



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202235669 A

(43)公開日：中華民國 111 (2022) 年 09 月 16 日

(21)申請案號：110142732

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 11 月 17 日

(51)Int. Cl.：

C23C16/44 (2006.01)**C23C16/458 (2006.01)****B05B12/06 (2006.01)****H01L21/67 (2006.01)**

(30)優先權：2020/11/20

美國

63/116,599

(71)申請人：美商MK S 儀器股份有限公司 (美國) MKS INSTRUMENTS, INC. (US)

美國

(72)發明人：丁 君華 DING, JUNHUA (US)；雷貝西 麥可 L'BASSI, MICHAEL (US)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：26 項 圖式數：10 共 35 頁

(54)名稱

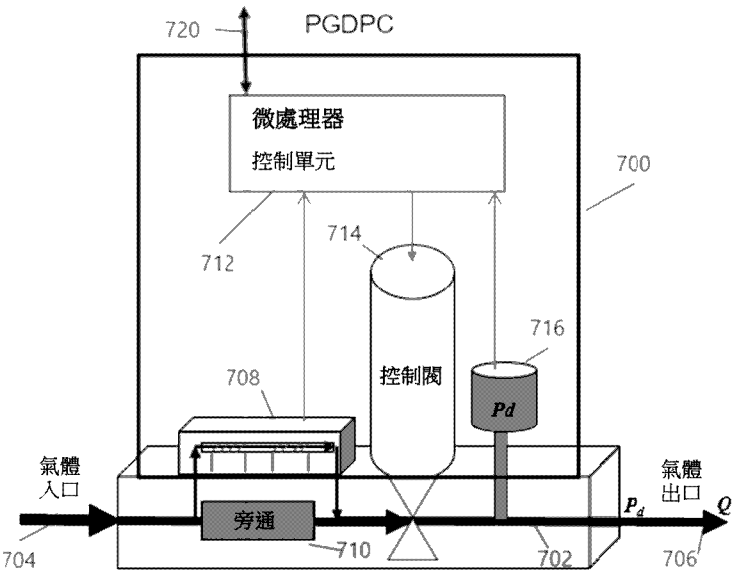
用於具有壓力控制之脈衝氣體輸送的方法及設備

(57)摘要

經脈動氣體輸送係利用質量流控制來獲得，使用熱質量流感測器及控制閥。控制器被擴增以供利用下游壓力感測器之壓力控制。在操作之分離的控制模式中，控制閥在脈衝氣體輸送模式期間回應於流感測器而被控制，且在操作之壓力控制模式期間回應於下游壓力感測器而被控制。

Pulsed gas delivery is obtained with mass flow control using a thermal mass flow sensor and control valve. The controller is augmented for pressure control with a downstream pressure sensor. In separate control modes of operation, the control valve is controlled in response to the flow sensor during pulse gas delivery mode and controlled in response to the downstream pressure sensor during pressure control mode of operation.

指定代表圖：



【圖 7】

符號簡單說明：

700:PGDPC

702:流通道

704:氣體入口

706:氣體出口

708:熱流感測器

710:旁通

712:控制單元

714:控制閥

716:壓力感測器

720:線

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於具有壓力控制之脈衝氣體輸送的方法及設備

【英文發明名稱】

METHOD AND APPARATUS FOR PULSE GAS DELIVERY WITH
PRESSURE CONTROL

【中文】

經脈動氣體輸送係利用質量流控制來獲得，使用熱質量流感測器及控制閥。控制器被擴增以供利用下游壓力感測器之壓力控制。在操作之分離的控制模式中，控制閥在脈衝氣體輸送模式期間回應於流感測器而被控制，且在操作之壓力控制模式期間回應於下游壓力感測器而被控制。

【英文】

Pulsed gas delivery is obtained with mass flow control using a thermal mass flow sensor and control valve. The controller is augmented for pressure control with a downstream pressure sensor. In separate control modes of operation, the control valve is controlled in response to the flow sensor during pulse gas delivery mode and controlled in response to the downstream pressure sensor during pressure control mode of operation.

【指定代表圖】圖 7

【代表圖之符號簡單說明】

700:PGDPC

702:流 通 道

704:氣 體 入 口

706:氣 體 出 口

708:熱 流 感 測 器

710:旁 通

712:控 制 單 元

714:控 制 閥

716:壓 力 感 測 器

720:線

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於具有壓力控制之脈衝氣體輸送的方法及設備

【英文發明名稱】

METHOD AND APPARATUS FOR PULSE GAS DELIVERY WITH
PRESSURE CONTROL

【技術領域】

【0001】本發明係關於用於具有壓力控制之脈衝氣體輸送的方法及設備。

【先前技術】

【0002】半導體製造程序，諸如原子層沈積(ALD)程序，可涉及數種不同氣體及氣體混合物之輸送，以涵蓋數個處理步驟之各種量。一般而言，氣體被儲存在處理設施處之槽中，且氣體計量系統被用以將來自該等槽之氣體的經計量量輸送至處理工具，諸如化學氣相沈積反應器、真空濺射機器、電漿蝕刻器，等等。

【0003】脈衝氣體輸送裝置已被開發來輸送氣體之經脈動流至半導體程序工具。數個此類裝置被描述於下。

【0004】脈衝氣體輸送之一基本形式被繪示在圖1中。來自輸入101而流經通道103之氣體係藉由關斷閥102來脈動。關斷閥係一種傳統的開/關型隔離閥，其係在來

自主控制器 104 之控制下的全開或全關。來自主控制器之控制可透過電連接 106、或者電輸入可通至引導閥，其閥控通至關斷閥之經加壓空氣以打開或關閉關斷閥。壓力控制器 108 可被置於關斷閥之同軸 (in-line) 上游。

【0005】壓力控制器之一簡單形式被闡明於圖 2 中。壓力感測器 202 感測通道 103 中之氣體壓力並提供經感測壓力至微處理器控制單元 204。微處理器比較經感測壓力與壓力設定點；並 (基於兩者之間的誤差) 控制可調控制閥 206 之打開。在通道 103 中之控制閥的打開可回應於來自微處理器 204 之控制信號而被控制。

【0006】壓力控制器將透過關斷閥 102 而輸送至程序室之氣體壓力維持在所欲設定點。在通道 103 中之壓力亦可被控制，當關斷閥 102 係藉由提供通過洩漏線 110 之洩漏至旁漏線而被關閉時。洩漏線可包括針閥或孔口 112。利用通過線 110 之洩漏，通過控制閥 206 之流可回應於壓力感測器 202 而被控制以維持通道 103 中之壓力。一些壓力控制器額外地包括其可用於壓力控制之一流感測器。同時，流峰值及谷值可為有用的診斷資訊。

【0007】圖 3 繪示脈衝輸送系統之另一形式，其中圖 1 之壓力控制器被取代以質量流控制器 (MFC) 310。如同圖 2 之壓力控制器，質量流控制器包括一控制閥，用以回應於來自 MFC 內之微處理器控制單元的控制信號來控制流。然而，MFC 仰賴流感測器而非壓力感測器。流感測器通常為在控制閥之上游的熱流感測器或者在控制閥之下游的基於

壓力的流感測器。圖 1 之相向關斷閥及洩漏線可被使用，或者其可被取代以一三向隔離閥在 330，其主控制器 320 之控制下脈動氣體至程序室或使氣體轉向至轉向線 340。主控制器 320 亦與 MFC 310 中之處理器通訊以設定流設定點，使得 MFC 310 在脈衝氣體輸送程序期間維持一恆定流。主控制器 320 控制並切換下游隔離閥 330，使得氣體流被導引至程序室或者至輸送線以輸送氣體脈衝至該室。

【0008】圖 1 至 3 之脈衝氣體輸送系統的各者之缺點在於其脈衝準確度及可重複性係取決於關斷閥 102 或 330 (其可能隨著使用壽命而變差) 之速度及可靠度。再者，在各系統中，氣體總是流動，浪費了通過洩漏線或轉向線之程序氣體。

【0009】圖 4 繪示使用基於壓力的脈衝氣體輸送之先前技術脈衝氣體輸送裝置 400。基於壓力的莫耳測量技術利用其被引入已知體積中之壓力 (P) 相對於時間 (t) 回應。裝置 400 包括提供已知體積之室 450、位於室 450 之上游的閥 440 (“ V_{in} ”)、及位於室 450 之下游的閥 445 (“ V_{out} ”)。亦提供位於室 450 處之壓力感測器 465 及溫度感測器 460。

【0010】一開始，裝置 400 可藉由打開上游閥 440 而被充填，而當下游閥 445 被關閉時，容許氣體之流 (Q_i) 進入該裝置以在一段時間週期 (「充填」週期 $\Delta t = (t_1 - t_0)$) 內填充室 450 並發生壓力之改變。在時刻 t_1 及壓力 P_2 ，上游閥 440 被關閉 (“ V_{in} CLOSE”)。該程序接著包括一週期 ($t_2 - t_1$)，其中在室 450 中之氣體被容許穩定至一設定點。在此週期期

間，壓力及溫度測量係藉由壓力感測器 465 及溫度感測器 460 來獲得。在下游閥 445 之打開時(「Vout OPEN」，在時刻 t_2)，氣體之流(Q_o)離開裝置 400 直到閥 345 被再次關閉(「Vout CLOSE」，在時刻 t_3)，在一段時間週期(「輸送」週期 $\Delta t = t_3 - t_2$)內從該裝置輸送氣體之脈衝至一處理工具以及壓力之改變($\Delta P = P_2 - P_1$)。時刻 t_3 (此時脈衝被結束以獲得所欲莫耳數之氣體的輸送)係透過降率計算而被判定自氣體之已知體積、壓力 P_2 及溫度。

【0011】圖 4 中所繪示之方式具有數個限制。脈衝輸送之準確度及可重複性係取決於下游關斷閥 445 之速度及可靠度。需要一種具有快速回應之關斷閥。然而，假如該閥老化，則可能需要實施調適性調整(其增加了複雜度)，或者可能需要替換該閥(其通常需要程序之中斷)。經常，脈衝形狀(例如，脈衝寬度)並非如所欲，或者脈衝並未充分地匹配所欲的方波。再者，需要時間來滿足以某氣體之量充填室 350 的需求。在各脈衝前之氣體充填時間及穩定化時間限制了快速氣體輸送循環時間。

【0012】然而，基於壓力的莫耳測量技術之優點在於其可被應用而無須得知所測量之特定氣體或氣體混合物。從涵蓋室體積之質量平衡以及理想氣體定律之應用所導出的氣體流率係無涉氣體的，取決於壓力(P)、溫度(T)、及體積(V)之三態變數以特徵化所測量之氣體的性能。

【0013】圖 5 繪示氣體之基於莫耳的脈衝輸送之另一先前技術系統 500。基於壓力的 MFC 510 被組態用於脈衝

輸送。主控制器520與MFC 510之控制單元505通訊以提供所欲的脈衝輸送資訊，諸如脈衝莫耳設定點、脈衝開週期、脈衝關週期及重複脈衝之數。為了起始脈衝輸送循環，主控制器520傳送觸發信號至MFC 510。MFC 510包括控制閥580(例如，正比控制閥)，用以控制從氣體來源進入流通道515之氣體流。MFC 510之控制單元505被組態成透過控制閥580來控制氣體之流，以控制在氣體之脈衝期間輸送至程序室的氣體。控制單元505基於來自流感測器525之回饋而透過控制閥580以控制氣體之流，該流感測器被提供以測量流通道中之流率(Q)。流感測器525各別地包括在流通道515內之限流器570及上游壓力感測器555和下游壓力感測器565。控制閥580通常位於限流器570及壓力感測器之上游。基於壓力的流感測器之替代物係基於熱的流感測器，其通常被置於控制閥之上游。溫度感測器560亦可與控制單元505通訊。

【0014】圖6繪示圖5之系統中的脈衝輸送，其採用由理想方形流設定點(Q)與輸送時間(Δt)之乘積所界定的氣體劑量。氣體輸送循環600可由「脈衝開」週期($t_2 - t_1$)、「脈衝關」週期($t_3 - t_2$)、氣體劑量(例如，每脈衝之氣體的莫耳數)、及每循環之脈衝數所指明。針對脈衝輸送，氣體莫耳劑量可被界定為：理想流設定點(Q) x 輸送時間($\Delta t = t_2 - t_1$)。

【0015】如圖6中所繪示之流的階式函數輸送是理想的但不實際的(由於實際的感測器及閥時間限制)。針對實

際應用，在所需的時間框中之劑量的準確度及可重複性為關鍵的目標。因此，希望準確地且可重複地輸送氣體。至此，吾人可使用MFC的計算能力來計算並調整流率，以在指定時間中輸送氣體之所需量。特別地，MFC可被組態成計算實際已傳輸氣體劑量並將其調節至目標脈衝氣體劑量。

【0016】對於圖5之MFC控制器的增進被提出在美國專利編號10,649,471(Ding等人)，併入在本文中以供參考。如在該專利中所揭露，隔離閥可被耦合至MFC之輸出以使得脈衝形狀更呈現方形或理想。

【發明內容】

【0017】一種仰賴壓力控制器及關斷閥以輸送如圖1中之氣體脈衝的系統可被升級至圖5之脈衝MFC脈動，而同時維持壓力控制之功能，其中最小升級係使用具有集成壓力控制之脈衝MFC。所得系統提供相關於準確度、可重複性、及可再生性之實質上增進的脈衝氣體輸送，且亦致能基於莫耳的脈動。用於具有壓力控制之脈動的關斷閥之其他嚴謹需求被減少，因為不再需要用於脈動之關斷閥。

【0018】在脈衝氣體輸送系統中，利用單一集成控制器而獲得了經脈動質量流控制器氣體輸送系統及壓力控制器兩者之優點。在操作之脈衝氣體輸送模式中，控制器仰賴藉由流感測器所測量的流率來控制一控制閥。在壓力控制模式生，控制器仰賴由下游壓力感測器所測量的壓力來

控制該控制閥。

【0019】氣體輸送系統包含一流通道、一流感測器，組態成測量在該流通道中之流率、一控制閥，組態成控制在該流通道中的氣體之流、及一下游壓力感測器，位於該流感測器和該控制閥之下游，組態成測量在該流通道中之氣體壓力。一控制單元被組態成接收來自該流感測器以及來自該壓力感測器之信號，並供應一控制信號至該控制閥。該控制單元被組態用於分離的操作模式，包括：(1)一脈衝氣體輸送模式，其中該控制單元被組態成藉由打開該控制閥來起始氣體流之一脈衝，藉由關閉該控制閥來終止氣體流之該脈衝，及基於在該脈衝期間由該流感測器所測量之流率和該控制閥之控制來控制在該脈衝期間所輸送之氣體的質量；以及(2)一壓力控制模式，在此期間該控制單元被組態成基於由該壓力感測器所測量之壓力和該控制閥之控制來控制在該壓力感測器處之壓力。

【0020】一種氣體輸送之方法包含提供：一流感測器，用以測量在一流通道中之流率、一控制閥，用以控制在該流通道中的氣體之流、及一下游壓力感測器，位於該流感測器和該控制閥之下游，用以測量在該流通道中之氣體壓力。一控制單元透過該控制閥以控制氣體流，在包括以下之分離的操作模式中：(1)一脈衝氣體輸送模式，其中氣體流之一脈衝係藉由打開該控制閥而被起始並藉由關閉該控制閥而被終止，在該脈衝期間所輸送之氣體的質量係基於在該脈衝期間由該流感測器所測量之流率和該控制

閥之控制來控制；以及(2)一壓力控制模式，在此期間在該壓力感測器處之壓力係基於由該壓力感測器所測量之壓力和該控制閥之控制來控制。

【0021】在該脈衝氣體輸送模式中，在一脈衝期間所輸送之氣體的莫耳數可被控制為以下之函數：測得之流率、氣體流之該脈衝被起始之開始時間、及氣體之該脈衝被終止之停止時間。替代地，該控制單元可被組態用於基於時間的輸送，利用通至流設定點之氣體流的控制。

【0022】一隔離閥可位於該壓力感測器之流通道下游中。該隔離閥可被打開在該脈衝氣體輸送模式期間，因此脈衝準確度及可重複性不受該隔離閥之狀況所影響。一洩漏線可被耦合至該隔離閥之該流通道上游或者當作在該隔離閥處之一轉向線。該隔離閥可在操作之壓力控制模式期間被關閉，而同時氣體透過洩漏線或轉向線而洩漏。

【0023】控制單元可被組態成接收來自一主控制器之一信號，用以在操作的脈衝氣體輸送模式與壓力控制模式之間切換。在脈衝輸送模式中之脈衝的序列完成後，該系統可切換至壓力控制模式。測得之氣體壓力可被用於在脈衝氣體輸送模式中之診斷，且測得之流率可被用於在壓力控制模式中之診斷。

【0024】流感測器可為位於控制閥之上游的熱流感測器。

【0025】該系統具有針對ALD工具之特定應用。

【圖式簡單說明】

【0026】 前面說明將從範例實施例之以下更特定描述變得清楚明白，如在附圖中所繪示，其中類似的參考字係指稱遍及不同視圖之相同部分。該些圖形不一定依比例，反之係將重點放在所闡明的實施例。

【0027】 [圖1]為先前技術脈衝輸送系統之圖形，其中脈衝係透過開/關閥來控制。

【0028】 [圖2]為適於使用在圖1之系統中的壓力控制器之圖示。

【0029】 [圖3]為仰賴質量流控制器及開/關隔離閥之另一先前技術脈衝氣體輸送系統的圖形。

【0030】 [圖4]為先前技術降率脈衝氣體輸送系統之圖示。

【0031】 [圖5]為先前技術基於經脈動MFC的脈衝氣體輸送系統之圖示。

【0032】 [圖6]繪示如由圖5之系統所輸送的脈衝之序列。

【0033】 [圖7]為具有集成壓力控制(PGDPC)之脈衝氣體輸送裝置的圖示，依據本發明。

【0034】 [圖8A]為圖7之PGDPC的控制圖，在操作之脈衝氣體輸送模式期間。

【0035】 [圖8B]為圖7之PGDPC的控制圖，在操作之壓力控制模式期間。

【0036】 [圖9]為在包括開/關閥之系統中的圖7之

PGDPC的圖示。

【0037】[圖 10]為具有上游壓力感測器之經修改 PGDPC的圖示。

【實施方式】

【0038】範例實施例之描述係如下。

【0039】具有集成壓力控制(PGDPC)之脈衝氣體輸送裝置被繪示在圖 7 中。針對操作之脈衝氣體輸送模式，控制器之組件為將在典型經脈動質量流控制器中所發現者。流通道 702 具有氣體入口 704 及氣體出口 706。通過該通道 702 之流係由熱流感測器 708 所測量，該熱流感測器接收在通道 702 中之流的一部分，剩餘者係流經旁通 710。由流感測器 708 所感測之流被提供至控制單元 712，其可為微處理器。控制單元 712 比較經感測流與一流設定點以控制其控制閥 714 被打開以獲得所欲流率的量。

【0040】針對操作之壓力控制模式，控制器包括壓力感測器 716，其測量通道 702 中之下游壓力並提供經感測壓力至微處理器控制單元。在操作之此模式中，控制單元比較經感測壓力與一壓力設定點，並控制其控制閥 714 被打開的量以維持在通道 702 中之所欲壓力。控制閥 580 係可調整的，不同於開/關隔離閥。控制閥之打開的程度可被控制以限制流並致能在流通道 515 內之流的控制。

【0041】因此，在操作之分離的模型中，微處理器回應於分離的感測器以控制共同控制閥 714。利用一個集成

裝置，系統可增進脈衝氣體輸送功能及壓力控制功能兩者之性能。當裝置在脈衝氣體輸送模式(包括基於莫耳的輸送及基於時間的輸送)中時，下游壓力感測器716可提供針對脈衝氣體輸送之診斷信號。隨著氣體脈衝通過控制閥714，下游壓力感測器716可感測由這些氣體脈衝所造成之向上及向下壓力。使用者可使用此壓力診斷信號以監督脈衝氣體輸送性能。當裝置在壓力控制模式中時，上游流感測器708可提供針對壓力控制程序之診斷信號。隨著控制閥714控制通過該閥之流，上游流感測器可感測由此壓力控制動作所造成的流改變。使用者可使用此流診斷信號以監督壓力控制性能。

【0042】針對脈衝氣體輸送及壓力控制兩者之參數係透過線720而被下載自主控制器。當脈衝氣體輸送序列將被輸送時，主控制器提供觸發信號至微處理器，且微處理器執行脈衝之序列。一旦觸發信號被接收，微處理器712便依據先前下載的配方以控制脈衝氣體輸送程序，藉由在各脈衝之開始時開啟控制閥714、藉由調節控制閥之打開來控制該流至目標流設定點、及藉由關閉該閥以結束各脈衝來控制該流至零。

【0043】脈衝氣體輸送可係如揭露在先前技術美國專利編號10,353,408及10,649,471中，其被併入於此以供參考。

【0044】針對基於莫耳的脈衝輸送，使用者指明以下參數：(1)莫耳輸送設定點(*SP*)，(2)脈衝開週期之目標時

間長度，(3)開和關週期之總脈衝，及(4)脈衝之數目(N)。基於此資訊，專屬控制單元712被組態成自動地調整流設定點及/或脈衝開週期以精確地在目標脈衝開週期內輸送氣體之目標莫耳量，基於由流感測器708所取之測量，依據以下方程式：

$$\Delta n = \int_{t_0}^t Q \cdot dt$$

其中 Δn 為在脈衝開週期(在時刻 t_0 與 t 之間)期間所輸送的氣體之莫耳數，而 Q 為在脈衝開週期期間的時刻 t 由感測器708所測量的流率。

【0045】因此，使用基於莫耳的脈衝輸送模式，控制單元712控制(且如所需地調整)該流以控制利用各脈衝所輸送的莫耳數。基於這些參數，裝置自動地輸送在精確計時序列中之流的N個脈衝，其中各脈衝輸送 Δn 莫耳在其裝置為開之各總脈衝週期的部分期間，並關閉裝置於總脈衝開和關週期之剩餘者，如圖6中所繪示。

【0046】圖8A繪示在基於莫耳的脈衝輸送模式中之控制單元712的控制圖。錯誤 E 為介於莫耳劑量設定點 SP 與測得的已輸送劑量 Δn 之間的差異，其為經測量流 Q 之積分。

$$E = SP - \Delta n = SP - \int_{t_0}^t Q dt$$

【0047】控制器 K 之輸出為經調處變數 U ，通至控制閥714之閥驅動電流。例如，假如控制器為PID控制器，則控制器之輸出 K 為

$$U = k_p \cdot E + k_i \cdot \int_{-\infty}^t E dt + k_d \cdot \frac{dE}{dt}$$

其中 k_p 為正比控制增益， k_i 為積分控制增益而 k_d 為微分控制增益。

【0048】當作針對基於莫耳的脈衝氣體輸送之替代物，基於時間的脈衝氣體輸送程序可被依循。在基於時間的脈衝氣體輸送程序中，主機針對其將被控制之程序以下列參數組態專屬控制單元 712：(1)至少一目標流設定點 (Q_{sp})，(2)脈衝開週期 (T_{on})之至少一時間長度，(3)各脈衝關週期 (T_{off})之至少一時間長度，及(4)用以完成該程序所需的脈衝之總數(N)。

【0049】在基於時間的輸送中，被供應至圖 8A 之控制的設定點 SP 為流設定點，而誤差為介於流設定點與 Q 之間的差異。

【0050】圖 8B 為控制單元 712 之控制圖，在操作之壓力控制模式期間。於此，誤差為介於壓力設定點 (SP) 與受控制變數、測得壓力 P 之間的差異：

$$E = SP - P$$

【0051】控制器 K 之輸出為經調處變數 U ，通至控制閥 714 之閥驅動電流。例如，假如控制器為 PID 控制器，則控制器之輸出為

$$U = k_p \cdot E + k_i \cdot \int_{-\infty}^t E dt + k_d \cdot \frac{dE}{dt}$$

【0052】在典型操作中，PGDPC 在壓力控制模式中操

作直到由主控制器觸發以進入脈衝氣體輸送模式。雖然裝置可能在脈衝氣體輸送的脈衝之間切換至壓力控制模式，其通常非所需的或希望的。在通過脈衝之全序列的脈衝氣體輸送模式完成後，裝置可自動地切換回至壓力控制模式。

【0053】圖9繪示圖7之PGDPC 700，在具有關斷閥902之系統中，兩者均由主控制器904控制。具有針閥或孔口908之洩漏線906容許壓力控制，當關斷閥被關閉時。關斷閥(開/關隔離閥)之控制可透過直接電信號或透過控制氣體引導閥。當作對於具有洩漏線之雙向隔離閥的替代物，具有轉向線之三向閥可被使用。

【0054】通常，針對操作之脈衝氣體輸送模式，主控制器904通知關斷閥902打開並接著觸發PGDPC 700之脈衝氣體輸送序列。雖然關斷閥通常將被關閉在當PGDPC不在脈衝氣體輸送模式中時，但為了診斷或其他目的，關斷閥可打開。在該時間期間，PGDPC 700可被組態成操作在恆定流控制模式中。

【0055】圖10繪示圖7之PGDPC的修改，其額外地包括上游壓力感測器1302，用以提供上游線壓力並容許脈衝氣體輸送之壓力不敏感流控制。

【0056】雖然較佳流感測器為熱流感測器，但可替代地使用基於壓力的流感測器，其包含利用上游及下游壓力感測器之流限制。利用基於壓力的流感測器，該流感測器通常位於控制閥之下游。該組態是較不佳的，因為該流感

測器將接著隔離控制閥自下游壓力感測器，在操作之壓力控制模式期間。假如基於壓力的流感測器被使用，則壓力感測器之下游壓力感測器亦可作用為用於壓力控制之下游壓力感測器。

【0057】所有專利、公告申請案及文中所引述之參考案的教導被併入於文中以供參考其完整性。

【0058】雖然已特別地顯示並描述了範例實施例，但那些熟悉此技藝人士將理解其可在文中做出形式及細節上之各種改變而不背離由後附申請專利範圍所涵蓋之實施例的範圍。

【符號說明】

【0059】

101:輸入

102:關斷閥

103:通道

104:主控制器

106:電連接

108:壓力控制器

110:洩漏線

112:針閥或孔口

202:壓力感測器

204:微處理器控制單元

206:可調控制閥

310:質量流控制器(MFC)

320:主控制器

330:隔離閥

340:轉向線

400:脈衝氣體輸送裝置

440:閥

445:閥

450:室

500:系統

505:控制單元

510:MFC

515:流通道

520:主控制器

525:流感測器

555:上游壓力感測器

560:溫度感測器

565:下游壓力感測器

570:限流器

580:控制閥

600:氣體輸送循環

700:PGDPC

702:流通道

704:氣體入口

706:氣體出口

708:熱流感測器

710:旁通

712:控制單元

714:控制閥

716:壓力感測器

720:線

902:關斷閥

904:主控制器

906:洩漏線

908:針閥或孔口

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種氣體輸送系統，包含：

- 一流通道；
- 一流感測器，組態成測量在該流通道中之流率；
- 一控制閥，組態成控制在該流通道中的氣體之流；
- 一下游壓力感測器，位於該流感測器和該控制閥之下游，組態成測量在該流通道中之氣體壓力；及
- 一控制單元，組態成接收來自該流感測器以及來自該壓力感測器之信號，並供應一控制信號至該控制閥，該控制單元被組態用於分離的操作模式，包括：

一脈衝氣體輸送模式，其中該控制單元被組態成藉由打開該控制閥來起始氣體流之一脈衝，藉由關閉該控制閥來終止氣體流之該脈衝，及基於在該脈衝期間由該流感測器所測量之流率和該控制閥之控制來控制在該脈衝期間所輸送之氣體的質量；以及

一壓力控制模式，在此期間該控制單元被組態成基於由該壓力感測器所測量之壓力和該控制閥之控制來控制在該壓力感測器處之壓力。

【請求項2】如請求項1之氣體輸送系統，其中在該脈衝氣體輸送模式中，在該脈衝期間所輸送之氣體的莫耳數被控制為測得之流率的函數。

【請求項3】如請求項1之氣體輸送系統，其中在該脈衝氣體輸送模式中，該控制單元被組態用於基於時間的輸送，利用通至一流設定點之氣體流的控制。

【請求項4】如請求項1之氣體輸送系統，進一步包含位於該壓力感測器之下游的一隔離閥。

【請求項5】如請求項4之氣體輸送系統，進一步包含位於該隔離閥之上游的一洩漏線。

【請求項6】如請求項1之氣體輸送系統，進一步包含位於該控制閥之上游的一上游壓力感測器。

【請求項7】如請求項1之氣體輸送系統，其中該控制單元被組態成接收來自一主控制器之一信號，用以在操作的脈衝氣體輸送模式與壓力控制模式之間切換。

【請求項8】如請求項1之氣體輸送系統，其中該流感測器為位於該控制閥之上游的一熱流感測器。

【請求項9】如請求項1之氣體輸送系統，其中該控制單元被組態成在該脈衝氣體輸送模式期間使用以該下游壓力感測器所測得之壓力於診斷以及在該壓力控制模式期間使用該測得之流率於診斷。

【請求項10】一種氣體輸送之方法，包含：

提供一流感測器，用以測量在一流通道中之流率；一控制閥，用以控制在該流通道中的氣體之流；一下游壓力感測器，位於該流感測器和該控制閥之下游，用以測量在該流通道中之氣體壓力；以及

利用一控制單元，透過該控制閥以控制氣體流，在包括以下之分離的操作模式中：

一脈衝氣體輸送模式，其中氣體流之一脈衝係藉由打開該控制閥來起始並藉由關閉該控制閥來終止，在該

脈衝期間所輸送之氣體的質量係基於在該脈衝期間由該流感測器所測量之流率和該控制閥之控制來控制；以及

一壓力控制模式，在此期間在該壓力感測器處之壓力係基於由該壓力感測器所測量之壓力和該控制閥之控制來控制。

【請求項 11】如請求項 10 之方法，其中在該脈衝氣體輸送模式期間，在該脈衝期間所輸送之氣體的莫耳數被控制為測得之流率的函數。

【請求項 12】如請求項 10 之方法，其中在該脈衝氣體輸送模式中，該控制單元被組態用於基於時間的輸送，利用通至一流設定點之氣體流的控制。

【請求項 13】如請求項 10 之方法，進一步包含打開位於該壓力感測器之下游的一隔離閥，在該脈衝氣體輸送模式期間。

【請求項 14】如請求項 13 之方法，進一步包含，在操作之該壓力控制模式期間，關閉該隔離閥並透過位於該隔離閥之上游的一洩漏線以洩漏氣體。

【請求項 15】如請求項 10 之方法，進一步包含利用位於該控制閥之上游的一上游壓力感測器來測量上游壓力，並基於該測得之上游壓力來提供壓力敏感的流控制。

【請求項 16】如請求項 10 之方法，進一步包含回應於來自一主控制器之一信號以在該脈衝氣體輸送模式與該壓力模式之間切換。

【請求項 17】如請求項 10 之方法，進一步包含在該脈

衝輸送模式中之脈衝的一序列完成後切換至該壓力控制模式。

【請求項18】如請求項10之方法，進一步包含輸送該氣體至一ALD工具。

【請求項19】如請求項10之方法，其中測得之氣體壓力被用於在該脈衝氣體輸送模式中之診斷而測得之流率被用於在該壓力控制模式中之診斷。

【請求項20】一種質量流控制器，包含：
當作一集成組合，
一流通道；
一流感測器，組態成測量在該流通道中之流率；
一控制閥，組態成控制在該流通道中的氣體之流；
一下游壓力感測器，位於該流感測器和該控制閥之下游，組態成測量在該流通道中之氣體壓力；及
一控制單元，組態成接收來自該流感測器以及來自該壓力感測器之信號，並供應一控制信號至該控制閥，該控制單元被組態用於分離的操作模式，包括：

一脈衝氣體輸送模式，其中該控制單元被組態成藉由打開該控制閥來起始氣體流之一脈衝，藉由關閉該控制閥來終止氣體流之該脈衝，及基於在該脈衝期間由該流感測器所測量之流率和該控制閥之控制來控制在該脈衝期間所輸送之氣體的質量；以及

一壓力控制模式，在此期間該控制單元被組態成基於由該壓力感測器所測量之壓力和該控制閥之控制來控

制在該壓力感測器處之壓力。

【請求項21】如請求項20之質量流控制器，其中在該脈衝氣體輸送模式中，在該脈衝期間所輸送之氣體的莫耳數被控制為測得之流率的函數。

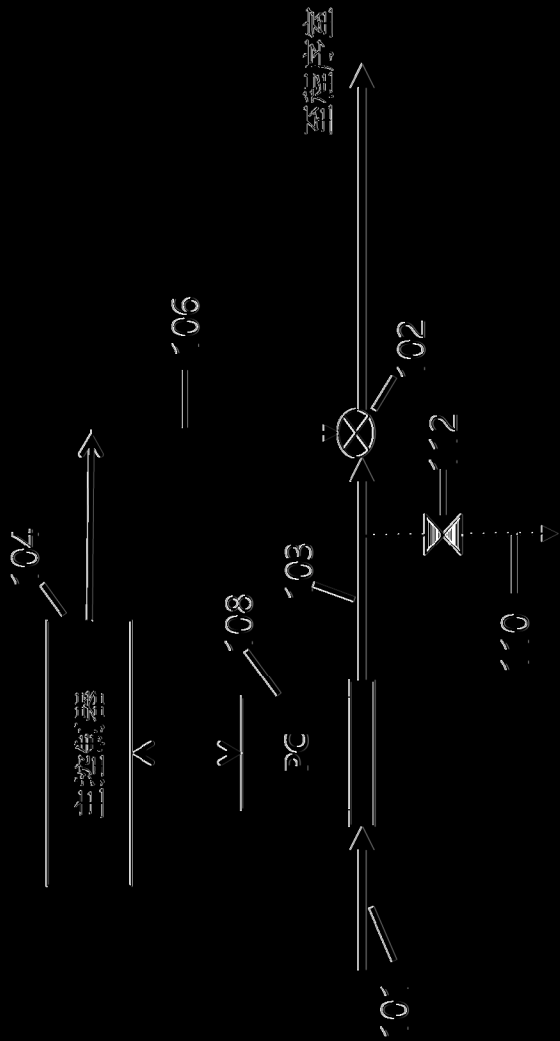
【請求項22】如請求項20之質量流控制器，其中在該脈衝氣體輸送模式中，該控制器被組態用於基於時間的輸送，利用通至一流設定點之氣體流的控制。

【請求項23】如請求項20之質量流控制器，進一步包含位於該控制閥之上游的一上游壓力感測器。

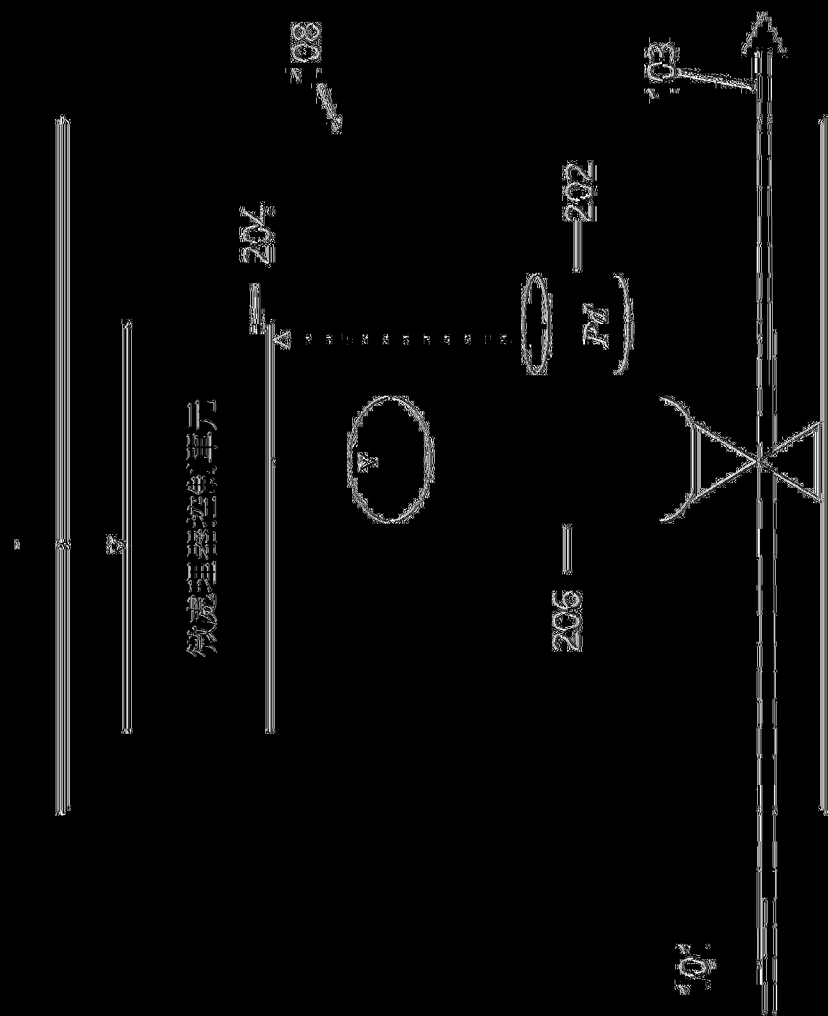
【請求項24】如請求項20之質量流控制器，其中該控制器被組態成接收來自一主控制器之一信號，用以在操作的脈衝氣體輸送模式與壓力控制模式之間切換。

【請求項25】如請求項20之質量流控制器，其中該流感測器為位於該控制閥之上游的一熱流感測器。

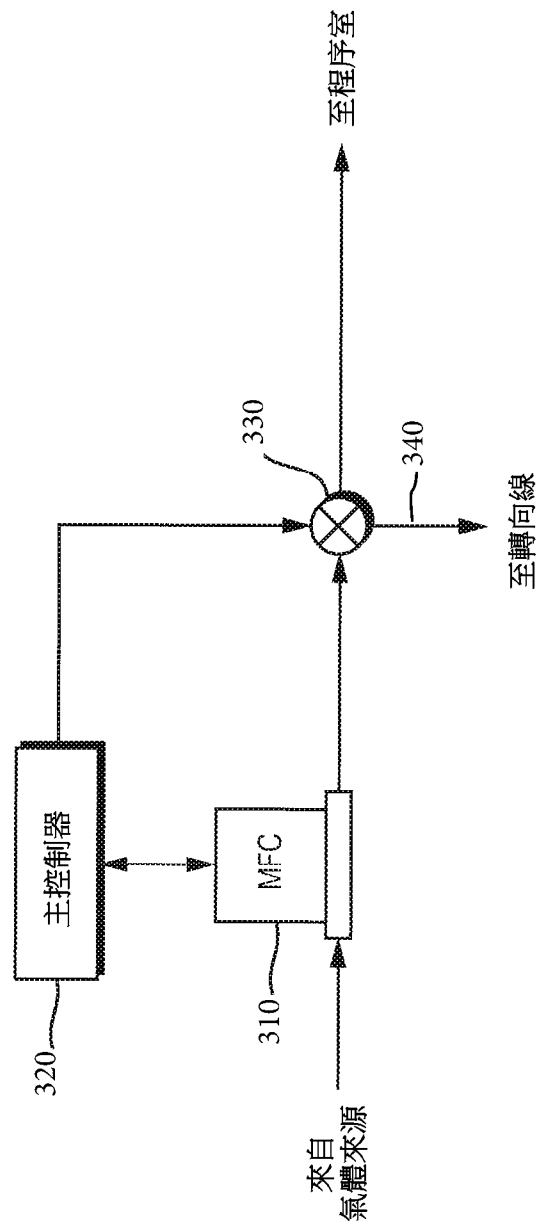
【請求項26】如請求項20之質量流控制器，其中該控制單元被組態成在該脈衝氣體輸送模式期間使用以該下游壓力感測器所測得之壓力於診斷以及在該壓力控制模式期間使用該測得之流率於診斷。



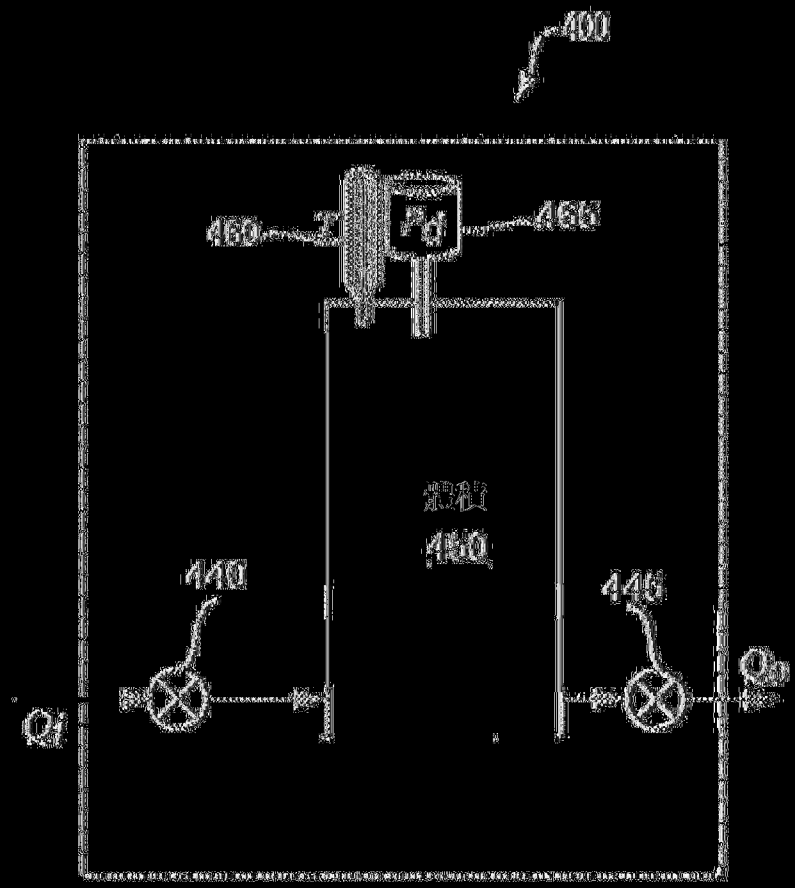
(圖 1)
(示意圖)



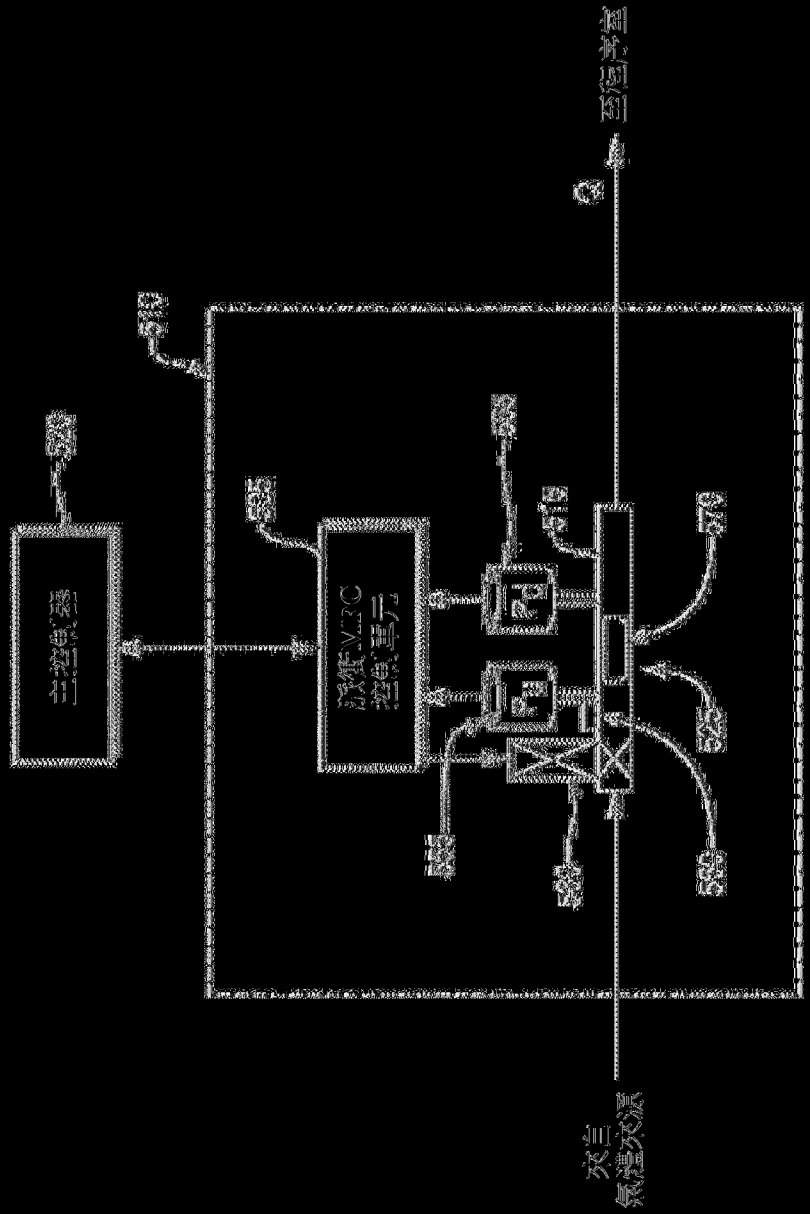
(2) (5)



【圖 3】
(先前技術)

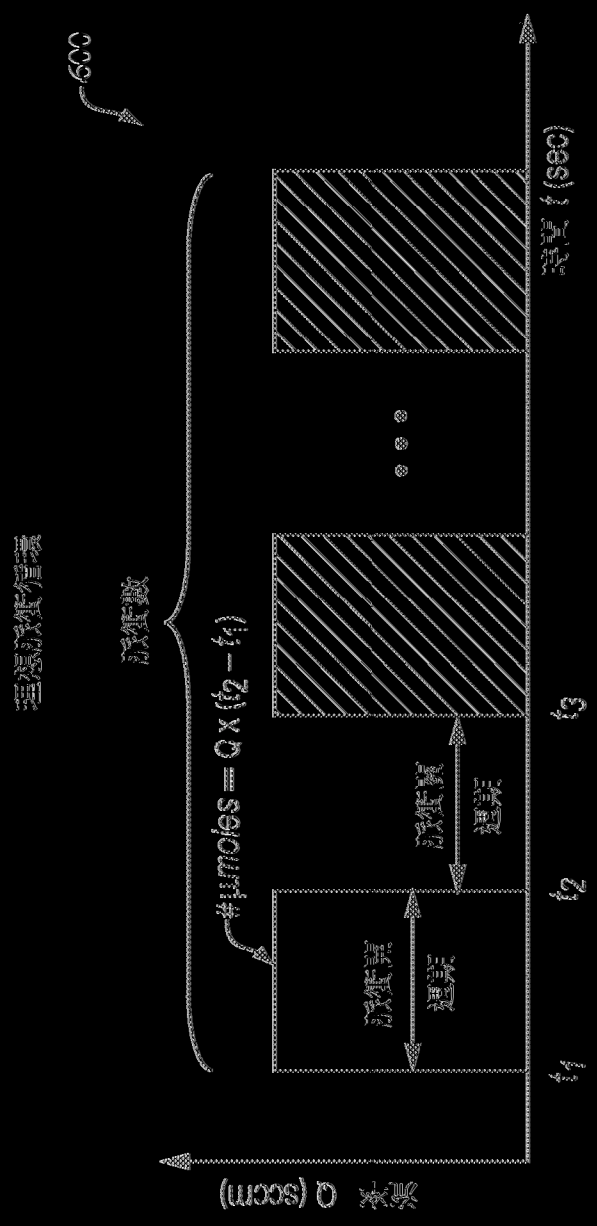


[(圖 4)]
(先前技術)

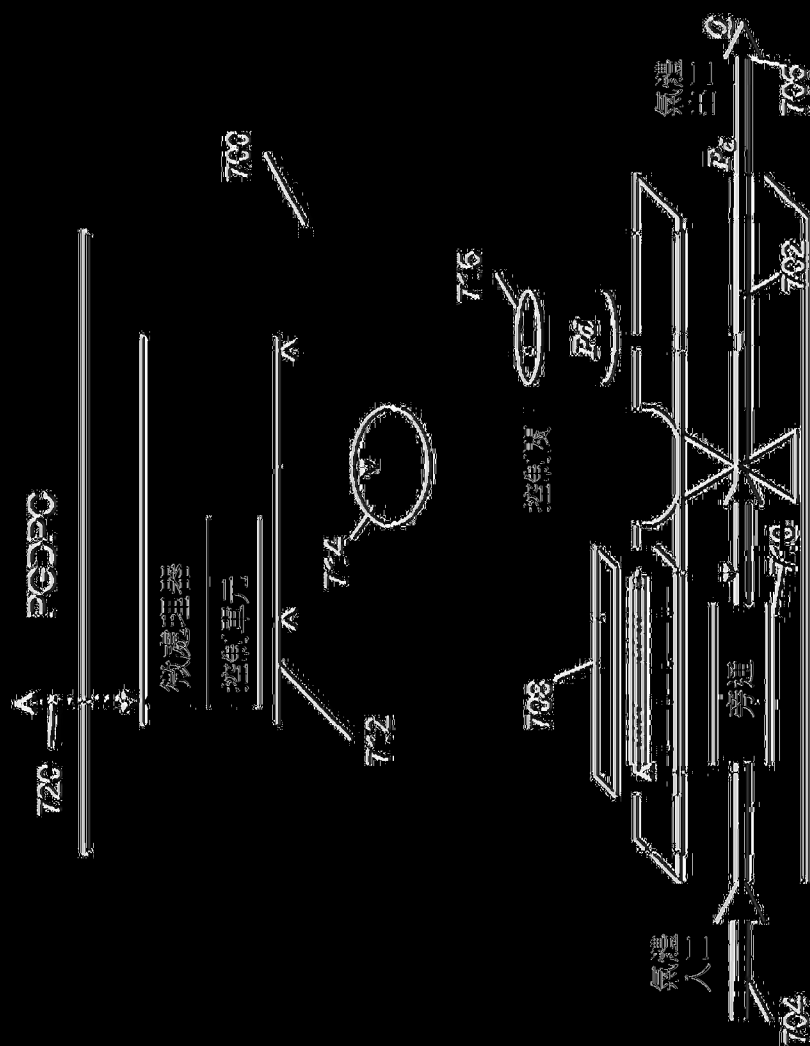


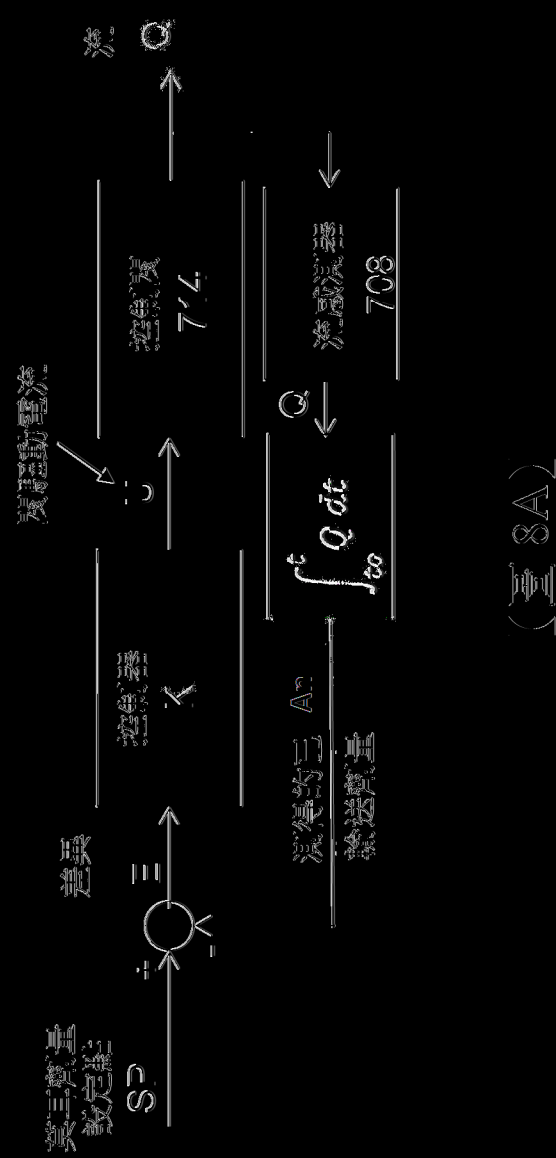
(圖 5)

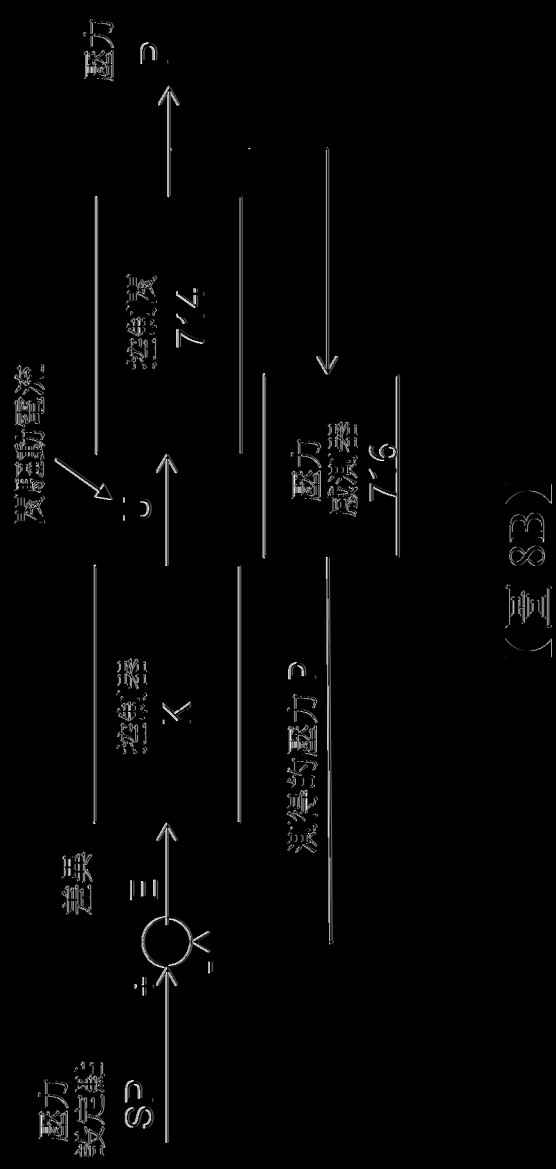
(請參閱說明書)



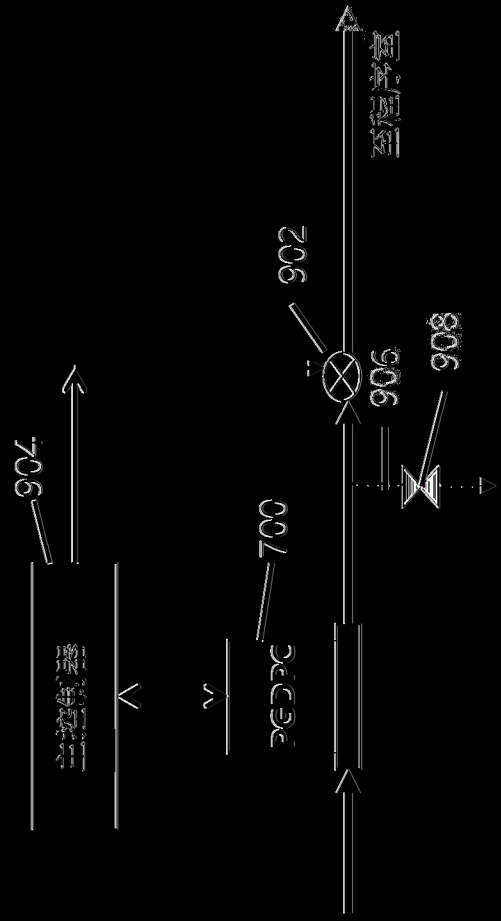
(圖6)







(圖 83)



(6)

