho_1}{\sqrt{T}}。$$

【0135】 將此表示式(expression)代入方程式 9)，則可提供：

$$11) \quad Q = kA\rho' \sqrt{\frac{\gamma R}{M}}。$$

【0136】 因此，因為 $\sqrt{\frac{\gamma R}{M}}$ 對於封裝氣體(packaged gas)是常數， k 對於任何特定的氣體是常數，且孔口的面積 A 是常數，則質量流量可從 ρ' 而決定。因此，該質量流量是可根據密度除以溫度的平方根，或在實務應用上，該石英晶體振盪器 222 的共振頻率除以藉由溫度感測器 226 所測得溫度的平方根來加以控制。

【0137】 因此，若感測器組合 204 是可操作以控制電磁閥 302 以維持 ρ' 實質的常數，則該通過孔口 216 的質量流率將保持在常數。換句話說，該電磁閥 302 可根據所測得石英晶體振盪器 222 的共振頻率及所測得溫度兩者來加以控制。

【0138】 第一及第二具體實例可額外地包含顯示器（未展示），以對使用者展示在所偵測的氣體實施測量的結果。另一可行的是該顯示器可位於量計組合 200，控制器 350 的遠端(remote)，且相關的數據可以遠端方式通訊。

【0139】 爲了使得石英晶體振盪器 222 可提供準確的測量，該石英晶體振盪器 222 必須保持不含粉塵、水份及其他污染。雖然此對於商品級所供應的封裝氣體（其是極潔淨）並不是問題，但是控制器 350 可使用在環境污染可能是顯著的問題的情況。

【0140】 因此，量計組合 200，控制器 350 是配備濾網 354，位於石英晶體振盪器 222 與氣體的主流間。該濾網 354 是可具有任何適當的孔徑。孔徑爲在 5 至 10 μm 範圍是特別適合於此應用。該濾網 354（或類似的濾網）是可應用到先前所揭述的第一具體實例。

【0141】 另一可行的是若石英晶體振盪器 222 是位於開口的後方，且充分地小而可防止粉塵或其他污染物進入，則該濾網 354 可省略。例如，0.25 mm 的開口大小將適合使用而不需要濾網，其限制條件爲：氣體的全部上游壓力是可以此方式測得。

【0142】 本發明的第三具體實例是展示於第 8 圖。該第三具體實例包含控制器 450。爲清楚的目的，在該控制器

450 的構件中，與量計組合 200 及控制器 350 相同的部份是賦予相同的元件代表符號。

【0143】 在第 8 圖的具體實例中，該控制器 450 包含：僅第一感測器組合 204 位於孔口 216 的上游、及第二感測器組合 206 兩者，與第一具體實例相同。因此，第三具體實例是第一及第二具體實例的特性的組合。

【0144】 控制器 450 進一步包含電子螺線管驅動裝置 452，連接到電磁閥 402 及感測器組合 204, 206。該螺線管驅動裝置 452 是配置成可接收來自感測器組合 204, 206 的訊號，且可因應該訊號而控制該電磁閥 302。因此可控制通過調節器 300 的流量。

【0145】 螺線管驅動裝置 452 可採取任何形態的螺線管驅動裝置 352 及其任何變異，因此在此將不進一步加以敘述。從感測器組合 204, 206 至螺線管驅動裝置 452 的輸入將會造成電磁閥 302 的動作。例如，若來自該感測器組合 204（或另一選擇為處理器 240）的輸入訊號超過一特定臨限值，則該螺線管驅動裝置 352 可激磁該電磁閥 302。此將詳細地加以敘述如下。該電磁閥 302 可以數位式（亦即，開啓或關閉）的方式加以控制，其中 DC 電壓是在最大與最小值間變化。另一可行的是來自該螺線管驅動裝置 352 的 DC 電壓可為連續變化而以類比式方式準確地調整提動閥 164 的位置。

【0146】 除此以外或另一可行的是該螺線管驅動裝置 452 藉由具有交流成份的直流輸出而可控制電磁閥 302。因為電樞 304 從該電磁閥 302 的伸展是大約與所施加的電流成比

例，此會造成該電磁閥 302 的電樞 304 振盪。如此的振盪可減輕該電樞 304 的「靜摩擦」，亦即，有助於防止該電樞 304 變得卡住或塞住。

【0147】 另一可行的其他控制配置，例如 FETs（場效電晶體：Field Effect Transistor）、微處理器或 ASICs（特定應用積體電路：Application Specific Integrated Circuits）可適當地用於控制電磁閥 302 的動作。此外，如前所述，該電磁閥 302 可以數位式（亦即，開啓/關閉）、或類比式（亦即，可連續地變化）兩者之一皆可的模式而動作，使得提動閥 164 或其類似物可準確的移動。

【0148】 控制器 450 的操作，現在將加以敘述。如上所述，該感測器組合 204（包含石英晶體振盪器 222）及感測器組合 206（包含石英晶體振盪器 230）可用作為反饋迴路的一部份而以電子方式控制壓力。

【0149】 來自第一感測器組合 204 及第二感測器組合 206 的輸出是連接到在反饋迴路中的電磁閥 302。如上所證實，該石英晶體振盪器 222 的共振頻率是與孔口 216 的上游的氣體密度成比例，及在扼流狀態下，孔口 216 的上游的氣體密度是與通過孔口的質量流率 Q 成比例。

【0150】 因此，石英晶體振盪器 222 的一特定共振頻率將相對應於孔口的上游的一特定氣體的密度，及在扼流狀態下，一特定通過孔口 216 的質量流率。因此，在控制器 450 中，可執行反饋迴路，其可操作以維持該石英晶體振盪器 222 的共振頻率在一特定的設定頻率，因此可維持通過孔口 216 的氣體流量在一恆定的質量流率。

【0151】 控制器 350 也可視溫度而控制電磁閥 302。因此，反饋迴路是配置成可維持壓力不等於一常數，但是等於一常數除以溫度的平方根 $1/\sqrt{T}$ 。

【0152】 以此方式所製成的電子氣體壓力控制器可連接到孔口下游，將可賦予一恆定氣體的質量流量。橫過孔口的壓力比（上游/下游）必須足夠且大約為 2 或以上，以維持孔口在臨界流量，藉此可符合在最狹窄點的氣體流量大約為音速。此可從方程式 6) 觀察到。

【0153】 在上述方程式 8) 中，在氣體中的音速是以 c 來表示。因此，將 c 的表示式代入方程式 7)，則可提供下列方程式：

$$12) \quad Q \approx k' A \sqrt{(\rho_1^2 - \rho_1 \rho_2)} \sqrt{\frac{RT}{M}}$$

其中， ρ_1 是上游密度，如藉由石英晶體振盪器 222 所測得者，且 ρ_2 是下游密度，如藉由石英晶體振盪器 230 所測得者。

【0154】 一般而言，如上所揭述，在與本發明相關的應用中，僅上游及下游密度、及溫度為變數。因此，關於第二具體實例，則數量 ρ'' 可加以定義為如方程式 13) 所揭述者：

$$13) \quad \rho'' = \sqrt{\frac{(\rho_1^2 - \rho_1 \rho_2)}{T}}。$$

【0155】 將此表示式代入方程式 9) ，則可提供：

$$14) \quad Q = kA\rho' \sqrt{\frac{\gamma R}{M}} .$$

【0156】 因此，因為 $\sqrt{\frac{\gamma R}{M}}$ 對於封裝氣體是常數， k 是常數，且孔口的面積 A 是常數，則質量流量可單獨地從 ρ' 加以決定。因此，該感測器組合 204 及 206 是可操作而控制電磁閥 302 以維持 ρ' 實質的常數。換句話說，該電磁閥 302 可根據第一石英晶體振盪器 222 的共振頻率、第二石英晶體振盪器 230 的共振頻率、及藉由溫度感測器 226 所測得溫度的平方根來加以控制。

【0157】 第一、第二或第三具體實例可額外地包含顯示器（未展示），以對使用者展示在所偵測的氣體實施測量的結果。另一可行的是該顯示器可位於量計組合 200 及控制器 350, 450 的遠端，且相關的數據可以遠端方式通訊。

【0158】 例如，第一、第二或第三具體實例可進一步包含天線（未展示），用於與例如基地台進行遠端通訊。此將討論於後。在此情況，該天線可位於本體 202 的外側，且藉由電線或等效接頭而連接到感測器組合 204。

【0159】 天線本身是可使其適配且配置成可使用任何適當的通訊協定 (communication protocol)，例如其非限制性列舉可為：RFID（無線射頻識別技術：Radio-frequency identification）、藍牙 (Bluetooth)、紅外線 (IR：

Infrared)、802.11 無線、調頻 (FM : Frequency Modulation) 傳輸或蜂窩網路 (cell network)。

【0160】 另一可行的是可執行一線式通訊 (one-wire communication)。一線式通訊僅需要一單金屬導體來進行通訊，電路的「回程通路 (return path)」是藉由在通訊裝置間的空間的電容耦合 (capacitive coupling) 來提供。熟習此技藝者將可容易地瞭解天線的其他替代方式 (及相關的傳輸硬體) 可使用於在此所論述的具體實例。

【0161】 例如，通訊可藉由來自在外罩 210 內的聲波傳遞 (acoustic transmission) 而有效地實施。設置於外罩 210 內的發送器 (transmitter) 可有效地實施聲波傳遞。該發送器可包含例如簡單的固定頻率壓電共振器。

【0162】 互補接收器 (complementary receiver) 也是需要，且此構件例如可位於量計組合 200 或控制器 350, 450 的遠端，且可包含硬體，例如與麥克風整合的鎖相回路音調偵測器 (phase-locked loop tone detector)。

【0163】 感測器組合 204，現在將參照第 9、10 及 11 圖更詳細地加以敘述。雖然下列敘述關於感測器組合 204，應該可瞭解到此也可應用到結構上及電子方式類似的架構的感測器組合 206。

【0164】 石英晶體振盪器 222 包含平面截面的切割石英。石英會顯示壓電行爲，亦即施加電壓橫過晶體，則會造成晶體改變形狀而產生一機械力。相反地，對晶體施加一機械力，則會產生電荷。

【0165】 石英晶體振盪器 222 的兩個平行表面是加以金

屬化，以提供電連接橫過整個晶體(bulk crystal)。當藉由金屬接觸而施加電壓橫過晶體時，則晶體會改變形狀。藉由對晶體施加交流電壓，則會造成晶體振盪。

【0166】 石英晶體的外形大小及厚度決定石英晶體的特徵或共振頻率。事實上，石英晶體振盪器 222 的特徵或共振頻率是與兩個金屬化表面間的外形厚度成反比例。石英晶體振盪器是在此技藝中眾所皆知者，因此石英晶體振盪器 222 的結構在此將不再進一步加以敘述。

● 【0167】 除此以外，石英晶體的共振振動頻率將視晶體所在位置的環境而變化。在真空中，晶體將具有一特定頻率。然而，此頻率在不同的環境中將會改變。例如，在流體中，晶體的振動將會由於周圍的分子而發生阻尼(damped)，且此將會影響共振頻率、及晶體在一特定振幅(amplitude)振盪所需要的能量。

● 【0168】 除此以外，氣體的吸附或周圍物質的沉積在晶體上，將會影響到振動中晶體的質量、改變共振頻率。如此物質的吸附或沉積會在晶體上形成吸附層，且當氣體吸附時質量會增加，此是構成泛用的選擇性氣體分析儀的理論基礎。

【0169】 然而，然而，在本案情況，並無塗層(coating)塗敷到石英晶體振盪器 222。事實上，物質的沉積在石英晶體振盪器 222 上，在本案情況為非所欲，因為測量的準確度可能會受到影響。

【0170】 如第 9 圖所展示，本具體實例的石英晶體振盪器 222 是音叉形狀，且其具有一對叉齒 222a，大約 5 毫米

長，且配置成可在 32.768 kHz 的共振頻率進行振盪。該叉齒 222a 形成於石英的平面截面。該叉(fork)的叉齒 222a 通常是在彼等的基本模態振盪，且彼等是在共振頻率同步地朝向及遠離彼此而運動。

【0171】 熔合型(fused) (非結晶性) 石英具有非常低的溫度-相依性膨脹係數及低彈性係數。此會減少基本頻率對於溫度的相依性，且溫度的影響減至最小，如將展示於後者。

【0172】 除此以外，較佳為使用 AT 切割或 SC 切割的石英。換句話說，該石英的平面截面是在特定的角度切割，使其可配置成振盪頻率的溫度係數在室溫附近具有寬幅波峰的拋物線。因此，該晶體振盪器可配置成使得在波峰頂部的斜率是精確地為零。

【0173】 此等石英晶體通常是可以相對低成本獲得。與在真空中使用大多數的石英晶體振盪器相反，在本具體實例的石英晶體振盪器 222 是暴露於導管 208 中在壓力下的氣體中。

【0174】 用於驅動石英晶體振盪器 222 的驅動電路 224 是展示於第 9 圖。該驅動電路 224 必須符合數個特定的關鍵條件。首先，本發明的石英晶體振盪器 222 可能會暴露於某些範圍的氣體壓力；若氣體鋼瓶容納有經加壓的氣體例如氫氣，則壓力有可能會變化從大氣壓力（當氣體鋼瓶 100 是空瓶時）至約 900 bar g。因此，石英晶體振盪器 222 是需要可在寬廣範圍的壓力下操作（及在未使用一段期間後重新啟動）。

【0175】 因此，石英晶體振盪器 222 的品質 (Q) 因素在

使用期間將會顯著地變化。該 Q 因素(Q factor)是與振盪器或共振器的阻尼率(rate of damping)相關的無因次參數。此相當於其可作為共振器相對於其中心頻率的頻寬(bandwidth)的特徵。

【0176】 一般而言，振盪器的 Q 因素愈高，則振盪器的能量損失率相對於所儲存的能量愈低。換句話說，高 Q 因素振盪器的振盪，在無外力下振幅的減少更緩慢。具有較高 Q 因素的正弦驅動共振器，在共振頻率以較大的振幅進行共振，但是在彼等共振的該頻率附近具有較小的頻寬。

【0177】 驅動電路 224 必須能驅動石英晶體振盪器 222，不管 Q 因素的變化如何。當在氣體鋼瓶 100 中的壓力增加時，石英晶體振盪器 222 的振盪阻尼將會變得越來越增加，且該 Q 因素將下降。該下降的 Q 因素是需要藉由在驅動電路 224 中的放大器提供較高的增益(gain)。然而，若所提供的放大太高，則該驅動電路 224、來自石英晶體振盪器 222 的響應可能會變得不易區別。在此情況，該驅動電路 224 可在非相關的頻率、或在石英晶體振盪器 222 的非基本模態的頻率單純地振盪。

【0178】 關於又一限制是該驅動電路 224 必須為低功率，使其可在具有或無補充電力例如光電伏打電池(photovoltaic cell)下，以低功率電池長時間運轉。

【0179】 驅動電路 224，現在將參照第 9 圖加以敘述。為了驅動石英晶體振盪器 222，該驅動電路 224 在本質上是取得來自石英晶體振盪器 222 的電壓訊號，將其放大，且將該訊號回饋至石英晶體振盪器 222。該石英晶體振盪器 222 的

基本共振頻率，在本質上是石英的膨脹與收縮速率的函數(function)。此通常是藉由晶體的切割及大小來決定。

【0180】 然而，外在因素也會影響到共振頻率。當所產生的輸出頻率的能量符合在電路中的損失時，則振盪可持續。該驅動電路 224 是配置成可偵測及維持此振盪頻率。然後，該頻率可藉由微處理器 238 加以測量，以用於計算使用者所需要的氣體的適當性質，且若有需要時，可輸出至一適當的顯示器裝置（如稍後將加以敘述者）。

【0181】 驅動電路 224 是藉由 6 V 電池 228 來提供電力。在此具體實例中，該電池 228 包含鋰電池。然而，另一可行的電源對於熟習此技藝者將是顯而易見的其他電池類，例如包括可再充電與非可再充電兩者、及太陽能電池配置。

【0182】 驅動電路 224 進一步包含達靈頓對共射極放大器(Darlington pair Common Emitter amplifier) 250。該達靈頓對包含由兩個雙極型 NPN 電晶體(bipolar NPN transistors)所構成的複合結構，使得藉由第一電晶體加以放大的電流是進一步藉由第二者加以放大。當與各電晶體是採用分離方式者相比較時，則此架構可獲得較高的電流增益(current gain)。另一可行的是可使用 PNP 雙極型電晶體(PNP bipolar transistors)。

【0183】 達靈頓對 250 是配置成從單電晶體(single transistor) (T_1) 共射極放大器 252 的反饋架構。NPN 雙極型接面電晶體(NPN bipolar junction transistor)是展示於第 7 圖。然而，熟習此技藝者將可瞭解可使用另一可行的電晶體配置，例如雙極型接面 PNP 電晶體(bipolar junction PNP

transistor)或金屬氧化物半導體場效電晶體 (MOSFETs: Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors)。

【0184】 驅動電路 224 包含又一 NPN 射極隨耦器電晶體 T_2 ，其作用如同緩衝放大器 254。該緩衝放大器 254 是配置成可作用如同在電路與外部環境間的緩衝器。然而，此特性是視需要而可選用且可能不需要，例如 FET (場效電晶體: Field Effect Transistor) 可直接連接以驅動電路 224。

【0185】 電容器 256 是設置成與石英晶體振盪器 222 串聯。該電容器 232 在此實例中具有 100 pF 值，在晶體例如受到鹽類或其他沉積物而已被污染的情況，可使得驅動電路 224 能驅動石英晶體振盪器 222。

【0186】 除此以外，驅動電路 224 可加以最適化以快速啓動石英晶體振盪器 222。爲了達成此目的，在電晶體 D_1 的基極(base)與接地(ground)間可進一步連接又一電阻及又一電容器。此等構件可包含例如 10 M Ω 電阻及 10 nF 電容器。

【0187】 另一可行的驅動電路 240，現在將參照第 10 圖加以敘述。該驅動電路 240 可用於取代上述的驅動電路 224。與上述的驅動電路 224 完全不同，該驅動電路 240 包含一共漏極(common drain)金屬氧化物半導體場效電晶體 (MOSFET) 放大器 242，以取代第 9 圖的電路的達靈頓對。該 MOSFET 242 作用如同一高阻抗輸入，其使得放大器級(amplifier stage)的輸入阻抗能配合石英晶體振盪器 222 的高阻抗。換句話說，該 MOSFET 242 提供具有高輸入阻抗的單位增益，以降低在石英晶體振盪器 202 的電負載(electrical load)。

【0188】 共漏極 MOSFET 放大器 242 的輸出是輸入至兩個連續的單電晶體 (Q2, Q3) 共射極放大器 244。電阻 R6 及 R8 是對電晶體提供包括負反饋(negative feedback)及偏壓電流(biasing current)兩者。該共射極放大器 244 提供高增益，以放大石英晶體振盪器 222 的振盪，且在此具體實例中，包含一 NPN 雙極型接面電晶體。然而，熟習此技藝者將可瞭解可使用另一可行的電晶體配置，例如雙極型接面 PNP 電晶體(bipolar junction PNP transistor)或 MOSFETs。

【0189】 電容器 246 是連接在石英晶體振盪器 222 與接地間。在此具體實例中，該電容器 246 是可操作以增加對石英晶體振盪器 222 的驅動。

【0190】 電阻 248 是與石英晶體振盪器 222 連接成串聯。該電阻 248 在此具體實例中具有 56 k Ω 值，可阻尼石英晶體振盪器 222 的振盪，使得電路可僅以逐漸的波形變化而在廣泛的壓力範圍振盪。

【0191】 驅動電路 240 是藉由 3 V 電池 249 來提供電力。在此具體實例中，該電池 249 包含鋰電池。然而，另一可行的電源對於熟習此技藝者將是顯而易見的其他電池類，例如包括可再充電與非可再充電兩者、及太陽能電池配置。另一可行的是也可使用經直流整流(DC rectification)及適當的降低電壓的市電供電配置(mains supply arrangement)。

【0192】 又一可行的驅動電路 260，現在將參照第 11 圖加以敘述。如第 8 圖所展示的驅動電路是構成爲類似於皮爾斯振盪器(Pierce oscillator)。皮爾斯振盪器是一種習知的數位 IC 時鐘振盪器(digital IC clock oscillator)。在本質上，該

驅動電路 260 包含：一單數位反相器(single digital inverter) (以電晶體的形式) T、三個電阻 R_1 , R_2 及 R_S 、兩個電容器 C_1 , C_2 、及石英晶體振盪器 222 (或振盪器 230)。

【0193】 在此配置中，該石英晶體振盪器 222 作用如同高選擇性濾波器元件(filter element)。電阻 R_1 作用如同電晶體 T 的負載電阻(load resistor)。電阻 R_2 作用如同反饋電阻(feedback resistor)，在其操作的線性區域對反相器(inverter) T 施加偏壓(biasing)。此可有效地使得反相器 T 操作如同高增益反相放大器(inverting amplifier)。另一電阻 R_S 是使用於反相器 T 的輸出與石英晶體振盪器 222 間，以限制增益及阻尼在電路中非所欲的振盪。

【0194】 石英晶體振盪器 222 與 C_1 及 C_2 組合而形成 Pi 網路帶通濾波器(Pi network band-pass filter)。此使其能在大約石英晶體振盪器 222 的共振頻率獲得 180 度相位位移(phase shift)、及從輸出至輸入的電壓增益(voltage gain)。上述的驅動電路 260，因為其包含較少的構件，因此為可靠且可以廉價製造。此電路也可特別應用於低壓力應用。

【0195】 如上所述，感測器組合 204 可包含微處理器 238，以接收來自石英晶體振盪器 222 及驅動電路 224 的輸入。該微處理器 238 可包含任何適當的配置，例如 ASIC (特定應用積體電路：Application Specific Integrated Circuit)、或 FPGA (現場可程式規劃陣列：Field Programmable Gate Array)。微處理器 238 是加以程式化以計算，且若有需要時可顯示及傳輸通過孔口 216 的氣體的質量流率的測定結果。

【0196】 當與石英晶體振盪器 222 一起使用時，微處理器 238 可構成爲可測量來自驅動電路 224 的訊號的頻率 f 或週期(period)。此可藉由例如計數在固定時間的振盪來達成，且使用演算法(algorithm)或查表法(look-up table)而將該頻率換算成密度值。此數值是傳遞至微處理器 238。

【0197】 微處理器 238 也接收來自溫度感測器 226 所測得溫度 T 。該微處理器 238 是配置成可根據所供應的輸入資訊實施計算，進行決定通過孔口 216 的氣體的質量流率。

【0198】 一旦該質量流率已經測得，此數據可儲存在局部記憶體(local memory)、可顯示在顯示器螢幕上、或可傳送至遠端遙控站。

【0199】 微處理器 238 可視需要而設計成適用於大量生產，使其在所有的量計組合 200 中爲完全相同，且在軟體及硬體中具有不同的特性而可用於不同的氣體。

【0200】 除此以外，微處理器 238 也可構成爲可將電力消耗最小化，其經由執行可涵蓋微處理器 238、及附加的構件例如驅動電路 224 及石英晶體振盪器 222 的「待機(standby)」或「睡覺(sleep)」模式。

【0201】 可執行各種的方案，例如微處理器 238 在每 11 秒鐘中可待機 10 秒鐘。此外，該微處理器 238 可控制石英晶體振盪器 222 及驅動電路 224，使得此等構件大部份時間是處於待機狀態，僅對於更高耗電構件切換成每 30 秒鐘爲接通 $\frac{1}{2}$ 秒鐘。

【0202】 第 12 圖是展示適合使用於本發明的第二或第三具體實例的調節器驅動電路(regulator drive circuit) 270。該

節器驅動電路是可操作以接收來自石英晶體振盪器 222 (及/或在第三具體實例的情況的石英晶體振盪器 230) 的輸入頻率進入四反及閘(quad NAND gate)。該反及閘(NAND gate)也接收來自連接到電壓調節器的振盪器的設定點頻率。該四反及閘作用如同互斥或閘(XOR gate)。

【0203】 然後，將此等頻率間的差異輸入至頻率-電壓轉換器，以將此轉換成電壓輸出。該電壓輸出則藉由 741 放大器加以放大，且用於控制電磁閥 302 的位置，以維持來自石英晶體振盪器 222, 230 的頻率輸入在設定點頻率，如在第 12 圖所展示的 10K 電位計(potentiometer)設定的電壓。

【0204】 本發明的第一具體實例的操作方法，現在將參照第 13 圖加以敘述。如下所述的方法是可應用到單獨第一具體實例。

步驟 500：初始化測量

【0205】 在步驟 500，通過孔口 216 的氣體的質量流率的測量是加以初始化。此可藉由例如使用者按壓在外罩 210 的外側的按鈕來加以啓動。另一可行的是該測量可藉由遠端連接加以初始化，例如訊號是橫過無線網路而傳送，且經由天線而被量計組合 200 接收。

【0206】 關於又一可行的或除此以外的是該量計組合 200 可構成爲以遠端方式或計時器進行初始化。然後，該方法接著進行步驟 502。

步驟 502：驅動石英晶體振盪器

【0207】 一旦初始化，驅動電路 224, 232 是用於驅動各自的石英晶體振盪器 222, 230。在初始化期間，各驅動電路

224, 232 施加隨機雜訊交流電壓橫過各自的石英晶體振盪器 222, 230。該隨機電壓的至少一部份將在適當的頻率造成各自的石英晶體振盪器 222, 230 振盪。然後，各石英晶體振盪器 222, 230 將開始與該各自的訊號同步進行振盪。

【0208】 應該瞭解的是石英晶體振盪器 222, 230 在本質上是一種自足式偵測器(self-contained detector)及驅動器，因為各晶體本身的共振頻率是被測量。

【0209】 藉由壓電效應(piezoelectric effect)，石英晶體振盪器 222, 230 的動作，則將會在各自的石英晶體振盪器 222, 230 的共振頻帶中產生一電壓。各自的驅動電路 224, 232 則將藉由石英晶體振盪器 222, 230 所產生的訊號加以放大，使得在石英晶體共振器(quartz crystal resonator) 222, 230 的頻帶中所產生的訊號優控(dominate)驅動電路 224, 232 的輸出。石英晶體的狹幅共振頻帶濾除全部非所欲的頻率，而驅動電路 224, 232 則在基本共振頻率 f 驅動各自的石英晶體振盪器 222, 230。一旦各自的石英晶體振盪器 222, 230 已經穩定在一特定共振頻率，該方法接著進行步驟 504。

步驟 504：測量石英晶體振盪器的共振頻率

【0210】 共振頻率 f 是視在導管 208 的上游部份 218 內的環境條件而定。在本具體實例中，以最佳近似法，共振頻率的變化 Δf 是與在導管 208 的上游部份 218 中的氣體密度的變化大小成比例，且將隨著密度增加而減少。

【0211】 為了進行測量，該石英晶體振盪器 222 的頻率是測量大約 1 秒鐘。此是為使得讀數穩定化而計數足夠的振盪以決定準確的測量。該頻率的測量是在微處理器 238 中進

行。當測量啓動後，該微處理器 238 也可登錄(log)時間 T_1 。

【0212】 一旦該頻率已經測得，該方法接著進行步驟 506。

步驟 506：測量氣體的溫度

【0213】 在步驟 506，溫度感測器 226 測量在導管 208 的上游部份 218 內的氣體的溫度。爲了準確地決定在氣體流中的音速，此測量是需要的。

【0214】 如前所述，溫度測量並不需要特別準確。例如，若溫度感測器 226 是準確至 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，以在音速的計算所需要的絕對溫度值爲基準，則此是相對應於誤差爲僅大約 1200 分之 1。

【0215】 關於另一可行的是此步驟可簡單地涉及將一固定溫度值輸入至微處理器 238。此可能發生在例如其是使用已知的溫度環境、或並不需要高準確度的情況。在此情況，不需要溫度感測器 226。

步驟 508：測定氣體的質量流量

【0216】 此是藉由使用上述方程式 8) 來完成，該式中的孔口 216 的上游的氣體密度 ρ_1 、孔口 216 的下游的氣體密度 ρ_2 ，及視需要而定的氣體的溫度 T 是已知。因此，若知道經在步驟 504 所測得共振頻率、(視需要而定)經在步驟 406 所測得已知的氣體的溫度 T ，則可實施通過孔口 216 的質量流率的準確的測量。因爲可利用上游及下游密度兩者，因此也可適用於即使未能符合扼流狀態(如在方程式 7)所揭述者)。然後，該方法接著進行步驟 510。

【0217】 另一可行的是該質量流量的測量可使用對於扼

流狀態的方程式 7) 來完成，該式中的孔口 216 的上游的氣體密度 ρ_1 ，及視需要而定的氣體的溫度 T 是已知。因此，若知道在步驟 504 所測得石英晶體振盪器 222 的共振頻率、（視需要而定）在步驟 406 所測得已知的氣體的溫度 T ，則可實施通過孔口 216 的質量流率 Q 的測量。除此以外，藉由石英晶體振盪器 230，則孔口 216 的下游的氣體密度 ρ_2 的測量也可加以利用，以提供指示關於藉由石英晶體振盪器 222 所作成的測量的準確性。然後，該方法接著進行步驟 510。

步驟 510：通訊及儲存結果

【0218】 氣體的質量流率可以數種方式來顯示。例如，搭接在外罩 210、本體 202 或調節器 150, 300 的螢幕（未展示）可用於顯示通過孔口 216 的氣體的質量流率（亦即，從聯結器 160 輸出(exit)的氣體的質量流率）。在另一可行的方法中，該質量流率測量可以遠端方式與基地台、或位於鄰近的配件的量計進行通訊，如稍後將加以敘述者。

【0219】 關於再一可行的是在時間 T_1 的該氣體的質量流率可暫時儲存在該微處理器 238 的記憶體中而產生一時間登錄(time log)。

【0220】 如上所揭述，在另一可行的具體實例，可對使用者顯示警告訊息，以指示所測得質量流率可能為不準確，因為對於通過孔口 216 輸出的扼流狀態的流率太低。

【0221】 然後，該方法接著進行步驟 512。

步驟 512：切斷感測器組合電源

【0222】 並不需要在所有的時間維持量計組合 200 皆可操作的狀態。相反地，當不使用時，藉由將量計組合 200，

控制器 350 關閉以減少電力消耗是有利的。此可延長電池 228 的壽命。

【0223】 驅動電路 224 的架構可使得石英晶體振盪器 222，不論在導管 208 的上游部份 218 中的壓力如何也可重新啓動。因此，量計組合 200，控制器 350 可視需要而加以停機以節省電池電力。

【0224】 本發明的第二及第三具體實例的操作方法，現在將參照第 14 圖加以敘述。如下所述的方法是可單獨應用到第二及第三具體實例。

步驟 600：初始化測量

【0225】 在步驟 600，通過孔口 216 的氣體的質量流率的測量是加以初始化。此可藉由例如使用者按壓在外罩 210 的外側的按鈕來加以啓動。另一可行的是該測量可藉由遠端連接加以初始化，例如訊號是橫過無線網路而傳送，且經由天線而被控制器 350, 450 接收。

【0226】 在此點，由使用者輸入一特定所欲氣體的質量流率。然後，將此藉由控制器 350, 450 加以儲存，且將調節器驅動電路適當地加以程式化，以達成石英晶體振盪器 222（及在第三具體實例的情況的石英晶體振盪器 230）經指定的設定點頻率，且維持石英晶體振盪器 222 在該特定的頻率以維持一特定氣體流量。

【0227】 關於又一可行的或除此以外的是該控制器 350, 450 可構成爲以遠端方式或計時器進行初始化。然後，該方法接著進行步驟 602。

步驟 602：驅動石英晶體振盪器

【0228】 一旦初始化，驅動電路 224 是用於驅動石英晶體振盪器 222。在第二具體實例的情況，驅動電路 232 也用於驅動石英晶體振盪器 230。在初始化期間，該或各驅動電路 224, 232 施加隨機雜訊交流電壓橫過各自的石英晶體振盪器 222, 230。該隨機電壓的至少一部份將在適當的頻率造成各自的石英晶體振盪器 222, 230 振盪。然後，各石英晶體振盪器 222, 230 將開始與該各自的訊號同步進行振盪。

【0229】 應該瞭解的是石英晶體振盪器 222, 230 在本質上是一種自足式偵測器及驅動器，因為各晶體本身的共振頻率是被測量。

【0230】 藉由壓電效應，石英晶體振盪器 222, 230 的動作，則將會在各自的石英晶體振盪器 222, 230 的共振頻帶中產生一電壓。該或各自的驅動電路 224, 232 則將藉由石英晶體振盪器 222, 230 所產生的訊號加以放大，使得在石英晶體共振器 222, 230 的頻帶中所產生的訊號優控驅動電路 224, 230 的輸出。石英晶體的狹幅共振頻帶濾除全部非所欲的頻率，而驅動電路 224, 232 則驅動各自的石英晶體振盪器 222, 230 在基本共振頻率 f 。一旦各自的石英晶體振盪器 222, 230 已經穩定在一特定共振頻率，該方法接著進行步驟 604。

步驟 604：測量石英晶體振盪器的共振頻率

【0231】 共振頻率 f 是視在導管 208 的上游部份 218 內的環境條件而定。在本具體實例中，以最佳近似法，共振頻率的變化 Δf 是與在導管 208 的上游部份 218 中（對於石英晶體振盪器 222）的氣體密度的變化大小成比例，且將隨著密度增加而減少。同樣地，也可應用到在第三具體實例的情況的

石英晶體振盪器 230。

【0232】 爲了進行測量，該或各石英晶體振盪器 222, 230 的頻率是測量大約 1 秒鐘。此是爲使得讀數穩定化而計數足夠的振盪以決定準確的測量。該頻率的測量是在微處理器 238 中進行。當測量啓動後，該微處理器 238 也可登錄時間 T_1 。

【0233】 一旦該頻率已經測得，該方法接著進行步驟 606。

● 步驟 606：測量氣體的溫度

【0234】 在步驟 606，溫度感測器 226 測量在導管 208 的上游部份 218 內的氣體的溫度。爲了準確地決定在氣體流中的音速，此測量是必要的。

步驟 608：維持反饋迴路

● 【0235】 控制器 350, 450 是可操作根據上述方程式 11) 以維持一反饋迴路，亦即，藉由利用石英晶體振盪器 222 的振盪頻率（或方程式 13），若第三具體實例是被利用若有需要的話可包含振盪器 230），以達成一特定質量流率。

【0236】 換句話說，孔口 216 的上游的氣體密度 ρ_1 除以溫度 T 的平方根（在第二具體實例中），或孔口 216 的上游的氣體密度 ρ_1 及孔口 216 的下游的氣體密度 ρ_2 的函數除以溫度 T 的平方根（在第三具體實例中）的關係是用於使其可產生成比例的氣體流量。

【0237】 因此，藉由成比例的開放/關閉電磁閥 302，則該石英晶體振盪器 222 的共振頻率（或在第三具體實例中振盪器 222 及振盪器 230 兩者的函數）除以與溫度成比例訊號

的平方根可加以維持在一預定值，以維持通過孔口 216 的氣體流量為恆定。

步驟 610：通訊及儲存結果

【0238】 使用者可指定一特定氣體的質量流率。因此，假設可符合此條件，則不需要另一顯示器。然而，視需要而定，實際上的氣體的質量流率可以數種方式來顯示。例如，搭接在外罩 210、本體 202 或調節器 150, 300 的螢幕（未展示）可用於顯示通過孔口 216 的氣體的質量流率（亦即，從聯結器 160 輸出的氣體的質量流率）。在另一可行的方法中，該質量流率測量可以遠端方式與基地台、或位於鄰近的配件的量計進行通訊，如稍後將加以敘述者。

【0239】 關於再一可行的是在時間 T_1 的該氣體的質量流率可暫時儲存在該微處理器 238 的記憶體中而產生一時間登錄。

【0240】 如上所揭述，在另一可行的具體實例，可對使用者顯示警告訊息，以指示所測得質量流率可能為不準確，因為對於通過孔口 216 輸出的扼流狀態的流率太低。

【0241】 上述具體實例的變異例對於熟習此技藝者將是明顯可見。硬體與軟體構件的精確架構可能會不同，但是仍然屬於本發明的範圍內。熟習此技藝者將可容易地瞭解可使用其他可行的架構。

【0242】 例如，上述的具體實例是使用具有 32.768 kHz 的基本頻率的石英晶體振盪器。然而，可使用在其他可行的頻率操作的晶體。例如，在 60 kHz 及 100 kHz 操作的石英晶體振盪器可使用於上述的具體實例。一展示關於不同的晶體

的頻率隨著密度的變化圖是如第 15 圖所展示。關於另一實例，可使用在 1.8 MHz 的頻率操作的晶體振盪器。

【0243】 在較高頻率操作，則由於取樣一特定周期數所需要的時間期間較短，可使其更頻繁地監測壓力。除此以外，較高頻率晶體可使其在晶體的「睡覺」模式所使用的工作週期(duty cycle)較小。舉例來說明，在大多數的情況下，該晶體及驅動電路將花費大部份的時間關閉，僅在測量需要時將其開啓大約 1 秒鐘。此可能發生例如每分鐘一次。當使用較高頻率晶體時，則可較快速地測得壓力。因此，可縮減其中晶體是在操作中的時間。此可減少電力消耗，且伴隨著可改善電池壽命。

【0244】 除此以外，上述具體實例已藉由測量石英晶體振盪器的絕對頻率加以敘述。然而，在自足式(self-contained)電子設備併用入一搭配調節器的氣體鋼瓶中，藉由與完全相同類型但是封入於真空或壓力封裝(pressure package)中的參考晶體(reference crystal)的頻率相比較，測量感測器的頻率位移可能也是有利的。該壓力封裝可容納在所選擇的密度的氣體、在大氣條件下或可開放至氣體鋼瓶的外部的大氣氣體。

【0245】 一適當的感測器組合 700 是展示於第 16 圖。該感測器組合 700 包含：第一石英晶體振盪器 702 及第二石英晶體振盪器 704。該第一石英晶體振盪器 702 是一種參考晶體，其位於在真空下的密封容器 706 內。該第一石英晶體振盪器 702 是藉由驅動電路 708 加以驅動。

【0246】 第二石英晶體振盪器 704 是一種類似於在前述

具體實例中所揭述的晶體 222 的晶體。該第二石英晶體振盪器 704 是暴露於外罩 210 內的氣體環境中。該第二石英晶體振盪器 704 是藉由驅動電路 710 加以驅動。

【0247】 此比較可藉由使用電子混頻電路 (electronic mixer circuit) 712 來實施，其組合雙頻訊號，且在等於兩個晶體間的差異的頻率產生一輸出。此配置可使其忽視由於例如溫度的小變化。

【0248】 此外，由於僅差異頻率是需要加以測量，在感測器組合 204 中所使用的電路可加以簡化。此外，此手段是特別適合使用於其可能不易直接測量晶體頻率的高頻率 (MHz) 晶體振盪器。

【0249】 除此以外，用於測量及顯示密度、質量或質量流量所需要全部電子設備，並不需要安裝在氣體鋼瓶上或其中。例如，電子功能 (electronic functions) 可分成：永久安裝在鋼瓶上的單元、及安裝在客戶的使用工作站或暫時安裝在鋼瓶的出口，例如一般傳統的流量計所使用的位置上兩者之一皆可的單元。

【0250】 此配置的一實例是可參照如第 17 圖所展示者。該配置包含氣體鋼瓶組合 80，其具有氣體鋼瓶 800、調節器 802 及質量流率計 804。該氣體鋼瓶 800、調節器 802 及質量流率計 804 是實質地類似於氣體鋼瓶 100、調節器 150 及量計組合 200 或控制器 350, 450，如先前在參照先前具體實例已實質地揭述者。

【0251】 在此具體實例中，該質量流率計 804 包含石英晶體振盪器及驅動電路 (未展示)，類似於前述具體實例的

石英晶體振盪器 222 及驅動電路 224。天線 806 是配備用於經由任何適當的遠端通訊協定的通訊，例如藍牙、紅外線（IR：Infrared）或 RFID（無線射頻識別技術：Radio-frequency identification）。另一可行的是可利用一線式通訊。

【0252】 關於又一可行的是可使用聲波通訊方法(acoustic communication method)。此等方法的優點是遠端通訊並不需要外部天線而可有效地達成。

● 【0253】 連接管 808 是連接到氣體鋼瓶 800 的出口。該連接管是藉由快速連接的接頭 810 而終接。該快速連接的接頭 810 可使得輸送管線或構件容易且快速地與氣體鋼瓶 800 連接及拆卸。

● 【0254】 快速連接單元 850 是配備用於連接到氣體鋼瓶 800。互補性快速連接的接頭 812 是配備用於連接到接頭 808。此外，該快速連接單元 850 是配備數據單元 852。該數據單元 852 包含：顯示器 854 及天線 856，用於與氣體鋼瓶組合 80 的天線 804 通訊。該顯示器 854 可包含：例如 LCD、LED 或日光可讀顯示器(daylight-readable display)，以將電力消耗最小化、及將顯示器的視認性最大化。

【0255】 數據單元 852 可登錄藉由氣體鋼瓶組合 80 的感測器組合 802 所測得的各種參數。例如，該數據單元 852 可登錄相對於時間的質量流率。如此的登錄是有用的，例如對於焊接包商希望檢查該氣體流量是存在、且在長時間的氣體焊接程序對於關鍵的構件是正確，或對一特定客戶的使用率提供公司的數據。

【0256】 另一可行的是可將獲自數據單元 850 的數據輸出至一電腦啓動式焊接機（用於焊接應用）或其他使用氣體的設備，以允許計算所導出的參數、以及警告訊息。

【0257】 除此以外，數據單元 850 是配置成可提供下列功能：若氣體類型改變時，提供可聽見或看見的警報；含有及顯示氣體的使用數據；提供多模式操作，例如供應商/充填者模式及客戶模式；允許數據的輸入；提供數據，例如鋼瓶數目、氣體的類型、產品檢驗報告書、客戶歷史記錄（何人何日擁有該鋼瓶）、安全資料及操作提示是可記載在鋼瓶的摘要表中。

【0258】 關於另一可行的是全部上述實例可從一種整體位於氣體鋼瓶 800 或外罩 210 的上方（或其內部）的系統視需要而加以處理、儲存或獲得，如在量計組合 200 或控制器 350, 450 中所論述者。

【0259】 雖然上述具體實例已參照石英晶體振盪器的用途而加以說明，但是熟習此技藝者將可容易地瞭解可使用另一可行的壓電材料。例如，非限制性列舉可包括晶體振盪器：包含鉍酸鋰、鋰酸鋰、硼酸鋰、塊磷鋁石、砷化鎵、四硼酸鋰、磷酸鋁、氧化鍺鈹、多晶形鈦酸鋯陶瓷、高氧化鋁陶瓷、氧化鋅矽複合物、或酒石酸二鉀。

【0260】 本發明的具體實例已特別參照圖解說明的實例加以敘述。雖然特定的實例是展示於圖式且在本文中加以詳細說明，然而應瞭解該等圖式並不意圖限制本發明為如同所揭示的特定形態。應瞭解的是可在本發明的範圍內對所揭示的實施例作各種變異及改良。

【符號說明】

【0261】

10	氣體鋼瓶組合
80	氣體鋼瓶組合
100	氣體鋼瓶
102	氣體鋼瓶體
102a	底座
104	閥
106	開口
108	外罩
110	出口
112	閥體
114	閥座
116	可握緊的手柄
150	調節器
152	入口
154	出口
156	入口管
158	出口管
160	聯結器
162	閥區
164	提動閥
166	閥座

168	隔膜
170	開口
172	彈簧
174	軸
176	可握緊的手柄
200	量計組合
202 (Fig. 2, 7, 8, 10)	本體
204	第一感測器組合
206	第二感測器組合
208	導管
210	第一外罩
212	第二外罩
214	孔口板
216	孔口；限制孔口
218	上游； 上游部份； 上游區段
220	下游； 下游部份； 下游區段
222 (Fig. 2, 7, 8, 10)	石英晶體振盪器
224	驅動電路

226	溫度感測器
228	電池
230	石英晶體振盪器
232	驅動電路
234	電池
238	微處理器
240	驅動電路、處理器
242	共漏極金屬氧化物半導體場效電 晶體 (MOSFET) 放大器； 共漏極 MOSFET 放大器； MOSFET
244	單電晶體 (Q2, Q3) 共射極放大 器； 共射極放大器
246	電容器
248	電阻
250	達靈頓對共射極放大器； 達靈頓對
252	單電晶體 (T ₁) 共射極放大器
254	緩衝放大器
256	電容器
260	驅動電路
300	調節器
302	電磁閥

304	電樞
350	控制器
352	螺線管驅動裝置； 電子螺線管驅動裝置
354	濾網
450	控制器
452	螺線管驅動裝置； 電子螺線管驅動裝置
500	步驟 500：初始化
502	步驟 502：驅動晶體振盪器
504	步驟 504：測量共振頻率
506	步驟 506：決定溫度
508	步驟 508：決定質量流率
510	步驟 510：通訊及儲存結果
512	步驟 512：切斷感測器組合電源
600	步驟 600：初始化
602	步驟 602：驅動晶體振盪器
604	步驟 604：測量共振頻率
606	步驟 606：決定溫度
608	步驟 608：維持反饋迴路
610	步驟 610：通訊及儲存結果
700	感測器組合
702	第一石英晶體振盪器
704	第二石英晶體振盪器

706	密封容器
708	驅動電路
710	驅動電路
712	電子混頻電路
800	氣體鋼瓶
802	調節器
804	量計
806	天線
808	連接管
810	快速連接的接頭； 接頭
812	互補性快速連接的接頭
850	快速連接單元
852	數據單元
854	顯示器
856	天線
A (Fig. 2, 8)	孔口截面積
C_1, C_2 (Fig. 11)	電容器
C_1, C_2, C_3, C_4 (Fig. 10)	電容器
D_1, D_2 (Fig. 9)	單電晶體

M (Fig. 1)	量計
Q2, Q3 (Fig. 10)	單電晶體
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8 (Fig. 10)	電阻
R ₁ , R ₂ , R _S (Fig. 11)	電阻
T (Fig. 11)	反相器
T ₁ , T ₂ (Fig. 9)	單電晶體 ; NPN 射極隨耦器電晶體
V (Fig. 1)	內部容積
ρ_1 (Fig. 2, 7, 8)	上游密度
ρ_2 (Fig. 2, 7, 8)	下游密度

申請專利範圍

1. 一種用於測量通過孔口的一氣體的質量流率的方法，該方法是使用與孔口的上游的氣體相接觸的第一壓電振盪器、及與孔口的下游的氣體相接觸的第二壓電振盪器；且該方法包括下列步驟：
 - a) 進行驅動第一及第二壓電晶體振盪器，使得各第一及第二壓電晶體振盪器在各自的共振頻率進行共振；
 - b) 進行測量第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率；以及
 - c) 從第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率，進行決定通過該孔口的氣體的質量流率。
2. 如請求項 1 所述的方法，其中，該步驟 c) 進一步包括下列步驟：
 - d) 從第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率，進行決定孔口的上游的氣體密度、及孔口的下游的氣體密度。
3. 如請求項 2 所述的方法，其中，該步驟 c) 進一步包括下列步驟：
 - e) 進行決定孔口的上游的氣體密度對於孔口的下游的氣體密度的比率。

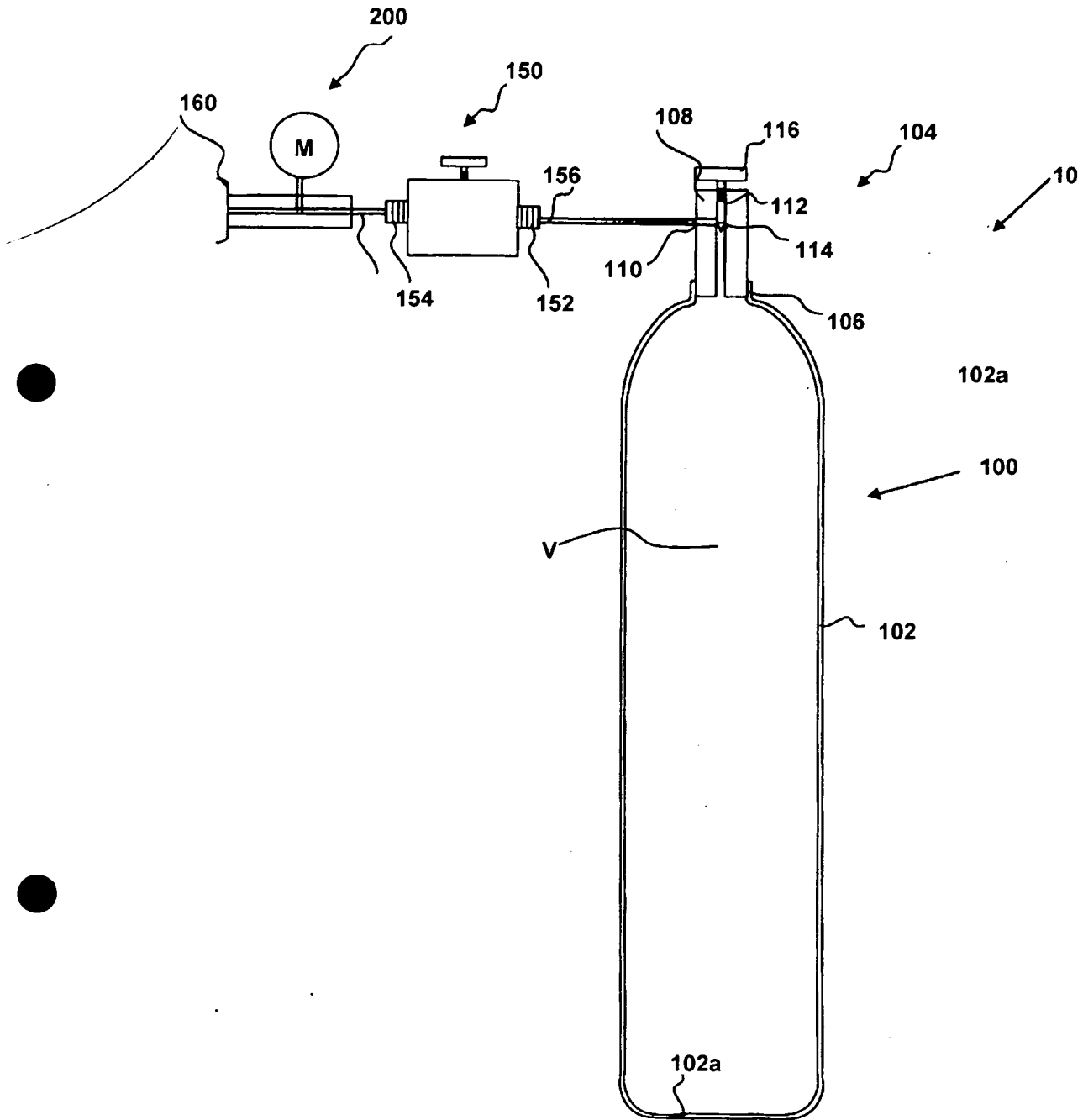
4. 如請求項 3 所述的方法，其中，該步驟 c) ^{103. 11. 28}進一步包括下列步驟：
- d) 進行決定孔口的上游的氣體密度對於孔口的下游的氣體密度的比率。
5. 如請求項 4 所述的方法，其中，當該比率為在於或高於預定值，則判斷通過該孔口的流量為扼流，而質量流率是從孔口的上游的氣體密度單獨計算得。
6. 如請求項 4 或 5 所述的方法，其中，當該比率為低於預定值，則質量流率是從孔口的上游的氣體密度、及從孔口的下游的氣體密度計算得。
7. 如請求項 4 或 5 所述的方法，其中，當該比率為低於預定值，則質量流率是從孔口的上游的氣體密度單獨計算得，且該方法進一步包括下列步驟：
- e) 提供質量流率的決定可能包含誤差的通知。
8. 如請求項 1 所述的方法，其中，該氣體是從位於壓電晶體振盪器的上游的壓力調節器或閥加以分配。
9. 如請求項 8 所述的方法，其中，該壓力調節器或閥是可因應所測得通過該孔口的氣體的質量流率，以電子方式加以控制。

10. 一種用於測量一氣體的質量流率的量計，該量計包含：
在使用時氣體流動通過的導管，該導管具有在使用時在通過時發生扼流的流量限制孔口，該流量限制孔口將導管劃分成該孔口的上游的上游部份、及該孔口的下游的下游部份；且該量計進一步包含：感測器組合，其包括一在該上游部份的第一壓電晶體振盪器，使得當量計在使用時，該第一壓電振盪器是與該氣體相接觸，及一在該下游部份的第二壓電晶體振盪器，使得當量計在使用時，該第二壓電振盪器是與該氣體相接觸，且該感測器組合是配置成：
可驅動第一及第二壓電晶體振盪器，使得各第一及第二壓電晶體振盪器在各自的共振頻率進行共振，
可測量第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率，以及
可從第一壓電振盪器的共振頻率、及第二壓電振盪器的共振頻率，進行決定通過該孔口的氣體的質量流率。
11. 如請求項 10 所述的量計，其中，量計進一步包含驅動電路，其具有配置成從共射極放大器的反饋架構的達靈頓對。
12. 如請求項 10 或 11 所述的量計，該量計是配置在壓力調節器或閥的下游。
13. 如請求項 12 所述的量計，其中，該量計是配置成可因

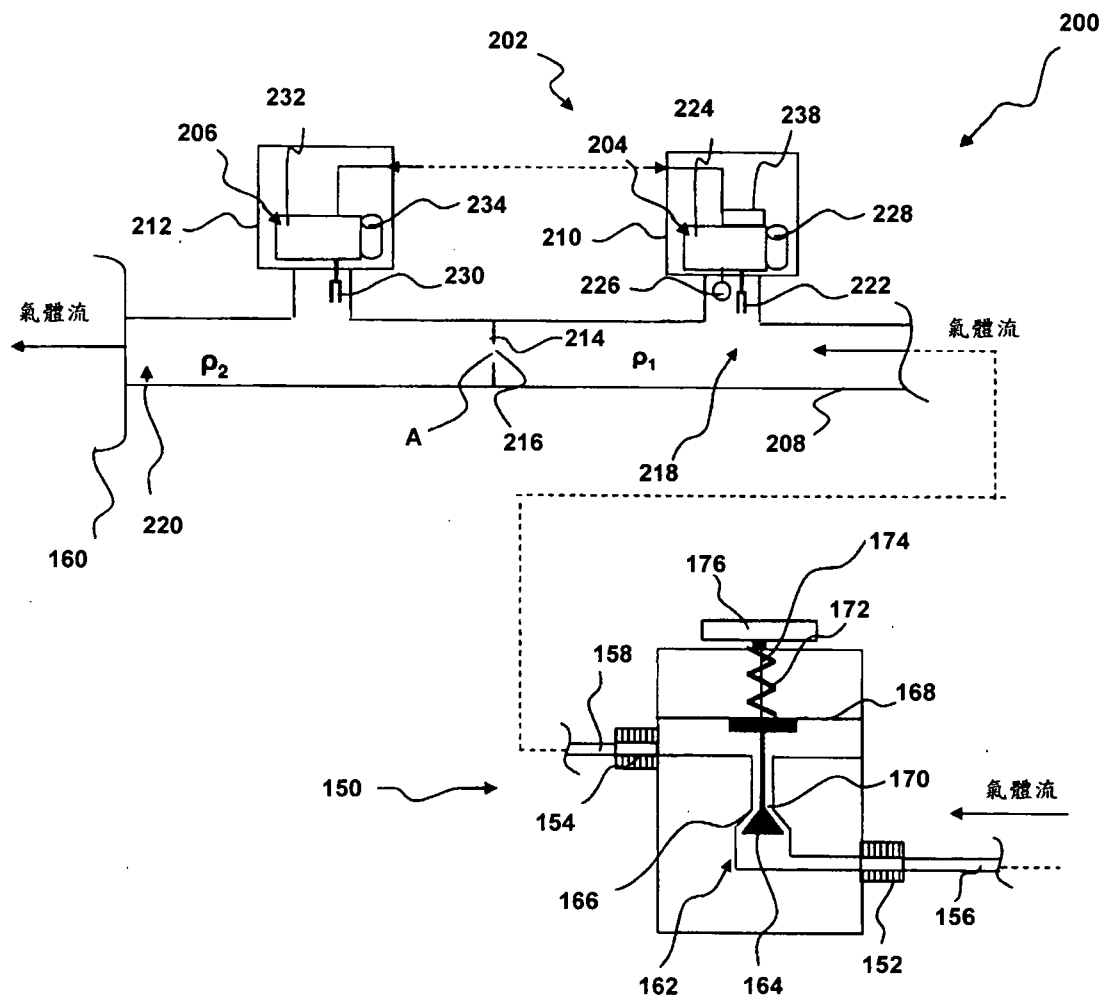
應所測得通過流量限制孔口的質量流率，以電子方式控制壓力調節器或閥。

14. 如請求項 10 項所述的量計，其中，該壓電振盪器包含石英晶體振盪器。
15. 如請求項 10 所述的量計，其中，該壓電晶體振盪器包含至少兩個平面叉齒。
16. 一種電腦程式產品，其可藉由可程式規劃處理設備而執行，具有一種或以上用於實施如請求項 1 至 9 中之任一項所述的步驟的軟體部份。
17. 一種儲存媒體，其可使用於電腦，具有如請求項 16 所述而儲存於其中的電腦程式產品。

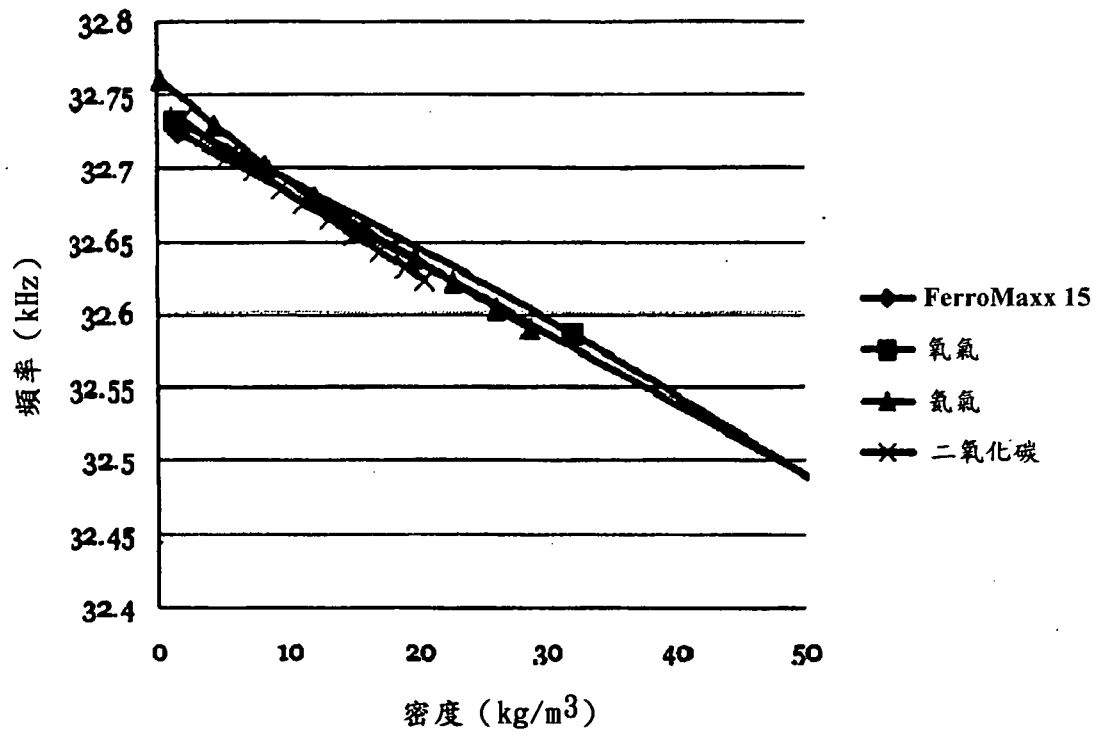
圖式



第 1 圖

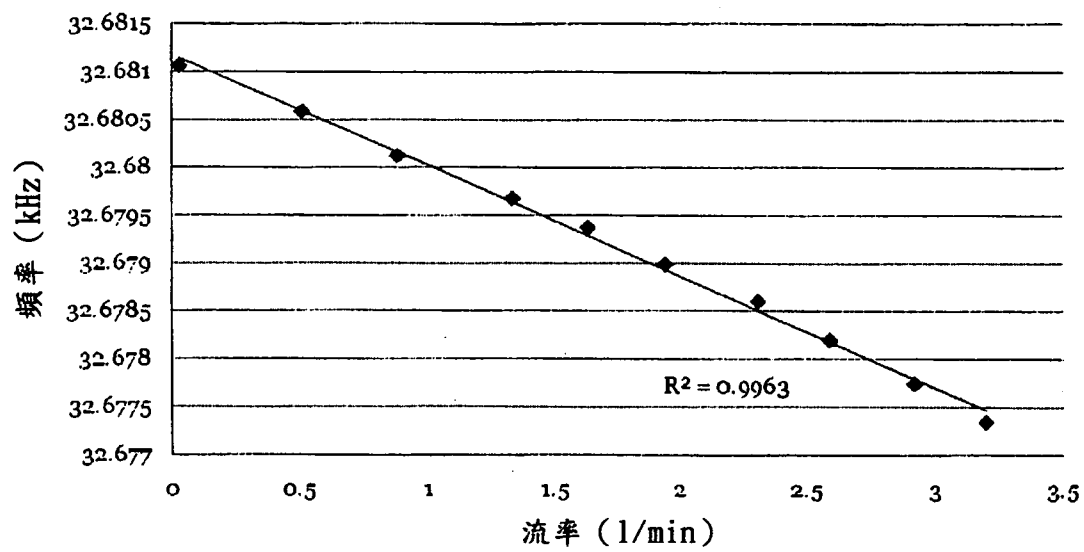


第 2 圖

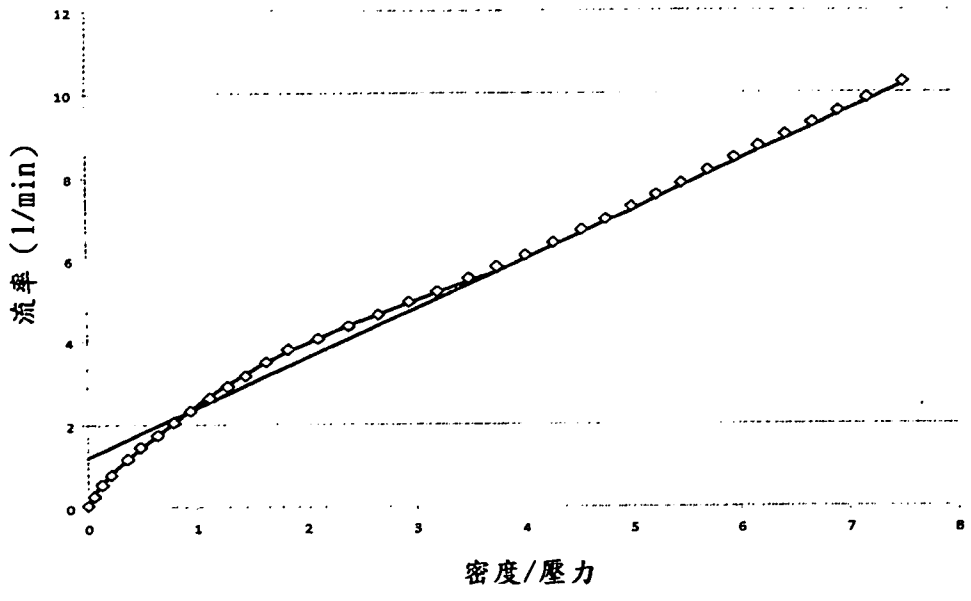


第 3 圖

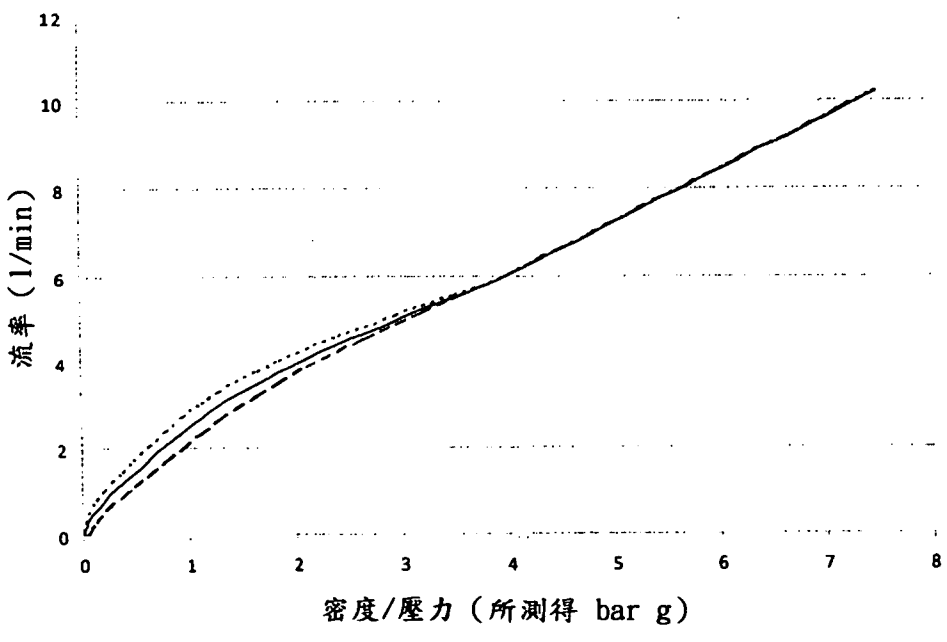
變化質量流量 (氮氣)



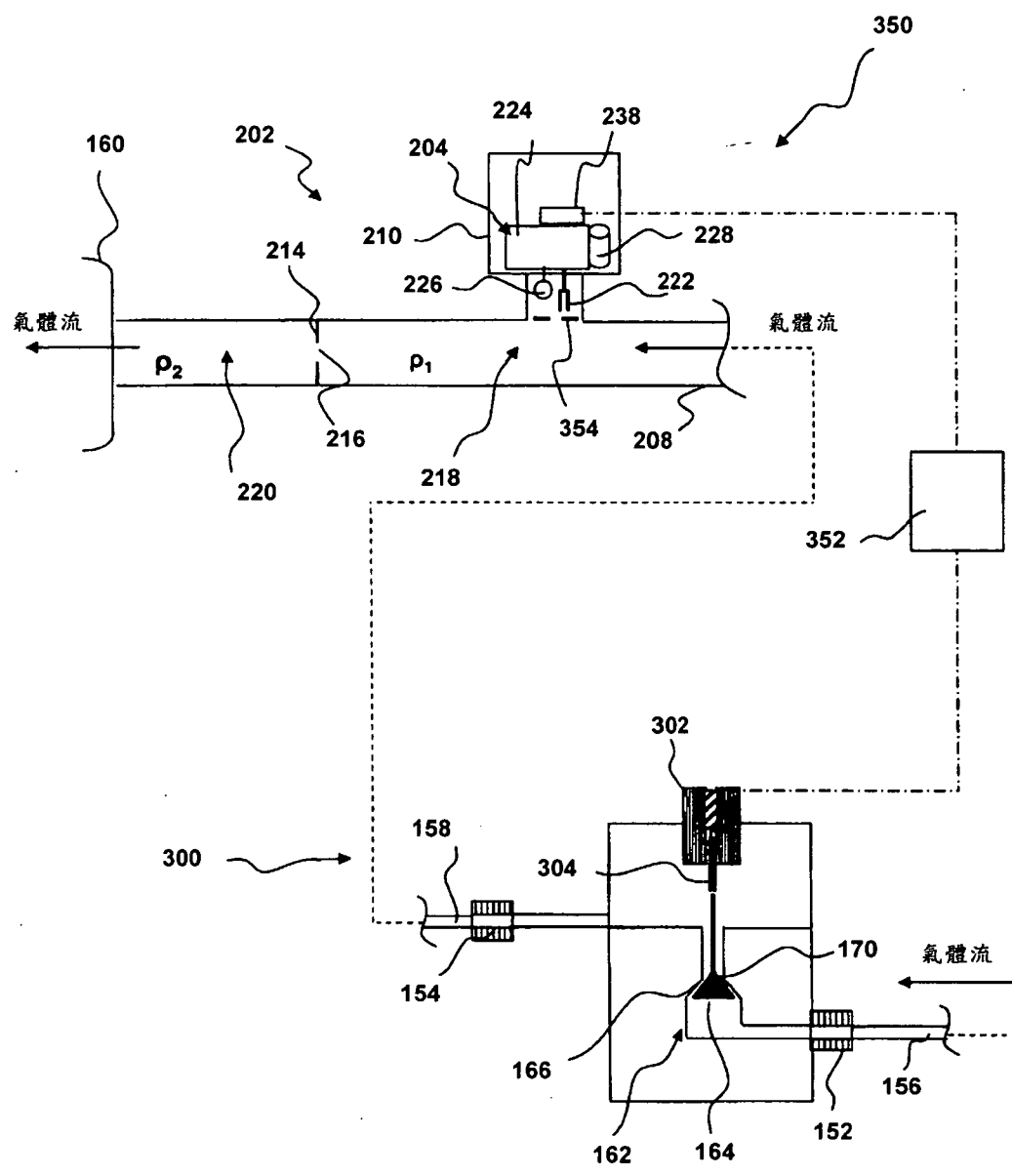
第 4 圖



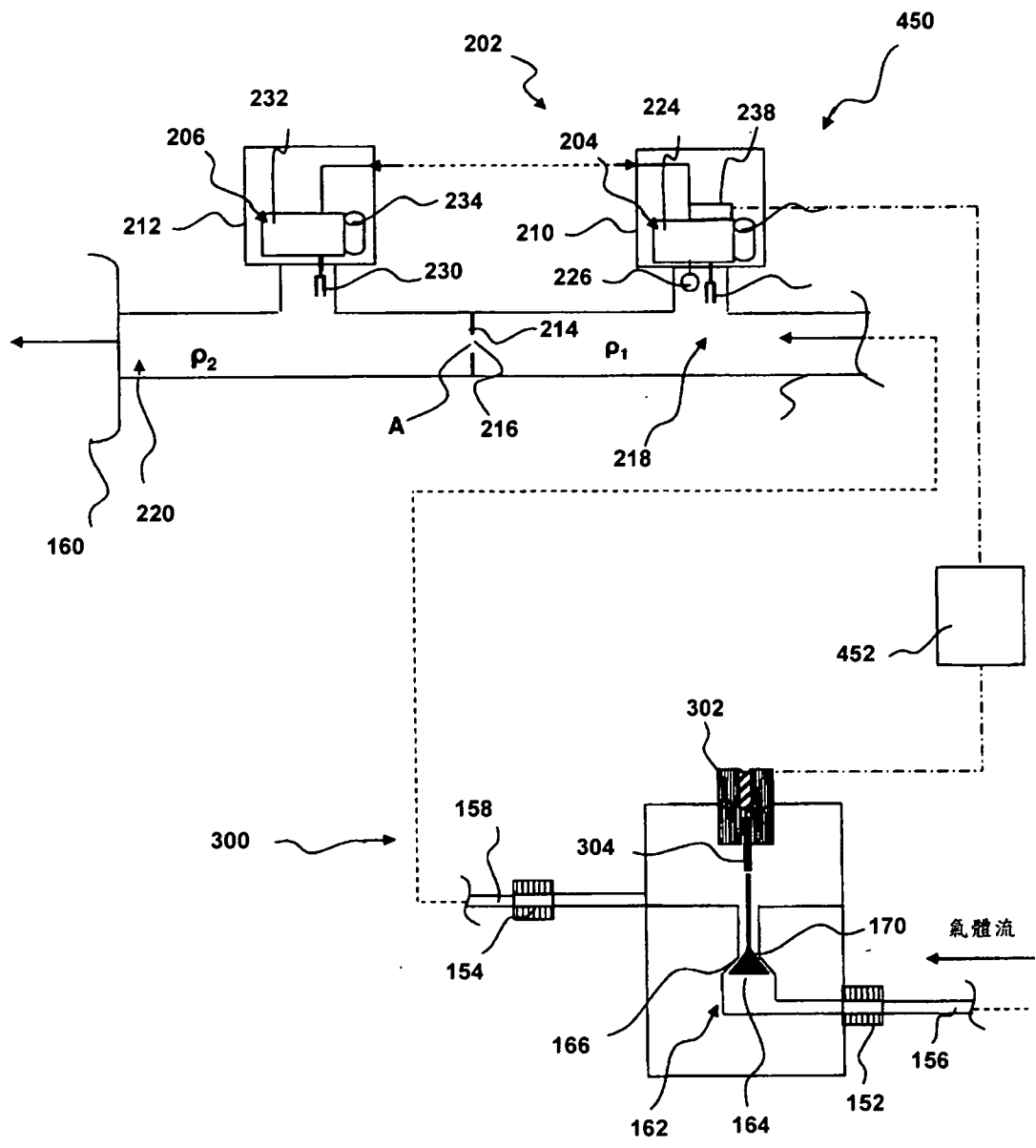
第 5 圖



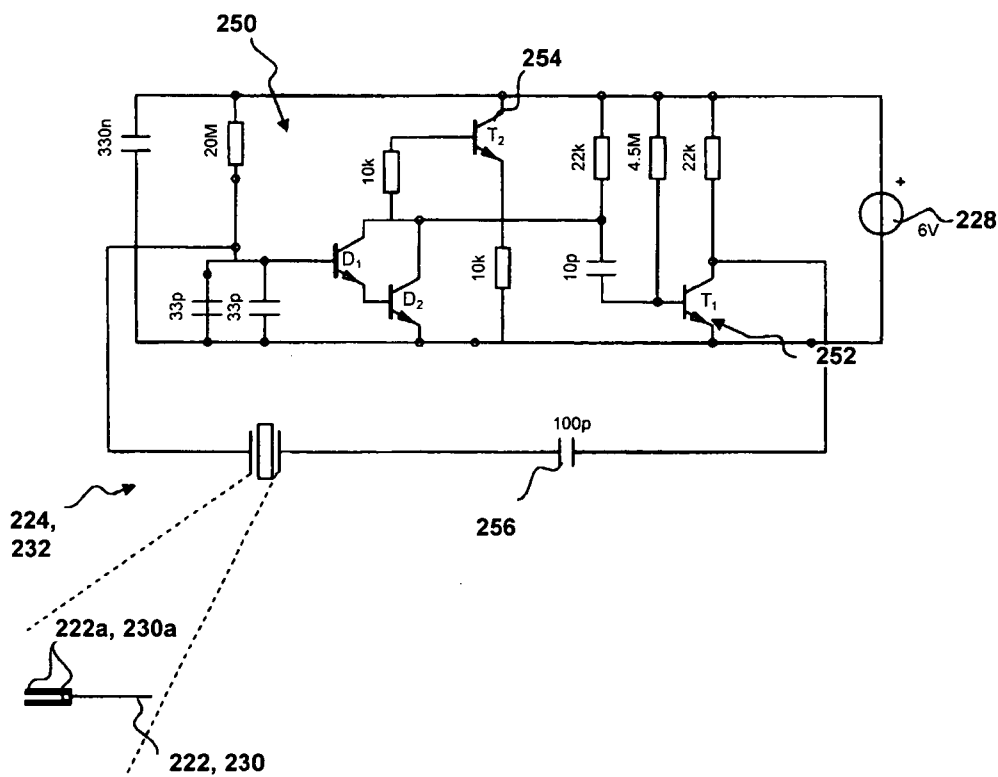
第 6 圖



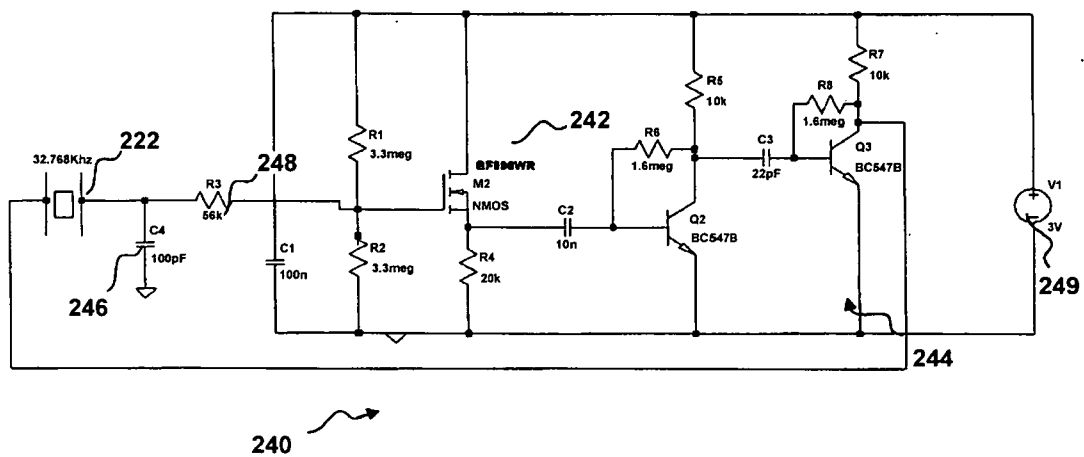
第 7 圖



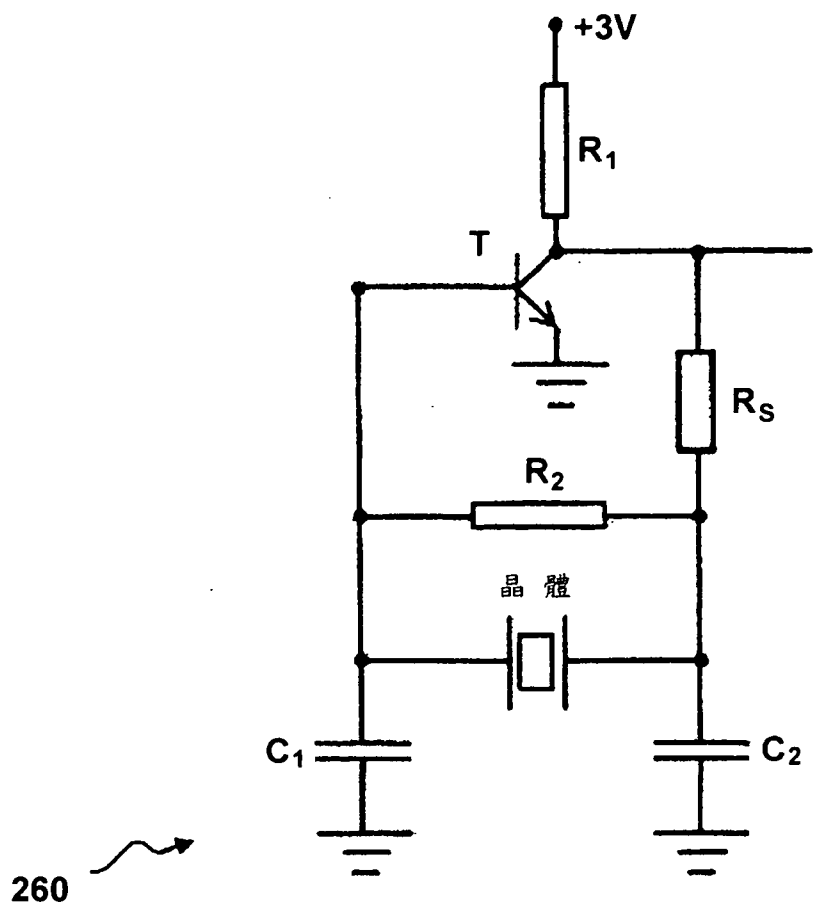
第 8 圖



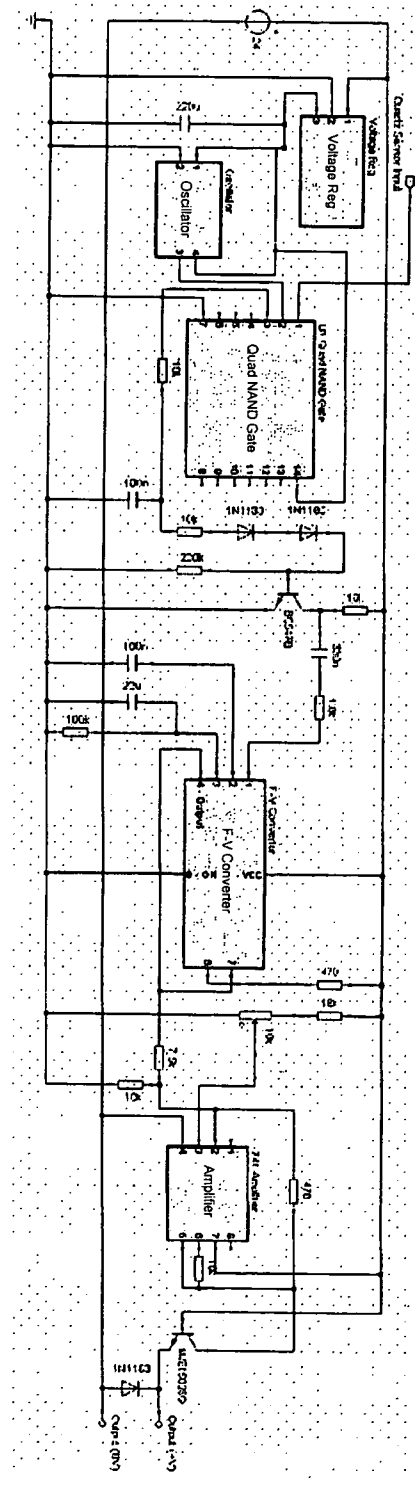
第 9 圖



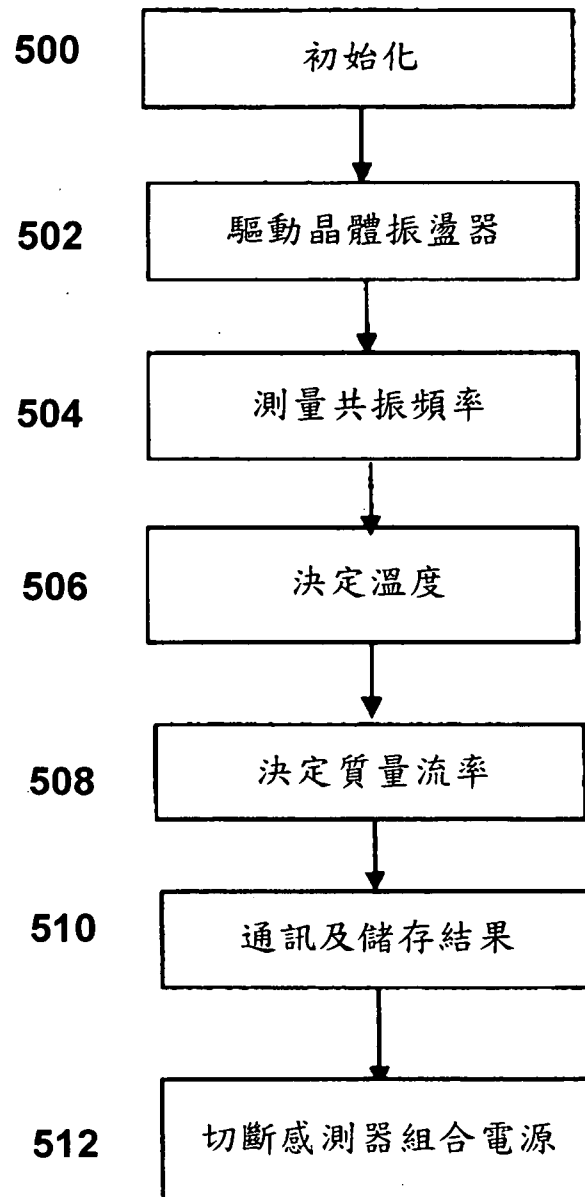
第 10 圖



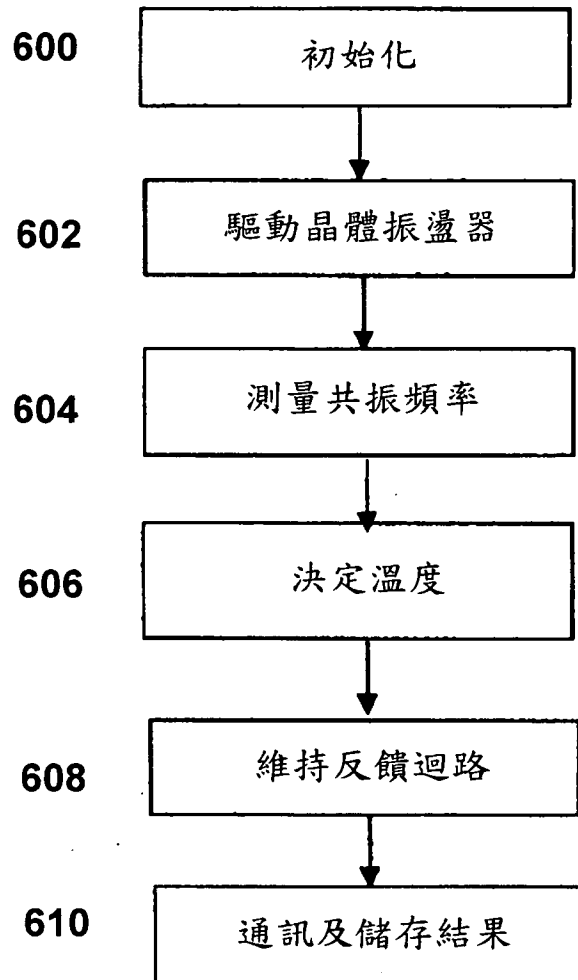
第 11 圖



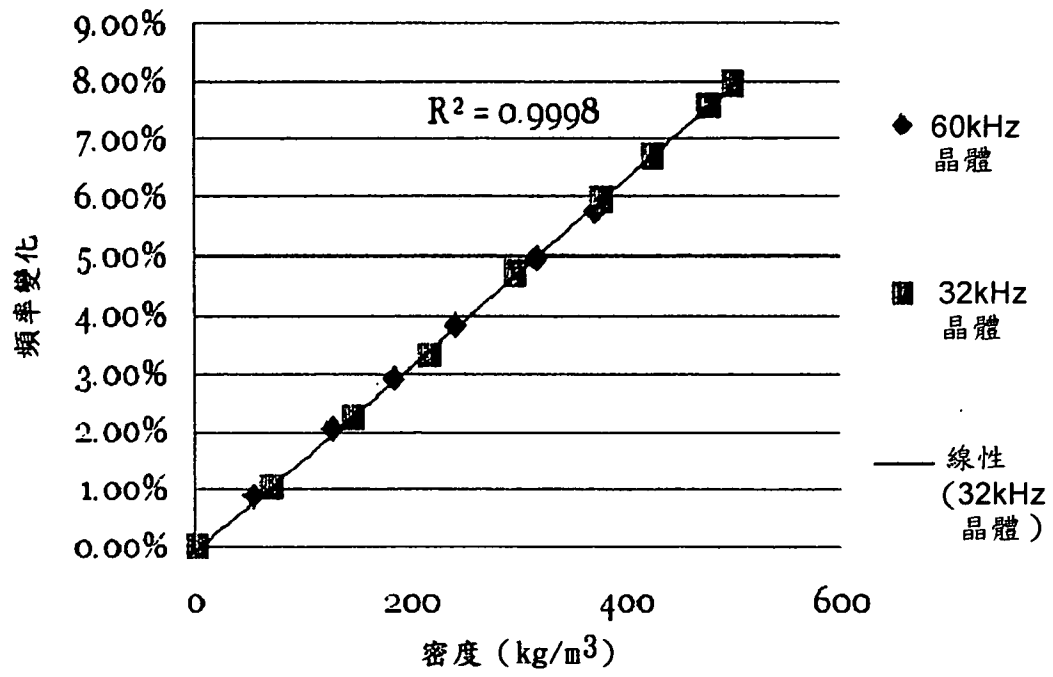
第 12 圖



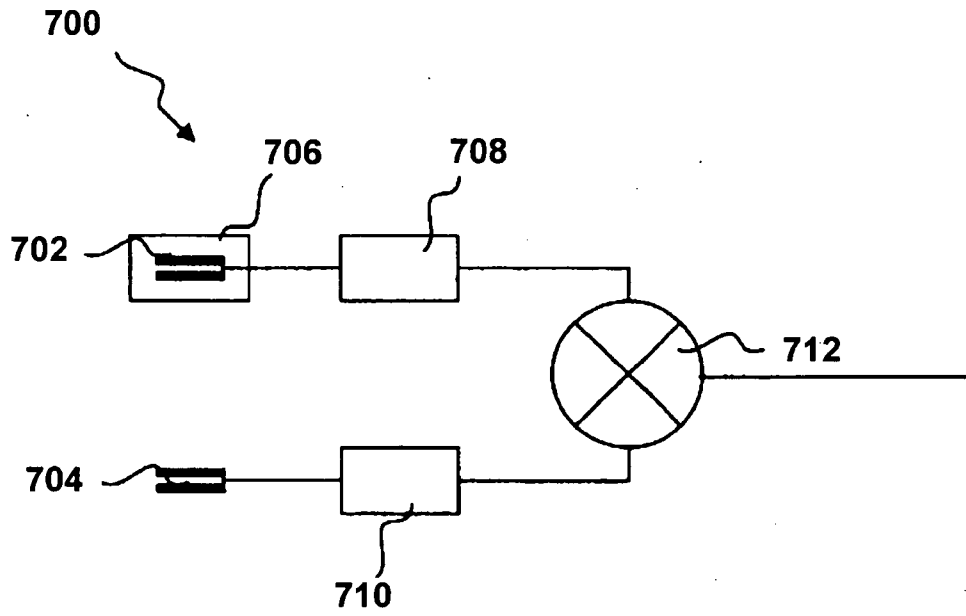
第 13 圖



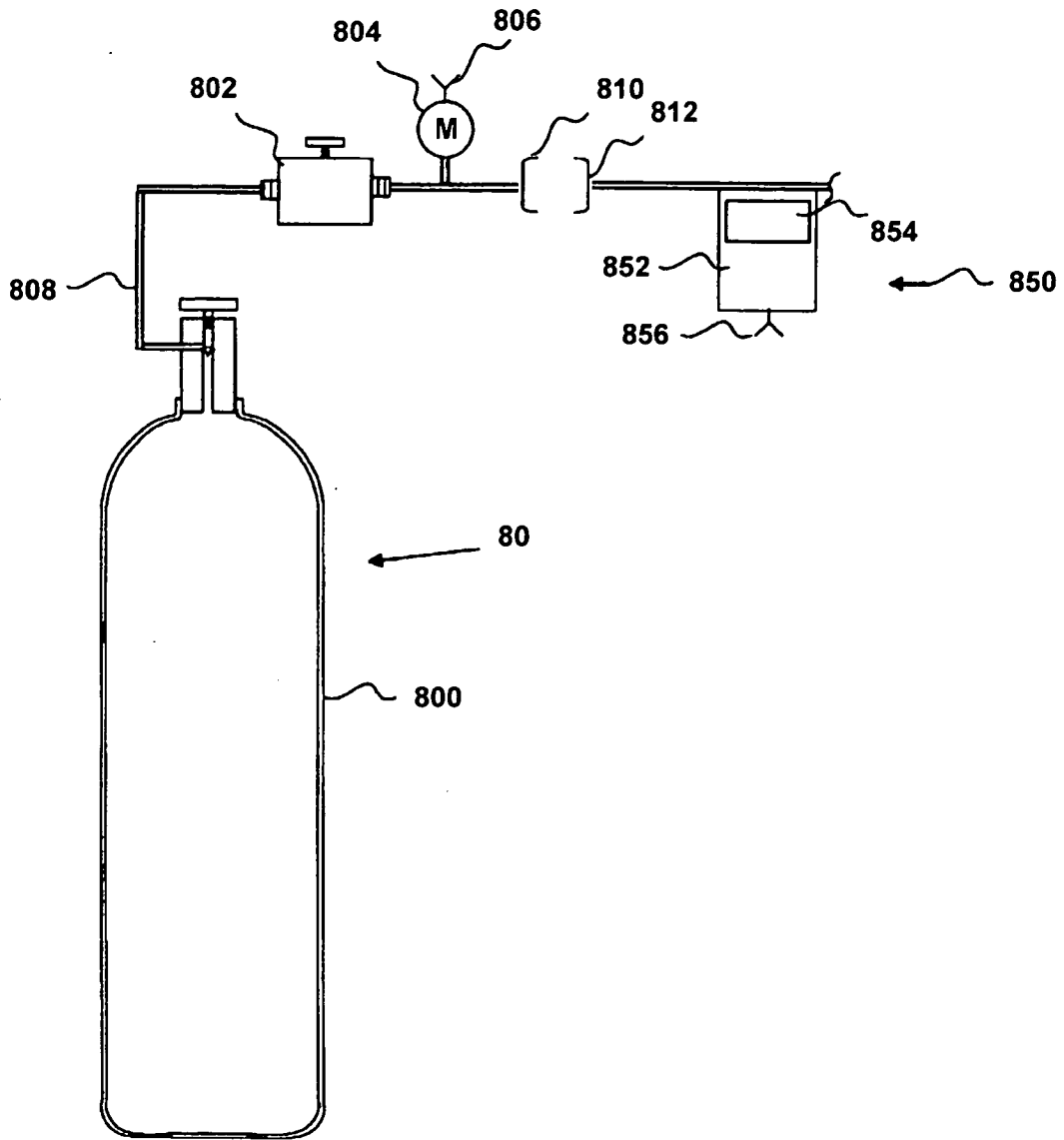
第 14 圖



第 15 圖



第 16 圖



第 17 圖