



(21)申請案號：103106701

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 02 月 27 日

(51)Int. Cl. : G05D7/06 (2006.01)

(30)優先權：2013/03/01 美國 13/782,714

(71)申請人：日立金屬股份有限公司 (日本) HITACHI METALS, LTD. (JP)  
日本

(72)發明人：史摩諾夫 艾立克 SMIRNOV, ALEXEI (US)

(74)代理人：洪澄文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：14 共 59 頁

## (54)名稱

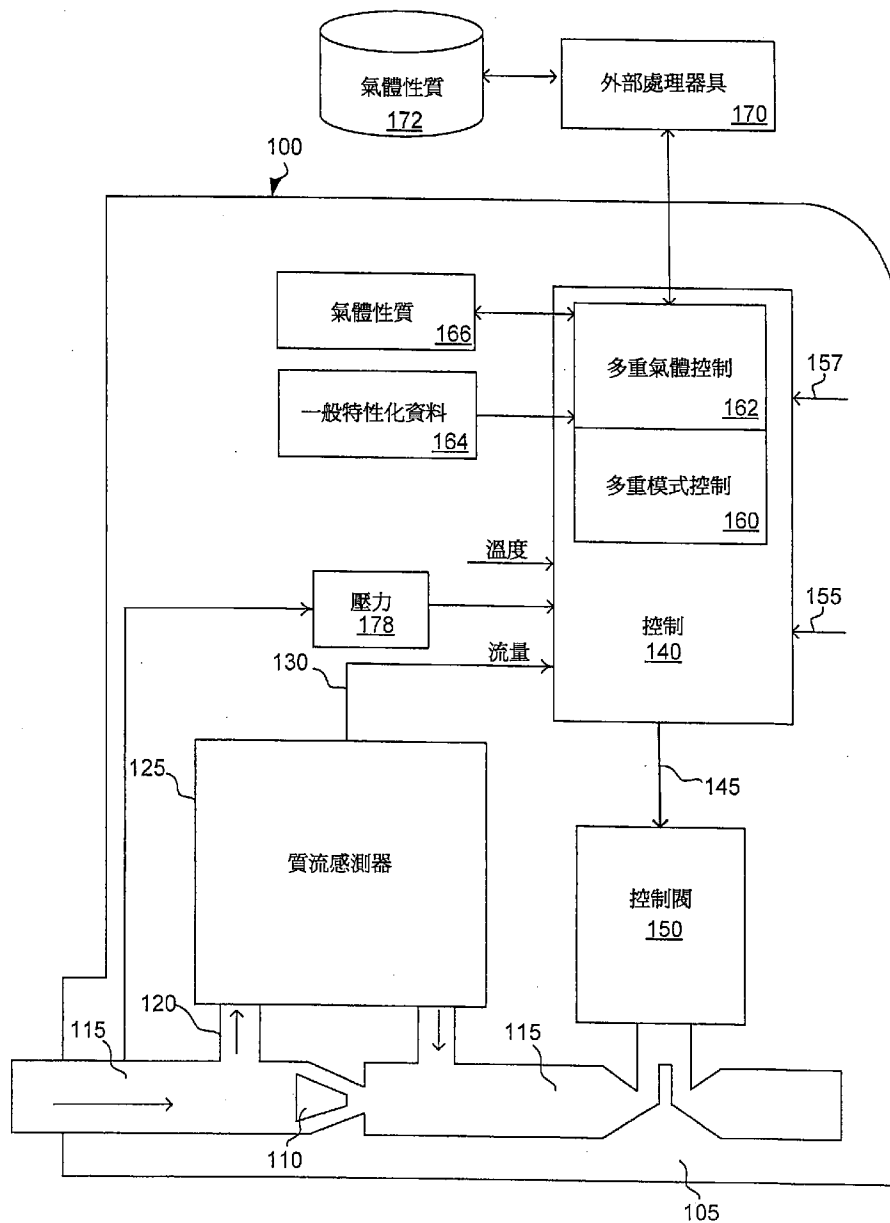
質流控制器及對各流體類型具有改進效能之方法

MASS FLOW CONTROLLER AND METHOD FOR IMPROVED PERFORMANCE ACROSS FLUID TYPES

## (57)摘要

用於改善多種流體型式之一流量之控制之一種系統及方法係被敘述。該方法包括：對於將被控制之該製程氣體選擇一製程氣體型式以及獲得對於該被選擇之製程氣體型式分子質量資訊。一般特性化資料係被獲得，其包括，對於複數個流量及壓力值對之每一個，一對應之控制訊號值，以及運作特性化資料係藉由根據方程式  $F_{adj}=F_{cal} * (M_{cal}/M_{pr})^k$  修正於該一般特性化資料中之流量值而被產生，其中， $F_{adj}$  係為一被調整流量值， $F_{cal}$  係為被校準流量值， $M_{pr}$  係為對於該被選擇製程氣體型式之分子質量，以及  $M_{cal}$  係為對於校準氣體之一分子質量。該運作特性化資料然後係被使用去運作該質流控制器之一關於一開放迴圈控制模式之中。

A system and method for improving the control of a flow of a variety of fluid types is described. The method includes selecting a process gas type for the process gas that will be controlled and obtaining molecular mass information for the selected processed gas type. General characterization data is obtained that includes, for each of a plurality of flow and pressure value pairs, a corresponding control signal value and operating characterization data is generated by modifying the flow values in the general characterization data according to the equation  $F_{adj} = F_{cal} * (M_{cal}/M_{pr})^k$ , wherein  $F_{adj}$  is an adjusted flow value  $F_{cal}$  is the calibrated flow value,  $M_{pr}$  is the molecular mass for the selected process gas type, and  $M_{cal}$  is a molecular mass for the calibration gas. The operating characterization data is then used to operate a valve of the mass flow controller in open loop control mode.



第1圖

- 100 . . . 質流控制器、MFC
- 105 . . . 底座
- 110 . . . 旁通管
- 115 . . . 主路徑
- 120 . . . 感測器管
- 125 . . . 熱質流感測器、質流感測器
- 130 . . . 輸出訊號、輸出、流量感測器量測、流量訊號
- 140 . . . 控制元件、控制閥、閥
- 145 . . . 控制訊號、閥控制訊號、製程控制訊號、可調整非零開始控制訊號
- 150 . . . 控制閥、閥
- 155 . . . 設定點訊號、流體流量設定點、設定點
- 157 . . . 氣體選擇輸入
- 160 . . . 多重模式控制元件
- 162 . . . 多重氣體控制元件
- 164 . . . 一般特性化資料
- 166 . . . 氣體性質資料
- 170 . . . 外部處理器具
- 172 . . . 外部氣體性質資料庫、遠端氣體性質資料
- 178 . . . 壓力感測器

201506567

## 發明摘要

※ 申請案號：103106701

※ 申請日：103.2.27

※IPC 分類：G05D7/06 (2006.01)

## 【發明名稱】（中文/英文）

質流控制器及對各流體類型具有改進效能之方法/MASS  
FLOW CONTROLLER AND METHOD FOR IMPROVED  
PERFORMANCE ACROSS FLUID TYPES

## 【中文】

用於改善多種流體型式之一流量之控制之一種系統及方法係被敘述。該方法包括：對於將被控制之該製程氣體選擇一製程氣體型式以及獲得對於該被選擇之製程氣體型式分子質量資訊。一般特性化資料係被獲得，其包括，對於複數個流量及壓力值對之每一個，一對應之控制訊號值，以及運作特性化資料係藉由根據方程式  $F_{adj} = F_{cal} * (M_{cal}/M_{pr})^k$  修正於該一般特性化資料中之流量值而被產生，其中， $F_{adj}$  係為一被調整流量值， $F_{cal}$  係為被校準流量值， $M_{pr}$  係為對於該被選擇製程氣體型式之分子質量，以及  $M_{cal}$  係為對於校準氣體之一分子質量。該運作特性化資料然後係被使用去運作該質流控制器之一關於一開放迴圈控制模式之中。

## 【英文】

A system and method for improving the control of a flow of a variety of fluid types is described. The method includes selecting a process gas type for the process gas that will be controlled and obtaining molecular mass information for the selected processed gas type. General characterization data is obtained that includes, for each of a plurality of flow and pressure value pairs, a corresponding control signal value and operating characterization data is generated by modifying the flow values in the general characterization data according to the equation  $F_{adj} = F_{cal} * (M_{cal}/M_{pr})^k$ , wherein  $F_{adj}$  is an adjusted flow value  $F_{cal}$  is the calibrated flow value,  $M_{pr}$  is the molecular mass for the selected process gas type, and  $M_{cal}$  is a molecular mass for the calibration gas. The operating characterization data is then used to operate a valve of the mass flow controller in open loop control mode.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（1）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

100~質流控制器、MFC

105~底座

110~旁通管

115~主路徑

120~感測器管

125~熱質流感測器、質流感測器

130~輸出訊號、輸出、流量感測器量測、流量訊號

140~控制元件、控制閥、閥

145~控制訊號、閥控制訊號、製程控制訊號、可調整非零  
開始控制訊號

150~控制閥、閥

155~設定點訊號、流體流量設定點、設定點

157~氣體選擇輸入

160~多重模式控制元件

162~多重氣體控制元件

164~一般特性化資料

166~氣體性質資料

170~外部處理器具

172~外部氣體性質資料庫、遠端氣體性質資料

178~壓力感測器

【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)

質流控制器及對各流體類型具有改進效能之方法/MASS  
FLOW CONTROLLER AND METHOD FOR IMPROVED  
PERFORMANCE ACROSS FLUID TYPES

## 【技術領域】

【0001】本發明是有關於控制系統，特別是，但不限於，本發明是有關於用於控制一流體之流量之系統及方法。

## 【先前技術】

【0002】一典型之質量流量控制器(MFC)係為一封閉迴圈裝置，其係設定、量測及控制一氣體之流量於工業製程之中，例如，熱與乾蝕刻於其它製程之中。一MFC之一重要部分係為量測流經裝置之氣體之質量流量速率之一感測器。典型地，MFC之一封閉迴圈控制系統係比較來自於感測器之一輸出訊號於一預定設定點，並且係調整一控制閥去維持在該預定設定點處之氣體之質量流量速率。

【0003】一封閉迴圈控制演算法，倘若被適當地調諧，能夠被使用去調整回應於在流體流動狀況中之改變之一流體之一流量，該狀況其係造成偏差遠離於一指定流體流量設定點。在流體流動狀況中之改變通常是由例如在壓力、溫度等中之變化所造成。由這些變化所造成之偏移遠離於指定之流體流量設定點是被偵測以及被修正對於根據量測(例如，回授訊號)，該量測是被位於封閉迴圈控制演算法之一回授迴圈內一感測裝

置(例如，來自於一流量感測器之流量感測器量測)所產生。

【0004】然而，當流體流動狀況例如因快速壓力改變而快速改變時，被回授迴圈所使用之感測裝置可能會飽和或產生不可信賴之回授訊號。舉例來說，倘若一流量控制器使用位於封閉迴圈控制演算法內之飽和及/或不可信賴之回授訊號，則流量控制器可能不會根據指定流體流量設定點傳遞流體。舉例來說，流量控制器可能會過度補償或不足補償在流體流動狀況中之改變，根據不可信賴之回授訊號。

【0005】封閉迴圈系統不能良好執行之操作之另一種模式是當閥係相對遠離於一所需位置時。舉例來說，當一MFC是位於零設定點(零閥位置)處時，以及然後是被給予一非零設定點時，它會花費一相對長之時間對於閥去從零位置移動至引人注意之流動出現及封閉迴圈演算法開始適當運作之一位置處。此會導致一長反應延遲以及MFC之不良表現。

【0006】開放迴圈系統已被利用於MFC之內去改善控制於製程氣體之上，當封閉迴圈系統不能良好執行時。在這些系統之中，被獲得於一校準氣體(例如，氮氣)中之閥特性資料已被使用去控制MFC之一閥之位置於運作之一開放迴圈模式之中。但對於不同製程氣體之閥特性可以是不同於校準氣體；因此倘若這些典型MFC是運轉不同於校準氣體之一製程，MFC之表現可能會顯著地下降。

【0007】如上所述，一需求係存在對於一方法及/或裝置去提供新的與創新的特徵，其可呈現封閉迴圈與開放迴圈方法之不足。



**【發明內容】**

**【0008】** 這示於圖式中對本發明的範例實施例總結如下。這些和其他實施例中的詳細說明部分更充分地描述。但是應當理解，然而，沒有任何意圖將本發明限制到在本發明的這一概述或詳細描述中描述的形式。本領域的技術人員可認識到，有多種修改，等同物和替代結構落入本發明的精神和範圍內的所表達的申請專利範圍。

**【0009】** 本發明之方面能夠提供一種用於以一質流控制器控制一製程氣體之質流之方法，其包括：對於將被控制之該製程氣體選擇一製程氣體型式、獲得對於該被選擇之製程氣體型式之分子質量資訊、接收對應於一所需質流速率之一設定點訊號、以及接收由一壓力感測器所產生之該製程氣體之一壓力量測。此外，該方法包括：回應於滿足一門檻狀況之流體之壓力改變之一速率，脫離一回授控制迴圈，該回授控制迴圈係根據在一被量測流量速率與該所需質流速率間之一差異控制該質流控制器之一閥；以及使用相等於  $F_{pr} * (M_{pr}/M_{cal})^k$  之一修正流量值決定一製程控制訊號值對於所需流量值及壓力，其中， $F_{pr}$  係為所需製程氣體流量值， $M_{pr}$  係為對於該被選擇之製程氣體型式之分子質量，以及  $M_{cal}$  係為對於校準氣體之一分子質量。製程控制訊號然後係被應用於位於該製程控制訊號值處之閥，以提供該製程氣體於該所需質流速率處。

**【0010】** 另一方面可以被特徵化為一種質流控制器，其包括一閥係回應於一控制訊號可調整的去控制一流體之一流量速率，以及一壓力傳感器係提供表示該流體之一壓力之一壓力

訊號。此外，一記憶體係儲存特性化該質流控制器關於一校準氣體之一般特性化資料，以及一質流感測器係提供該流體之一被量測流量速率。一多重氣體控制元件係使用相等於  $F_{pr} * (M_{pr}/M_{cal})^k$  之一修正流量值產生一開放迴圈製程控制訊號值對於所需流量值及壓力，其中， $F_{pr}$  係為所需製程氣體流量值， $M_{pr}$  係為對於該被選擇之製程氣體型式之分子質量，以及  $M_{cal}$  係為對於該校準氣體之一分子質量。一多重模式控制元件係脫離一回授控制迴圈，當該流體之壓力改變之一速率係滿足一門檻狀況以及係使用開放迴圈製程控制訊號控制該閥時。

### 【圖式簡單說明】

【0011】各種目的和優點以及本發明的更完整的理解是顯而易見的，並參考更易於理解，下面的詳細說明，並當與圖式結合考慮所附的申請專利範圍，其中

第1圖係一方塊圖顯示一示範之質流控制器，其係根據被控制之製程氣體之形式利用一多重模式控制方法以及應用一製程控制訊號。

第2圖係一圖表顯示示範之一般特性化資料。

第3圖係一流程圖顯示一示範之方法，其可以被橫過關於第1圖中所示之實施例。

第4圖係一方塊圖顯示一質流控制器之另一實施例。

第5圖係一流程圖顯示一示範之方法，其可以被橫過關於第4圖中所示之實施例。

第6圖係一方塊圖顯示一質流控制器之再一實施例。

第7圖係一圖顯示一示範系列之事件導致第6圖中所示之

運作特性化資料之一調整。

第8圖係一方塊圖顯示一質流控制器之又一實施例。

第9圖係一流程圖顯示一製程其可以被第8圖中所示之質流控制器橫過於運行時間中。

第10A圖係一圖形顯示相對於一開始控制訊號之短暫流動狀況。

第10B圖係一圖形顯示相對於另一開始控制訊號之短暫流動狀況。

第10C圖係一圖形顯示相對於再一開始控制訊號之短暫流動狀況。

第11圖係一圖形顯示流量對控制訊號曲線對於四個不同之溫度。

第12圖係一圖形顯示一控制訊號對流量曲線。

第13圖係一圖形顯示兩個控制訊號對流量曲線對於第8圖中所示之質流控制器於不同之溫度處。

第14圖係一方塊圖顯示物理元件，其可以被使用去實現第1、4、6及8圖中所示之質流控制器。

### 【實施方式】

【0012】請現在參閱圖式，相同或類似之元件係被標示以相同之參考標號於數個適當之圖式之中，以及特別地參閱第1圖，其是根據本發明之一實施例之一MFC100之一功能方塊圖。如在此更被詳細討論，本發明之方面包括對於多種流體型式(例如，氣體型式)之質流控制器100之改良特性描述以及改良特性描述之應用以改善MFC100之性能。

【0013】如圖所示，在本實施例之中，MFC100之一底座105包括有一氣體流經之一旁通管110。旁通管110係透過一主路徑115及感測器管120導引一固定比例之氣體。做為一結果，透過感測器管120之流體之流量速率係代表流經MFC100之主路徑115之流體之流量速率。

【0014】在數個實施例之中，被MFC100所控制之流體係為一氣體(例如，氮氣)，但熟習本技術領域之人士將可理解，具有本發明之好處，被MFC100所傳遞之流體可以是任何種類之流體，例如包括在任何相中之元件及/或化合物之一混合物，例如，一氣體或一流體。根據本申請案，MFC100可以傳遞位於一氣態中之一流體(例如，氮氣)及/或位於一液態中之一流體(例如，鹽酸)至例如在一半導體設施中之一器具。在許多實施例中之MFC100係在高壓、低溫下傳遞一流體至不同型式之容器或器皿。

【0015】感測器管120可以是一小型孔管，其係為MFC100之一熱質流感測器125之部分。一般來說，熱質流感測器125係提供一輸出訊號130，其係表示流經MFC100之主路徑115之一流體之一質量流量速率。由於熟習本技術領域之人士將可理解，質流感測器125可以包括複數個感測元件，其係連接於(例如，捲繞)感測器管120之外側。在一說明的實施例之中，複數個感測元件係為電阻溫度計(例如，導線之線圈)，但其他型式之感測器(例如，電阻溫度偵測器(RTD及熱電偶))亦可以被使用。此外，其他的實施例可以使用不同數目之感測器以及不同之結構用於處理來自於感測器之訊號，而不脫離本發明之範

圍。

【0016】熟習本技術領域之人士將可理解，質流感測器125亦可以包括提供一輸出之一感測元件電路(例如，一橋式電路)，其係表示通過感測器管120之流量速率，以及因此表示通過MFC100之主路徑115流量速率。該輸出可以被處理以使得做為結果之輸出訊號130係為通過MFC100之主路徑115之一流體之質流速率之一數位表示。舉例來說，質流感測器可以包括有放大及類比對於數位轉換元件，以產生輸出訊號130。

【0017】在替代之實施例之中，熱質流感測器125可以被一層流感測器、coriolis流量感測器、超音波流量感測器或差動壓力感測器所實現。壓力量測可以藉由一計壓力感測器、差動感測器、絕對壓力感測器或壓阻壓力感測器所提供。在變化之中，質流感測器125及/或壓力量測是被使用結合於其他感測器(例如，溫度感測器)之任何結合，以精確地量測流體之流量。這些結合例如係被使用於封閉迴圈模式或開放迴圈模式中之回授迴圈之中，以控制流體流量及/或決定是否要改變多重模式控制演算從一模式至另一模式。

【0018】在本實施例中之控制元件140一般係產生一控制訊號145，以根據一設定點訊號155控制控制閥140之一位置。控制閥150可以藉由一壓電閥或電磁閥被實現，以及控制訊號145可以是一電壓(在一壓電閥之情況之中)或電流(在在一電磁閥之情況之中)。由於熟習本技術領域之人士將可理解，故MFC100可以包括壓力及溫度感測器，其係提供壓力及溫度輸入至控制元件140。舉例來說，壓力感測器可以被設置去感測

在感測器管120之主路徑上游或旁通管110之下游中之壓力。

**【0019】** 在本實施例之中，控制元件140係運作於一封閉迴圈模式或開放迴圈模式之中，以提供在多種運作元件(例如，跨壓擺動)與多種運作計上之改善的控制。更具體而言，在本實施例中之控制元件140包括一多重模式控制元件160以及一多重氣體控制元件162。熟習本技術領域之人士基於本發明將可理解，控制元件140之這些及其他元件可以藉由包括軟體(例如，被儲存於有形的、非短暫之記憶體之中)、硬體及/或韌體或其結合之多種元件而被實現，以及元件可以儲存及執行完成進一步在此所述之方法之非短暫處理器可讀取指令。

**【0020】** 一般來說，多重模式控制元件160係運作去使質流控制器100之運作交替於一封閉迴圈模式與一開放迴圈模式之間，根據影響質流感測器125之輸出130之狀況。在一些例子之中，運作狀況係影響質流控制器100至如此之一程度，以使得質流感測器125之輸出130不能被合理地依賴，以及做為一結果，多重模式控制元件160係運作於一開放迴圈模式之中。

**【0021】** 更具體而言，多重模式控制元件160係被設置去接收來自於一壓力感測器178之流體壓力之指示，以及多重模式控制元件160係從封閉迴圈模式改變至開放迴圈模式，當一突然壓力改變發生造成熱質流感測器125去產生不可信賴之一輸出130。

**【0022】** 多重模式控制元件160係從封閉迴圈模式改變至開放迴圈模式，舉例來說，藉由脫離解除封閉迴圈控制演算法以及進行開放迴圈控制演算法。當擾亂已消失或在一定義時間

期間之後，多重模式控制元件160係從開放迴圈模式改變回至封閉迴圈模式。在許多實施之中，觸發開放迴圈模式之壓力改變門檻狀況係被定義，以使得多重模式控制元件160從封閉迴圈模式改變至位於或靠近流量感測器125之運作範圍之上邊界之開放迴圈模式。在一些實施例之中，質流控制器100係接收及使用來自於另一裝置或感測器之一指示器，例如，一溫度感測器(未顯示)，用於決定多重模式改變及/或去控制流體之流量。

**【0023】** 在一些實施例之中，當從開放迴圈模式改變至封閉迴圈模式時，質流控制器100係使用於指定比例中之流體流量設定點155及流量感測器量測130做為對於封閉迴圈控制之回授訊號，以產生一平順轉變從開放迴圈模式回至封閉迴圈模式。此轉變技術(亦被指涉為一”無擾動”轉變)是適當的，當流體流量速率不是位於，或實質上位於，流體流量設定點處於運作在開放迴圈模式中一段時間之後時。在一些實施之中，無擾動轉變技術是被使用去改變開放迴圈模式至封閉迴圈模式以及反之亦然。

**【0024】** 美國專利第7,640,078號之多重模式控制演算法，其係在此被合併於其整體之中，揭露了相對於一MFC之多重模式控制之額外之細節，其本發明之實施例係提升。

**【0025】** 如進一步在此被敘述，當運作於控制之開放迴圈模式之中，特性化資料是關於流體壓力資訊被使用，以控制控制閥150之一位置。在所示之實施例之中，多重氣體控制元件162係利用關於開放迴圈模式中之氣體性質資料166之一般特

性化資料 164 去控制控制閥 150 之位置。

【0026】一般特性化資料 164，其可以位於非短暫記憶體之中，是被多重模式控制元件 160 使用去控制控制閥 140 之一位置在開放迴圈模式之過程中，以轉換一或多個壓力讀取至一閥位置之中，此閥位置係提供一流體流量速率，其係足夠接近或等於對應於設定點 155 之流體流量程度。在第 1 圖所示之實施例之中，特性化製程產生一般特性化資料 164 係被執行做為一製造過程之部分(例如，被 MFC100 之一製造者或供應者所施行)，於質流控制器 100 被使用於一處理環境中之前。

【0027】更具體而言，一般特性化資料 164 係使用一校準氣體(例如，氮氣)而被產生，其係被供應至質流控制器 100 於  $M$  不同之壓力  $P[1]$ 、 $P[2]$ ... $P[M]$  處。對於每一個壓力， $N$  個流量設定點是被指定於裝置( $F[1]$ 、 $F[2]$ ... $F[N]$ )，以及提供穩定流量之閥控制訊號是被記錄。如第 2 圖所示，所產生之一般特性化資料 164 係能被表示於尺寸  $N * M$  之一矩陣  $V$ ，有著閥控制訊號元件  $V[i,j]$ ，其中， $i=1...N$  以及  $j=1...M$ 。向量  $P$ 、 $E$  及矩陣  $V$  是被儲存於質流控制器 100 之一記憶體之中以及是被控制元件 140 使用於 MFC 運作之開放迴圈模式之中。

【0028】當閥特性化是被執行以一校準氣體時，一般特性化資料 164 係提供質流控制器 100 之可接受之表現，只有對於此特定之校準氣體。然而，熟習本技術領域之人士關於本發明將可理解，當製程氣體(亦即，被控制於實際運作中之氣體)是不同於校準氣體，在對應於一所需流量設定點(於運作壓力處)之一般特性化資料 164 中之閥控制訊號將不會導致提供所需流量



之一閥位置。

【0029】將提供質流控制器100之非常精確之多重製程氣體特性化之一解決方案將是去使用實際之製程氣體於特性化製程之中。但此型式之多重製程氣體特性化不是可實行的因為許多原因：被使用於工業中之許多氣體是有毒的及/或可燃的，所以這些氣體不能由製造者安全地使用；對於高流量裝置之特性化需要一氣體之一顯著數量，以及許多氣體是很昂貴的；以及特性化一MFC關於許多氣體是很耗時之製程，以及因此，它不是經濟可實行的。

【0030】做為一結果，多重氣體控制元件162係使用關於一般特性化資料164之氣體性質資料166去產生定位控制閥150之一閥控制訊號145，如此一來，通過MFC100之多種製程氣體之任何之流量係為所需之流量速率，如被設定點155所表示。

【0031】更具體而言，申請人已發現製程氣體流量 $F_{pr}$ 對於校準氣體流量 $F_{cal}$ 於相同壓力及閥位置處之一比例能夠大約被表示為：

$$\text{【0032】 } F_{pr}/F_{cal}=(M_{cal}/M_{pr})^k \quad \text{方程式 1}$$

【0033】其中， $M_{cal}$ 係為一校準氣體之一分子質量， $M_{pr}$ 係為一製程氣體型式之分子質量，以及 $k$ 具有介於0.2...0.5間之一數值，取決於質流控制器流量範圍。

【0034】做為一結果，為了應用此被發現之關係，在數個實施例中之氣體性質資料166包括有複數個氣體之分子質量資料。如圖所示，此資料可以被與外部處理器具170之通訊連結所更新，其中，外部處理器具170是連接於一外部氣體性質資

料庫 172。亦可以被設想的是，對於複數個製程氣體，複數個分子質量比例值(等於 $(M_{cal}/M_{pr})$ )可以被儲存於氣體性質資料之中。不管被儲存之表示，在此被敘述之數個實施例係利用由方程式 1 所表示之關係去更精確地控制製程氣體之流量，使用已以一校準氣體所獲得之一般特性化資料 164。

**【0035】** 當參閱第 1 圖時，同時參閱第 3 圖，其係為一流程圖顯示一示範之方法，其可以被橫過關於第 1 圖中所示之實施例。如所示，在運作過程之中，一製程氣體選擇(由第 1 圖中之氣體選擇輸入 157 所示)是被進行對於將被控制之一製程氣體(方塊 300)。雖然因清楚之故未被顯示於第 1 圖之中，熟習本技術領域之人士將可理解，質流控制器可以包括有使用者介面元件(例如，一顯示器及按鈕、觸控墊或一觸控螢幕)去讓一使用者選擇將被控制之製程氣體。此外，質流控制器可以經由已知之電線或無線網路技術連接於一控制網路，以使一製程氣體從另一控制地點被選擇(例如，使用外部處理器具 170)。

**【0036】** 此外，分子質量資訊是從氣體性質資料 166(或遠端氣體性質資料 172)所獲得對於被選擇之製程氣體型式(方塊 302)，以及一設定點訊號 155 是被接收，其係對應於一所需質量流量速率(方塊 304)。舉例來說，分子質量資訊可以包括有製程氣體型式之一分子質量 $M_{pr}$ (或表示 $M_{pr}$ 或從 $M_{pr}$ 衍生之另一數值)，或做為另一範例，分子質量資訊可以包括有一分子質量比例值(等於 $(M_{cal}/M_{pr})$ )或表示或衍生於分子質量比例值之另一數值。相對於所需之質量流量速率(由設定點訊號 155 所表示)，它可以是一流量速率，其是被需要對於關於一電漿為基

礎(例如，薄膜沉積)之處理系統之一特殊製程。

【0037】如上所述，壓力改變之一快速速率可以呈現流量訊號130不可信賴的，以及做為一結果，多重模式控制元件160係脫離控制閥150之一回授控制迴圈，以及一壓力讀取被獲得(方塊306)，其係被使用去獲得一閥位置值以控制控制閥150。倘若被控制之製程氣體發生是被使用去產生一般特性化資料164之相同型式之氣體，則一般特性化資料164僅可以被存取，使用被量測壓力值去獲得對於閥控制訊號145之一閥位置值。當經常地，被使用於質流控制器100之實際使用過程中之製程氣體係不同於被使用去產生一般特性化資料164之氣體。做為一結果，憑藉具有不同流量性質於特性化氣體之製程氣體，從一般特性化資料164所獲得之閥位置值將會導致一閥位置，其係提供實質上不同於所需質量流量速率之一流量速率。

【0038】做為一結果，第1圖中所示之示範的質流控制器100係利用在方程式1中之分子關係去產生特定於製程氣體之一製程控制訊號值。更具體而言，對於所需流量值及壓力之一製程控制訊號值是使用一修正流量值被決定，修正流量值係等於  $F_{pr} * (M_{pr}/M_{cal})^k$ ，其中， $F_{pr}$ 係為所需製程氣體流量值， $M_{pr}$ 係為對於該被選擇之製程氣體型式之分子質量，以及 $M_{cal}$ 係為對於校準氣體之一分子質量(方塊308)。

【0039】在方塊308處之決定是如何被進行之更為清楚的理解是被促進於再次參考第2圖中所示之示範的一般特性化資料。值得注意的是，第2圖中所示之示範的一般特性化資料將會從質流控制器變化至質流控制器。

【0040】 假設所需之流量值係為質流控制器 100 之額定流量容量之 20% 以及被獲得於方塊 306 之壓力讀取是 30 單位 (例如, 每平方英寸之磅數), 則對於一般特性化氣體 (例如, 氮氣) 之閥控制訊號 145 之閥位置值係為 16.932。但如上所述, 當製程氣體是不同於一般特性化氣體時, 16.932 之閥位置值將不會提供所需之 20% 流量速率。

【0041】 與方程式 1 一致, 修正流量值是被計算為  $F_{pr} * (M_{pr}/M_{cal})^k$ , 以及假設  $(M_{pr}/M_{cal})^k$  是等於 2.0, 則修正流量值係為  $(20% * 2.0)$  或 40%, 以及做為一結果, 於 30 之壓力處, 製程閥位置值係為 21.015。因此, 對於假設之製程氣體提供 20% 流量之製程閥位置值 (亦是在此被指涉為製程控制訊號值) 於此範例中係為 21.015。倘若所需流量值或修正流量值不是被發現於一般特性化資料 164 之中, 則竄改可以被使用。

【0042】 如第 3 圖所示, 製程控制訊號 145 然後是被應用於製程控制訊號值處之控制閥 150, 以提供製程氣體於所需流量速率處 (方塊 310)。在許多實施例之中, 在壓力中之改變已降低或一計時器到期之後, 多重模式控制元件 160 係返回至運作之一封閉迴圈模式。

【0043】 請接著參閱第 4 圖, 其是另一 MFC400 之一示範實施例之一功能方塊圖。如圖所示, 此實施例包括如同第 1 圖所敘述之 MFC100 之許多相同的元件, 但不像 MFC100, 在本實施例之中, MFC400 係修正一般特性化資料 164 至運作特性化資料 480 之中, 其係被使用去控制控制閥 150 之一位置, 當 MFC400 是運作於開放迴圈模式之中時。

【0044】更具體而言，MFC400之一控制元件440包括有一特性化資料修正元件474，其係根據氣體選擇輸入157而做去修正一般特性化資料164至運作特性化資料480。控制元件440及其構成元件可以被多種不同形式之機構所體現，其包括軟體(例如，被儲存於非暫時記憶體之中)、硬體及/或韌體或其結合，以及元件可以儲存及執行完成進一步在此所述之方法之非短暫處理器可讀取指令。

【0045】當參閱第4圖時，舉例來說，同時之參考是被進行第5圖，其係為一流程圖顯示一示範之方法，其可以被橫過關於第4圖中所示之實施例。如圖所示，在本實施例之中，當一製程氣體型式是被選擇對於將被控制之一製程氣體時(方塊500)，對於被選擇製程氣體型式之一分子質量是從氣體性質資料166(或遠端氣體性質資料172)所獲得(方塊502)，以及一般特性化資料164亦是由特性化資料修正元件474所獲得(方塊504)。

【0046】如圖所示，在本實施例之中，特性化資料修正元件474係藉由根據方程式修正流量值於一般特性化資料中而產生運作特性化資料：

$$\text{【0047】 } F_{adj} = F_{cal} * (M_{cal}/M_{pr})^k \quad \text{方程式2}$$

【0048】其中， $F_{adj}$ 係為一被調整流量值， $F_{cal}$ 係為被校準流量值， $M_{pr}$ 係為對於該被選擇製程氣體型式之分子質量，以及 $M_{cal}$ 係為對於校準氣體之一分子質量(方塊506)。

【0049】運作特性化資料480然後是被多重模式控制元件460使用去運作MFC400於開放迴圈控制模式之中(方塊508)。

【0050】如上所述，運作特性化資料480係提供質流控制器

100之改良特性對於多種氣體型式，其係為非常有利的，當MFC是運作於上述之運作之一開放迴圈模式之中時。但此外，運作特性化資料480亦以其它控制方法提供改良的運作。舉例來說，第6-13圖係描述得利於運作特性化資料480所提供之改善特性化之實施例。

【0051】舉例來說，第6圖係一功能方塊圖顯示另一質流控制器600之一示範實施例，其中，MFC600係使用運作特性化資料所提供之改善特性化。如圖所示，此實施例包括與如第1圖所述之MFC100和如第4圖所述之MFC400相同之許多元件，但不像MFC100、400，在本實施例之中，一適應特性化元件676是連接於運作特性化資料480。

【0052】適應特性化元件676一般在本實施例之中係運作去調整運作特性化資料480於MFC600之運作過程之中，以容納，舉例來說，在方程式1之應用中之任何不準確性及/或在運作過程中之運作壓力變化。因此，運作特性化資料480係提供對於多種製程氣體之初始特性化資料，以及適應特性化元件676係進一步調整運作特性化資料480於MFC600之運作過程之中，於運作之開放迴圈模式之運作過程之中，以降低可能發生於運作過程(例如，由於壓力中之改變以及在運作特性化資料480中之任何不準確)中之缺陷(例如，控制錯誤)。

【0053】在許多實施之中，為了決定一適當之調整，一旦質流控制器600係運作於開放迴圈模式之中(例如，因為一壓力偏差發生)，適應特性化元件676係獲得一被量測流量，在封閉迴圈模式是被再次開始時。根據一流量誤差及壓力改變之一方

向於封閉迴圈模式是被再次開始時，對應之特性化值是被增加或減少。

**【0054】** 請參閱第7圖，其係為一圖包括下列三個曲線被利用去顯示一示範系列之事件導致第6圖中所示之運作特性化資料480之一調整，以提供100百分比流量，當一製程氣體(取代氮氣)是被控制時：對於一製程氣體之一未被調整閥位置曲線702，對於製程氣體之一百分之110流量曲線704，以及對於製程氣體之一所需閥位置曲線706(以提供100百分比流量)。未被調整閥位置曲線702係代表閥150對壓力之位置，當運作特性化資料480(係未被調整)是被使用去控制閥150於運作之一開放迴圈模式過程中時。百分之110流量曲線704係代表閥位置對壓力，其將提供對於製程氣體之一百分之110流量速率，以及所需閥位置曲線706係代表閥位置對壓力，其將提供對於製程氣體之所需百分之100流量。

**【0055】** 如此範例所示，在點(V1, P1)處，多重模式控制元件460係從運作之一封閉迴圈模式切換至運作之一開放迴圈模式(例如，因為壓力降低於(V1, P1)前之速率係超過一門檻)。如圖所示，當製程氣體係使用未被調整之運作特性化資料480而被控制時，於壓力P2處之閥150之閥位置係為V2，其係為提供百分之110流量之閥位置，當製程氣體係被控制時。相反地，為了提供百分之100流量對於位在壓力P2處之製程氣體，閥位置需要去位於位置V3處。

**【0056】** 做為一結果，在此範例之中，當運作特性化資料480係未被調整時，流量速率是太高的(亦即，因為閥之位置是

更開放的，於大約百分之56處，當閥位置應該是大約百分之54開啓時)。在此範例之中，位於壓力P2處，多重模式控制元件660係切換回至運作之封閉迴圈模式，以及對於運作特性化資料460之一調整是被計算，根據一關係對於在一被量測流量速率(對應於實際閥位置V2)與一流量設定點(對應於一所需閥位置V3)間之一差異，如此一來，下次多重模式控制元件660係切換至運作之開放迴圈模式，閥150之位置係比起未被調整閥位置曲線702更為接近地追蹤所需閥位置曲線706。

【0057】適應特性化元件676可以施加調整於運作特性化資料480，藉由選擇性地改變存在之閥位置值於運作特性化資料480之中(例如，藉由從適應特性化元件676至運作特性化資料480之選擇通訊)；藉由增加額外之資料至運作特性化資料480；或運作特性化資料480可以保持相同(例如，由於它是被產生，如關於第4圖及第5圖所述)以及適應特性化元件676係應用一比例係數於運作特性化資料480。

【0058】在運作特性化資料480保持相同以及一比例係數是被應用之實施之中，比例係數K，可以是被計算為 $K=(V3-V1)(V2-V1)$ ，但它當然被考慮其他的比例係數可以被使用。此數量K是被使用去調整閥150是如何被開放迴圈模式中之運作特性化資料480所控制。在第7圖之中，舉例來說，K係大約等於 $(54\%-61\%)(56\%-61\%)$ 或1.4。數量1.4係表示閥150需要多少去移動，如此一來，在運作之開放迴圈模式終止於壓力P2處之後，閥140之位置是更靠近於(P2, V3)。在此範例之中，不需調整，運作特性化資料480係支配閥150從大約61%(位於



V1處)移動至56%(位於V2處)，(大約5%之差異)，所以數量1.4是被乘上5%之差異以獲得-7%之一調整差異。

【0059】做爲一結果，當開放迴圈模式是被再次進行時(在相同改變於壓力中之下)，閥150於P2處之位置當運作停止之開放迴圈模式是(61%(於V1處)減7%)或54%時。爲了達到在P1與P2間之被調整閥位置(所以閥位置更爲接近地追蹤所需閥位置曲線706)，比例係數K之數值對於在P1與P2間之每一個壓力值可以藉由竄改被計算。

【0060】此外，代替計算上述之一新的係數，增加的調整能夠被進行於係數在每一個重複之過程之中，其中，多重模式控制元件660係從開放迴圈模式改變至封閉迴圈模式。這些增加的調整能夠被進行，直到在一被量測流量與一流量設定點(在多重模式控制元件660係從開放迴圈模式改變至封閉迴圈模式時)間之差異低於一門檻爲止。

【0061】在運作特性化資料480係被增加或改變之實施之中，運作特性化資料480可以儲存被調整之特性化資料對於每一個製程氣體。或在其他的變化之中，對於複數個製程氣體之被調整之特性化資料可以被上載(例如，藉由已知於熟習本技術領域人士之通訊連結)至外部處理器具185以及從MFC600被外部地儲存，以及然後被調整之特性化資料可以被恢復於需要時。

【0062】對於一校準氣體之校準資料之適應特性化之額外細節係被發現於美國專利申請第13/324,175號中，標題爲適應壓力遲鈍質流控制器及對於多重氣體應用之方法，其是被在此

合併藉由於其整體中之參考。

【0063】請接著參閱第8圖，其係顯示另一示範之MFC800之一方塊圖。如圖所示，此實施例包括有如同第1圖中所述之MFC100及第4圖中所述之MFC400之許多相同元件，但不像MFC100、400，在本實施例之中，一適應閥開始元件882是連接於運作特性化資料880。

【0064】一般來說，適應閥開始元件882係運作去提供一可調整非零開始控制訊號145以控制控制閥150，根據運作特性化資料880及MFC800之運行時資料，當控制閥150是被關閉時，以快速地回應於設定點訊號155。此外，對於適應閥開始元件882之使用者輸入係可讓一使用者改變可調整非零開始控制訊號145，以調整MFC800之一回應。適應閥開始元件882係產生調整資料885，以及使用調整資料885去調整可調整非零開始控制訊號145以補償影響MFC800之回應之溫度飄移、老化及其他因素之效應。因此，適應閥開始元件882可以藉由設定可調整非零開始控制訊號145之一數值而被使用去建立一所需之短暫回應(例如，根據使用者輸入)，以及然後適應閥開始元件882係調整可調整非零開始控制訊號145以維持所需之短暫回應，當環境及/或老化影響短暫回應時。

【0065】在先前之實施之中，質流控制器之封閉迴圈控制迴圈係相對良好地被執行，當控制閥150是相對地靠近於一所需之位置以及其移動係改變流量時，如此一來，控制迴圈係看見流量回應以及立即地調整閥位置。但在這些先前系統之中，當MFC是被設定至一零位置(零閥位置)以及MFC係被給予一非

零設定點時，它將花一長時間對於閥去從一零位置移動至一可注意之流動將發生之一位置，以及封閉迴圈控制迴圈將會開始適當地運作。做爲一結果，會有一長反應延遲以及一般不良之MFC表現。

【0066】因此，爲了移除反應延遲以及不良表現，適應閥開始元件882係藉由立即從一零數值(例如，零電流或電壓)移動控制訊號145至一可調整非零開始控制訊號值而改善MFC800之表現，當控制閥150是被關閉時。

【0067】請參閱第9圖，其係一流程圖顯示一製程可以被第8圖中所示之MFC800橫過於運行時間中。雖然參考是被進行於參考第8圖所述之MFC800，但需被理解的是，顯示於第9圖中之製程不是被限制於第8圖中之特定、示範實施例。如圖所示，在運作之中，當控制閥150是被關閉時，設定點訊號155是被接收，其具有對應於一所需流量速率之一數值(方塊902)。在電漿處理之背景之中(例如，薄膜沉積)，流量速率可以是對於一特定氣體之所需流量速率，其係被需要做爲電漿製程之部分。

【0068】如圖所示，運作特性化資料880係被存取去獲得一特性化非零開始控制訊號之一數值以及位於一特別流量速率處之一特性化控制訊號之一數值，以及這些數值是之後被使用去調整可調整非零開始控制訊號(方塊904)。控制訊號145然後是被應用爲位於一初始數值處之一可調整非零開始控制訊號，以控制閥150(方塊906)。做爲一結果，MFC800之封閉迴圈控制系統係實質上較快地被進行(當流量即將開始或已剛開始時)，相對於先前之方法，其中，開始控制訊號值係爲零以及

控制迴圈不是被進行，直到在一延遲之後為止，在該延遲之過程之中，控制訊號係緩慢地達到流量開始之一程度(使用控制迴圈)。

**【0069】** 當MFC800最初被部署於使用時(例如，當一使用者從一供應者接收MFC800時)，特性化非零開始控制訊號可以被使用做為可調整非零開始控制訊號之初始值，但一旦MFC800是於使用中時，可調整非零開始控制訊號係根據運作特性化資料880以及運行時間資料。

**【0070】** 舉例來說，在運作特性化資料880包括對於複數個壓力之資料之實施例之中，控制訊號145是被應用於方塊906處做為於一數值處之一可調整非零開始控制訊號，其係藉由加入差異資料(被儲存於調整資料885之中)至校準非零開始控制訊號而被獲得。在這些實施例中之差異資料是根據在運作特性化資料880與運行時間量測間之差異，此運行時間量測係先前被獲得於一或多個先前製程運行過程之中。詳述對於產生差異資料之一示範方法之額外資訊是被提供於下參考方塊910及912。

**【0071】** 在運作特性化資料880包括特性化資料對於只有一單一壓力之實施例之中，調整資料885包括有可調整非零開始控制訊號之數值，以及控制訊號145是被應用於方塊906處做為於該數值處從調整資料885獲得之一可調整非零開始控制訊號。如下所述參考於方塊910及912，可調整非零開始控制訊號之被儲存數值可以被調整於每一個運行過程之中以及被更新於調整資料885之中。

**【0072】** 不論是否運作特性化資料880是根據一單一壓力

或複數壓力，被獲得於方塊904中之控制訊號(位於一特別流量速率處)之數值係被利用，如下所進一步敘述，以調整可調整非零開始控制訊號於一後續運行過程之中。雖然兩塊資料是被獲得於方塊904之中，但需被理解的是，這兩塊資料不需要被同時地獲得。

**【0073】** 在運作特性化資料880包括對於複數個壓力程度之每一個之資料之實施之中，在MFC800中之一壓力傳感器可以被使用去獲得表示流體之壓力之一訊號，以及運作特性化資料880可以被存取去選擇根據被量測壓力之一特性化非零開始控制訊號之一數值。

**【0074】** 但具有對於複數壓力之特性化不是被需要關於如第9圖所述之方法，至少，因為在第9圖中之方法考慮閥/流量特性不是固定的以及可以改變以及做為一結果，可調整非零開始控制訊號係被調整去說明影響閥/流量特性之運作狀況中之變化。

**【0075】** 雖然當控制閥150被關閉時應用一可調整非零開始控制訊號於MFC800將會一般地改善MFC800之一回應，但其係被思量MFC800之使用者將會想要一特別短暫回應，取決於MFC800是被使用之特殊處理應用。做為一結果，在許多實施之中，適應閥開始元件882可讓一使用者去定義(經由使用者輸入)MFC800之一所需短暫回應，藉由從可調整非零開始控制訊號增加或減去一偏移量。

**【0076】** 請參閱第10A-10C圖，舉例來說，其係為圖形顯示相對於三個開始控制訊號之短暫流動狀況。舉例來說，在第10A

圖之中，其係顯示具有一數值之一開始控制訊號，其係產生低於在第10B圖及第10C圖中之開始控制訊號之一回應。在一些應用之中，在第10A圖中之較慢的回應可以是令人滿意的，但在其他應用之中，回應相較於在第10B圖及第10C圖中所述之開始控制訊號可以是毫不最佳的，其係產生較快的回應時間。做為一結果，倘若從運作特性化資料880所獲得之初始非零開始控制訊號產生在第10A圖中所示之回應，則一正偏移量可以被加入至非零開始控制訊號，以產生在第10B圖中之短暫回應或一較大之偏移量可以被加入至非零開始控制訊號，以產生在第10C圖中之短暫回應。

【0077】類似地，倘若非零開始控制訊號係提供顯示於第10C圖中之回應，其係導致可能不是可接受之一短暫超過於運行時間處理過程之中，則使用者可以加入一負偏移量至非零開始控制訊號，以產生第10B圖中之回應，或使用者可以加入一較大之負偏移量至非零開始控制訊號，以產生第10A圖中之較慢回應。

【0078】雖然可調整非零開始控制訊號一般係改善回應以及可以到達一所需短暫回應，但環境的(例如，溫度)及其他因素(例如，MFC800之老化)會影響在短暫回應與開始控制訊號間之關係。換言之，倘若一所需短暫回應是被達成(例如，藉由以被應用於開始控制訊號之一偏移量之調整)，溫度及老化將會造成MFC800去具有含相同開始控制訊號之一不同回應。

【0079】請參閱第11圖，舉例來說，其係顯示流量對控制訊號曲線對於四個不同之溫度。倘若30%之一校準閥開始係被

使用以及閥/流量特性係以第11圖中所示之溫度飄移，則MFC800可能會產生超過於攝氏30度處或一長回應延遲於攝氏60度處，倘若在運行時間過程中之製程氣體溫度係不同於校準溫度。此外，亦可能會有由於閥材料之老化之閥/流量特性之長時間飄移，其亦係導致表現下降。

【0080】大部分的時間，閥-流量特性之一溫度及/或老化相關改變實際上係為一”平行飄移”，其可以被沿著一”控制訊號”軸轉移向左或右之一曲線所特性化，當其形狀係實質上保持相同時。請參閱第12圖，舉例來說，係顯示被獲得於攝氏40度處之一校準控制訊號對流量曲線，其可以被表示為資料對於運作特性化資料880之中。如圖所示，校準資料之示範集合表示一最佳開始控制訊號係為(最大控制訊號之)30%，以及當控制訊號145係位於70%之一數值處時，流量速率係為(最大流量程度之)60%。然而，當MFC800係於使用中時，MFC800之運作特性及/或MFC800被設置之環境可以改變MFC800之運作特性，以達成相同特別之60%流量速率，被量測控制訊號值需要是(最大控制訊號程度之)85%。假設在控制訊號值中之15%轉移係為整個控制訊號對流量曲線之一整體”平行”轉移之部分，則從30%至45%之一類似轉移能夠被預期對於開始控制訊號。

【0081】做為一結果，做為調整對於可調整非零開始控制訊號之部分，在運作過程之中，在設定點訊號145減少之前，控制訊號之一被量測值是被獲得於特別流量速率處(方塊908)。被量測流量速率係被獲得之特別流量速率係為相同特別流量速率(參考方塊904被討論)，此相同特別流量速率是被使用

關於從上述之方塊 904 中之運作特性化資料 880 獲得校準控制訊號之數值。被量測數值係被獲得於設定點 155 減少之前，如此一來，被量測數值係從一上升控制訊號對流量曲線被採行(就如同位於特別流量速率處之校準控制訊號係被獲得於校準過程之中)。

【0082】請同時參閱第 13 圖與第 8 圖，舉例來說，係顯示對於相同之 MFC800 於不同溫度處之兩個控制訊號對流量曲線。更具體而言，被獲得於攝氏 40 度處顯示於第 11 圖中之相同之控制訊號對流量校準曲線係被顯示，以及此外，描述實際運作特性之另一控制訊號對流量曲線於對於 MFC100 於攝氏 50 度處之運行時間過程中係被描述。倘若設定點 186 係為例如 60% 流量，則控制訊號之被量測值可以被採行於上升曲線上之 60% 流量處，其係為 85%。

【0083】如第 9 圖所示，控制訊號之被量測值(85%於第 12 圖中所示之範例之中)是被比較於位於特別流量速率(例如，60%)處之一校準控制訊號之一程度(70%於第 12 圖中所示之範例之中)，其係被儲存於質流控制器之上(方塊 910)。根據比較，可調整非零開始控制訊號之數值係被調整至一被調整數值，以使得下一次質流控制器係接收，當閥係被關閉時，另一設定點訊號，被調整數值係被使用(方塊 912)。

【0084】在許多實施例之中，可調整非零開始控制訊號之數值係根據下列之演算法被調整： $ASCS = CSCS + MVCS - CVCS$ ，其中，ASCS 係為被調整去維持一所需回應之可調整非零開始控制訊號；CSCS 係為校準開始控制訊號，其係為從校



準資料所採行之開始控制訊號之數值；MVCS係為被量測於一特別流量程度處之控制訊號之被量測值；以及CVCS係為控制訊號之被校準值，其係為位於特別流量值處之被校準控制訊號之數值。

【0085】請參閱第12圖，舉例來說，CSCS係為30%以及特別流量值係為60%，如此一來，MVCS係為85%以及CVCS係為70%。做為一結果，ASCS對於下一個運行係為45%。需被理解的是，被選擇之特別流量值可以是存在於特性化曲線及運行時間曲線中之任何流量值。

【0086】在運作特性化資料880包括對於複數壓力之資料之實施例之中，在控制訊號(MVCS)之被量測數值與控制訊號(CVCS)之特性化數值間之差異係被儲存於調整資料885之中，如此一來，在一後續運行過程之中，被儲存之差異係被加入至儲存於運作特性化資料880中之特性化非零開始控制訊號之數值(對於目前之壓力)，以獲得可調整非零開始控制訊號(ASCS)。以上關於方塊908至912所述之方法係被再次施行去調整差異資料，當被需要對於其他後續製程運行時。

【0087】在運作特性化資料880包括對於一單一壓力之特性化資料之實施例之中，調整資料185包括可調整非零開始控制訊號(ASCS)之數值，其係被存取於一後續製程運行過程之中(相同之方式，一特性化非零開始控制訊號之初始數值係被存取如關於方塊904所述)，以及係被應用於控制閥150做為可調整非零開始控制訊號，如以上關於方塊906所述。關於方塊908至912之上述方法係被再次施行去調整可調整非零開始控制訊

號，當被需要時。

【0088】 在第9圖中所述之方法之變化之中，可調整非零開始控制訊號之調整能夠被緩慢地進行，使用來自於許多運行之評估，有著每次運行之一些預定義調整限制，舉例來說，閥電壓之1%。它亦能夠被過濾(整合的)去避免喧鬧閥量測之效應，特別是於低設定點處。此外，要被考慮的是，可調整非零開始控制訊號之大猛增能夠表示裝置之問題；因此，一警報/警告可以被觸發回應於超過一門檻之一可調整非零開始控制訊號。

【0089】 雖然關於第9圖所述之方法係調整回應於溫度中之改變之可調整非零開始控制訊號，以進一步改善適應閥開始元件882之能力去調整控制訊號145之數值，當控制閥150係從一封閉位置開始時，但溫度資料可以被聚集及使用於運行時間過程之中去改善第9圖所述之製程之方面。

【0090】 舉例來說，當一新的可調整非零開始控制訊號值(或差異資料)係被儲存於調整資料885之中時，來自於MFC800中之一溫度感測器之一溫度數值亦可以被儲存，如此一來，溫度資訊係被儲存關於開始控制訊號值或差異資料。被儲存之溫度資料(關於控制訊號或差異資料)能夠被使用去預測最佳之可調整非零開始控制訊號值對於後續之製程運行，倘若瞬間氣體之溫度已顯著地改變於製程運行之間。

【0091】 適應閥開始系統及方法(在此所述之運作特性化資料之文字之外)係被發現於美國專利申請第13/206,022號之中，標題為具有適應閥開始位置之質流控制器演算法，其係在此被參考合併。

【0092】需被理解的是，適應特性化元件676以及適應閥開始元件882係分別地被描述於第6圖及第8圖之中爲了敘述容易之故，但這些元件可以被一起實施於具有參考第1圖及第4圖所述之多重模式控制元件160、460之一之一單一質流控制器。

【0093】請參閱第14圖，其係一方塊圖1400顯示物理元件，其可以被使用去實現第1、4、6及8圖中所示之MFC100、400、600、800。如圖所示，一顯示部1412以及非短暫記憶體1420是連接於一匯流排1422，匯流排1422亦是連接於一隨機存取記憶體(RAM)1424、一處理部(其包括N個處理元件)1426、連通於一電磁閥或一壓電型式閥1430之一閥驅動器元件1428以及一介面元件1432。雖然第14圖中所示之元件代表物理元件，但第14圖並非想要去成爲一硬體圖；因此，第14圖中所示之元件之許多個可以藉由一般結構被實現或被分佈於額外之物理元件之間。此外，需被理解的是，其他存在及尙未被發展之物理元件及結構可以被利用去施行參考第14圖所述之功能性元件。

【0094】顯示部1412一般係運作去提供內容之表示於一使用者，以及在數個施行之中，顯示器係被一LCD或OLED顯示器所實現。一般來說，非短暫記憶體1420係運作去儲存(例如，持續地儲存)資料及非短暫處理器可執行編碼，其包括關聯於控制元件140、440、640、840之編碼。此外，非短暫記憶體1420可以包括引導加載程序代碼、軟體、作業系統代碼及檔案系統代碼。

【0095】在許多實施之中，非短暫記憶體1420係被快閃記

憶體(例如，NAND或ONENAND™記憶體)所實現，但需被理解的是，其他的記憶體型式亦可以被使用。雖然執行來自於非短暫記憶體1420之代碼可以是可能的，但在非短暫記憶體1420中之可執行代碼是典型地被載入RAM1424之中以及被處理部1426中之N個處理元件之一或多個執行。如圖所示，處理元件1426可以接收類比溫度及壓力輸入，此類比溫度及壓力輸入係被由控制元件140、440、640、840所實施之功能所利用。

**【0096】** 關於RAM1424之N個處理元件一般係運作去執行儲存於非短暫記憶體1420中之非短暫處理器可讀取指令，以實行第1、4、6及8圖中所示之功能性元件。舉例來說，控制元件140、440、640、840可以被關於非短暫處理器可讀取代碼之N個處理元件之一或多個所實現，其係從RAM1424被執行去施行參考第3、5及9圖所述之方法。

**【0097】** 介面元件1432一般係代表一或多個元件，其能使一使用者去與MFC100、400、600、800互動。舉例來說，介面元件1432可以包括有一鍵盤、觸控螢幕及一或多個類比或數位控制，以及介面元件1432可以被使用去轉移來自於一使用者之一輸入至設定點訊號155之中。通訊元件1434一般係能使MFC100、400、600、800去與外部網路及包括外部處理器具170之裝置溝通。熟習本技術領域之人士將可理解，通訊元件1434可以包括元件(例如，係被整合或分佈的)去致能多種無線(例如，WiFi)及有線(例如，乙太網路)通訊。

**【0098】** 第14圖中所示之質流感測器1436係代表本技術領域之人士已知之元件之一集合，以實現第1圖中所示之質流感

測器 125。舉例來說，這些元件可以包括感測元件、放大器、類比對數位轉換元件及濾波器。

**【0099】** 熟習本技術領域之人士將可理解，在此所討論的資訊和訊號可以使用任何多種不同的技術和方法來表示。舉例來說，資料、指令、命令、資訊，可以在整個以上描述中提及的可透過電壓、電流、電磁波、磁場或磁粒子、光場或粒子或者其任意組合來被表示。

**【0100】** 熟習本技術領域之人士將可理解，各種說明性邏輯塊、模組、電路以及與在此所揭露之實施例所描述的算法的步驟可以由比第 14 圖中描繪其他替代部件來實現。為了清楚地說明這種可互換性的硬體和軟體，各種說明性元件、方塊、模組、電路及步驟已在其功能性方面被描述。至於如此功能是否被實現為硬體、韌體或是軟體取決於特定應用和強加於整個系統的設計約束。熟練的技術人員可以實現所述的功能以變化的方式針對每一特定應用，但是，這種實現決策不應被解釋為導致脫離本發明的範圍的偏離。

**【0101】** 更具體而言，關於在此所揭露之實施例之各種說明之邏輯方塊、元件及電路可以被施行或執行以一普遍目的處理器、一數位訊號處理器(DSP)、一應用特定積體電路(ASIC)、一場可編程閘陣列(FPGA)或其他可編程邏輯裝置、分離閘或電晶體邏輯、分離硬體元件或被設計去執行在此所述功能之其任何組合。一普遍目的處理器可以是一微處理器，但在替代方案之中，處理器可以是任何傳統處理器、控制器、微控制器或狀態機器。一處理器亦可以被施行做為計算裝置之一結合，例

如，一DSP及一微處理器之一結合、複數個微處理器、與一DSP核心結合之一或多個微處理器或任何其他如此之構造。

**【0102】** 關於在此所揭露之實施例之一方法或演算法之步驟可以被直接具體化於硬體之中、於被一處理器執行之一軟體模組之中(例如，如第14圖所示)或於兩者之一結合之中。一軟體模組可以位於非短暫處理器可讀取媒介之中，例如，RAM記憶體1424、非短暫記憶體1420、ROM記憶體、EPROM記憶體、EEPROM記憶體、登錄機、硬碟、一可移除磁片、一CD-ROM或已知之儲存媒介之任何其他形式。一示範之儲存媒介是連接於處理器，如此之處理器能夠從儲存媒介讀取資訊以及寫入資訊至儲存媒介。在替代方案之中，儲存媒介可以是整合於處理器。處理器及儲存媒介可以位於一ASIC之中。

**【0103】** 雖然本發明已以較佳實施例揭露於上，然其並非用以限定本發明，此技術領域具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

### **【符號說明】**

#### **【0104】**

100、400、600、800~質流控制器、MFC

105~底座

110~旁通管

115~主路徑

120~感測器管

125~熱質流感測器、質流感測器

- 130~輸出訊號、輸出、流量感測器量測、流量訊號
- 140~控制元件、控制閥、閥
- 145~控制訊號、閥控制訊號、製程控制訊號、可調整非零  
開始控制訊號
- 150~控制閥、閥
- 155~設定點訊號、流體流量設定點、設定點
- 157~氣體選擇輸入
- 160、460、660~多重模式控制元件
- 162~多重氣體控制元件
- 164~一般特性化資料
- 166~氣體性質資料
- 170、185~外部處理器具
- 172~外部氣體性質資料庫、遠端氣體性質資料
- 178~壓力感測器
- 186~設定點
- 440、640、840~控制元件
- 474~特性化資料修正元件
- 480、880~運作特性化資料
- 676~適應特性化元件
- 702~未被調整閥位置曲線
- 704~百分之110流量曲線
- 706~所需閥位置曲線
- 882~適應閥開始元件
- 885~調整資料

- 1412~顯示部
- 1420~非短暫記憶體
- 1422~匯流排
- 1424~隨機存取記憶體
- 1426~處理部
- 1428~閥驅動器
- 1430~電磁閥或壓電型式閥
- 1432~介面元件
- 1434~通訊元件
- 1436~質流感測器



## 申請專利範圍

1. 一種用於以一質流控制器控制一製程氣體之質流之方法，該方法包括：  
對於將被控制之該製程氣體選擇一製程氣體型式；  
獲得對於該被選擇之製程氣體型式之分子質量資訊；  
接收對應於一所需質流速率之一設定點訊號；  
接收由一壓力感測器所產生之該製程氣體之一壓力量測；  
回應於滿足一門檻狀況之流體之壓力改變之一速率，脫離一回授控制迴圈，該回授控制迴圈係根據在一被量測流量速率與該所需質流速率間之一差異控制該質流控制器之一閥；  
使用相等於  $F_{pr} * (M_{pr}/M_{cal})^k$  之一修正流量值決定一製程控制訊號值對於所需流量值及壓力，其中， $F_{pr}$  係為所需製程氣體流量值， $M_{pr}$  係為對於該被選擇之製程氣體型式之分子質量， $M_{cal}$  係為對於校準氣體之一分子質量，以及  $k$  係為具有一數值於 0.2...0.5 間之一變數，取決於質流控制器流量範圍；以及  
應用製程控制訊號於位於該製程控制訊號值處之閥，以提供該製程氣體於該所需質流速率處。
2. 一種用於以一質流控制器控制一製程氣體之質流之方法，該方法包括：  
對於將被控制之該製程氣體選擇一製程氣體型式；  
獲得對於該被選擇之製程氣體型式之分子質量資訊；  
獲得一般特性化資料，其包括，對於複數個流量及壓力值

對之每一個，一對應之控制訊號值；

藉由根據方程式  $F_{adj} = F_{cal} * (M_{cal}/M_{pr})^k$  修正於該一般特性化資料中之流量值而產生運作特性化資料，其中， $F_{adj}$  係為一被調整流量值， $F_{cal}$  係為被校準流量值， $M_{pr}$  係為對於該被選擇製程氣體型式之分子質量， $M_{cal}$  係為對於校準氣體之一分子質量，以及  $k$  係為具有一數值於 0.2...0.5 間之一變數，取決於質流控制器流量範圍；以及

使用該運作特性化資料去運作該質流控制器之一關於一開放迴圈控制模式之中。

3. 如申請專利範圍第2項所述之方法，包括：

回應於滿足一門檻狀況之流體之壓力改變之一速率，脫離一回授控制迴圈，該回授控制迴圈係根據在一被量測流量速率與一所需質流速率間之一差異控制該質流控制器之一閥；

根據壓力量測計算當該回授控制迴圈已被脫離時之該閥之一閥位置以及計算係特性化該質流控制器之該運作特性化資料；

當該流量量測係精確時在一時間期間或門檻狀況之一係被符合之後，再進行該回授控制迴圈；

當該回授控制迴圈係被第一次再進行時，決定在一被量測流量速率與一流量設定點間之一差異；以及

根據該差異應用一調整於該運作特性化資料，以改善該閥位置之計算之一精確度，當該回授控制迴圈係被再次脫離時。

4. 如申請專利範圍第2項所述之方法，包括：

當該質流控制器之該閥係被關閉時，接收對應於一所需流量速率之一設定點訊號；

存取被儲存於該質流控制器上之該一般特性化資料，以獲得一非零開始控制訊號之一數值以及獲得於一特別流量速率處之一特性化控制訊號之一數值；

應用於該數值處之一可調整非零開始控制訊號於該質流控制器之該閥；

在該設定點訊號減少之前，在運作過程中獲得於該特別流量速率處之該控制訊號之一被量測數值；

比較該控制訊號之該被量測數值於位於該特別流量速率處之一特性化控制訊號之一程度，該特別流量速率係被儲存於該質流控制器之上；以及

根據比較，調整該可調整非零開始控制訊號之該數值至一被調整數值，以使得下一次該質流控制器係接收，當該閥係被關閉時，另一設定點訊號，該被調整數值係被使用。

5. 一種質流控制器，包括：

一閥，係回應於一控制訊號可調整的去控制一流體之一流量速率；

一壓力傳感器，係提供表示該流體之一壓力之一壓力訊號；

一記憶體，係儲存特性化該質流控制器關於一校準氣體之一一般特性化資料；

一質流感測器，係提供該流體之一被量測流量速率；

一多重氣體控制元件，係使用相等於  $F_{pr} * (M_{pr}/M_{cal})^k$  之一修

正流量值產生一開放迴圈製程控制訊號值對於所需流量值及壓力，其中， $F_{pr}$ 係為所需製程氣體流量值， $M_{pr}$ 係為對於該被選擇之製程氣體型式之分子質量， $M_{cal}$ 係為對於該校準氣體之一分子質量，以及 $k$ 係為具有一數值於0.2...0.5間之一變數，取決於質流控制器流量範圍；以及

一多重模式控制元件，係脫離一回授控制迴圈，當該流體之壓力改變之一速率係滿足一門檻狀況以及係使用開放迴圈製程控制訊號控制該閥時。

6. 如申請專利範圍第5項所述之質流控制器，其中，該控制系統係改變回應於在設定點訊號與被獲得之對應被量測流量訊號間之任何差異之該特性化資料，每當該回授控制迴圈係被再進行時。
7. 如申請專利範圍第5項所述之質流控制器，其中，該控制系統係不改變位於該記憶體中之該特性化資料以及係應用一比例係數於回應於在設定點訊號與被獲得之對應被量測流量訊號間之任何差異之該特性化資料，每當該回授控制迴圈係被再進行時。
8. 如申請專利範圍第5項所述之質流控制器，其中，當一定時器已到期時，該控制系統係再進行該回授控制迴圈。
9. 如申請專利範圍第5項所述之質流控制器，其中，當該流體之壓力改變之速率係位於該門檻狀況之下時，該控制系統係再進行該回授控制迴圈。
10. 一種質流控制器，包括：  
一閥，係回應於一控制訊號可調整的去控制一氣體之一流

量速率；

一壓力傳感器，係提供表示該氣體之一壓力之一壓力訊號；

一質流感測器，係提供該氣體之一被量測流量速率；

一處理器，係回應於一設定點訊號、氣體之一型式及該壓力訊號控制該閥；以及

一非短暫、有形處理器可讀取儲存媒介，係連接於該處理器，當被該處理器執行時，以複數個處理器可讀取指令被編碼用於控制該閥，該等指令包括指令用於：

選擇將被控制之該氣體之型式；

獲得對於氣體之該被選擇型式之分子質量資訊；

接收對應於一所需流量速率之該設定點訊號；

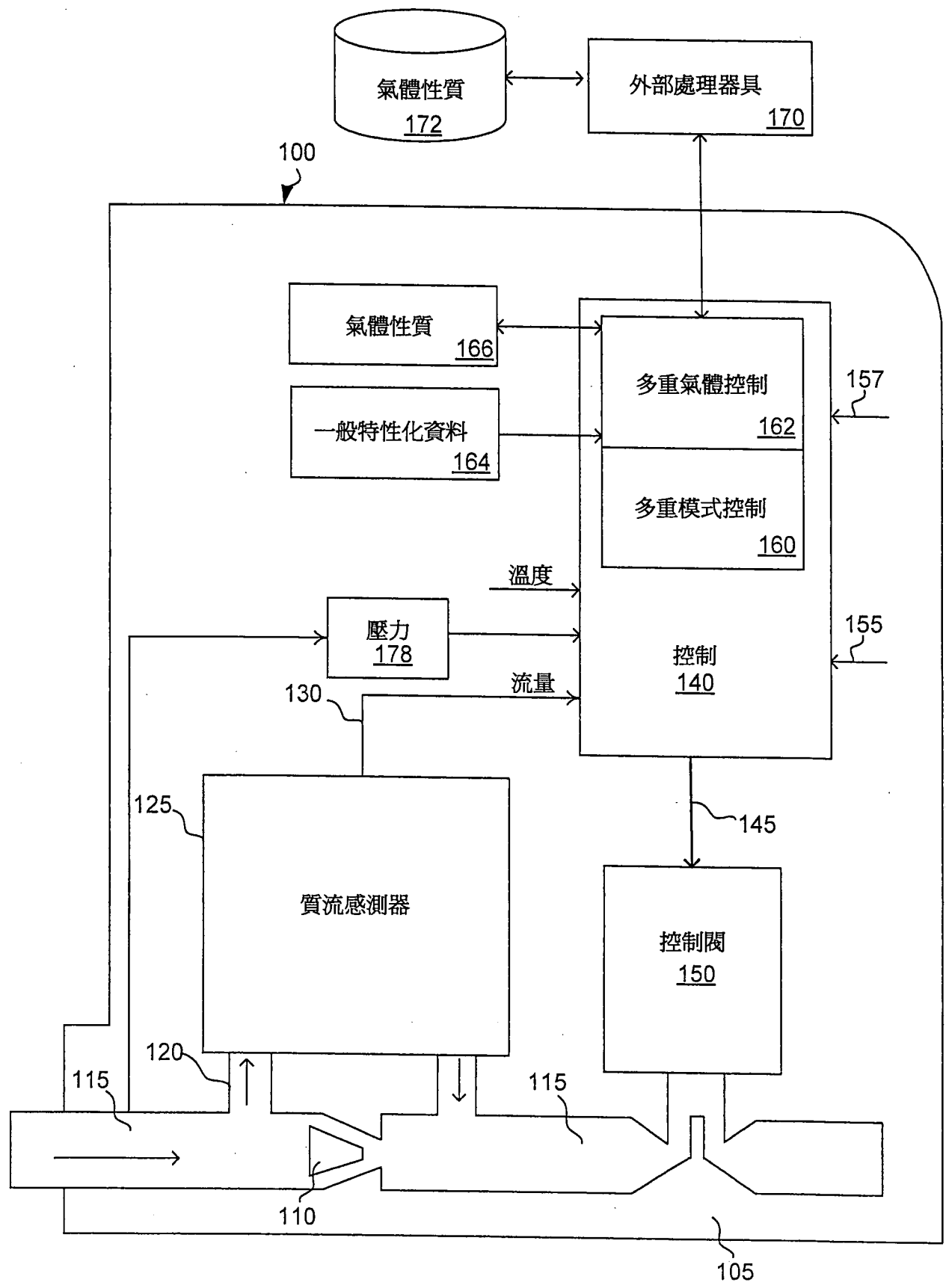
接收由該壓力傳感器所產生之該壓力訊號；

回應於滿足一門檻狀況之該流體之壓力改變之一速率，脫離一回授控制迴圈，該回授控制迴圈係根據在該被量測流量速率與該所需流量速率間之一差異控制該閥；

使用相等於  $F_{pr} * (M_{pr}/M_{cal})^k$  之一修正流量值決定一控制訊號值對於該所需流量速率及壓力，其中， $F_{pr}$  係為所需流量速率， $M_{pr}$  係為對於該被選擇之製程氣體型式之分子質量， $M_{cal}$  係為對於校準氣體之一分子質量，以及  $k$  係為具有一數值於 0.2...0.5 間之一變數，取決於質流控制器流量範圍；以及

應用控制訊號於位於該控制訊號值處之該閥，以提供該氣體於該所需流量速率處。

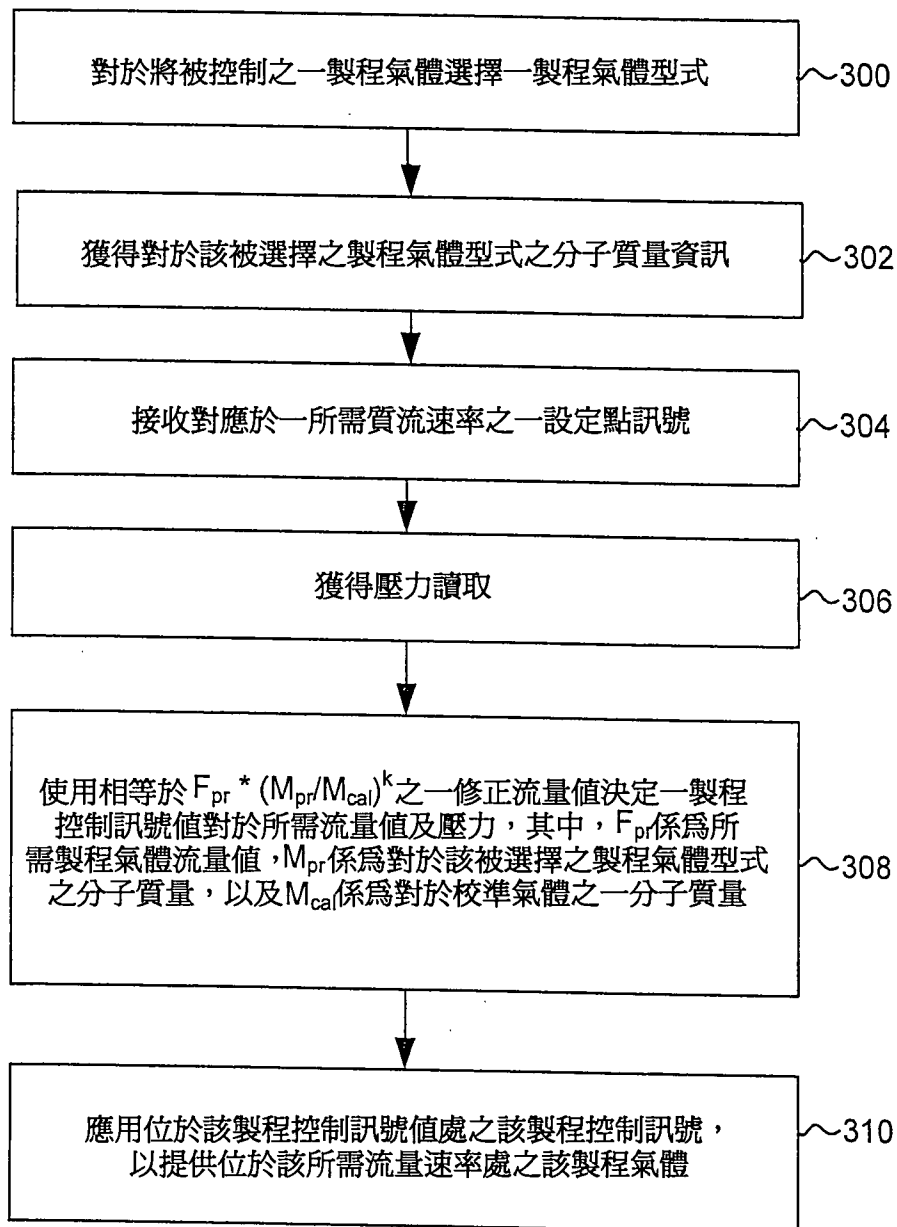
圖式



第1圖

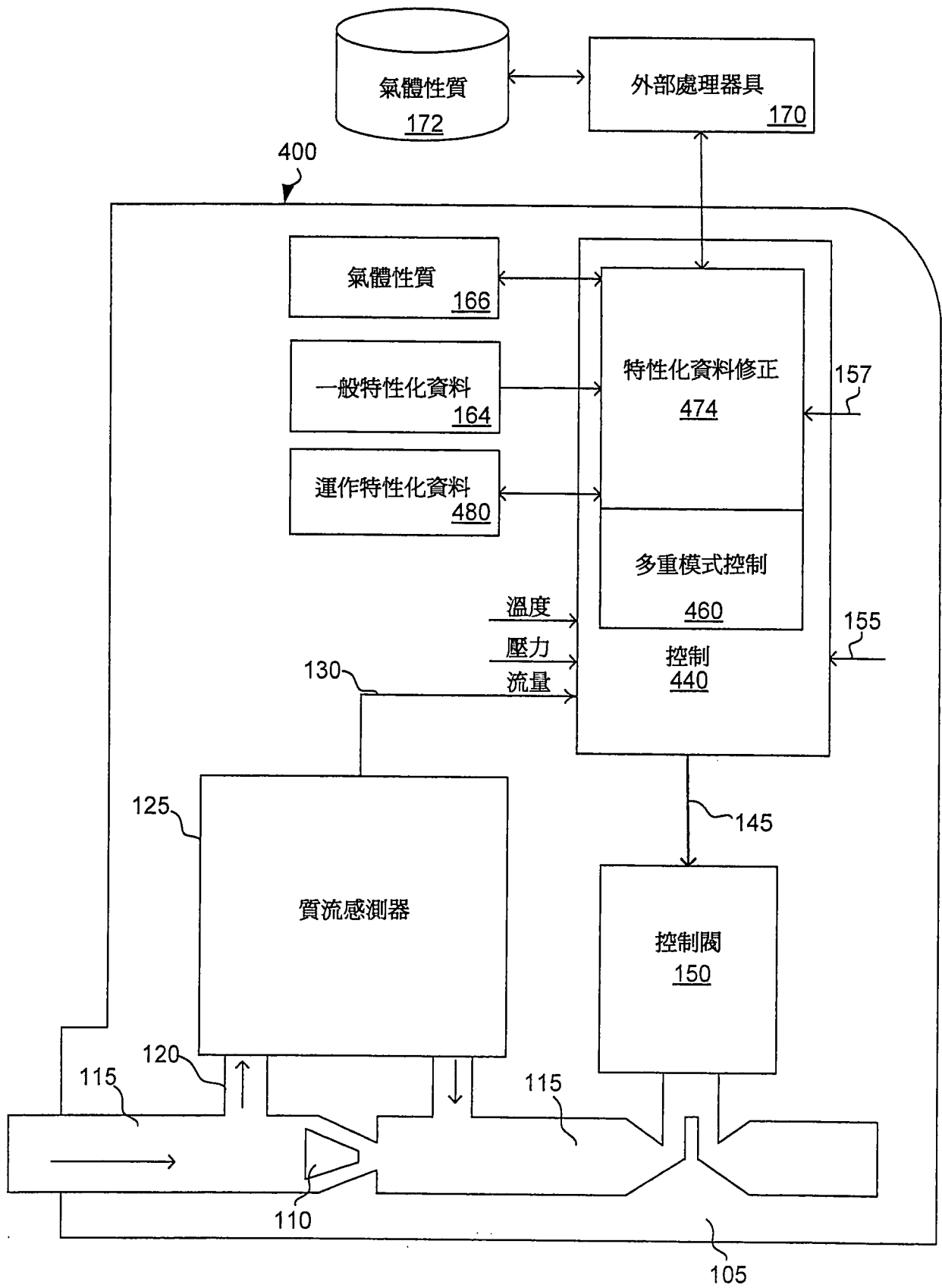
	流量 ↓	P[1]	P[2]	...		P[M]	
		15	20	30	40	50	65 ← 壓力
F[1]	0.3	9.386	9.943	11.131	12.361	13.61	15.5
F[2]	0.5	9.593	10.11	11.255	12.461	13.694	15.569
	1	10.033	10.467	11.519	12.674	13.874	15.717
	2	10.769	11.064	11.961	13.03	14.175	15.964
⋮	5	12.551	12.51	13.032	13.893	14.904	16.561
	10	14.98	14.48	14.491	15.069	15.898	17.375
	20	19.043	17.776	16.932	17.036	17.56	18.737
	40	25.839	23.288	21.015	20.326	20.339	21.014
	70	34.537	30.344	26.24	24.538	23.898	23.93
F[N]	100	42.293	36.635	30.9	28.293	27.07	26.529

第2圖

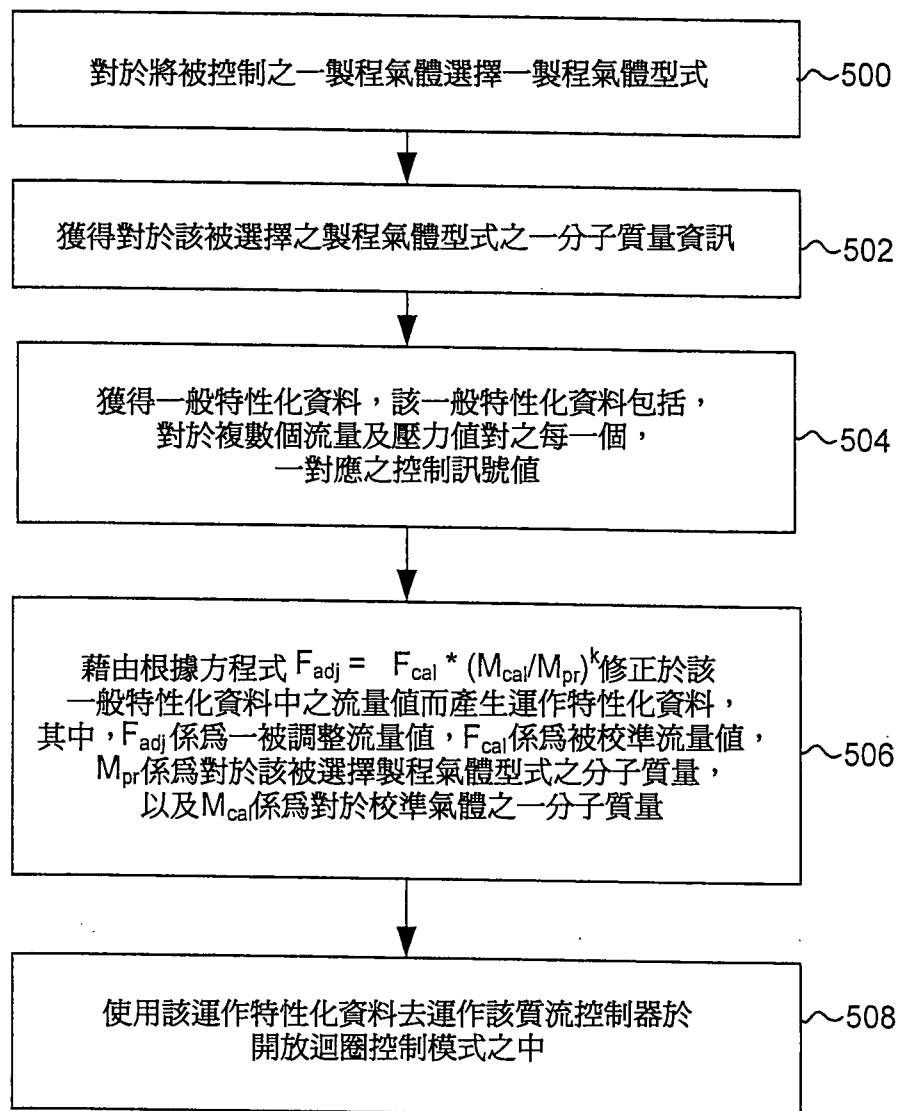


第3圖

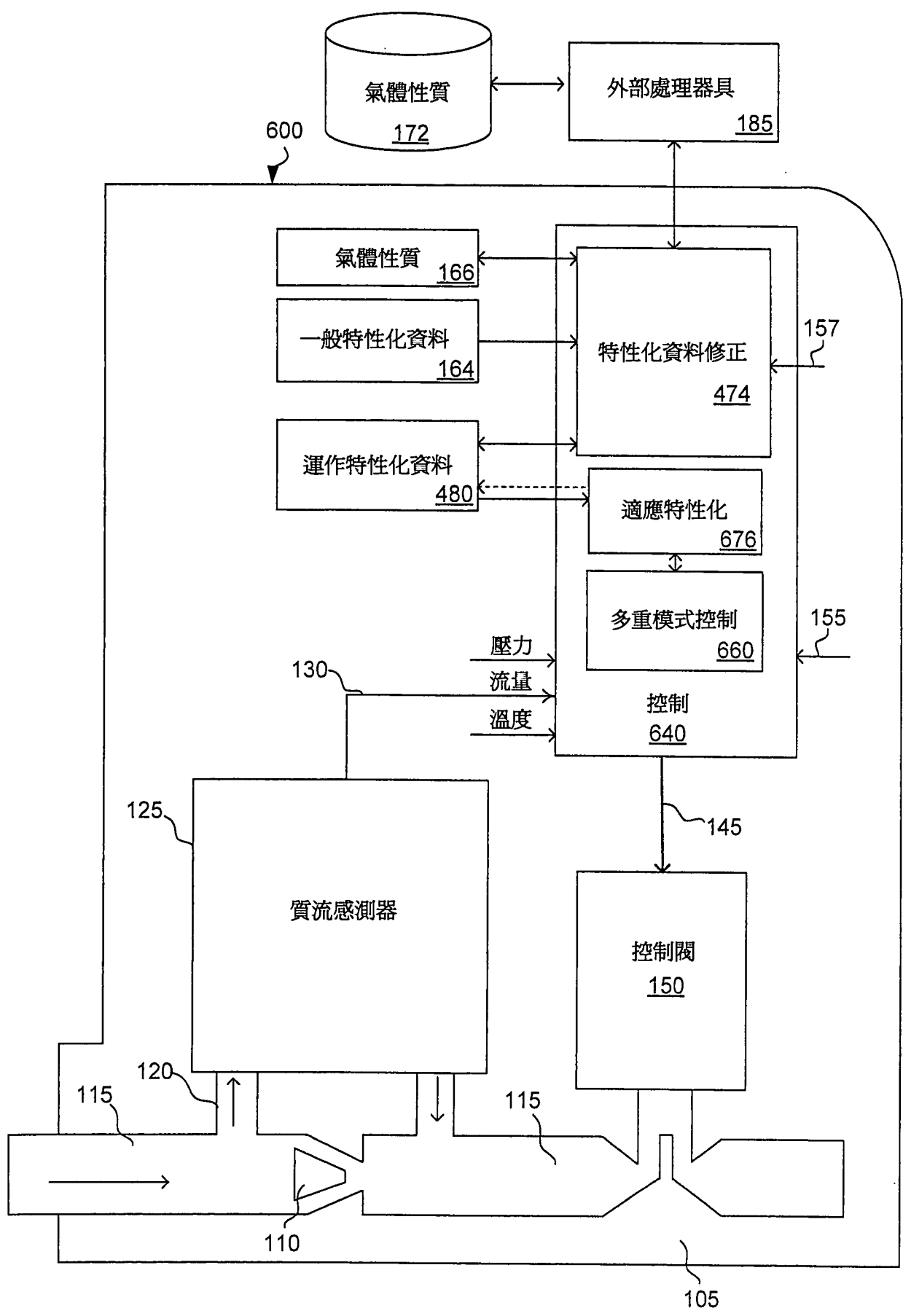




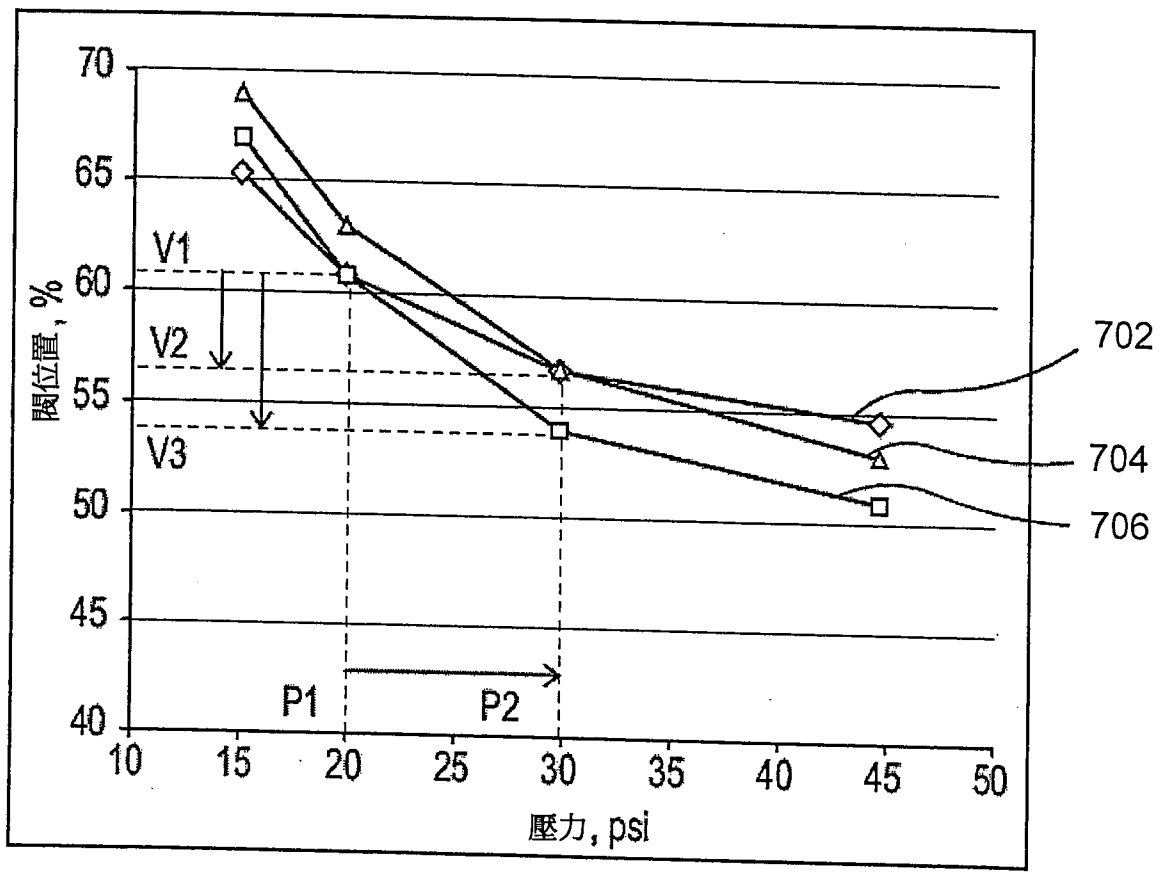
第4圖



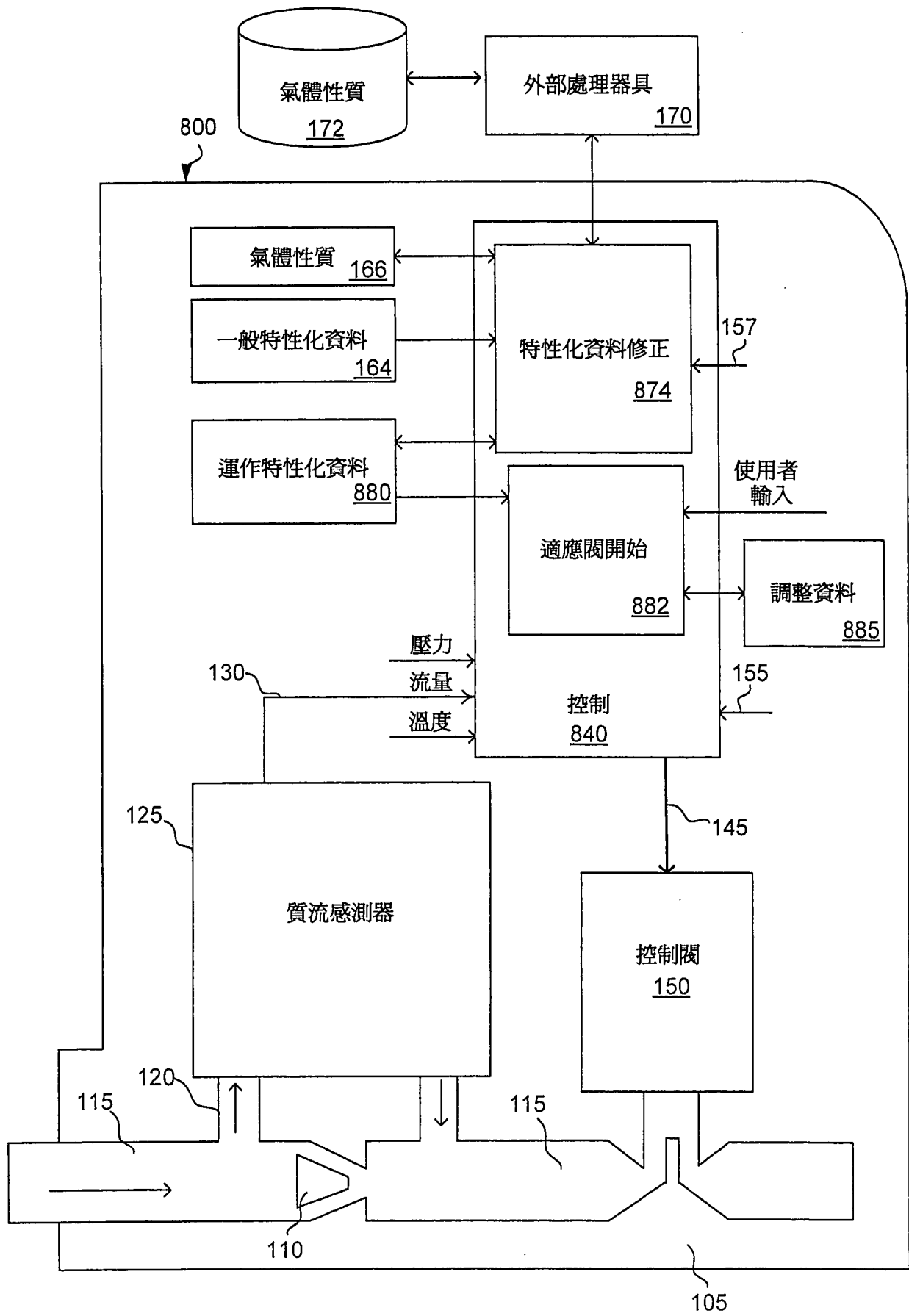
第5圖



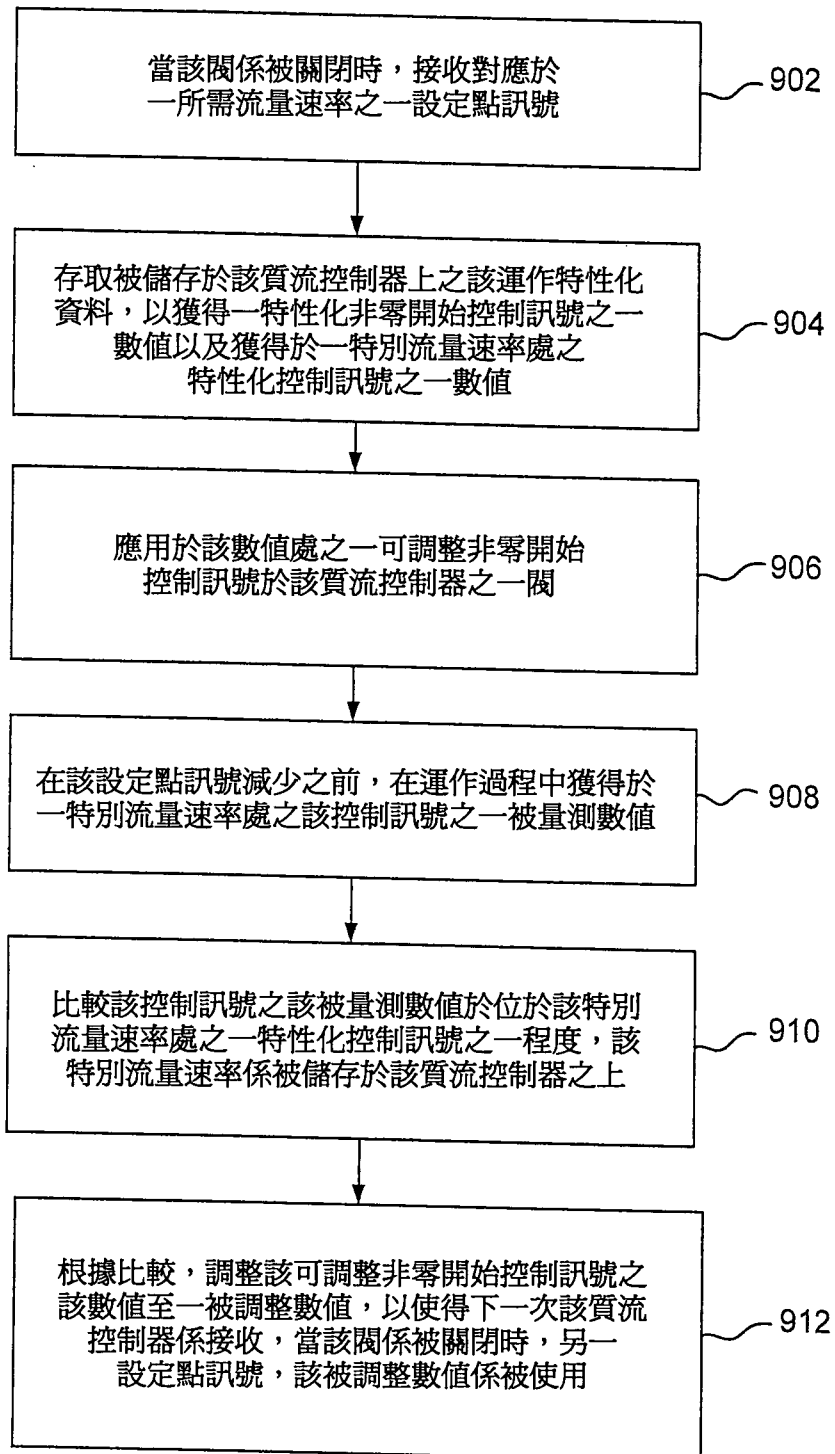
第6圖



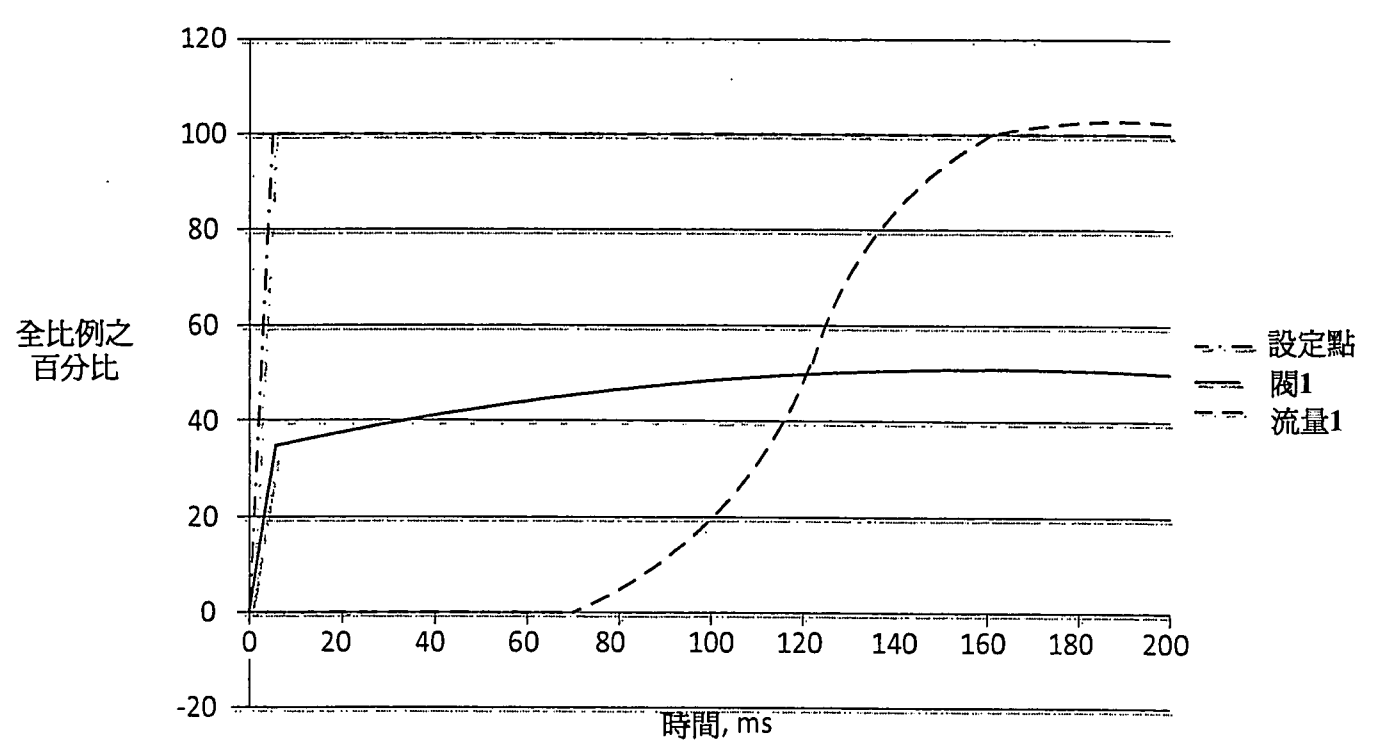
第7圖



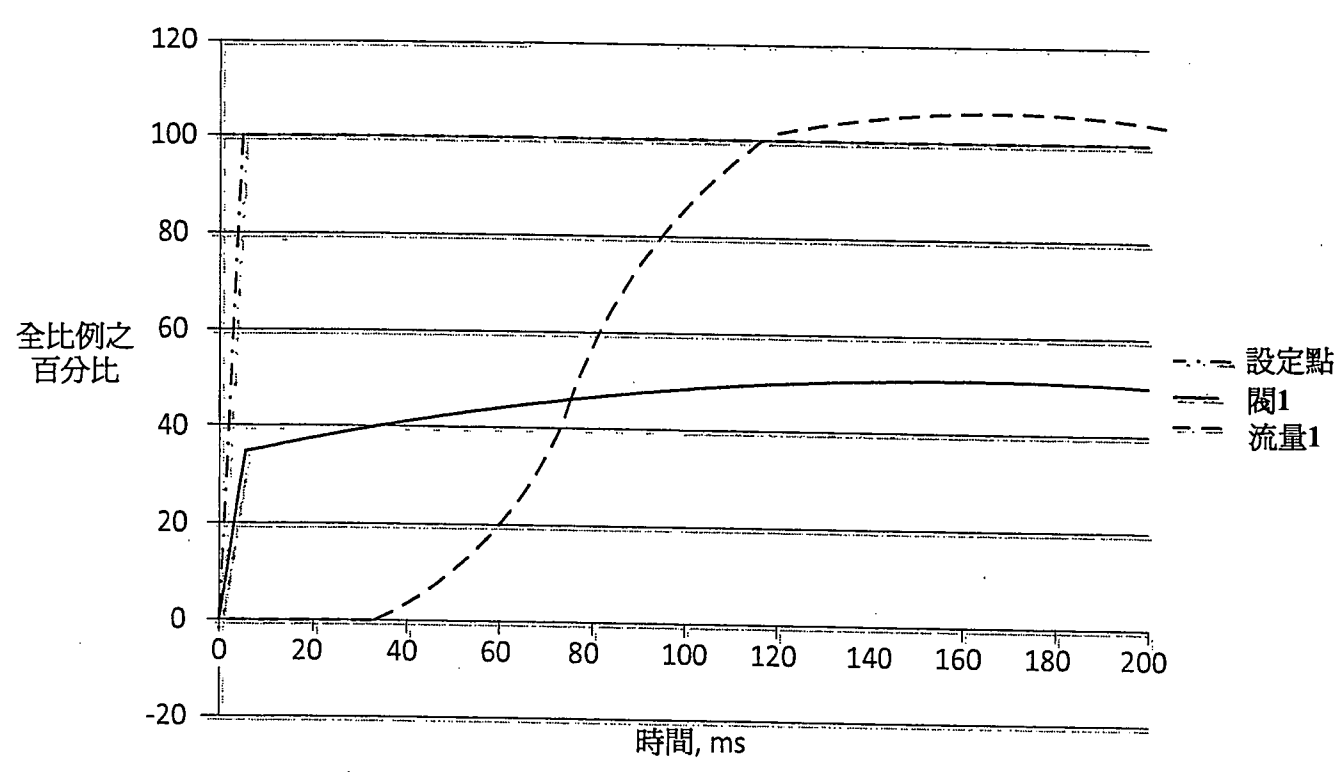
第8圖



第9圖

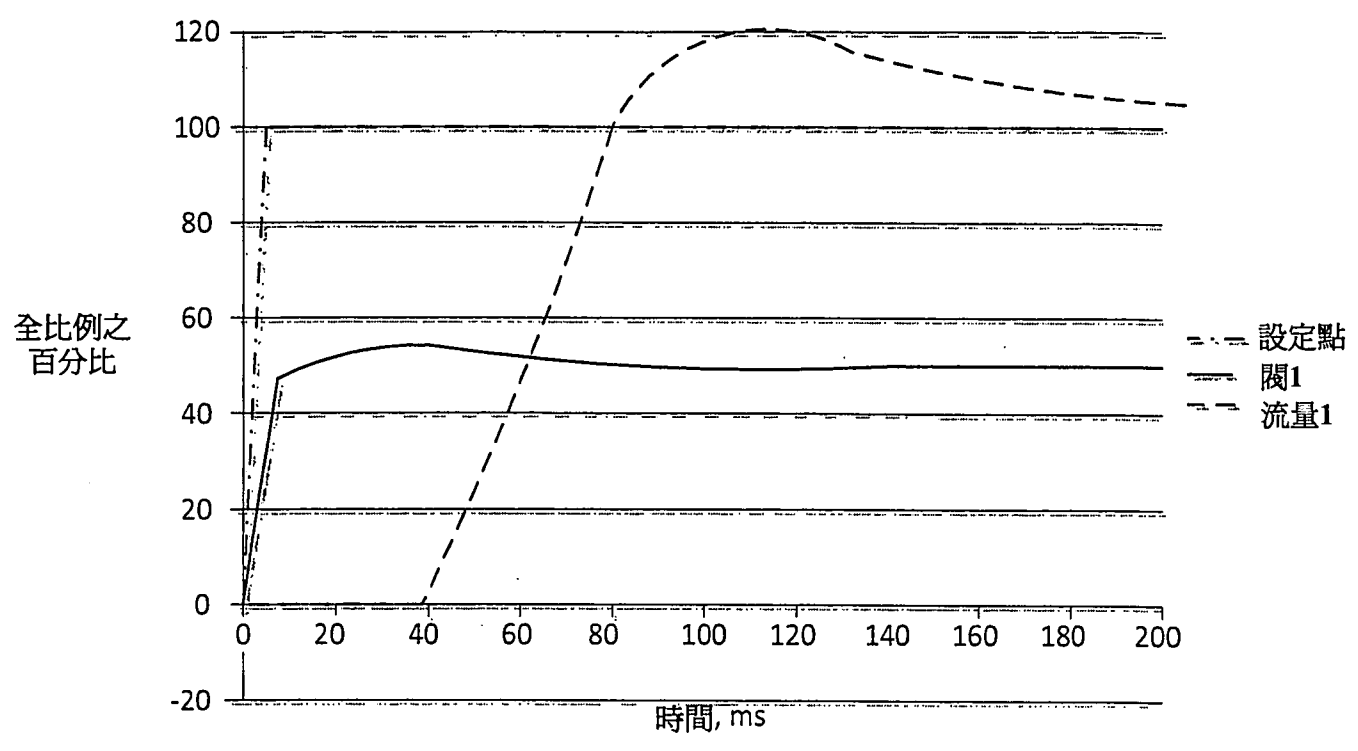


第10A圖

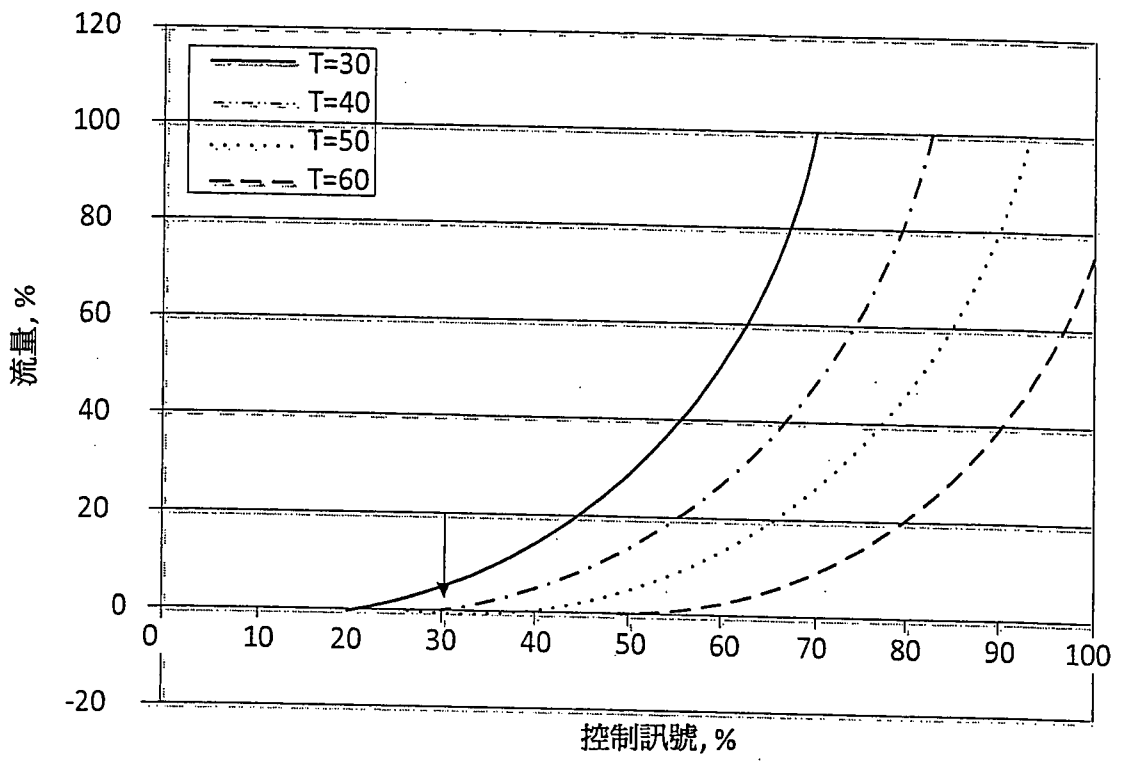


第10B圖

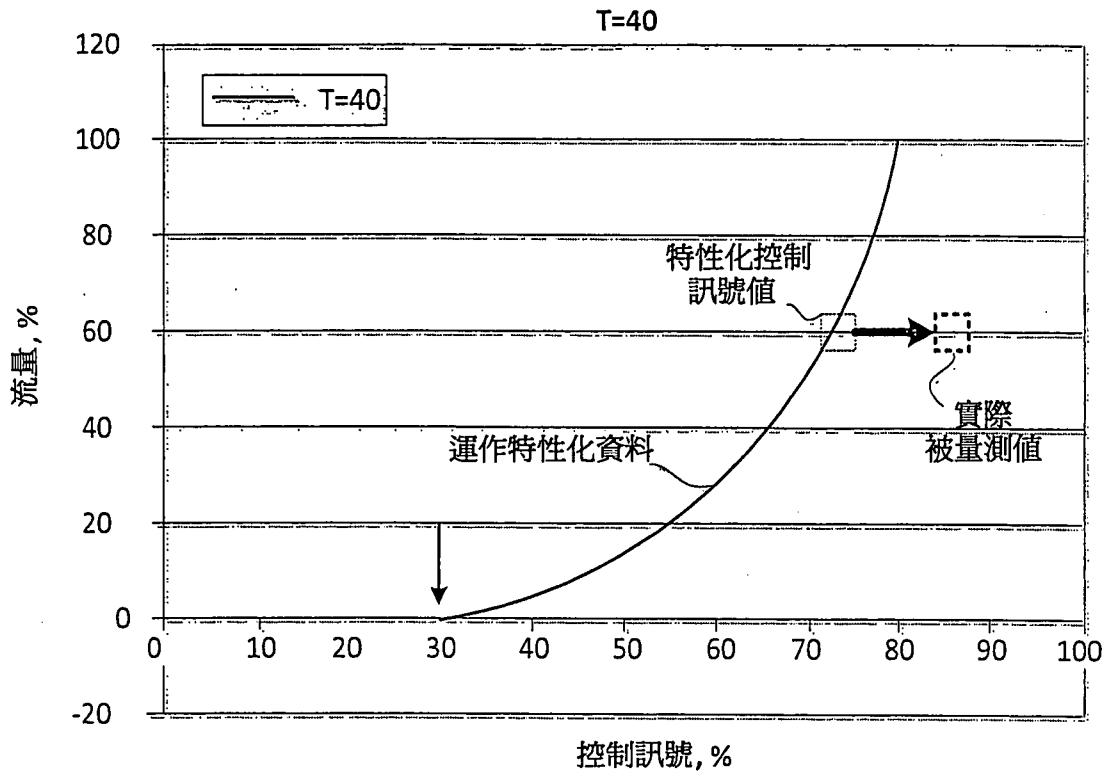




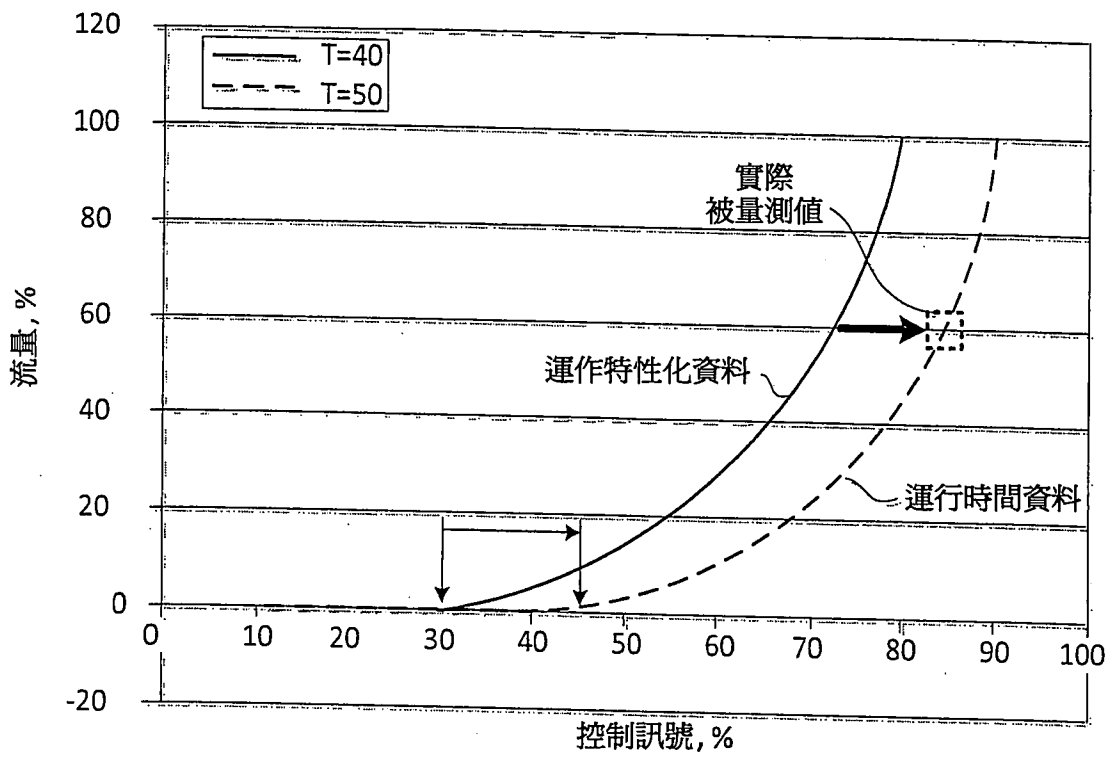
第10C圖



第11圖

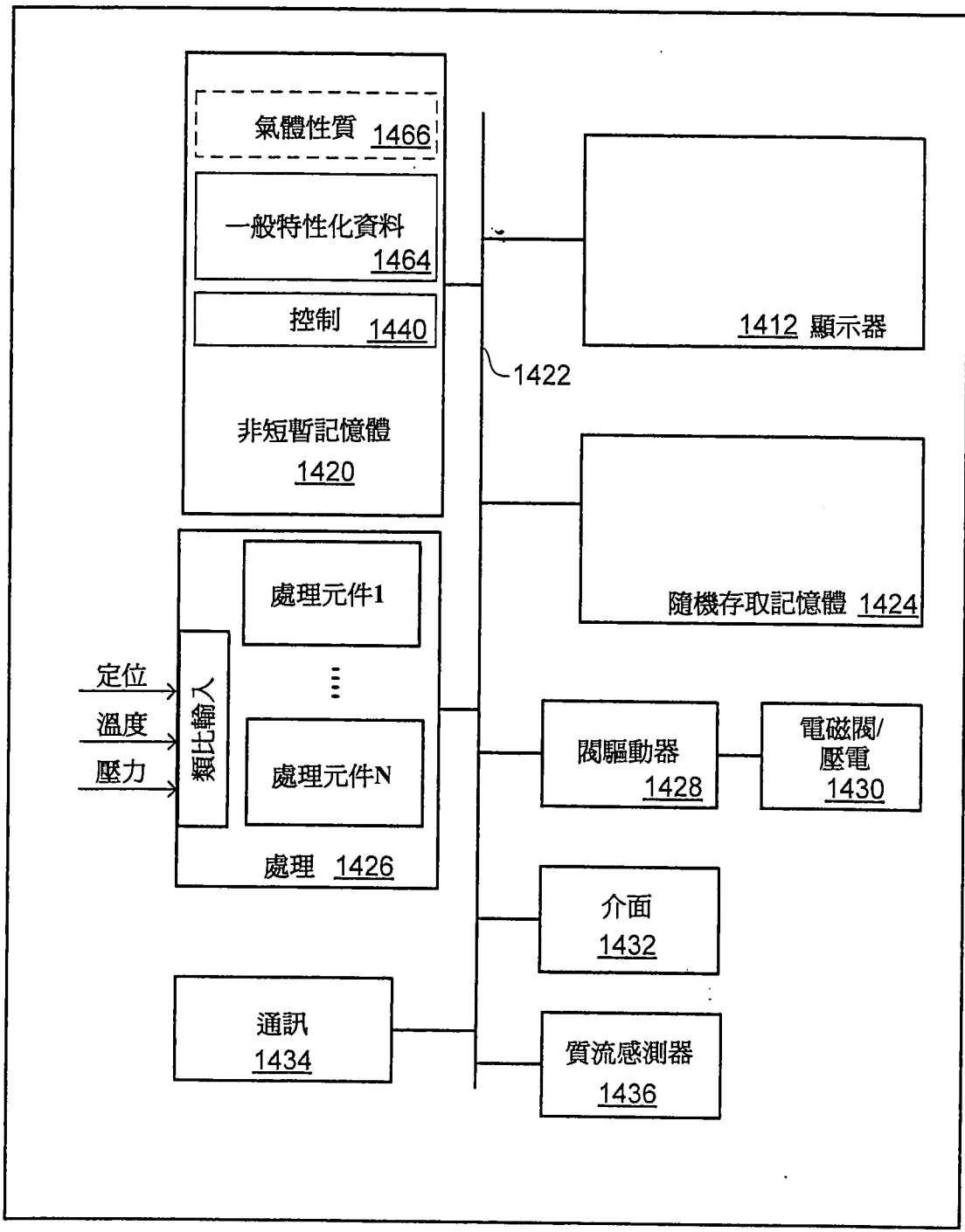


第12圖



第13圖

1400  
↓



第14圖