



(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 I791104 B

(45) 公告日：中華民國 112 (2023) 年 02 月 01 日

(21) 申請案號：108111663 (22) 申請日：中華民國 108 (2019) 年 04 月 02 日  
 (51) Int. Cl. : C23C16/455 (2006.01) C23C16/52 (2006.01)  
 (30) 優先權：2018/06/01 美國 15/996,350  
 (71) 申請人：荷蘭商 A S M I P 控股公司 (荷蘭) ASM IP HOLDING B.V. (NL)  
 荷蘭  
 (72) 發明人：威克勒 傑瑞德 李 WINKLER, JERELD LEE (US) ; 李 卓熹 LI, CHEUK  
 (US) ; 舒爾茨 邁克爾 F SCHULTZ, MICHAEL F. (US) ; 蘇格古 約翰 凱  
 文 SHUGRUE, JOHN KEVIN (US)  
 (74) 代理人：葉璟宗 ; 鄭婷文 ; 詹富閔  
 (56) 參考文獻：  
 TW 201700786A  
 審查人員：陳子明  
 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：7 共 47 頁

## (54) 名稱

原子層沉積裝置、半導體製程裝置及控制原子層沉積裝置之方法

## (57) 摘要

提供一種原子層沉積裝置、半導體製程裝置及控制原子層沉積裝置之方法。本發明揭露的一半導體製程裝置可包括一反應器總成，該反應器總成包括一尺寸化適合其中接受基材的反應腔室。一排氣管線可為流體連通於該反應腔室，該排氣管線構造成使氣體輸送出該反應腔室。一閥可沿著該排氣管線配置，以調節沿著該排氣管線的氣體流動。一控制系統可構造成使用一開迴路控制模式進行操作，從而控制該閥的操作。

An atomic layer deposition device, a semiconductor processing device, and a method of controlling atomic layer deposition device are provided. A semiconductor processing device can include a reactor assembly comprising a reaction chamber sized to receive a substrate therein. An exhaust line can be in fluid communication with the reaction chamber, the exhaust line configured to transfer gas out of the reaction chamber. A valve can be disposed along the exhaust line to regulate the flow of the gas along the exhaust line. A control system can be configured to operate in an open loop control mode to control the operation of the valve.

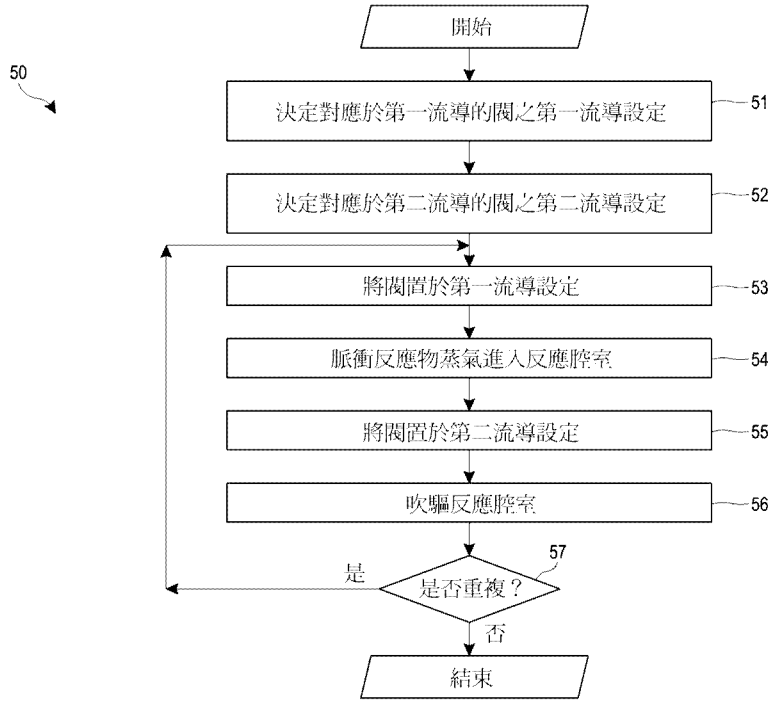
指定代表圖：

符號簡單說明：

50:方法

51、52、53、54、

55、56、57:步驟



【圖5】



I791104

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】原子層沉積裝置、半導體製程裝置及控制原子層沉積裝置之方法

【英文發明名稱】 ATOMIC LAYER DEPOSITION DEVICE, SEMICONDUCTOR PROCESSING DEVICE, AND METHOD OF CONTROLLING ATOMIC LAYER DEPOSITION DEVICE

【中文】提供一種原子層沉積裝置、半導體製程裝置及控制原子層沉積裝置之方法。本發明揭露的一半導體製程裝置可包括一反應器總成，該反應器總成包括一尺寸化適合其中接受基材的反應腔室。一排氣管線可為流體連通於該反應腔室，該排氣管線構造成使氣體輸送出該反應腔室。一閥可沿著該排氣管線配置，以調節沿著該排氣管線的氣體流動。一控制系統可構造成使用一開迴路控制模式進行操作，從而控制該閥的操作。

【英文】 An atomic layer deposition device, a semiconductor processing device, and a method of controlling atomic layer deposition device are provided. A semiconductor processing device can include a reactor assembly comprising a reaction chamber sized to receive a substrate therein. An exhaust line can be in fluid communication with the reaction chamber, the exhaust line configured to transfer gas out of the reaction chamber. A valve can be disposed along the exhaust line to regulate the flow of the gas

along the exhaust line. A control system can be configured to operate in an open loop control mode to control the operation of the valve.

【指定代表圖】圖5。

【代表圖之符號簡單說明】

50：方法

51、52、53、54、55、56、57：步驟

【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 原子層沉積裝置、半導體製程裝置及控制原子層沉積裝置之方法

【英文發明名稱】 ATOMIC LAYER DEPOSITION DEVICE, SEMICONDUCTOR PROCESSING DEVICE, AND METHOD OF CONTROLLING ATOMIC LAYER DEPOSITION DEVICE

### 【技術領域】

【0001】 本發明有關用於控制氣相製程之系統及方法，尤其是有關用於控制在製程期間整體流速變化的氣相製程之系統及方法。

### 【先前技術】

【0002】 原子層沉積(Atomic Layer Deposition, ALD)為一種用於在基材上生長高度均勻薄膜之方法。在分時的 ALD(Time-divided ALD)反應器中，基材為置放在不含雜質的反應空間中，而且至少兩不同揮發性前驅物(反應物蒸氣)為交替及重複使用氣相注入反應空間。薄膜生長是基於在基材表面上發生的自限性表面反應，以形成一固態原子或分子層，因為選擇基材的反應物和溫度，使得交替注入的氣相前驅物的分子僅於基板上與其表面層反應。反應物是以足夠高的劑量注入，以使表面在各注入循環期間實際上飽和。因此，所述製程是高度自調性，沒有非常仰賴於起始材料的濃度、暴露的溫度或持續時間(至少在相對寬的製程空間內)，藉

此可實現極高的薄膜均勻性及單一原子或分子層的厚度準確性。在空間分割的 ALD(space-divided ALD)反應器中可獲得類似結果，其中基材移入交替暴露於不同反應物的區域。反應物可促成生長薄膜(前驅物)及/或用於其他功能，諸如從前驅物的吸附物質中剝離配體以促成後續反應物的反應或吸附。

**【0003】** ALD 方法可用於生長元素和化合物薄膜兩者。ALD 可涉及循環重複的交替兩或多個反應物，而且不同循環可具有不同數目的反應物。雖然 ALD 的變體可每個循環沉積一個以上的單層，但是純的 ALD 反應傾向於每個循環產生少於一單層。

**【0004】** 使用 ALD 方法生長薄膜可能由於具有逐步(逐層)特性而為一緩慢製程 至少兩氣體脈衝交替形成一想要材料層，而且脈衝保持彼此分離，防止無法控制薄膜生長和污染 ALD 反應器。在每個脈衝之後，從反應空間除去薄膜生長製程的氣態反應產物、以及氣相的過量反應物，或將基材自包含其等之區移開。在分時的實例中，此可藉由向下泵抽反應空間、藉由在連續脈衝之間使用一惰性氣體流吹驅反應空間、或兩者來實現。吹驅處理在反應物脈衝之間的管道中使用一惰性氣柱。由於吹驅處理效率及其在連續脈衝之間形成有效擴散屏障的能力，使得吹驅處理廣泛使用在生產模式上。通常，惰性吹驅處理氣體在反應物脈衝期間亦當作一載氣使用，從而稀釋反應物蒸氣，然後將其饋入反應空間。

**【0005】** 從吹驅處理轉移到劑量處理的控制或逆向轉移、同時確保高薄膜品質、時間效率與反應物消耗兩者可越有具挑戰性。因

此，仍然需要用於改善控制沉積製程的系統及方法。

**【發明內容】**

**【0006】** 本發明的系統及方法具有數個特徵，其中沒有單一特徵負責其想要的屬性。在沒有限制文後申請專利範圍所主張本發明的範疇之情況下，現將簡單討論各種特徵。在考慮此討論後，尤其是閱讀標題「實施方式」段落之後，將瞭解本說明書所述特徵如何提供優於習知氣體傳輸方法及系統的若干優點。

**【0007】** 在一實施例中，揭露一原子層沉積(ALD)裝置。該 ALD 裝置可包括一反應器總成，所述反應器總成包括一尺寸化適於其中接受基材之反應腔室。該 ALD 裝置可包括一流體連通於該反應腔室之排氣管線，該排氣管線構造成使氣體輸送出該反應腔室。該 ALD 裝置可包括一沿著該排氣管線配置的閥，以調節沿該排氣管線的氣體流動，該控制閥具有複數個流導設定。該 ALD 裝置可包括一構造成控制該閥的操作之控制系統。在該 ALD 裝置的劑量狀態期間，該控制系統可構造成發送一第一信號至對應於該複數個流導設定的一第一流導之閥。在該 ALD 裝置的吹驅狀態 (purge state) 期間，該控制系統可構造成發送一第二信號至對應於該複數個流導設定的一第二流導之閥。

**【0008】** 在另一實施例中，揭露一半導體製程裝置。該半導體製程裝置可包括一反應器總成，所述反應器總成包括一尺寸化適於其中接受基材之反應腔室。該半導體製程裝置可包括一流體連通

於該反應腔室之排氣管線，該排氣管線構造成使氣體輸送出該反應腔室。該半導體製程裝置可包括一沿著該排氣管線配置的閥，以調節沿著該排氣管線的氣體流動。該半導體製程裝置可包括一構造成使用開迴路控制模式進行操作從而控制該閥的操作之控制系統。

**【0009】** 在另一實施例中，揭露一種控制原子層沉積(ALD)裝置的方法。該 ALD 裝置可包括一反應腔室、一使氣體輸送出所述反應腔室的排氣管線、及一沿著該排氣管線的控制閥。該方法可包括針對該 ALD 裝置的劑量狀態，至少部分基於該反應腔室中的一第一期望壓力和一針對劑量狀態的第一氣體負載來決定對應於一第一流導的該閥之一第一流導設定。該方法可包括針對該 ALD 裝置的吹驅狀態，至少部分基於該反應腔室中的一第二期望壓力和一針對吹驅狀態的第二氣體負載來決定對應於一第二流導的該閥之一第二流導設定。該方法可包括針對所述劑量狀態之至少一部分，將該閥置於所述第一流導設定。該方法可包括在所述劑量狀態期間使一第一反應物蒸氣脈衝入該反應腔室。該方法可包括針對所述吹驅狀態之至少一部分，將該閥置於所述第二流導設定。該方法可包括在所述吹驅狀態期間，透過供應惰性氣體至該反應腔室以吹驅該反應腔室。

### **【圖式簡單說明】**

**【0010】** 現將參考數個實施例的附圖來描述本發明的這些及其他

特徵、態樣和優點，所述實施例旨在說明而不是限制本發明。

圖 1A 為在製程階段期間所示之含有一反應器總成之半導體製程裝置的示意側截面圖。

圖 1B 為裝載/卸載階段期間所示圖 1A 的半導體製程裝置之示意側截面圖。

圖 2 為表示氣體負載(流速)、閥控制壓力、閥設定點或位置、反應腔室所測量壓力、與所測量的晶圓壓力和圖 1A-1B 所示半導體製程裝置的控制壓力之間差異的數值表格。

圖 3 為繪製跨複數個氣體負載之所測量反應腔室壓力與沿著半導體製程裝置的排氣管線之閥的設定點相比較的曲線圖之實例。

圖 4 為控制系統電溝通於所述閥的示意系統圖。

圖 5 為示意說明根據各種實施例之用於操作 ALD 裝置的方法之流程圖。

圖 6A 為根據本說明書揭露的各種實施例之閥處於完全打開組態的示意平面圖。

圖 6B 為處於完全關閉組態之圖 6A 所示的閥之示意平面圖。

圖 7 為使用圖 6A-6B 所示的閥，在一吹驅循環、隨後一劑量循環、隨後另一吹驅循環的隨時間的相對流導之圖式。

## 【實施方式】

【0011】 本說明書揭露的各種實施例有關用於控制半導體製程裝

置中的沉積製程之系統及方法。雖然在沉積裝置(例如，一原子層沉積(ALD)裝置、一化學氣相沉積(Cheical Vapor Deposition, CVD)裝置等)的環境下描述實施例，但是熟習該項技藝者將明白本說明書所教示關於整體流速及/或壓力可經常在製程期間變化的其他類型製程之原理和優點的應用。

【0012】 圖 1A 為在所述半導體製程裝置 1 的製程階段期間所示，含有一反應器總成 18 的半導體製程裝置 1 之示意側截面。圖 1B 為在所述半導體製程裝置 1 的裝載階段期間所示，圖 1A 所示半導體製程裝置 1 之示意側截面圖。圖 1A-1B 示意說明一 ALD 裝置，但是應明白，本發明揭露的實施例可結合任何適當類型半導體製程裝置(例如，任何適當類型沉積裝置)使用。此外，所述半導體製程裝置、控制系統、及方法可結合美國專利案第 8,211,230 號、美國專利案第 8,216,380 號、2017 年 11 月 3 日申請的美國專利申請案第 15/803,615 號、2017 年 10 月 16 日申請的美國專利申請案第 15/785,231 號、及美國專利案第 9,574,268 號所述的製程系統使用，其每個專利案的整個內容且針對所有目的併入本說明書供參考。

【0013】 該反應器總成 18 可包括一配置於下裝載腔室 8 上方的上反應腔室 2。該反應腔室 2 可尺寸化適於接受基材(例如，一半導體晶圓)供製程。為了裝載該反應器總成 18，如圖 1B 所示，可降低由一可動臂 6 支撐的基座 5，使得該基座 5 配置於該裝載腔室 8 中。在實施例中，該基座 5 可包括一內部加熱機構，諸如一電阻

式加熱器。未示出的基材(諸如晶圓)可定位於該基座 5 上。該可動臂 6 可垂直升高以將基材(未示出)定位於該反應腔室 2 內。例如，該可動臂 6 可升高，使得該基座 5 的上表面暴露於該反應腔室 2。一隔板 9 可分開該反應腔室 2 與該裝載腔室 8。在實施例中，處於製程位置(圖 1A)的該裝載腔室 8 和該反應腔室 2 之間可有某些受限的流體連通，諸如通過該基座 5 和該隔板 9 之間的示意小間隙或一系列開口。如圖 1A 和 1B 所示，一下腔室(Lower Chamber, LC)壓力轉換器 16 可設置在該裝載腔室 8 中，從而測量該裝載腔室 8 中的壓力。在示意的實施例中，該反應腔室 2 中沒有壓力測量裝置，以避免對該反應腔室 2 中的氣體流動產生不想要的影響。

**【0014】** 在諸如一 ALD 製程的沉積製程期間，流入氣體  $g_i$ (例如，反應物及/或惰性氣體)可經由一進氣歧管 7 以交替及重複供應至該反應器總成 18。例如，在 ALD 製程的脈衝或劑量狀態期間，一反應物氣體可經由該進氣歧管 7 供應至該反應器總成 18。反應氣體可與基材上的一針對性物質起反應以形成一想要的反應物單層。在一吹驅狀態期間，可經由該進氣歧管 7 將惰性氣體供應至該反應器總成 18，以從該反應腔室 2 吹驅過量的反應物(及其他)氣體。在所述層到達整體想要的厚度之前，劑量處理和吹驅處理步驟可交替重複以一次生長一薄膜層。所述流入氣體  $g_i$  可經由一噴頭總成散布在圖 1A 所示的基材上，所述噴頭總成包括一噴頭板 3 和一配置於所述噴頭板 3 上方的噴頭充氣腔室 4。該噴頭板 3 可包括複數個開口(未示出)，其可使流入氣體  $g_i$  平均且均勻散布

在基材上。雖然圖 1A-1B 顯示一噴頭總成，但應明白，其他類型反應器可結合所揭露實施例使用，諸如平流反應器。

**【0015】** 所述反應腔室 2 中的反應物及/或惰性氣體可藉由一真空源 10(例如，一真空泵)沿著一排氣管線 17 從該反應器總成 18 移除。該真空源 10 可被致動以施加負壓至該排氣管線 17 和該反應腔室 2，以從該反應器總成 18 抽吸排氣  $g_e$ 。如圖 1A 所示，氣體可經由提供反應腔室 2 和排氣管線 17 之間的流體連通的一或複數個排氣口 13 而離開該反應腔室 2。在示意的實施例中，該(等)排氣口 13 供應連通於該排氣管線 17 的一排氣環。一閥 14(例如，一流動控制閥)可在複數個設定點或位置處可調節式打開和關閉，以計量沿著該排氣管線 17 的排氣  $g_e$  的流動。複數個設定點或位置可對應於該閥 14 的複數個對應流導。圖 1A-1B 所示的閥 14 包括一可於複數個位置處打開的節流閥，以增加或減少排氣  $g_e$  通過該排氣管線 17 的流動。例如，該閥 14 可定位於 0%和 100%打開之間，且 0%表示完全關閉，100%表示完全打開，及其間位置變化之任一者。在其他實施例中，如下有關圖 6A-6B 的解釋，該閥 14 可包括一構造成控制排氣  $g_e$  流過該排氣管線 17 之球閥。如圖 1A-1B 所示，一排氣管線壓力轉換器 15 可沿著該排氣管線 17 設置，以測量沿著該排氣管線 17 的排氣  $g_e$  之壓力。

**【0016】** 如本說明書的解釋，一控制系統 19 可構造成控制該半導體製程裝置 1 的操作。該控制系統 19 可包括一模組控制器 11 與一閥控制器 12。雖然圖中未示出，但該控制系統 19 可包括用於控

制該半導體製程裝置 1 的整體操作之其他控制器。該模組控制器 11 可構造成選擇(自動或手動)所述製程控制模式、製程類型、使用的配方、及特定製程的其他參數。該模組控制器 11 可連通該閥控制器 12，所述閥控制器構造成控制該閥 14 的操作。例如，如下的解釋，該模組控制器 11 可將有關製程的階段或狀態(例如，劑量或吹驅)、半導體製程裝置 1 的控制模式操作(例如，半導體製程裝置 1 是否將在開或閉迴路控制模式操作)、控制壓力設定點(例如，用於閉迴路控制)、及複數個閥位置設定點(例如，閥 14 的固定控制位置)的指令發送至該閥控制器 12。此外，如下面的解釋而且基於來自該模組控制器 11 的指令，該閥控制器 12 可發送指令至閥 14，以將所述閥置放在對應於該閥 14 的複數個流導的複數個設定點之一者處。此指令可基於例如一具有複數個流導或流導範圍與對應複數個閥位置的查找表。該模組控制器 11 與該閥控制器 12 可包括用於控制該閥 14 及/或該製程裝置 1 的其他組件的操作之任何適合製程電子器件。例如，該模組控制器 11 及/或該閥控制器 12 可包括相關的非暫時性電腦可讀記憶體裝置、及構造成執行儲存在相關記憶體裝置上的指令之處理器。在各種實施例中，例如，該閥控制器 12 可包括一可編程邏輯控制器(Programmable Logic Controller, PLC)。任何其他適當類型控制器或製程電子器件可使用。

**【0017】** 對於通過該反應腔室 2 與該排氣管線 17 的整體流速和對應流導隨著多個階段製程變化是想要的，諸如一原子層沉積(ALD)

製程。例如，在一吹驅處理狀態期間，最大化生產量及減少反應物/副產物停留時間，使用高流速(氣體負載)來快速吹驅該反應腔室 2 的過量或廢氣是想要的。然而，在一沉積階段期間，諸如一 ALD 劑量處理狀態，在較低流速(氣體負載)下使用較長反應物停留時間以實現飽和(或幾乎飽和)，同時最小化反應物浪費是想要的。許多 ALD 製程尋求在劑量處理和吹驅處理期間在該反應腔室 2 中保持相對恆定整體流速及/或均勻壓力，以避免壓力波動和伴隨的污染問題(例如，剝落)。因此，許多 ALD 配方使用恆定的整體氣體負載或流速。然而，使用恆定的氣體負載可能犧牲吹驅效率及/或薄膜沉積的品質。

**【0018】** 在某些配置中，可使用一閉迴路控制模式來控制該反應腔室 2 中的壓力。例如，在某些配置中，該排氣管線壓力轉換器 15 可用於測量沿著該排氣管線 17 的排氣  $g_e$  之壓力。沿著該排氣管線 17 的所測量壓力可反饋到該控制系統 19。各種控制演算法(例如，一比例微積分、或 PID、控制演算法)可用於調節該閥 14 的設定點，從而控制該壓力轉換器 15 所測量的壓力。然而，基於該排氣管線壓力轉換器 15 沿著排氣管線 17 進行壓力測量的閉迴路反饋控制可能不準確，而且可能不準確反映該反應腔室 2 中的氣體壓力(或壓力變化)，導致不準確或次佳控制該反應腔室 2 中的壓力。同樣地，由於製程期間的腔室之間的不同流速和有限的流體流通，使得該裝載腔室 8 中的壓力可能無法準確反映該反應腔室 2 中的壓力，而且如前述，所述反應腔室中的壓力測量裝置可能受

到產生的盲管(dead leg)或擾流而干擾所想要的流體力學。

【0019】 例如，該等排氣口 13 可作用為從該反應腔室 2 至該排氣管線 17 的氣體流出限制。該等排氣口 13 的限制可能導致該排氣管線壓力轉換器 15 的壓力讀數不同於(例如，低於)該反應腔室 2 中的實際壓力。此外，如圖 1A-1B 所示，該排氣管線壓力轉換器 15 可藉由介入的流量，例如經由排氣部件 13(及任何介入的排氣腔室)、與該排氣管線壓力轉換器 15 上游的排氣管線 17 的流量來隔開該反應腔室 2。介於該排氣管線壓力轉換器 15 和該反應腔室 2 之間的空間中的該排氣管線壓力轉換器 15 上游的額外流量可能減慢該閉迴路控制方法的反應。此外，在高速 ALD 製程中的該閥 14 的閉迴路反饋控制可能不適合，因為氣體負載可能每 200-500 毫秒改變一次。某些節流閥可能無法以此高速進行切換，及/或此快速切換可能損壞該等閥。此外，將一壓力轉換器置於該反應腔室 2 本身內可能不想要，因為在此小空間中存有該壓力轉換器 15 可能干擾晶圓上的流動模式而且可能負面影響到薄膜生長。

【0020】 因此，仍然需要用於改善控制該反應腔室 2 中的壓力之方法。本發明揭露的各種實施例在劑量處理狀態和吹驅處理狀態期間利用開迴路控制(例如，閥 14 的固定位置控制)來間接控制該反應腔室 2 中的壓力。例如，在某些實施例中，該 LC 轉換器 16 可用於在由該真空泵 10 施加的各種氣體負載(流速)下來測量該裝載腔室 8 中的壓力，而且該裝載腔室 8 中的所測量壓力可能與該閥的對應設定點或設定位置(代表閥的對應流導)有關聯。在各種實

施例中，一流量控制器(例如，一壓力控制器或一主流量控制器、或 MFC)可提供在該反應腔室 2 的上游，以調節及/或提供想要的氣體負載。本發明的解釋，該閥 14 可作用為通過該排氣管線 17 的流動限制，此流動可改變該反應腔室 2 中的壓力(參見例如圖 3)。在本發明揭露的實施例中，除非特別說明，否則該真空泵 10 可以恆定速度致動。然而，在其他實施例中，該真空泵 10 的速度在製程期間可變化。

**【0021】** 在基材經歷沉積製程的製程階段期間(圖 1A)，配置在該裝載腔室 8 中的 LC 轉換器 16 可能無法準確表示在該反應腔室 2 中的壓力。例如，該反應腔室 2 和該裝載腔室 8 在製程期間可被隔離，以防止氣體從該反應腔室 2 流入該裝載腔室 8。如圖 1A 所示，隔板 9 和基座 5 可使用小間隙或在隔板 9 和基座 5 之間的空間中的多個開口橫向彼此緊密間隔。在某些配置中，該裝載腔室 8 中的壓力可設定在較高於該反應腔室 2 的壓力，其中結合隔板 9 和基座 5 的緊密間隔可防止氣體流入該裝載腔室 8。儘管用於降低污染的其他配置亦符合本說明書教示的實施例，但防止氣體進入該裝載腔室 8 可有利於晶圓傳輸至該裝載腔室 8 及/或從其傳輸晶圓期間減少該裝載腔室 8 和該 LC 轉換器 16 的污染。

**【0022】** 為了校準用於開迴路控制的半導體製程裝置 1，所述可動臂 6 和基座 5 可垂直向下移動，使得該基座 5 是在該裝載腔室 5 中，此破壞該反應腔室 2 和該裝載腔室 8 之間的流體密封，例如該反應腔室 2 和該裝載腔室 8 界定一連續容積或腔室。因此，當

該基座 5 是在圖 1B 所示的位置時，該 LC 轉換器 16 可表示該反應腔室 2 中的壓力，其是在圖 1B 所示的位置，其為打開且為流體連通於該裝載腔室 8。該 LC 轉換器 16 可針對跨複數個氣體負載(流速)之該閥 14 的複數個設定點或位置來測量該反應腔室 2 中的壓力。所測量的反應腔室壓力、閥設定點、和氣體負載可儲存在一查找表(Look Up Table, LUT)中及/或繪製圖表以對該控制系統 19 提供輸入資料。在其他實施例中，該反應腔室中的壓力可在製程位置連同基座直接測量供校準，諸如使用針對反應腔室直接壓力測量的臨時或永久儀器。

**【0023】** 圖 2 為表示氣體負載(流速)、閥控制壓力、閥設定點或位置、所測量晶圓壓力(即是，該反應腔室 2 中的壓力)、及介於所測量晶圓壓力和控制壓力之間差異的數值表格。圖 2 所示的表格表示針對一閉迴路控制系統所獲得的數值。如圖 2 所示，當該閥 14 設定在 1 Torr 的控制壓力時，該反應腔室 2 中的壓力可變化超過 800 mTorr，因為氣體負載是以至少 10 倍增加。此氣體負載變化在一閉迴路控制模式期間可能引起該反應腔室 2 的大變化。如圖 2 所示，該閥設定點通常在較高的氣體負載(例如，較高流速下的吹驅處理負荷)下更開放，以符合低氣體負載下的晶圓壓力(例如，在較低流速下的劑量處理負荷)。如圖 2 所示，改善對改變氣體負載的壓力變化控制可是重要的。

**【0024】** 圖 3 為繪製跨複數個氣體負載之所測量反應腔室壓力與閥 14 之設定點相比較的曲線圖之實例。圖 3 的曲線圖為示意，但

可視為表示 LUT 中提供的資料。如前面的解釋，圖 3 的曲線圖(和對應的 LUT)可針對在一第一特定氣體負載或流速  $F_1$  下之閥 14 的複數個設定點或位置，藉由(直接或間接)測量該反應腔室 2 中的壓力產生。所述氣體負載或流速  $F_1$  可增加到一第二氣體負載或流速  $F_2$ ，而且可針對在第二流速  $F_2$  下之該閥 14 的複數個設定點來測量該反應腔室 2 中的壓力。在決定所有想要流速  $F_N$  的壓力和閥位置之前，可繼續校準。因此，該 LUT 可包括一矩陣，該矩陣包括壓力、閥設定點(關於閥流導)與施加於該半導體製程裝置 1 的氣體負載(例如，一位於腔室上游提供的控制器(諸如一 MFC 或壓力控制器))相比較之校準值。整體氣體負載或流速  $F$  可表示進入該反應腔室 2 的總流速。在其他實施例中，可決定有關於反應腔室設定壓力、閥設定(閥 14 的傳導率)、泵 10 提供的氣體負載(流速)的分析函數或曲線擬合(curve-fit)。如圖 3 所示，對於一特定流速，腔室中的壓力可隨著增加閥流導而減小(例如，如關於閥的打開程度)。

**【0025】** 因此，在一 ALD 製程期間，該控制系統 19(或使用者)可針對劑量和吹驅兩狀態選擇該反應腔室 2 的想要設定壓力  $P_{set}$ ，假設氣體負載是由這些劑量和吹驅狀態的配方提供。例如，如果在劑量處理狀態期間使用所述第一較低流速  $F_1$ (根據製程配方，使用一用於控制流速  $F_1$  的控制器)，該控制系統 19(或使用者)可決定該閥 14 的第一流導設定，例如，沿著產生反應腔室 2 中壓力約  $P_{set}$  的第一流速  $F_1$  的曲線之該閥 14 的一第一設定位置  $V_1$ (位置 1)。該控制系統 19 可指示該閥 14 在劑量處理期間移到所述第一設定位

置  $V_1$ 。在完成劑量處理之後，該控制系統 19 可關閉反應物氣體的流動。如果在吹驅處理狀態期間要使用所述第二較高流速  $F_2$ (根據配方，使用控制流速  $F_2$  的控制器)，該控制系統 19(或使用者)可決定該閥的第二流導設定，例如，沿著產生反應腔室 2 中壓力約  $P_{set}$  的第二流速  $F_2$  的曲線之該閥 14 的一第二設定位置  $V_2$ (位置 2)。該控制系統 19 可指示該閥 14 在吹驅處理期間移到所述第二設定位置  $V_2$ 。儘管前面的實例描述每個狀態(劑量或吹驅)的一閥(或流導)設置，但是應明白，在各種實施例中，每個狀態(劑量或吹驅)可使用多個閥或流導設定。

【0026】 前述和圖 3 示意說明的實例假設想要在吹驅處理和劑量處理兩者期間將該反應腔室 2 的壓力保持近似恆定壓力，以減小壓力波動和附帶污染問題。當然，如果需要，本說明書描述的開迴路控制亦可使用於不同製程階段的不同壓力設定點。此外，儘管在此實例 ALD 製程中僅描述一吹驅和一劑量步驟，但應明白，特定沉積製程循環可包括一個以上的劑量步驟及/或一個以上的吹驅步驟。例如，某些沉積製程(例如，ALD 製程)可包括一具有四個階段的循環，包括例如兩不同反應物蒸汽(其可利用不同閥流導和持續時間)和兩不同吹驅(可具有或可不具有相同閥流導和持續時間)。此外，某些沉積製程(例如，ALD 製程)可包括在每個循環中，具有一、兩或三個吹驅階段之下脈衝三個不同反應物蒸汽的循環。其他沉積製程(例如，ALD 製程)可包括在每個循環中，具有一、兩、三、或四個吹驅階段之下脈衝四個不同反應物蒸汽的

循環。

【0027】 有利地，本說明書描述的 LUT 和圖 3 所示的曲線圖能允許使用開迴路或固定位置控制，其中在切換閥位置之前，該排氣管線壓力轉換器 15(或其他感測器)未對該控制系統 19 提供主動反饋。因此，當該半導體製程裝置 1 置於一吹驅處理狀態時，閥 14 可基於吹驅處理流速下的期望壓力設定成一閥位置或設定位置。同樣地，當該半導體製程裝置 1 置於一劑量處理狀態時，該閥 14 可基於在吹驅處理流速下的期望壓力設定成一閥位置或設定位置。本說明書描述的開迴路控制方法可優於閉迴路控制，因為所述閥設定位置在各種流速下更準確對應該反應腔室 2 中的壓力，而不是由該壓力轉換器 15 沿著該排氣管線 17 即時進行壓力測量。此外，本說明書揭露技術可消除一壓力轉換器 15 暴露於排氣  $g_e$  的需要，有利於使用 LC 轉換器 16 隔離來自可能損壞所述轉換器之反應腔室 2 的氣體。因此，本說明揭露的開迴路控制方法可改善氣相製程期間在該反應腔室 2 中的壓力控制，特別是針對在不同階段下具有不同想要整體流速的製程，而且甚至更特別是針對不同階段之間使用快速切換的製程。例如，在各種 ALD 製程中，所述劑量處理階段可持續介於約 50 毫秒(msec)和 5 秒(sec)之間的時段。

【0028】 此外，本說明書揭露的各種實施例解決有關控制信號數位輸出的閉迴路壓力控制系統的其他缺點。圖 1A-1B 所示閥 14 的設定點或位置(例如，一節流閥)可藉由控制該閥 14 的一板或其他

結構性構件的位置來調節，以調節限制流過所述閥 14 和排氣管線 17。然而，許多閉迴路控制系統利用數位輸出，此使得將該閥 14 的位置準確設定在由該閉迴路控制系統計算的想要類比設定點時是具挑戰性。例如，在一閉迴路控制系統中，該控制系統可計算沒有傾向與該控制系統的數位輸出緊密關聯性之該閥 14 的類比設定點。

**【0029】** 圖 4 為控制系統 19 電溝通該閥 14 的示意系統圖。如前面有關圖 1A-1B 的解釋，該模組控制器 11 可構造成控制該閥控制器 12 的操作，然後可構造成控制該閥 14 的操作。在圖 4，該模組控制器 11 可包括輸出信號組塊 11a-11e，其每一者包括經由一第一通信通道 20a 而傳輸至該閥控制器 12 的數位或類比輸出值。所述第一通信通道 20a 可包括介於該模組控制器 11 和該閥控制器 12 之間的任何適合有線或無線電氣或資料連接。

**【0030】** 例如，在該模組控制器 11 的一第一輸出信號組塊 11a 中，針對一 ALD 製程，一數位輸出 DO2 可提供指示該半導體製程裝置 1 是否置於供應反應物氣體至該反應腔室 2 的劑量處理製程中、或置於從該反應腔室 2 去除過量氣體的吹驅處理製程中。例如，如果該模組控制器 11 決定該半導體製程裝置 1 是要置於劑量處理狀態，則 DO2 信號可設定成 0，表示對應於閥 14 的位置 1(例如，圖 3 所示  $V_1$ )之低流導的劑量處理狀態。相反地，如果該模組控制器 11 決定該半導體製程裝置 1 是要置於吹驅處理狀態，則 DO2 信號可設定成 1，表示對應於閥 14 的位置 2(例如，圖 3

所示  $V_2$  之高流導的吹驅處理狀態。應明白，在圖 4 的整個描述中，信號在吹驅狀態可取代設定成 0，而在劑量狀態可取代設定成 1。因此，組塊 11a 的數位輸出 DO2 可指示該閥控制器 12 是否將該半導體製程裝置 1 置於劑量狀態或吹驅狀態。

**【0031】** 在模塊控制器 11 的第二輸出塊 11b 中，數位輸出 DO1 可以包括關於過程控制模式的指令。例如，該半導體製程裝置 1 是否在閉迴路反饋控制(DO1=0)中操作，其中將提供一壓力設定點控制，或在開迴路(固定位置)控制(DO1=1)進行操作，其中閥位置在沒有即時反饋情況下會被改變。靜態類比變量 AO1-AO3 可在製程之前藉由一配方步驟來定義，例如，AO1-AO3 可由該控制系統 19 設定或由使用者手動設定(例如，經由使用者界面)。在一第三組塊 11c 中，類比輸出 AO1 可表示閉迴路控制壓力設定點，其表示如果選定閉迴路控制時的想要設定點壓力。在一第四組塊 11d 中，類比輸出 AO2 可表示閥 14 的位置 1，例如，圖 3 所示的位置  $V_1$ 。如前的解釋，位置 1 可表示在反應物氣體脈衝入該反應腔室 2 期間所要使用的低流導狀態。在一第五組塊 11e 中，類比輸出 AO3 可表示該閥 14 的位置 2，例如，圖 3 所示的位置  $V_2$ 。如前的解釋，位置 2 可表示吹驅該反應腔室 2 中過量氣體期間所要使用的高流導狀態。來自組塊 11a-11e 的數位和類比輸出可經由所述第一通信通道 20a 傳輸至該閥控制器 12。

**【0032】** 請即參考所述閥控制器 12，該模組控制器 11 發送的指令可由類比或數位輸入組塊 12a-12e 接收。在一第一組塊 12a 中，數

位輸入 DI2 可對應於來自該模組控制器 11 的數位輸出 DO2。由於劑量處理和吹驅處理步驟是快速交替，使得輸出和輸入組塊 11a、12a 可透過一相對高速通信通道提供。在第二至第五輸入組塊 12b-12e 中，DI1 可表示從該模組控制器 11 的組塊 11b 發送的數位模式選擇；AI1 可表示從該模組控制器 11 的組塊 11c 發送的類比壓力設定控制點；AI2 可表示從該模組控制器 11 的組塊 11d 發送的閥 14 之位置 1；及 AI3 可表示從該模組控制器 11 的組塊 11e 發送的閥 14 之位置 2。由於組塊 11b-11e、12b-12e 中的數值可用於整個製程(或多個製程)，因此可使用較慢的通信網路。

【0033】 該閥控制器 12 可亦包括複數個邏輯組塊 12f、12g、12h。製程電子器件可執行儲存在該閥控制器 12 的記憶體裝置上的指令，以特別決定裝置的控制模式、製程狀態(例如，吹驅或劑量)、閥設定位置、閉迴路控制的壓力設定點。例如，在一第一邏輯組塊 12f 中，如果 DI1=0(表示具有壓力設定點的閉迴路控制)，則該閥控制器 12 的數位輸出 DO1(參見組塊 12i)同樣可設定成 0 來表示閉迴路控制，而且該閥控制器 12 的類比輸出 AO1(參見組塊 12j)可設定成儲存在 AI1 中的壓力控制設定點。在此配置中，該閥控制器 12 可透過一第二通信通道 20b 將 DO1 和 AO1 分別傳輸至該閥 14 的組塊 14a、14b。因此，隨著該閥 14 處的數位輸入 DI=0，該閥 14 可在一閉迴路反饋模式進行操作。隨著類比輸入 AI 等於該閥 14 處的壓力設定控制點，該閥 14 可使用壓力設定控制點來驅動沉積製程的閉迴路反饋。

【0034】 或者，在該閥控制器 12 的一第二邏輯組塊 12g 中，如果  $DI1=1$  (表示具有一位置設定點的開迴路控制) 而且如果  $DI2=0$  (表示閥應該位於位置 1)，則組塊 12i 的數位輸出  $DO1$  設定為 1，而且組塊 12j 的類比輸出  $AO1$  設定為  $AI2$  來表示閥 14 的位置 1 (例如， $V_1$ )。在透過所述第二通信通道 20b 將該閥控制器 12 的  $DO1$  和  $AO1$  傳輸至該閥 14 的相對組塊 14a、14b 時，該閥 14 處的數位輸入  $DI=1$ ，將該閥 14 置於一開迴路控制模式 (例如，沒有反饋)。隨著類比輸入  $AI$  等於位置 1，該閥 14 可移到位置 1 ( $V_1$ )，其表示一低流導反應物脈衝狀態，如圖 3 所示。

【0035】 同樣地，在該閥控制器 12 的一第三邏輯組塊 12h 中，如果  $DI1=1$  (表示具有一位置設定點的開迴路控制) 而且如果  $DI2=1$  (表示該閥應該位於位置 2)，則組塊 12i 的數位輸出  $DO1$  設定為 1，而且組塊 12j 的類比輸出  $AO1$  設定為  $AI3$  來表示該閥 14 的位置 2 (例如， $V_2$ )。在透過所述第二通信通道 20b 將該閥控制器 12 的  $DO1$  和  $AO1$  傳輸至該閥 14 的相對組塊 14a、14b 時，該閥 14 處的數位輸入  $DI=1$ ，將該閥 14 置於一開迴路控制模式 (例如，沒有反饋)。隨著類比輸入  $AI$  等於位置 2，該閥 14 可移到位置 2 ( $V_2$ )，其表示一高流導吹驅狀態，如圖 3 所示。

【0036】 因此，有利地，本說明書揭露的實施例可利用數位控制系統來致動一具有連續閥位置範圍的閥 14。本說明書揭露的實施例可選擇是否使用閉迴路控制模式或開迴路控制模式來操作。

【0037】 圖 5 為示意說明根據各種實施例之用於操作 ALD 裝置的

方法 50 之流程圖。尤其是，該方法 50 示意說明使用開迴路控制方法來控制該反應腔室 2 中的壓力之各個步驟。從步驟 51 開始，可決定對應於一第一流導之閥的一第一傳導設定。例如，對於圖 1A-1B 和 3-4 所示的實施例，決定該閥 14 沿著該排氣管線 17 的一第一預編程設定點。所述第一預編程設定點可表示該閥 14 中的一可動構件的位置，其表示該閥 14 的打開程度（例如，0%至 100% 打開）。在至少部分基於該反應腔室 2 中的一第一期望壓力和基於要施加於該排氣管線 17 的一第一氣體負載之下，所述第一預編程設定點可對應於該閥 14 的一第一流導設定。如前的解釋，一 LUT(或代表 LUT 的圖表)可基於要施加於所述裝置的期望壓力與氣體負載(流速)來決定該閥 14 的所述第一預編程設定點或設定位置，例如，經由該反應腔室 2 的上游之一控制器。I 在其他配置中，可使用憑經驗設計的函數或曲線擬合(例如，基於類似於圖 3 所示的曲線)來關聯該反應腔室 2 中的期望壓力、該閥 14 的所述第一流導設定、和氣體負載。例如，所述第一預編程設定點可對應於在反應物氣體脈衝入該反應腔室 2 期間所要使用的相對低流導。請即重新參考圖 3 所示的實例，可決定對應於位置 1(或  $V_1$ )的該閥之所述第一預編程設定點。如前的解釋，當該基座 5 配置在該反應腔室 2 下方的裝載腔室 8 內時，可藉由使用該 LC 轉換器 16 測量該反應腔室 2 和該裝載腔室 8 的壓力來產生 LUT。或者，壓力可直接在該反應腔室 2 中測量供校準，例如，使用臨時或永久性儀器進行校準。

【0038】 請即參考步驟 52，可決定該閥對應於一第二流導的一第二傳導設定。例如，可決定該閥 14 沿著該排氣管線 17 的一第二預編程設定點。至少部分基於該反應腔室 2 中的一第二期望壓力和一第二氣體負載之下，所述第二預編程設定點可對應於該閥 14 的所述第二流導。在某些實施例中，如前的解釋，所述第二期望壓力可為大致相同於所述第一期望壓力，以在劑量處理和吹驅處理步驟期間在該反應腔室 2 中保持大致恆定壓力。如前的解釋，LUT(或代示 LUT 的圖式)可基於所述第二期望壓力和施加的氣體負載(流速)決定該閥 14 的所述第二預編程設定點或設定位置。例如，所述第二預編程設定點可對應於在吹驅來自該反應腔室 2 的過量氣體或廢氣期間所要使用的相對高流導。請即重新參考圖 3 所示的實例，可決定對應於位置 2(或  $V_2$ )的該閥之所述第二預編程設定點。

【0039】 在步驟 53，該模組控制器 11 可指使該閥控制器 12 將該閥 14 置於劑量處理狀態，例如，在所述第一傳導設定。對於劑量處理，該閥控制器 12 可指使該閥 14 移到位置 1( $V_1$ )，以在劑量處理期間提供相對低流導。在步驟 54，該控制系統 19 可使該半導體製程裝置 1 將反應物氣體脈衝入該反應腔室 2，從而在基材上生長一反應物層。在劑量處理之後，在步驟 55，該模組控制器 11 可指使該閥控制器 12 將該閥 14 置於第二流導狀態，例如，在針對吹驅處理狀態的閥設定。對於吹驅處理，該閥控制器 12 可指使該閥 14 移到位置 2( $V_2$ )，以在吹驅處理期間提供相對高流導。在步驟

56，該控制系統 19 可使該半導體製程裝置 1 吹驅來自該反應腔室 2 的過量或廢氣。請即參考步驟 57，該控制系統 19 可決定是否要重複所述製程。如果判定為確認(Yes)，則該方法 50 返回步驟 53，將該閥 14 置於所述第一流導設定，例如，針對將額外的反應物氣體脈衝入該反應腔室 2 的預編程設定點(位置 1)。如果判定為撤銷(No)，則該方法 50 結束。

**【0040】** 圖 6A 為根據本說明書揭露的各種實施例之閥 14 處於完全打開組態之示意平面圖。圖 6B 為處於完全關閉組態之圖 6A 所示的閥 14 之示意平面圖。在某些實施例中，圖 6A-6B 所示的閥 14 可結合上面參考圖 1A-5 描述的半導體製程裝置 1 一起使用。在其他實施例中，圖 1A-5 所示的半導體製程裝置 1 可利用不同類型閥，諸如前述的節流閥。此外，應明白，圖 6A-6B 所示的閥 14 可用於任何適當類型半導體處理系統，包括不同於前述半導體製程裝置 1 的裝置。實際上，圖 6A-6B 所示的閥 14 可用於 ALD 裝置、CVD 裝置、其他類型沉積裝置、非沉積設備(例如，蝕刻設備)、或利用通過導管或管道的可變流導之任何其他適合裝置。

**【0041】** 如前的解釋，想要具有用於半導體製程裝置的可變流導系統。例如，如前的解釋，想要在吹驅該反應腔室期間具有高流導(高流速)，以改善在隨後劑量處理步驟之前的產量及除去過量氣體。此外，想要在劑量處理期間具有低流導(低流速)，以增加在該反應腔室中的反應物氣體停留時間。此外，最近的半導體裝置利用可具有各種表面佈局的多層(例如，大於 100 層)。為了製造具有

非常大量層和複雜表面佈局的裝置，進一步增加該反應腔室中的反應物氣體停留時間可是重要的，以確保反應物層覆蓋較大的表面積，同時在諸如 ALD 吹驅處理的其他製程階段具有低停留時間可是重要的。其他蒸汽製程在不同製程階段可同樣要求不同的整體流速。因此，仍然持續需要改善用於半導體製程的可變流導裝置。

**【0042】** 該閥 14 可包括一特別適於在沉積反應器中進行可變導體製程處理及/或製程的閥，其中該閥暴露於反應氣體而有不利反應(諸如可能關閉閥的層增法)，尤其是在反應器的排氣管線中。在示意的實施例中，該閥 14 包括一球閥，該球閥具有通過該圓閥體 31 而設置一孔 32 的圓閥體 31。在示意的實施例中，該圓閥體 31 包括一球形(例如，近似球形)構件。該排氣管線 17 上面或周圍可設置一凸緣 35。該閥體 31 可安置在介於該圓閥體 31 和該凸緣 35 的內表面之間設置間隙的凸緣 35 內，以允許該圓閥體 31 相對於該凸緣 35 旋轉。一馬達 30 操作上可經由一馬達輸出軸 36 耦接該圓閥體 31。例如，該馬達輸出軸 36 可焊接或以其他機械式連接至該圓閥體 31。當該馬達 30 致動時可將旋轉傳遞至該馬達輸出軸 36，然後傳遞至該圓閥體 31，以使該圓閥體 31 圍繞平行於該馬達輸出軸 36 的縱軸或旋轉軸 x 旋轉 R。該馬達 30 可在高速(例如，至少約 1000rpm)下操作以產生快速吹驅-劑量-吹驅-劑量循環(例如，一循環為 60ms)。

**【0043】** 如圖 6A-6B 所示，通過該圓閥體 31 形成的孔 32 可非平

行取向於(例如，垂直)該馬達 30 的旋轉或縱軸 x。在圖 6A 中，該馬達 30 可定位所述孔 32，使得該孔 32 平行於該排氣管線 17 的流動軸 y。當該孔 32 平行於該排氣管線 17 的流動軸 y 時，該閥 14 可認為處於最大化流導狀態，其中該閥 14 是完全打開以使氣體流過該排氣管線 17。對照下，在圖 6B 中，該馬達 30 可定位所述孔 32，使得該孔 32 是垂直取向於該排氣管線 17 的流動軸 y。在圖 6B 所示的配置中，所述垂直取向孔 32 基本上可阻擋所有氣體流過該閥 14 和該排氣管線 17。因此，當該孔 32 垂直取向於該排氣管線 17 的流動軸 y 時，該閥 14 可認為是處於最小化流導狀態，其中該閥 14 基本上阻擋氣體流過該排氣管線 17。從下述可清楚知道，該閥 14 沒有限於這兩狀態，相對在可變轉速之下，可透過無限的開放程度旋轉。

**【0044】** 如圖 6A-6B 所示，該閥 14 可更包括一圍繞該圓閥體 31 的周邊配置的惰性氣體幕區域 33。該惰性氣體幕區域 33 可包括通過一入口供應至介於該凸緣 35 和該圓閥體 31 的外周邊之間間隙之惰性氣體區域。該惰性氣體幕區域 33 可包括圍繞該圓閥體 31 的外部吹驅區域，所述區域在該圓閥體 31 周圍形成壓載物。當該閥 14 處於如圖 6A 所示的打開狀態時，該惰性氣體幕區域 33 可有利防止反應物或其他氣體進入該圓閥體 31 的外周邊上的間隙，此可降低污染的風險及保持該閥 14 的快速性能。該惰性氣體幕區域 33 可允許圍繞於旋轉軸 x 的低摩擦旋轉。

**【0045】** 圖 6A-6B 示意說明閥的兩狀態(分別是最大和最小流

導)，但是有利地，該閥 14 可圍繞於旋轉軸 x 以複數個取向置放。在各種實施例中，所述圓閥體 31 和孔 32 可圍繞於旋轉軸 x 而以連續的取向或角度範圍置放，例如在 0°至 360°的範圍內。所述圓閥體 31 和孔 32 可圍繞於旋轉軸 x 沿著兩方向旋轉。所述圓閥體 31 和孔 32 可以多個方向置放，其中該孔 32 沿著該排氣管線 17 暴露於氣體。如果該孔 32 相對於該排氣管線 17 形成角度，使得僅有該孔 32 的小區域暴露於該排氣管線 17，則通過該閥 14 的流速將相對較低。如果該孔 32 相對於該排氣管線 17 形成角度，使得該孔 32 的相對大區域暴露於該排氣管線，則通過該閥 14 的流速將較高。該馬達 30 可準確控制所述圓閥體 31 和孔 32 圍繞於旋轉軸 x 的取向，而且此取向可與通過該孔 32 的流速有關聯。因此，有利地，該孔 32 在相對於旋轉軸 x 的複數個角度取向的能力之下，圖 6A-6B 所示的閥 14 可提供通過該排氣管線 17 的可變流導。在某些實施例中，該閥 14 可針對圍繞於旋轉軸 x 的連續角度而提供，因此能有通過所述閥 14 和氣體管線 17 的連續流速範圍。

**【0046】** 為了控制所述圓閥體 31 和孔 32 的取向，一取向感測器 34 可設置在靠近於該圓閥體 31 的凸緣 35 上。當該圓閥體 31 旋轉時，該取向感測器 34 可保持靜止。該取向感測器 34 可藉由感測該孔 32 的前緣 37、該孔 32 的後緣 38、與介於所述前緣 37 和後緣 38 之間的孔 32 的區域來測量取向。在各種實施例中，該取向感測器 34 可包括一磁感測器，但可使用其他類型感測器。在各種實施例中，例如，一馬達編碼器可用於感測該圓閥體 31 的取向。

該控制系統 19 亦可用於控制所述圓閥體 31 和孔 32 的取向。例如，該控制系統 19 可包括製程電子器件，其構造成控制該馬達 30 的操作及/或接收由該取向感測器 34 轉換的信號。在某些實施例中，該控制系統 19 可利用反饋控制技術，其中提供對應於想要流導的該閥 14 之一取向設定點。該控制系統 19 可從該取向感測器 34 接收表示所述圓閥體 31 和孔 32 的目前取向之信號。基於介於取向設定點和目前取向之間的差異，該控制系統可利用各種控制技術(包括，例如，PID 控制技術)，將一指令信號發送給該馬達 30，以使該馬達 30 將該圓閥體 31 旋轉至對應於想要流導的所需取向設定點。

**【0047】** 在一吹驅循環或狀態期間，該控制系統 19 可指使該馬達 30 在對應於想要或預編程相對高流導的一或複數個取向下來旋轉所述圓閥體 31 和孔 32。因此，在特定階段(劑量處理或吹驅處理)期間，可藉由控制旋轉速度來改變平均流導。例如，所述圓閥體 31 和孔 32 的旋轉速度在劑量處理期間可減慢以減小平均流導，及/或在吹驅處理期間增加以增加平均流導。在某些實施例中，該馬達 30 可在吹驅和劑量狀態期間連續旋轉所述圓閥體 31 和孔 32。例如，該馬達 30 可在吹驅處理期間以較高速度旋轉所述圓閥體 31 和孔 32，及/或可在吹驅處理期間將該孔 32 的較大區域暴露於該排氣管線 17。在某些實施例中，該馬達 30 可在劑量處理期間以較低速度旋轉所述圓閥體 31 和孔 32，及/或可在劑量處理期間將該孔 32 的較小區域暴露於該排氣管線 17。在某些實施例中，該馬達

30 可在吹驅處理及/或劑量處理期間以特定取向停止旋轉所述圓閥體 31 和孔 32。例如，在吹驅處理期間，該馬達 30 可在最大化或增加流導的取向下停止旋轉所述圓閥體 31 和孔 32 (例如，如圖 6A 所示)。舉另一實例，在劑量處理期間，該馬達 30 可在最小化或減小流導的取向下停止旋轉所述圓閥體 31 和孔 32，以增加在該反應腔室 2 中的反應物蒸汽停留時間。如前的解釋，該控制系統 19 可基於來自該取向感測器 34 的信號利用反饋控制技術。

**【0048】** 圖 7 是使用圖 6A-6B 中所示的閥 14 的相對流導對時間的圖，其中吹驅循環隨後是劑量循環，隨後是另一吹驅循環。如吹驅脈衝所示，該控制系統 19 可指使該馬達 30 在增加或最大化流導的一或複數個流導設定下置放該閥 14，例如，圖 6A 所示的取向，其中該孔 32 通常平行於該排氣管線 17 的流動軸 y。假設，在吹驅期間的高流導設定導致在吹驅處理循環期間的高流速。如本說明書的解釋，所述控制系統 19 和馬達 30 可在特定製程階段(劑量或吹驅)期間及/或製程階段之間，控制圍繞轉軸 x 的所述圓閥體 31 和孔 32 的角速度和加速度。吹驅處理期間，該馬達 30 可在高速度下旋轉該圓閥體 31，以先終止吹驅循環然後接續劑量處理循環。

**【0049】** 對照下，在劑量處理期間，該閥 14 可設定在一或多個相對低流導設定，導致如圖 7 所示的相對低流速。例如，該孔 32 可使用減少通過該閥 14 的流量之方式移動。例如，在某些實施例中，該閥 14 的旋轉速度可減慢，及/或暴露於該排氣管線 17 的孔 32

的區域在劑量處理期間的該圓閥體 31 的各種取向下可相對較小達成，例如，在相對於流動軸 y 的相對大角度(但小於 90°)。相對大角度及/或低角速度可使該孔 32 的小部分暴露於該排氣管線 17 一段較長時間，導致在劑量處理期間的低流速和較長的停留時間。此外，在劑量處理期間，所述圓閥體 31 和孔 32 的角速度可相對較低，使該反應腔室 2 中的反應物氣體變得相對停滯，導致增加該反應腔室 2 中的停留時間及改善層形成。

【0050】 因此，圖 6A-7 所示的球閥 14 可有利針對任何適當類型半導體製程裝置提供高速、可變的流導。在某些實施例中，圖 6A-7 所示的閥 14 可沿著半導體氣相製程裝置的該排氣管線 17 置放。在某些實施例中，所述裝置為一氣相沉積裝置。在某些實施例中，所述裝置是一循環 CVD 裝置。在某些實施例中，所述裝置為一 ALD 裝置。此外，當該孔 32 為至少部分暴露於該排氣管線 17 時，惰性氣體幕 33 可有利防止反應物氣體污染該圓閥體 31 的外周邊。

【0051】 雖然為了清楚和瞭解經由示意說明和實例來詳細描述前述內容，但是熟習該項技藝者明白可實施某些改變和修改。因此，不應將描述及實例詮釋為限制發明範疇於本文中描述之特定具體例及實例，而是亦涵蓋伴隨著發明之真實範疇及精神之所有修改及替代。此外，並非一定需要所有上文描述之特徵、態樣及優點來實施本發明。

### 【符號說明】

## 【0052】

- 1：半導體製程裝置
- 2：反應腔室
- 3：噴頭板
- 4：噴頭充氣腔室
- 5：基座
- 6：可動臂
- 7：進氣歧管
- 8：裝載腔室
- 9：隔板
- 10：真空源\真空泵\泵
- 11：模組控制器
- 12：閥控制器
- 11a、11b、11c、11d、11e、12a、12b、12c、12d、12e、12f、  
12g、12h、12i、12j、14a、14b：組塊
- 13：排氣口、排氣部件
- 14：閥
- 15：排氣管線壓力轉換器
- 16：下腔室壓力轉換器
- 17：排氣管線
- 18：反應器總成
- 19：控制系統

20a：第一通信通道

20b：第二通信通道

30：馬達

31：圓閥體

32：孔

33：惰性氣體幕區域

34：感測器

35：凸緣

36：馬達輸出軸

37：前緣

38：後緣

50：方法

51、52、53、54、55、56、57：步驟

$F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_N$ ：流速

$g_i$ ：流入氣體

$g_e$ ：排氣

$P_{set}$ ：想要設定壓力

$V_1$ ：第一設定位置

$V_2$ ：第二設定位置

$R$ ：旋轉

$x$ ：旋轉軸

$y$ ：流動軸

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】一種原子層沉積裝置，包括：

一反應器總成，其包括尺寸化適於其中接受基材的一反應腔室；

一排氣管線，其為流體連通於該反應腔室，該排氣管線構造使氣體輸送出該反應腔室；

一閥，其沿著該排氣管線配置，以沿著該排氣管線來調節氣體的流動，該閥具有複數個流導設定；及

一開迴路控制系統，其構造成控制該閥的操作，

其中，在該原子層沉積裝置的一劑量狀態期間，該控制系統構造成發送對應於該複數個流導設定之非零的一第一流導的一第一信號至該閥；及

其中，在該原子層沉積裝置的吹驅狀態期間，該控制系統構造成發送對應於該複數個流導設定之非零的一第二流導的一第二信號至該閥，該第一信號不同於該第二信號。

【第2項】如申請專利範圍第1項所述之原子層沉積裝置，其中該第二流導為較高於該第一流導。

【第3項】如申請專利範圍第1項所述之原子層沉積裝置，其中該第一流導對應於該閥的一第一預編程設定點，其中該第二流導對應於該閥的一第二預編程設定點，其中該控制系統構造成基於一提供該反應腔室中的所測量壓力與跨複數個氣體負載的該複數個流導設定之間的對照之查找表，以決定該第一預編程設定點，而

且其中該控制系統構造成基於該查找表以決定該第二預編程設定點。

【第4項】如申請專利範圍第3項所述之原子層沉積裝置，其中該反應器總成包括一配置在該反應腔室下方的裝載腔室，該反應腔室在沉積製程期間基本上是與該裝載腔室密封，該反應腔室在將該基材裝載至該反應器總成期間為流體連通於該裝載腔室。

【第5項】如申請專利範圍第4項所述之原子層沉積裝置，其中當該反應腔室為流體連通於該裝載腔室時，該反應腔室的所測量壓力是在該裝載腔室中測得。

【第6項】如申請專利範圍第5項所述之原子層沉積裝置，其更包括構造成支撐基材的一基座、及構造成介於該反應腔室和該裝載腔室之間移動該基座的一可動臂，當所測量的壓力是在該裝載腔室中測得時，該基座配置在該裝載腔室中。

【第7項】如申請專利範圍第1項所述之原子層沉積裝置，其中該控制系統包括一模組控制器與一閥控制器，該模組控制器構造成控制該閥控制器的操作，該閥控制器構造成控制該閥的操作。

【第8項】如申請專利範圍第7項所述之原子層沉積裝置，其中該模組控制器構造成發送指示用於沉積製程的一控制模式與提供用於沉積製程的一控制設定點之指令至該閥控制器。

【第9項】如申請專利範圍第1項所述之原子層沉積裝置，其中該原子層沉積裝置構造成在不同階段中使用不同整體流速來執行具有多個階段的製程。

【第10項】如申請專利範圍第1項所述之原子層沉積裝置，其中該閥包括一球閥。

【第11項】如申請專利範圍第10項所述之原子層沉積裝置，其中該球閥包括一閥體與通過該閥體形成的一孔，該閥體和該孔構造成圍繞一旋轉軸旋轉，以沿著該排氣管線提供該複數個流導設定。

【第12項】如申請專利範圍第11項所述之原子層沉積裝置，其更包括構造成圍繞於該旋轉軸旋轉該閥體和該孔的一馬達。

【第13項】一種原子層沉積裝置，包括：

一反應器總成，其包括尺寸化適於其中接受基材的一反應腔室；

一排氣管線，其為流體連通於該反應腔室，該排氣管線構造成使氣體輸送出該反應腔室；

一閥，其沿著該排氣管線配置，以沿著該排氣管線來調節氣體的流動，該閥具有複數個流導設定，其中該閥包括一球閥，該球閥包括一閥體與通過該閥體形成的一孔，該閥體和該孔構造成圍繞一旋轉軸旋轉，以沿著該排氣管線提供該複數個流導設定；

一控制系統，其構造成控制該閥的操作；

一馬達，構造成圍繞於該旋轉軸旋轉該閥體和該孔；及

一取向感測器，構造成感測該孔圍繞於該旋轉軸取向的，其中該控制系統構造成基於傳輸至該取向感測器的一反饋信號以控制該馬達的操作，

其中，在該原子層沉積裝置的劑量狀態期間，該控制系統構

造成發送對應於該複數個流導設定之一第一流導的一第一信號至該閥；及

其中，在該原子層沉積裝置的吹驅狀態期間，該控制系統構成發送對應於該複數個流導設定之一第二流導的一第二信號至該閥。

【第14項】一種半導體製程裝置，包括：

一反應器總成，其包括尺寸化適於其中接收一基材的一反應腔室；

一排氣管線，其為流體連通於該反應腔室，該排氣管線構成使氣體輸送出該反應腔室；

一閥，其沿著該排氣管線配置，以沿著該排氣管線來調節氣體的流動，該閥具有對應於複數個流導的複數個設定點；及

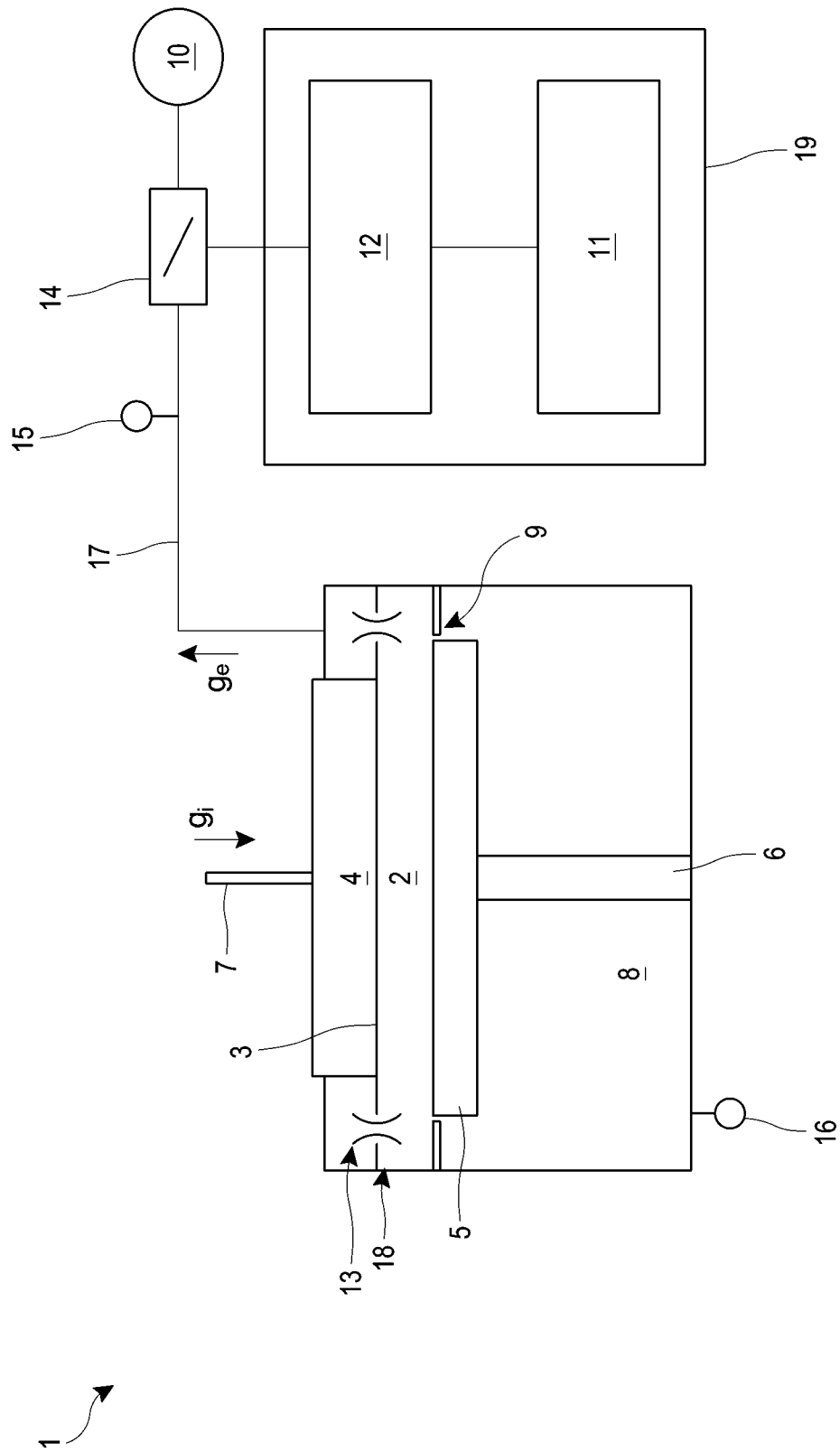
一控制系統，其構造成於一開迴路控制模式進行操作，從而控制該閥的操作，

其中，在原子層沉積裝置的一劑量狀態期間，該控制系統構成發送一第一信號至該閥，從而將該閥置於對應該複數個流導的非零的一第一流導之該複數個設定點的一第一預編程設定點，而且其中在該原子層沉積裝置的一吹驅狀態期間，該控制系統構成發送一第二信號至該閥，從而將該閥置於對應該複數個流導的非零的一第二流導之該複數個設定點的一第二預編程設定點。

【第15項】 如申請專利範圍第14項所述之半導體製程裝置，其中該半導體製程裝置構造成在不同階段中使用不同整體流速來執行具有多個階段的製程。

【第16項】 如申請專利範圍第15項所述之半導體製程裝置，其中該控制系統構造成基於提供該反應腔室中的所測量壓力與跨複數個氣體負載的該複數個設定點之間的對照之查找表，以決定該第一預編程設定點，而且其中該控制系統構造成基於該查找表以決定該第二預編程設定點。

【發明圖式】

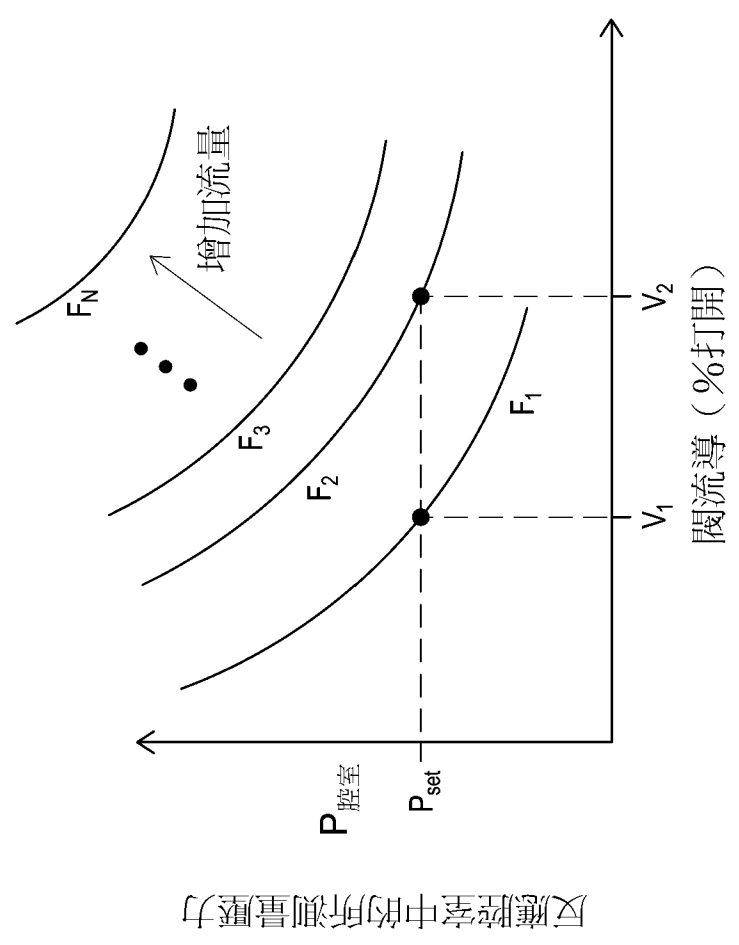


【圖1A】

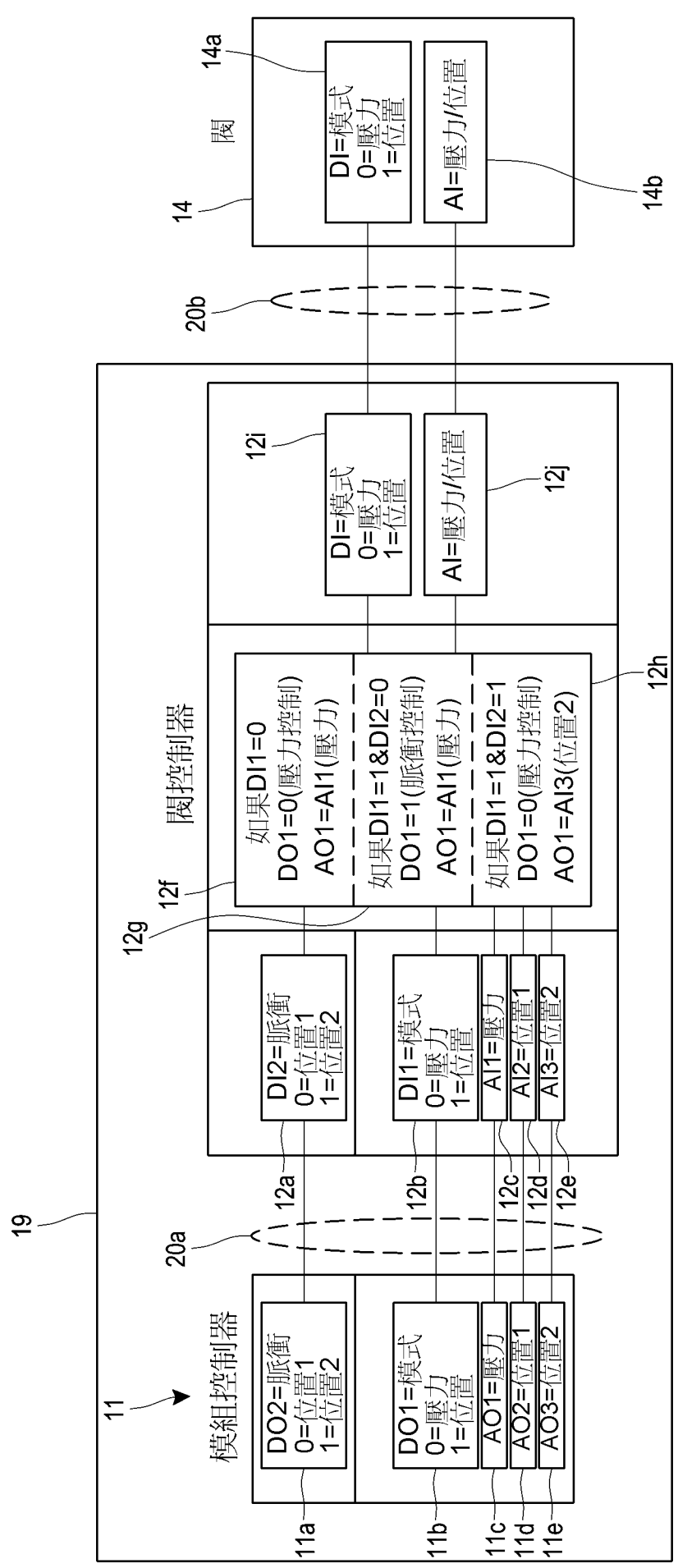


氣體負載	閥控制壓力	閥設定點 (位置)	晶圓壓力	晶圓壓力/控制 壓力變化量
slm	Torr	%	Torr	Torr
0.283	1	13.8	1.104	0.104
1.315	1	18.8	1.374	0.374
2.570	1	23.4	1.676	0.676
3.006	1	25.1	1.777	0.777
3.451	1	26.8	1.879	0.879
3.915	1	29.1	1.98	0.98

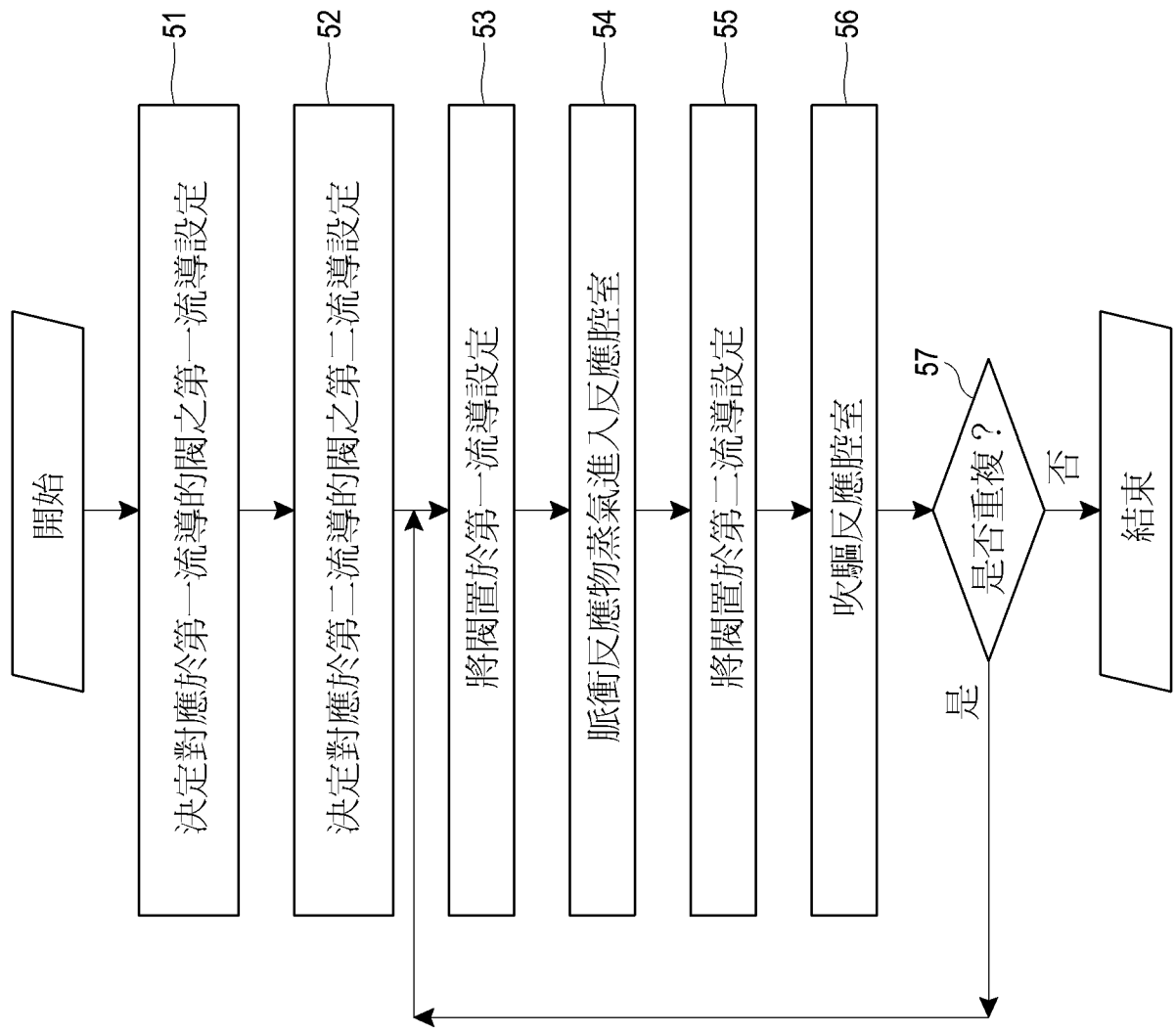
【圖2】



【圖3】



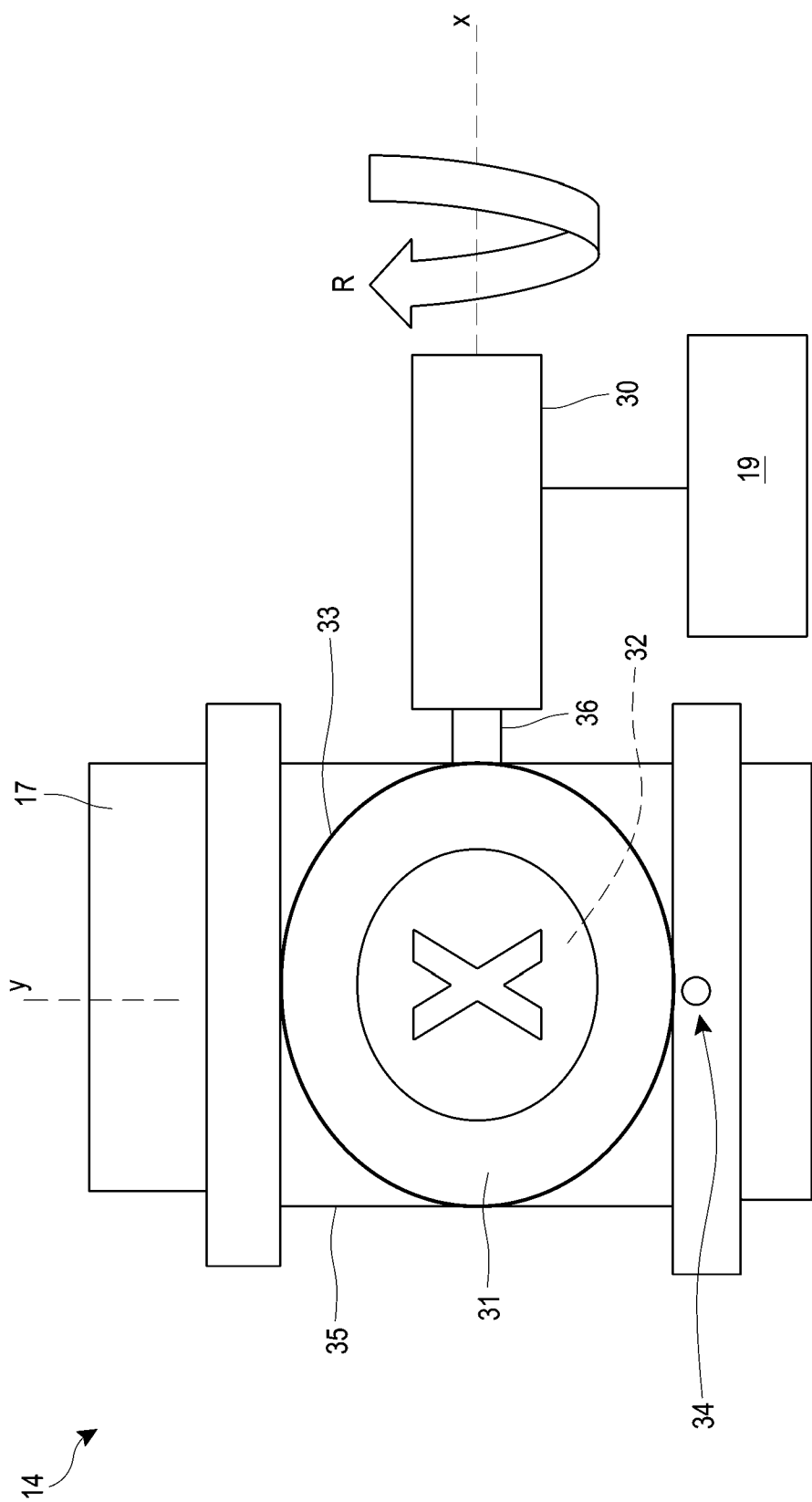
【圖4】



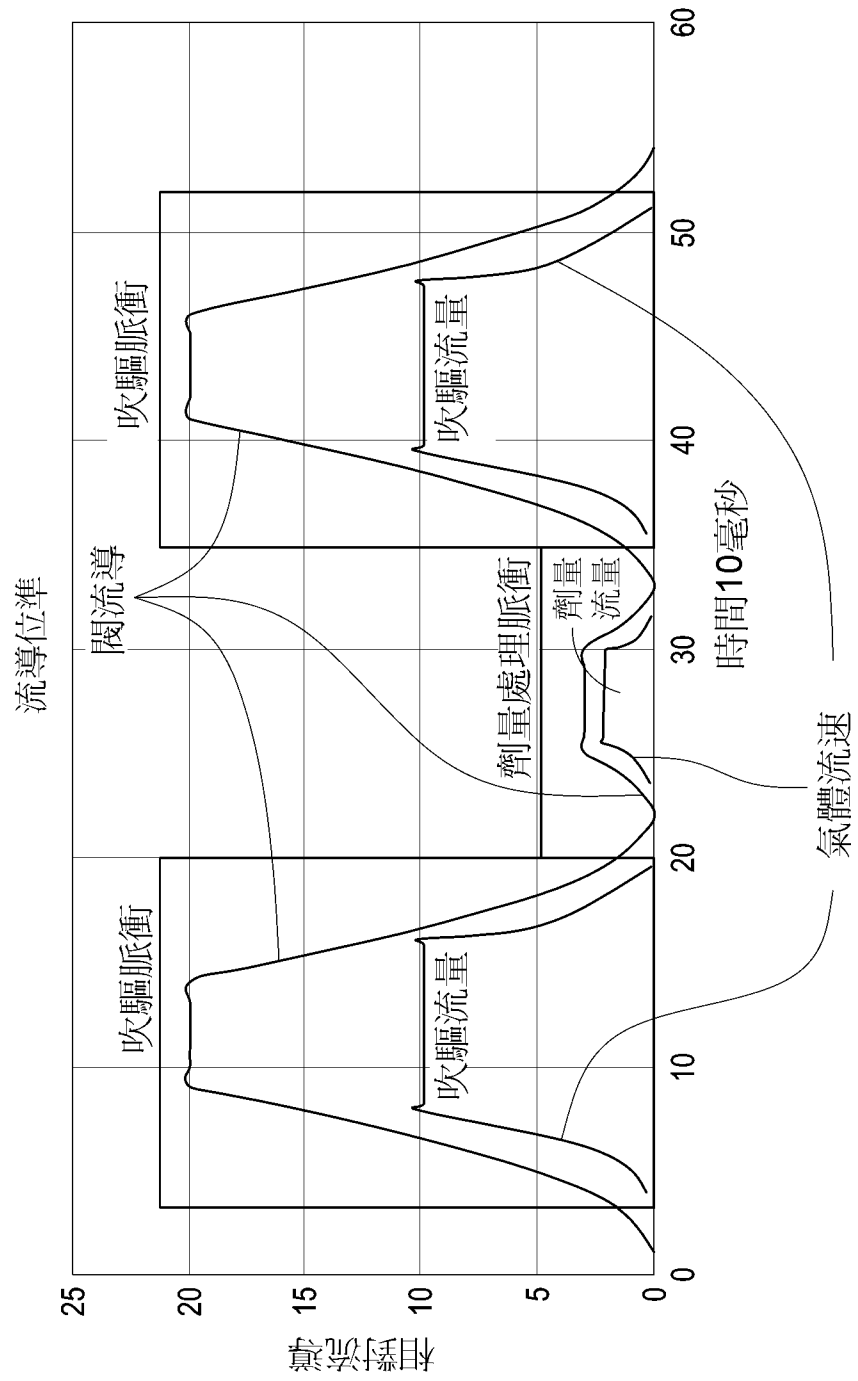
50

【圖5】





【圖6B】



【圖7】