



(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 I538045 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 06 月 11 日

(21)申請案號：098109255

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 03 月 20 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/3065(2006.01)* *H01L21/67 (2006.01)*

(30)優先權：2008/03/21 美國 61/038,664

2008/03/28 美國 61/040,570

2008/09/05 美國 61/094,820

(71)申請人：應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)

美國

(72)發明人：帕馬西沙瑪 V PAMARTHY, SHARMA V. (US)；法爾瓊 C FARR, JON C. (US)；

瑟拉裘汀卡利德 SIRAJUDDIN, KHALID (US)；古德愛爾羅伯 GOLD, EZRA R.

(US)；克魯斯詹姆士 P CRUSE, JAMES P. (US)；歐茲烏斯基史考特 OLSZEWSKI,

SCOTT (US)；那歌力羅伊 C NANGOY, ROY C. (US)；辛沙拉傑特 SINGH,

SARAVJEET (US)；布卻柏格道格拉斯二世 A BUCHBERGER, JR. DOUGLAS A.

(US)；李傑瑞 A LEE, JARED A. (US)；張春雷 ZHANG, CHUNLEI (CN)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

JP 2005-123550A

JP 2007-59696A

審查人員：黃泰淵

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：10 共 57 頁

(54)名稱

基材蝕刻系統與製程之方法及設備

METHOD AND APPARATUS OF A SUBSTRATE ETCHING SYSTEM AND PROCESS

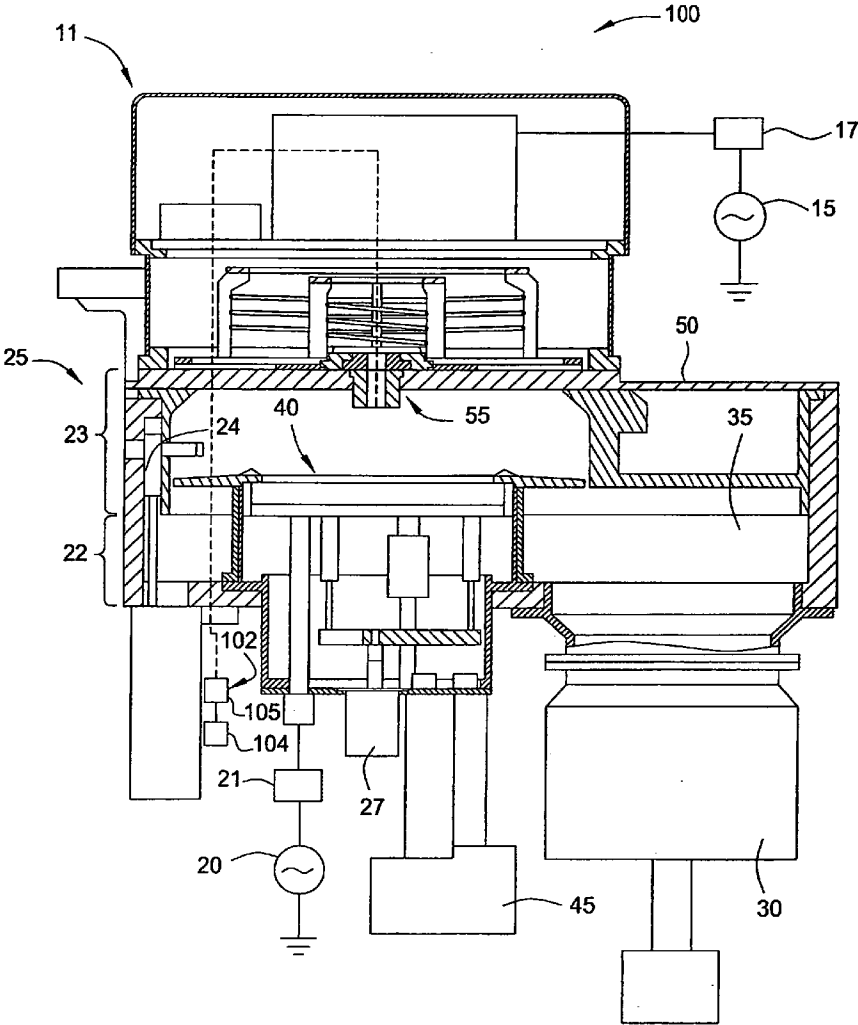
(57)摘要

本發明之實施例係關於一種基材蝕刻系統與製程。在一實施例中，一方法可以包括：在一沉積製程的期間沉積材料於該基材上；在一第一蝕刻製程的期間蝕刻該基材之一第一層；以及在一第二蝕刻製程的期間蝕刻該基材之一第二層，其中在該第一蝕刻製程的期間施加一第一偏壓功率到該基材，以及其中在該第二蝕刻製程的期間施加一第二偏壓功率到該基材。在另一實施例中，一系統可以包括一氣體輸送系統，該氣體輸送系統包含：一第一氣體盤，其用於供應一第一氣體到一腔室；一第二氣體盤，其用於供應一第二氣體到該腔室；以及複數個流量控制器，其用於引導該些氣體到該腔室，以促進進出該腔室和該些氣體盤之該些氣體間的快速氣體過渡。

Embodiments of the invention relate to a substrate etching system and process. In one embodiment, a method may include depositing material on the substrate during a deposition process, etching a first layer of the substrate during a first etch process, and etching a second layer of the substrate during a second etch process, wherein a first bias power is applied to the substrate during the first process, and wherein a second bias power is applied to the substrate during the second etch process. In another embodiment, a system may include a gas delivery system containing a first gas panel for supplying a first gas to a chamber, a second gas panel for supplying a second gas to the chamber, and a plurality of flow controllers for directing the

gases to the chamber to facilitate rapid gas transitioning between the gases to and from the chamber and the panels.

指定代表圖：



第1圖

符號簡單說明：

- 11 . . . 殼體
- 15 . . . 源功率
- 17 . . . 匹配網路
- 20 . . . 偏壓功率
- 21 . . . 匹配網路
- 22 . . . 下內襯
- 23 . . . 上內襯
- 24 . . . 門
- 25 . . . 腔室
- 27 . . . 升降件
- 30 . . . 泵
- 35 . . . 閥
- 40 . . . 夾件
- 45 . . . 冷卻器
- 50 . . . 蓋
- 55 . . . 噴嘴
- 100 . . . 反應器
- 102 . . . 氣體輸送系統
- 104 . . . 氣體盤
- 105 . . . 殼體

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫；惟已有申請案號者請填寫)

※ 申請案號：98109255

※ 申請日期：2009 年 3 月 20 日

※IPC 分類：

H01L 21/3065 (2006.01)

H01L 21/67 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

基材蝕刻系統與製程之方法及設備

METHOD AND APPARATUS OF A SUBSTRATE ETCHING SYSTEM AND
PROCESS

二、中文發明摘要：

本發明之實施例係關於一種基材蝕刻系統與製程。在一實施例中，一方法可以包括：在一沉積製程的期間沉積材料於該基材上；在一第一蝕刻製程的期間蝕刻該基材之一第一層；以及在一第二蝕刻製程的期間蝕刻該基材之一第二層，其中在該第一蝕刻製程的期間施加一第一偏壓功率到該基材，以及其中在該第二蝕刻製程的期間施加一第二偏壓功率到該基材。在另一實施例中，一系統可以包括一氣體輸送系統，該氣體輸送系統包含：一第一氣體盤，其用於供應一第一氣體到一腔室；一第二氣體盤，其用於供應一第二氣體到該腔室；以及複數個流量控制器，其用於引導該些氣體到該腔室，以促進進出該腔室和該些氣體盤之該些氣體間的快速氣體過渡。

三、英文發明摘要：

Embodiments of the invention relate to a substrate etching system and process. In one embodiment, a method may include depositing material on the substrate during a deposition process, etching a first layer of the substrate

during a first etch process, and etching a second layer of the substrate during a second etch process, wherein a first bias power is applied to the substrate during the first process, and wherein a second bias power is applied to the substrate during the second etch process. In another embodiment, a system may include a gas delivery system containing a first gas panel for supplying a first gas to a chamber, a second gas panel for supplying a second gas to the chamber, and a plurality of flow controllers for directing the gases to the chamber to facilitate rapid gas transitioning between the gases to and from the chamber and the panels.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

11	殼體	15	源功率
17	匹配網路	20	偏壓功率
21	匹配網路	22	下內襯
23	上內襯	24	門
25	腔室	27	升降件
30	泵	35	閥
40	夾件	45	冷卻器
50	蓋	55	噴嘴
100	反應器	102	氣體輸送系統
104	氣體盤	105	殼體

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明之實施例大致上關於一種基材處理系統及相關的基材製程(諸如蝕刻/沉積製程)。在一態樣中，本發明係關於一種經改善的矽蝕刻系統。在另一態樣中，本發明係關於一種快速氣體交換系統。在更一態樣中，本發明係關於提供一種雙重蝕刻/沉積製程。在又更一態樣中，本發明係關於在腔室中處理基材時利用包括處理腔室和氣體輸送系統的系統來提供快速氣體過渡製程。

【先前技術】

微電子元件的製造包括許多不同的階段，每一階段包括各種製程。在一階段期間，一特定的製程可以包括將電漿引到基材(例如矽基材)的表面，以改變基材的物理和材料性質。已知此製程為蝕刻，其係涉及材料的移除以在基材中形成孔洞、介層洞與/或其他開口(本文中稱為“溝槽”)。

電漿蝕刻反應器通常用於蝕刻半導體基材中的溝槽。這些反應器具有一腔室，基材被支撐在該腔室中。至少一反應性氣體被提供到該腔室，並且一射頻訊號耦接到該反應性氣體，藉此形成電漿。電漿會蝕刻定位在反應器內的基材。基材也可以耦接到一射頻訊號以在蝕刻製程期間將基材施加偏壓，以提升蝕刻效能和溝槽輪廓。

這些溝槽輪廓時常需要不同的臨界尺寸(critical dimension)。臨界尺寸包括有寬度、深度、深寬比(aspect ratio)、阻劑選擇性、側壁粗糙度以及側壁的平坦度。可以由各種因素來控制這些臨界尺寸，其中兩因素是蝕刻時間和蝕刻速率，其進一步取決於所蝕刻的材料及所使用之蝕刻系統的類型。

一特別重要的材料即是矽。矽穿孔(through silicon via; TSV)蝕刻是需要低頻率偏壓和低溫環境以在矽基材中形成深溝槽的一種獨特應用。然而，在製造期間，矽通常被多個其他材料的層所覆蓋，例如沉積在矽上的氧化物層和金屬層。氧化物和金屬具有與矽不同的蝕刻條件，例如高頻率偏壓。此外，於形成溝槽時，一薄膜聚合物層可以在沉積步驟期間於蝕刻步驟前沉積在基材的該些層上，以保護溝槽側壁。此聚合物層可能進一步包括與氧化物、金屬或矽層不同的蝕刻條件。這些獨特的條件會影響並增加所使用之蝕刻系統的類型的複雜性。

一種類型的蝕刻系統可以包括現地(in situ)電漿蝕刻。使用此種類型的蝕刻系統，藉由利用一移除電漿和一沉積電漿來交替單一反應器中基材上材料的移除和沉積，可以形成一溝槽。另一種的蝕刻系統可以包括遠端電漿蝕刻。使用此種第二類型的蝕刻系統，可如同現地系統來形成一溝槽，除了在將電漿引到主要反應中的基材上前在遠端反應器中產生該電漿的差異以外。除了蝕刻系統的類型以外，可以改變各系統中的蝕刻製程。一

些蝕刻製程係利用多步驟方式，例如時間多工氣體調制(time multiplexed gas modulation; TMGM)系統或柏斯克(Bosch)系統，其包括一些程式步驟(例如蝕刻和沉積步驟，或蝕刻、快閃與沉積步驟)。TMGM製程係蝕刻材料長達一時段，並且接著沉積一保護膜在先前被蝕刻的表面上以保護該表面(典型地為溝槽的側壁)免於進一步蝕刻。此兩步驟係隨著形成更深的溝渠來重複。對於在不同的材料層中形成不同的溝槽輪廓，不同類型的蝕刻系統和製程具有特定的優點和缺點。

當形成一溝槽時，若沒適當地控制特別重要的臨界尺寸，其可能使得微電子造成缺陷。在蝕刻循環期間，材料隨著溝槽的形成被沉積和被移除。回應地，含有一系列“峰”和“谷”的一條紋圖案可能沿著溝槽側壁發展，此現象稱為“扇貝化(scalloping)”。許多且大的峰和谷會增加溝槽側壁的粗糙度。

因此，存在一種可以改善蝕刻系統與製程之方法及設備的需求，其得以控制基材的蝕刻且降低其中形成之輪廓的粗糙度。

【發明內容】

在一實施例中，一種在一腔室中蝕刻一基材之方法可以包括：在一蝕刻反應器中沉積一保護層於一第一層上，該第一層位在一基材上；在該蝕刻反應器中蝕刻該

保護層，其中在蝕刻該保護層的期間施加一第一偏壓功率；在該蝕刻反應器中蝕刻該第一層，其中在蝕刻該第一層的期間施加一第二偏壓功率；以及重複該沉積與蝕刻製程，以在該基材中形成一輪廓。

在一實施例中，一種在一腔室中蝕刻一基材之方法可以包括：在一沉積製程的期間沉積一聚合物膜於該基材上；在一第一蝕刻製程的期間蝕刻被沉積在該基材上之該聚合物膜；以及在一第二蝕刻製程的期間蝕刻該基材，藉此在該基材中形成一輪廓，其中在該第一蝕刻製程的期間施加一第一偏壓功率到該基材，以及其中在該第二蝕刻製程的期間施加一第二偏壓功率到該基材。

在一實施例中，一種氣體輸送系統可以包括：一腔室，其用於處理一基材；一第一氣體盤，其藉由一第一氣體輸送線連通於該腔室，其中該第一氣體輸送線包括一第一複數個流量控制器；以及一第二氣體盤，其藉由一第二氣體輸送線連通於該腔室，其中該第二氣體輸送線包括一第二複數個流量控制器，其中該第一和第二複數個流量控制器係可選擇地操作來分別引導來自該第一和第二氣體盤的氣體到該腔室且到一或多個排放口，該一或多個排放口連通於該第一和第二氣體輸送線。

在一實施例中，一種供應氣體到一腔室之方法可以包括：從一第一氣體盤經由一第一氣體輸送線供應一第一氣體到該腔室；在供應該第一氣體到該腔室的同時，從一第二氣體盤經由一第二氣體輸送線引導一第二氣體到

一排放口；以及引導該第一氣體到該排放口及供應該第二氣體到該腔室，其中在將該第二氣體引入該腔室之前從該腔室移除該第一氣體。

【實施方式】

本發明大致上關於基材蝕刻系統與製程之設備及方法。如本文所揭示，本發明將以其涉及矽蝕刻系統與製程來敘述。然而，應注意，本發明的態樣不被限制在矽蝕刻的應用，而是可以應用於其他類型材料的蝕刻。為了更加瞭解本發明設備及其使用方法的新穎性，下文將參照附圖敘述。

提供一種用於蝕刻矽基材中一輪廓(例如深溝槽)的方法及設備，其中該矽基材具有氧化物和金屬層位在其上，該蝕刻循環包含在單一全自動化的反應器中現地地執行的複數個電漿製程。每一這樣的蝕刻循環包含一沉積步驟、一第一蝕刻步驟與一第二蝕刻步驟。各步驟是一獨立的電漿製程，其由供應到反應器腔室內之氣體混合物的組成來界定，其中基材被支撐在該反應器腔室內。在各獨立步驟期間，可以供應不同的氣體混合物組成到腔室。反應器大致上包含一用於產生且維持電漿之功率來源(在此稱為“源功率”)以及一用於施加偏壓予基材之功率來源(在此稱為“偏壓功率”)，各獨立地受控制。

偏壓功率可以被脈衝化(例如重複地釋放能量)，而源

功率可以持續地被施加。尤其，可以藉由使用產生器將偏壓功率予以脈衝化，由一控制系統來設定脈衝化能力，以提供功率在開啟時的一時間比例(其稱為“工作週期(duty cycle)”)。在一實施例中，脈衝化之偏壓功率的開啟時間和關閉時間在整個蝕刻循環期間是一致的。例如，若功率是開啟長達約 3 msec 且關閉長達約 15 msec，則工作週期為約 16.67%。以每秒週期或赫茲(Hz)為單位的脈衝化頻率係等於 1.0 除以秒單位之開啟和關閉時間週期總和的值。例如，當偏壓功率開啟長達約 3 msec 且關閉長達約 15 msec，即總時間約 18 msec，則每秒週期的脈衝化頻率為約 55.55 Hz。在一實施例中，可以使用在蝕刻循環期間開啟/關閉時間點會改變之特定化的脈衝曲線(profile)。在一實施例中，藉由改變施加到基材的偏壓功率，蝕刻循環可以在沉積與/或蝕刻步驟之間切換。將偏壓功率予以脈衝化係有助於減少溝槽側壁的扇貝化(scalloping)、改善阻劑選擇性、改善蝕刻速率、以及避免材料界面底切。

第 1 圖繪示用於處理各種基材且容納各種基材尺寸之一系統(例如反應器 100)的截面圖。在一實施例中，反應器 100 可以包括源功率 15 和匹配網路 17、源功率 20 和匹配網路 21、一腔室 25、一泵 30、一閥 35、一陶瓷靜電夾件 40、一冷卻器 45、一蓋 50、一氣體噴嘴 55、以及一氣體輸送系統 102。在一實施例中，氣體輸送系統 102 設置在一殼體 105 內，其中該殼體 105 直接鄰近腔

室 25(例如位在腔室下方)。氣體輸送系統 102 係選擇性地耦接位在一或多個氣體盤 104 內的一或多個氣體源到氣體噴嘴 55，以提供製程氣體到腔室 25。殼體 105 靠近腔室 25，以在改變氣體時得以減少氣體過渡時間、將氣體使用量減到最少、並且將廢氣減到最少。反應器 100 可以更包括一升降件 27 用於升高和降低夾件 40，其中該夾件 40 係在腔室 25 中支撐基材。腔室 25 更包括一本體，本體具有一下內襯 22、一上內襯 23 與一門 24。閥 35 可以設置在泵 30 與腔室 25 之間，並且可以操作來控制腔室 25 內的壓力。陶瓷靜電夾件 40 可以設置在腔室 25 內。蓋 50 可以設置在腔室 25 上。氣體噴嘴 55 可以包含一可調式氣體噴嘴，其具有一或多個出口，以選擇性地引導來自氣體輸送系統 102 的氣體流到腔室 25。氣體噴嘴 55 可以操作來引導氣體流到腔室 25 內的不同區域內，例如腔室 25 的中心區域與/或側邊區域。在一實施例中，氣體噴嘴 55 可以包括一第一出口(其自腔室 25 頂部引入氣體)以及一第二出口(其自腔室 25 側邊引入氣體)，以選擇性地控制腔室 25 中氣體的分佈。氣體輸送系統 102 可以用來以立即速率供應至少兩種不同的氣體混合物到腔室 25，如下文進一步所描述。在依可選的實施例中，反應器 100 可以包括一頻譜監測器，其隨著在腔室 25 中形成溝槽時，可以操作來測量經蝕刻溝槽的深度以及經沉積膜的厚度，而具有使用其他頻譜特徵來決定反應器狀態的能力。反應器 100 可以被建構成得以容

納各種基材尺寸，例如高達約 300 mm 的基材直徑。在運作時，並且如同本文所討論者，反應器 100 可以產生經蝕刻的基材溝槽，其側壁輪廓的錐形化角度約 85° 到約 92° ，並且其深度約 10 μm 到約 500 μm 。

在一實施例中，反應器 100 可以耦接到一系統，該系統包括一金屬蝕刻反應器且一可選的後金屬蝕刻鈍化腔室。

在一實施例中，用於產生且維持電漿製程的源功率 15 係經由腔室 25 上方之殼體 11 內一功率產生設備來耦接到腔室 25。源功率 25 可以操作來產生具有脈衝化能力之約 12 MHz 到約 13.5 MHz 的射頻、約 10 W 到約 5000 W 的功率，以及可以進一步包括一動態匹配網路 17。在一實例中，源功率 15 可以操作來產生具有脈衝化能力之 13 MHz 的射頻。源功率 15 可以包含一雙重可調源，從而得以在一蝕刻循環期間改變射頻。在一實施例中，源功率 15 可以包含可以產生高程度的電漿解離的一遠端電漿源，其可以安裝到反應器 100。當使用遠端電漿源時，反應器 100 可以進一步包括一電漿散佈板或系列的板，其設置在腔室 25 中，以有助於將電漿散佈到基材。在一實施例中，反應器 100 可以包括一現地源功率以及一遠端電漿源功率兩者，其中利用遠端電漿源在遠端電漿腔室中產生電漿且將電漿傳送到反應腔室 25，其中現地源功率 15 係維持在腔室 25 內產生的電漿。在一實施例中，一蝕刻循環可以執行成在蝕刻循環期間增加或降

低功率範圍(即源功率 15 的瓦數)。在蝕刻循環期間，可以將源功率 15 予以脈衝化。

在一實施例中，用於施加偏壓予基材的偏壓功率 20 係耦接到腔室 25 與夾件 40。偏壓功率 20 可以操作來產生具有脈衝化能力之約 2 MHz 的射頻、約 10 W 到約 500 W 的低功率，以及可以進一步包括一動態匹配網路 21。在一實施例中，偏壓功率 20 可以產生具有脈衝化能力之約 400 kHz 到約 2 MHz、約 100 kHz 到約 2 MHz、以及約 100 kHz 到約 13.56 MHz 的可選射頻、約 10 W 到約 500 W 的低功率，以及可以進一步包括一動態匹配網路或一固定的匹配網路和一頻率調諧器。在一實施例中，一蝕刻循環可以執行成在蝕刻循環期間增加或降低功率範圍(即偏壓功率 20 的瓦數)。在一實施例中，蝕刻循環可以包括一沉積步驟、一第一蝕刻步驟與一第二蝕刻步驟，其中在第一蝕刻步驟期間使用偏壓功率 20，並且在第二蝕刻步驟期間增加或降低偏壓功率 20。例如，從第一蝕刻步驟到第二蝕刻步驟，可以降低或增加偏壓功率的射頻。

在蝕刻循環期間，可以將偏壓功率 20 予以脈衝化。為了將偏壓功率 20 予以脈衝化，射頻功率在蝕刻循環期間係被開啟和關閉。偏壓功率 20 之脈衝化頻率可以為約 10 Hz 到約 1000 Hz，並且可以為約 50 Hz 到約 180 Hz。在一實施例中，切換功率於開啟和關閉係均勻地分佈在整個蝕刻循環的時間中。在一實施例中，脈衝化的時間

點曲線(profile)在整個蝕刻循環中可以改變，並且可以取決於基材的組成。偏壓功率 20 開啟的比例，即前述的工作週期(duty cycle)，係與脈衝化頻率直接相關。在一實施例中，當脈衝化頻率為約 10 Hz 到約 1000 Hz 時，工作週期為約 2%到約 40%。在一實施例中，當脈衝化頻率為約 50 Hz 到約 180 Hz 時，工作週期為約 5%到約 30%。可以根據所處理的基材材料來調整偏壓功率頻率與脈衝化頻率。

在一實施例中，冷卻器 45 可以操作來控制腔室 25 內的溫度及腔室 25 內基材的溫度。冷卻器 45 可以位在靠近腔室 25 處，並且耦接到腔室 25。冷卻器 45 可以包括一低溫冷卻器，例如零下熱電冷卻器(sub-zero point of use thermoelectric chiller)，並且可以進一步包括一直接冷卻機構以用於超低溫。冷卻器 45 可以操作來產生約 -20℃到約 80℃的溫度，其靠近腔室 25 處以達到更快的反應時間，並且可以包括升高能力以允許一些程度的控制以改善蝕刻速率。在一實施例中，冷卻器 45 可以產生約 -10℃到約 60℃的溫度，並且可以位於靠近腔室 25 處以達到更快速的反應時間。在一實施例中，冷卻器 45 可以操作來降低腔室 25 中溫度從約 -10℃到約 -20℃。

在一實施例中，反應器 100 可以藉由泵 30 和閥 35 操作來維持腔室壓力於約 10 mTorr 到約 1000 mTorr，其中該泵 30 和閥 35 係耦接到腔室 25。在蝕刻循環期間，可以調整腔室壓力以進一步改善蝕刻輪廓。例如，當從沉

積步驟切換到蝕刻步驟時，可以快速地降低或升高腔室壓力。泵 30 可以包含一渦輪泵(例如 2600 L/s 的渦輪泵)，其可以操作來處理流經腔室 25 之約 100 sccm 到約 1000 sccm 的流量。與泵 30 結合，閥 35 可以包含一具有快速反應時間的節流閘閥以有助於控制製程流量和壓力變化。反應器 100 可以進一步包括一雙重壓力計，以測量腔室 25 內的壓力。在一實施例中，在蝕刻循環期間，反應器 100 可以操作來維持動態壓力於約 10 mTorr 到約 250 mTorr。可選地，可以利用一自動的節流閘閥控制或一具有預設控制點的閥，並且可以將動態壓力維持在一設定點而改變流量參數。

第 2 圖繪示氣體輸送統 102 之一實施例的示意圖，其中該氣體輸送統 102 具有一快速氣體交換系統 200。快速氣體交換系統 200 包括一殼體 205(例如前述的殼體 105)，殼體 205 內含有一第一流量控制器 240、一第二流量控制器 230、多個可選的流量限制器 260 和閥 250 以經由出口 270 與 280 選擇性地引導氣體進入腔室 25(示於第 1 圖)、以及一排放口 290 以用於將泵 30 下游的氣體排到腔室排放口。詳細言之，第 2 圖顯示有四個流量限制器 260 和八個閥 250，但是可以改變流量限制器 260 和閥 250 的數量(若有使用的話)。第一流量控制器 240 經由流線 272 連通於出口 270，其中該流線 272 連通於出口流線 273。第二流量控制器 230 經由流線 271 連通於出口 270，其中該流線 271 亦連通於出口流線 273。第

一與第二流量控制器之各者係分別經由流線 272 和 271 連通於排放口 290，其中該流線 272 和 271 係獨立地耦接到排放口流線 291。第一流量控制器 240 也分離地經由流線 282 連通於出口 280，其中該流線 282 連通於出口流線 283。第二流量控制器 230 也分離地經由流線 281 連通於出口 280，其中該流線 281 亦連通於出口流線 283。第一與第二流量控制器之各者係分別經由流線 282 和 281 連通於排放口 290，其中該流線 282 和 281 係獨立地耦接到排放口流線 291。從第一與第二流量控制器經由流線 271、272、281、282 與 291 到排放口 290 的一或多個流動路徑可以各定義一預流動氣體路徑，如下文所進一步解釋。一或多個可選的流量限制器 260 與閥 250 可以設置在第一與第二流量控制器 240 與 230 和出口 270 與 280 及排放口 290 之間，以控制製程氣體到出口 270 與 280 及排放口 290 的輸送。出口 270 與 280 可以連通於(前述)氣體噴嘴 55 的一或多個出口，以選擇性地控制氣體進入腔室 25 的分佈。快速氣體交換系統 200 和尤其是第一與第二流量控制器 240 與 230 係分別耦接到一第一氣體盤 220 與一第二氣體盤 210，用於利用快速氣體交換系統 200 來供應製程氣體到腔室 25。第一與第二氣體盤 210 與 220 可以經由一第一流線 217 與一第二流線 227 耦接到快速氣體交換系統 200。第一與第二氣體盤之各者可以包括一或多個氣體源 215 與 225，並且可以操作來經由第一流線 217 與第二流線 227 供應一或多種氣

體到快速氣體交換系統 200 及因而腔室 25。當用於矽蝕刻時，快速氣體交換系統 200 在第一蝕刻步驟和第二蝕刻步驟期間從第一氣體盤 210 供應第一氣體(例如六氟化硫(SF_6))到腔室 25，以及在沉積步驟期間從第二氣體盤 220 供應第二氣體(例如八氟環丁烷(C_4F_8))到腔室 25。在一實例中，第一氣體盤 210 與第二氣體盤 220 可以操作來輸送 SF_6 和 C_4F_8 於約 1000 sccm、氬於約 500 sccm、以及氧(O_2)和氬於約 200 sccm。在一實施例中，一具有電漿維持氣體(諸如氬)的第三氣體盤可以耦接到快速氣體交換系統 200，並且在蝕刻和沉積步驟期間可以操作來持續地供應氣體到腔室 25。

在運作時，當來自第一氣體盤 210 的氣體被供應到腔室 25 時，第一流量控制器 240 可以經由流線 282 引導氣體到出口 280、經由流線 272 引導氣體到出口 270、或皆到該兩出口。可以使用可選的流量限制器 260 來控制快速氣體交換系統 200 內氣體的流量。當氣體被供應到腔室 25 時，閥 250 可以操作來開啟到腔室 25 的流動路徑與關閉到排放口流線 291 及因而排放口 290 的流動路徑。當蝕刻循環係切換步驟時，來自第二氣體盤 220 的氣體能夠以類似第一氣體盤 210 的方式被供應到腔室 25。當來自第二氣體盤 220 的氣體被供應到腔室 25 時，閥 250 可以操作來關閉來自第一氣體盤 20 到腔室 25 的流動路徑與開啟到排放口流線 291 及因而排放口 290 的流動路徑以排放流線中的氣體。在一實例中，在沉積步

驟期間可以從第一氣體盤 210 供應氣體到腔室 25，並且在蝕刻步驟期間可以從第二氣體盤 220 供應氣體到腔室 25。氣體盤 220 與 210 均可用於沉積和蝕刻步驟兩者。

在一替代實施例中，如第 3 圖所示，可以使用一快速氣體交換系統。快速氣體交換系統 300 包括一殼體 305(例如前述的殼體 105)，殼體 305 內含有一第一流量控制器 340、一第二流量控制器 345 與一第三流量控制器 347(其彼此連通以選擇性地引導氣體進入腔室 310(如第 1 圖所示反應器 100 的腔室 25))、一第一排放口 360、與/或一第二排放口 370。快速氣體交換系統 300 和尤其是第一流量控制器 340 可以經由流線 341 耦接到一第一氣體盤 320。在一實施例中，對於適於蝕刻矽，第一氣體盤 320 可以包括複數個氣體源 322，包括但不限於六氟化硫、氧、氫、三氟甲烷(CHF_3)、與/或氬。流量控制器 340、345 與 347 之各者可以包括流量控制閥，該些流量控制閥可以操作來引導氣體到排放口 360 與 370 與/或腔室 310。流量控制閥可以包括用於氣動操作的氣動致動器以允許快速的響應且提供多種流動組態。此外，流量控制器 340、345 與 347 可以連通於一操作系統以控制且監測閥的運作。流量限制器 346 與 348 可以可選地耦接到第三流量控制器 347，以限制到第二排放口 370 與/或腔室 310 的流量。

在一實施例中，第一流量控制器 340 可以被建構以經由流線 343 引導氣體到第一排放口 360(藉此定義一快速

淨空路徑，下文將進一步描述)與/或經由流線 342 引導氣體到第二流量控制器 345。第二流量控制器 345 可以被建構以經由流線 325 引導氣體到腔室 310 與/或經由流線 344 引導氣體到第三流量控制器 347。第三流量控制器 347 可以被建構以經由流線 349 引導氣體通過可選的流量限制器 348 到第二排放口 370(藉此定義一預流動氣體路徑，下文將進一步描述)與/或經由流線 321 引導氣體通過可選的流量限制器 346 到腔室 310，其中流線 321 可以連通於流線 325。

快速氣體交換系統 300 也可以包括一第一流量控制器 350、一第二流量控制器 355 與一第三流量控制器 357(其設置在殼體 305 內且彼此連通以引導氣體進入腔室 310)、第一排放口 360、與/或第二排放口 370。快速氣體交換系統 300 和尤其是第一流量控制器 350 可以經由流線 351 耦接到一第二氣體盤 330。在一實施例中，對於適於蝕刻矽，第二氣體盤 330 可以包括複數個氣體源 332，包括但不限於八氟環丁烷、氧、氫、三氟甲烷、與/或氬。流量控制器 350、355 與 357 之各者可以包括流量控制閥，該些流量控制閥可以操作來引導氣體到排放口 360 與 370 與/或腔室 310。流量控制閥可以包括用於氣動操作的氣動致動器以允許快速的響應且提供多種流動組態。此外，流量控制器 350、355 與 357 可以連通於一操作系統以控制且監測閥的運作。流量限制器 356 與 358 可以可選地耦接到第三流量控制器 347，以限制到第

二排放口 370 與/或腔室 310 的流量。

在一實施例中，第一流量控制器 350 可以被建構以經由流線 353 引導氣體到第一排放口 360(藉此定義一快速淨空路徑，下文將進一步描述)與/或經由流線 352 引導氣體到第二流量控制器 355。第二流量控制器 355 可以被建構以經由流線 335 引導氣體到腔室 310 與/或經由流線 354 引導氣體到第三流量控制器 357。第三流量控制器 357 可以被建構以經由流線 359 引導氣體通過可選的流量限制器 358 到第二排放口 370(藉此定義一預流動氣體路徑，下文將進一步描述)與/或經由流線 331 引導氣體通過可選的流量限制器 356 到腔室 310，其中流線 331 可以連通於流線 335。

在運作時，平行的流線 325 與 335 係可獨立地輸送氣體通過一系列流量控制器與可選的限制器到腔室 310，例如流量控制器 340、345、347 與 350、355、357 以及可選的流量限制器 346 與 356，以允許快速的氣體切換。流線 325 與 335 也可以操作來獨立地與/或直接地快速輸送氣體進入腔室 310，以消除通過可選的限制器 346 與 356 的任何氣體延遲。在一替代實施例中，流線 325 與 335 可以在進入腔室 310 前彼此連接(tie-in)。可以提供多種氣體輸送方式和組態予快速氣體交換系統 300。在一實施例中，一第一氣體(或多種氣體的組合)可以例如經由流線 341、342 與 325 而直接輸送進入腔室 310，並且一第二氣體(或多種氣體的組合)可以經由流線 354、

352 與 351 通過流線 331 之流量限制器 356 被脈衝化以允許對腔室 310 產生受控的輸送選擇。快速氣體交換系統 300 中各閥可以包括逆止閥，以避免經由流線來輸送的氣體會回擴散(back diffusion)。流量控制器 340 與 350 係可以操作來經由流線 343 與 353 引導氣體，其中流線 343 與 353 連通於第一排放口 360。流量控制器 347 與 357 係可以操作來經由流線 349 與 359 引導氣體，其中流線 349 與 359 連通於第二排放口 370。

在一實施例中，快速氣體交換系統 300 可以包括一可選的流線 386，流線 386 係連通於流線 341 與 351 中其一者或其兩者。流線 386 可以包括一可選的流量控制器 384 與/或一可選的流量限制器 382。流線 386 可以操作來引導氣體到一排放口 380，以將氣體從所有的流線排放，藉此定義一快速淨空路徑(下文將進一步描述)。排放口 360、370 與 380 可以包含真空環境，氣體係被引導到該真空環境內。

在一實施例中，透過與本文揭示之實施例組合，快速氣體交換系統 300 也可以耦接到一可選的氣體盤 390，以經由流線 395 提供一氣體源 392(例如淨化氣體(purge gas))到腔室 310，其中流線 395 係連通於流線 335。氣體盤 390 可以操作為一快速排放泵，以在多個處理氣體混合物的過渡期間之前移除腔室 310 中的任何殘餘氣體，藉此避免該些處理氣體混合物的混合。氣體盤 390 也可以提供一快速直接線到腔室 310 來提供一氣體，用於在

蝕刻循環期間利用來自第一與第二氣體盤之其一者或其兩者的氣體來進行處理。流線 395 可以包括一流量控制器與/或限制器，以控制到腔室 310 之氣體流量。氣體源 392 可以操作來將殘存在腔室 310 以及流線中的任何殘餘氣體混合物予以淨化。在一實施例中，可以致動一或多個流量控制器成開啟位置，以利用由氣體盤 390 供應之氣體源 392 經由流線 325 與 335 之其一者或其兩者將殘餘氣體混合物淨化到一或多個排放口 360、370 與 380。可以提供連通於流線 325 之類似的氣體盤配置。

在一實施例中，可以放置一基材在腔室 300 中，用於在一製程期間於基材中形成一輪廓。該製程可以包括一或多個步驟，例如蝕刻步驟和沉積步驟，其能夠以各種順序交替地且連續地重複，藉此形成該輪廓。在一或多個製程步驟期間，可以經由流線 341、342 與 325 通過第一和第二流量控制器 340 與 345 且/或經由流線 341、342、344、321 與 325 通過第一、第二和第三流量控制器 340、345 與 347 來從第一氣體盤 320 供應一第一氣體混合物(包括從第一氣體盤 320 之氣體源 322 提供的一或多種氣體)到腔室 310。在一或多個製程步驟期間，可以經由流線 351、352 與 335 通過第一和第二流量控制器 350 與 355 且/或經由流線 351、352、354、331 與 335 通過第一、第二和第三流量控制器 350、355 與 357 來從第二氣體盤 330 供應一第二氣體混合物(包括從第二氣體盤 330 之氣體源 332 提供的一或多種氣體)到腔室 310。

在切換製程步驟時，可以快速地切換且供應第一與第二氣體混合物到腔室 310。在切換製程步驟時且同時供應其他氣體混合物到腔室 310 時，也可以從各流線 325 與 335 引導第一與第二氣體混合物到排放口 360、370 與 380。此外，在切換製程步驟的期間，可以改變氣體混合物的組成，以在一製程步驟期間提供不同的氣體混合物到腔室。在一製程步驟期間，也可以同時供應第一與第二氣體混合物到腔室 310。流量控制器可以提供未受限的流動路徑予腔室 310。

在一實施例中，當使用一或多個閥(例如多個流量控制器(諸如三向閥)的組合，其中該些閥可包括氣動控制器以提供快速的響應致動)從一第一蝕刻步驟切換到一第二蝕刻步驟與/或一沉積步驟時，快速氣體交換系統係可以操作來在腔室中處理一基材時，得以在腔室中提供氣體混合物的連續快速切換。例如，可以在一沉積步驟期間供應一第一氣體混合物到腔室，同時可以在沉積步驟之後的一蝕刻步驟期間安排一第二氣體混合物的路線以準備引導到腔室內。每一步驟可以持續小於 1 秒。例如，在代表性期間中供應個別的氣體混合物時，沉積步驟可以持續約 0.5 秒且蝕刻步驟可以持續約 0.75 秒，並且可以連續地且交替地重複該些步驟，以處理腔室中的基材。

如第 4A 圖所示，隨著在基材的一或多層 410、420 與 430 中蝕刻一溝槽 400 時，許多扇貝紋 415 可能沿著溝槽的側壁發展。扇貝紋 415 可以沿著側壁以一連串的峰

411 和谷 412 來顯現。扇貝紋測量值 413 可以包括谷 412 的深度，即從谷 412 的基底的中心量測起(如第 4B 圖所示)。在一實施例中，藉由使用快速氣體交換系統 200 或 300 連同反應器 100，可以增加或減少谷 412 的長度(即從一峰之尖點到相鄰峰之尖點的垂直距離)以及峰 411 和谷 412 的數量。當扇貝紋測量值 413 增加時，側壁的粗糙度會增加。根據一實例，藉由使用快速氣體交換系統 200 或 300，能夠以約 $10\text{ }\mu\text{m/min}$ 的蝕刻速率來形成溝槽，而扇貝紋測量值 413 為約 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 。當溝槽形成穿過整個基材時，扇貝紋測量值 413 可以沿著側壁維持在合理的容忍度內，例如扇貝紋測量值 413 可以在溝槽頂部處大於或等於約 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 且在溝槽底部處小於或等於約 $0.025\text{ }\mu\text{m}$ 。在一實施例中，能夠以約 $20\text{ }\mu\text{m/min}$ 的蝕刻速率來形成溝槽，而其中扇貝紋測量值 413 為約 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 。在一實施例中，能夠以約 $10\text{ }\mu\text{m/min}$ 的蝕刻速率來形成溝槽，而其中一沉積步驟可以持續約 1 秒至約 2 秒之時段且一蝕刻步驟可以持續約 2 秒至約 4 秒之時段。蝕刻步驟可以包括一第一蝕刻步驟和一第二蝕刻步驟。

藉由使用快速氣體交換系統 200 或 300，可以增加蝕刻後殘留在溝槽輪廓上的光阻劑的量。又，隨著形成越深的溝槽輪廓，快速氣體交換系統 200 或 300 可以改善阻劑選擇性。

快速氣體交換系統 200 或 300 係提供提升的蝕刻效能。快速氣體交換系統 200 或 300 提供了以下優點：縮

104 年 10 月 8 日修(更)正本 P24~P29

短從質流控制器到腔室的氣體延遲、去除多種氣體物種混合、縮短氣體切換時間、縮短製程步驟間的氣體輸送延遲、允許氣體物種重疊、允許多區域氣體輸送、以及允許遠端或局部氣體盤位置。這些優點造成了更高的整體蝕刻速率、低的溝槽側壁粗糙度、以及高的控制溝槽輪廓的能力。可以將快速氣體交換系統 200 或 300 與利用多步驟製程的蝕刻系統(例如時間多工氣體調制(TMGM)系統或柏斯克(Bosch)系統)一起應用。

在一實施例中，一種蝕刻位在一腔室中一基材的方法係包括：在一沉積步驟期間供應來自一第一氣體盤之一第一氣體到腔室內；在一第一蝕刻步驟與一第二蝕刻步驟期間供應來自一第二氣體盤之一第二氣體到腔室內；以及在該第一蝕刻步驟期間以一第一偏壓功率施加偏壓予基材，在該第二蝕刻步驟期間以一第二偏壓功率施加偏壓予基材，其中該第一偏壓功率大於該第二偏壓功率。舉例來說，該第一偏壓功率可包括約 2 MHz 到約 13.56 MHz 的射頻範圍。此外，該第二偏壓功率可包括約 100 kHz 到約 400 kHz 的射頻範圍。

在一實施例中，提供一種用以蝕刻一基材(例如矽基材)的方法，其中該基材係可選地具有多個層(例如氧化物、金屬與/或經沉積的保護聚合物膜)，其中該保護聚合物膜在基材上包含至少一聚合物、共聚物、寡聚合物、其衍生物或其組合(例如硬罩幕或阻劑罩幕)。該方法包括一蝕刻循環，該蝕刻循環具有一沉積步驟、一第一蝕刻

步驟與一第二蝕刻步驟。該製程可以包括在第一蝕刻步驟期間使用一高偏壓功率和一低壓以及在第二蝕刻步驟期間使用一低偏壓功率和一高壓，其中該高偏壓功率係用於蝕刻該些層(例如氧化物、金屬與/或聚合物膜)，並且該低偏壓功率係用於蝕刻該基材(例如矽基材)，以在基材中形成溝槽。此製程得以改善阻劑選擇性且降低溝槽側壁的粗糙度。

根據一實例，在傳統的矽蝕刻系統中，蝕刻步驟在等向地蝕穿且蝕刻矽之前係耗時其時間的約 40%在移除表面聚合物。偏壓功率是需要的以用來蝕穿聚合物層，但矽蝕刻是放熱的且因此不需要偏壓功率。可以使用約 5 秒的沉積步驟和約 10 秒的蝕刻步驟來提供最佳的臨界尺寸和蝕刻速率。若偏壓功率係開啟長達蝕刻步驟的整個 10 秒且在約 4 秒後蝕刻聚合物表面，則以偏壓功率來蝕刻矽長達約剩餘的 6 秒會降低阻劑選擇性並增加溝槽側壁的粗糙度。在相同的實例中，本發明的實施例是藉由將蝕刻步驟分隔成一第一蝕刻步驟(其包括低壓/高偏壓功率長達約 4 秒)以及隨後的一第二蝕刻步驟(其包括高壓/低偏壓功率長達約剩餘的 6 秒)來解決這些問題，而增加了阻劑選擇性。在一實施例中，沉積步驟的時間可以介於約 1 秒到約 20 秒，並且蝕刻步驟的時間可以介於約 2 秒到約 30 秒。

第 5A 圖繪示一習知技術的蝕刻循環 500，其包括一長達約 5 秒的沉積步驟 510 以及一長達約 10 秒的蝕刻步驟

530，並且具有在用以蝕刻矽基材而切換該些步驟之間時該些步驟的重疊 520。第 5B 圖繪示根據本發明一實施例之在與習知技術循環 500 相同的基材上執行的一蝕刻循環 550。第 5B 圖繪示一蝕刻基材的方法，其包括：在一沉積步驟 560 期間沉積一薄膜聚合物層長達約 3 秒；在一第一蝕刻步驟 570 期間蝕刻聚合物層長達約 3 秒；以及在一第二蝕刻步驟 580 期間蝕刻矽層長達約 5 秒，其中在該第一蝕刻步驟期間施加一第一偏壓頻率到矽基材，其中在該第二蝕刻步驟期間施加一第二偏壓頻率到矽基材，其中該第二偏壓頻率小於該第一偏壓頻率。如圖所示，蝕刻循環 550 約比習知技術蝕刻循環 500 快約 4 秒，並且可以形成實質類似的溝槽輪廓。使用快速氣體交換系統 200 或 300 也可以去除在從沉積步驟切換到蝕刻步驟時的任何重疊。

在一實施例中，一方法包括在蝕刻循環的第一蝕刻步驟期間藉由使用偏壓功率以及在第二蝕刻步驟期間藉由使用零偏壓功率，以增加阻劑選擇性。

在一實施例中，一方法包括在第一蝕刻步驟期間以約 2 MHz 頻率的偏壓功率來蝕刻金屬和氧化物層，以及接著在第二蝕刻步驟期間切換到約 400 kHz 頻率的偏壓功率來蝕刻矽基材。該方法可以更包括一多頻率偏壓功率匹配。

第 6A 圖繪示一經蝕刻的特徵或輪廓，例如使用習知技術方法所形成的溝槽輪廓 600。第 6B 圖繪示使用根據本

發明一實施例之方法所形成的溝槽輪廓 650。如圖所示，使用習知技術方法所形成的溝槽輪廓 600 在沿著側壁具有較高程度的粗糙度，例如約 $6.7\text{ }\mu\text{m}/\text{min}$ 之蝕刻速率而產生大於約 $2\text{ }\mu\text{m}$ 的扇貝紋測量值。使用快速氣體交換系統 200 或 300 與反應器 100 所形成的溝槽輪廓 650 係降低側壁粗糙度並產生較平滑的輪廓，例如約 $5.8\text{ }\mu\text{m}/\text{min}$ 之蝕刻速率而產生小於約 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ 的扇貝紋測量值。溝槽輪廓 650 也可以包括一平滑且圓滑的蝕刻前部 (etch-front)。此外，此兩步驟蝕刻製程可以被應用來進一步達成低的扇貝紋測量值。

在一實施例中，蝕刻循環可以進一步包括一移除製程，該移除製程包括殘留在經蝕刻材料表面上與/或沿著溝槽表面殘留之光阻劑罩幕或保護聚合物膜的移除。根據一實例，對於矽為主之基材，可以使用含氧電漿來完成移除製程。此移除製程可以在使用本發明實施例來蝕刻溝槽輪廓之後來進行。

在一實施例中，蝕刻循環可以進一步包括一額外的蝕刻或移除製程，或者稱為一側壁平滑化製程，其包括將沿著溝槽側壁之蝕刻產生的表面粗糙度(例如扇貝紋)予以進一步平滑化。此側壁平滑化製程可以在前述移除製程之後來進行。側壁平滑化製程可以藉由使用一反應性電漿磨碾製程 (reactive plasma milling process) 來進一步減少形成在經蝕刻溝槽之側壁表面上扇貝紋的深度。移除製程和反應性電漿磨碾製程的一示範性實例係被討論

於審查中之美國專利申請案號中，其在西元 2008 年 8 月 27 日申請，標題為“Post Etch Reactive Plasma Milling to Smooth Through Substrate Via Sidewalls and Other Deeply Etched Features”，其全文在此以引置方式併入本文以作為參考。

在一實施例中，反應性電漿磨礪製程係用於使溝槽輪廓的扇貝化表面遭受由電漿源氣體產生的反應性電漿，其中該電漿源氣體包括有會與溝槽輪廓表面上材料反應的一反應物，該反應物包括但不限於 SF_6 、 NF_3 、 CF_4 、 CHF_3 、 ClF_3 、 BrF_3 、 IF_3 或其衍生物。電漿源氣體可以包括惰性氣體，其不會與溝槽輪廓反應，但可作為會衝擊溝槽輪廓的衝擊力，而粉碎且移除了扇貝紋的材料。在一實施例中，在從基材的溝槽輪廓移除殘留的聚合物膜之後，能夠在基材被施加予偏壓功率的同時以由源氣體產生的反應性電漿來處理溝槽輪廓。可以將偏壓功率予以脈衝化，即 RF 功率可以在處理基材時被切換於開啟與關閉。透過利用本文描述的本發明實施例來調整製程變數(諸如電漿源氣體的組成、基材的溫度、製程腔室中的壓力、以及相對於偏壓功率與/或源功率的射頻功率)，可以設計反應性電漿磨礪製程。

在一實施例中，可以使用一氣體輸送系統(如快速氣體交換系統 200 與 300)來提供一預流動氣體路徑到腔室(例如反應器 100 的腔室 25)。預流動氣體路徑可以是從一氣體輸送源通過一閥到一真空環境的連接，其中該真空環

境係與腔室分離開。在腔室中需要氣體之前，氣體可以流經預流動氣體路徑，以在需要氣體之前能將流量予以穩定化。此外，可以將任何流量控制裝置(例如流量控制器)的輸出安排到預流動氣體路徑，因此可以在氣流被輸送到腔室之前將氣流的分流(*division of gas flow*)予以穩定化。

在一實施例中，可以使用一氣體輸送系統(例如快速氣體交換系統 200 與 300)從腔室(例如反應器 100 的腔室 25)提供一快速淨空(*evacuation*)路徑到排放口或排出口。快速淨空路徑可以是從一氣體輸送源與一腔室輸送路徑到腔室通過一閥到一真空環境的連接，其中該真空環境係與腔室分離開。各腔室輸送路徑連接可以使用一或多個閥，這是因為快速淨空路徑可以在多個位置處連接，從而使得在任何兩個流量控制裝置與/或限制之間具有至少一連接。當須使腔室中氣體改變時，可以開啟連通到真空環境的該些閥，從腔室輸送路徑移除了過量的氣體。

在一實施例中，提供隨著時間通過氣體輸送系統(例如快速氣體交換系統 200 與 300)之氣體流量的控制，以使流進腔室(例如反應器 100 的腔室 25)內的實際氣體流量盡可能快速地達到期望的狀態。若腔室輸送路徑不含有氣體，氣體輸送路徑係可以操作來增加各期望氣體的流量，以讓氣體輸送系統將在最短的可能時間內達到平衡。隨著流進腔室內的氣體流量接近期望的化學物混合

和流速，以維持流入腔室內之期望流量的方式將通過氣體輸送路徑的氣體流量減少到期望程度。在氣體輸送系統將被充滿以來自更早製程的氣體的情況時，可以改變流動通過氣體輸送氣體的流量(例如減少或增加，取決於期望的效果)，以使流入腔室內的期望流量將盡可能快速地達到期望值。隨著流入腔室的氣流接近期望的化學物混合和流速，以維持流入腔室內期望流量的方式而朝著期望流量來調整氣體流量。

在一實施例中，提供一種使用可變限制、固定限制或一系列可選的固定限制之快速淨空路徑的流量限制控制。當輸送到腔室的化學物混合改變但必須控制改變的流速時，腔室輸送路徑與快速淨空路徑之間的一或多個閥可以被節流(throttled)以控制淨空速率。在一些情況中，藉由將沿著腔室輸送路徑的閥予以節流，從而使得一些氣體被淨空到快速淨空路徑且一些氣體被輸送到腔室，可以更快速地達成流到腔室之期望的化學物混合和流速。

在一實施例中，當從一化學物混合和流速改變到另一化學物混合和流速時，流到腔室的氣體輸送可以因使用腔室輸送路徑中的殘留氣體而持續不中斷。可以關閉腔室輸送路徑中的一或多個閥，以讓閥下游的氣體得以持續流入腔室內且閥上游的氣體可以被安排線路到其他地方。當閥被關閉時，關閉之閥上游的氣體流量將無法抵達腔室。依此方式，當閥上游的氣體被改變到下一個期

望的化學物混合和流速時，腔室將從閥下游的氣體(殘留氣體)不中斷地運行。在腔室輸送路徑中之閥下游的所有氣體被耗用到腔室內之後，閥將可被開啟，藉此允許下一個期望的化學物混合和流速進入腔室。

在一實施例中，可以將腔室輸送路徑、預流動路徑與快速淨空路徑中一或多個閥予以排序。一定時順序的閥致動可以確保在期望的時間將期望的化學混合和流速輸送到腔室。在腔室需要新的化學物混合和流速之前，該些閥可以被致動以開始新的化學物混合和流速通過腔室輸送路徑的流動。同時，該些閥可以被致動到腔室輸送路徑、預流動路徑與快速淨空路徑，以穩定化新的化學物混合和流速通過腔室輸送路徑的流動、持續來自腔室輸送路徑中殘留氣體的化學物輸送到腔室、並且從腔室輸送路徑的隱蔽區塊移除任何殘留化學物。化學物轉換可以在最短期間內發生在最靠近化學物輸送源處。對於快速淨空路徑、預流動路徑與腔室輸送路徑使用定時切換的一系列閥(其從化學輸送源到腔室沿著腔室輸送路徑分隔開)，新的化學物混合和流速可以盡可能靠近請求時間而被定時輸送到腔室。

在一實施例中，可以應用腔室輸送路徑、快速淨空路徑與預流動路徑中化學物輸送的回饋(feedback)。可以在各種路徑中以壓力感測器、流量感測器、化學感測器、與/或可監測路徑內狀況的其他感測器來測量化學物混合和流速。當使用任何前述方法來改變化學物混合和流

速時，這些感測器之測量的輸出可以用於改善化學物輸送的控制以及用於決定閥設定(即開啟、關閉和比例狀態)。使用該些感測器可以判斷且調整化學物混合和流速的過渡與穩定狀態效能，以控制用以改變閥之操作設定或狀態的時間點。

在一實施例中，可以應用流到腔室內之化學物輸送的回饋。可以使用壓力感測器、光學感測器、與提供來自腔室之回饋的其他感測器來判斷流入腔室內之實際的化學物混合和流速。當改變流入腔室內之化學物混合和流速時，測量的輸出可以用於改善化學物輸送的控制以及用於決定閥設定。測量的輸出也可以用於測量且判斷化學物混合和流速的過渡與穩定狀態效能。

在一實施例中，可以使用流量控制的預測方法來將氣體過渡時間減到最小。此方法可以包括以除了所期望流速以外的流速來流動該化學物混合，並且接著將其集中到期望的流速，以在可能的最短時間內達成平衡氣體線壓力，以及因而流入腔室之實際的期望流量。

在一實施例中，提供一種使用流動系統模型將閥予以排序的預設方法。此方法可以包括利用流速、氣體輸送氣體的容積、氣體輸送線的容積、腔室噴頭的容積、氣體輸送系統的流量限制、腔室噴頭的流量限制、在氣體輸送系統之給定流量時的平衡壓力、閥致動時間、腔室壓力、前線(foreline)壓力、與/或氣體物種，以將系統的閥予以排序藉此對於特定的蝕刻/沉積製程來提供到

處理腔室之最佳氣體輸送。

在一實施例中，一系統可以具有一或多個氣體輸送系統，從而使至少一氣體輸送系統專用於一特定的製程條件。此專用的氣體輸送系統以及因而此系統可能需要少量的化學物。此專用的氣體輸送系統可以由用於基材全處理之小的流量控制器的子組所服務，藉此顯著地減少成本並降低系統的複雜性。

第 7A-C 圖繪示使用本文描述之系統 100、200 與 300 的一氣體過渡製程。一第一氣體 710 到腔室 750 被停止，並且一第二氣體 720 的輸送開始。當第二氣體 720 流入線 760 時，流動的前緣(leading edge)會與線 760 中第一氣體 710 的殘留部分混合。第二氣體 720 推擠殘留的第一氣體 710 通過線 760 且進入腔室 750。在一實施例中，提供一氣體切換指令和輸送第二氣體 720 到腔室 750 之間的延遲可以為約 8 秒到約 25 秒。可以改善氣體過渡時間點，其係藉由使用測量工具與本文描述之預測的控制方法來改變氣體流量，以對於特定的蝕刻/沉積製程快速地提供到腔室 750 之最佳氣體輸送。

第 8A-C 圖繪示使用本文描述之系統 100、200 與 300 的一氣體過渡製程。一第一氣體 810 到腔室 850(經由線 860)的輸送係藉由關閉閥 865 且開啟閥 875 來停止，藉此使用例如一前線 870 來消耗第一氣體 810。在第一氣體 810 關閉的同時，一第二氣體 820 通過線 860 的輸送開始。當第二氣體 820 流入線 860 時，流動的前緣(leading

edge)會與線 870 中第一氣體 810 的殘留部分混合並被轉向。第二氣體 820 推擠殘留的第一氣體 810 通過線 860 且前線 870。腔室 850 可以使用腔室中第一氣體 810 的另一殘留部分繼續運作。接著，閥 875 可以被致動到關閉位置，並且閥 865 可以被致動到開啟位置，以允許未受污染的第二氣體 820 流量到腔室 850 的輸送。氣體過渡時間點可以發生在約 5 秒到約 10 秒的時間範圍內。因為線 860 在排放第一氣體 810 期間係被淨空，自氣體過渡指令需要約 10 秒到約 30 秒來提供穩定的第二氣體 820 流動。

第 9A-D 圖繪示使用本文描述之系統 100、200 與 300 的一氣體過渡製程。氣體過渡製程可以是與前述第 8A-C 圖相同的製程，其涉及第一氣體 910 通過線 860 到腔室 950 的輸送。閥 965 位在開啟位置，並且所有其他的閥 967、975、985 與 987 位在關閉位置。線 980 被預裝載以第二氣體 920，從而使得當線 980 連接到腔室 950 時，所需要的第二氣體 920 量已經在線 980 中以將流入腔室 950 的流量予以穩定化。在一實施例中，可以在線 980 中使用單一過渡氣體。接著，閥 975 可以被致動到開啟位置，並且其他閥可以被致動到或維持在關閉位置，以允許從腔室 950 經由例如前線 970 到排放口之任何處理氣體 930(例如殘留的第一氣體 910)的淨空。在氣體過渡之前，可以使用流量控制器將通過前線 970 的流量予以穩定化。接著，閥 985 與 967 可以被致動到開啟位置，

並且其他閥可以被致動到或維持在關閉位置。第二氣體 920 可以經由線 980 被輸送到腔室 950，並且第一氣體 910 可以使用前線 970 被消耗。氣體過渡可以取決於閥時間點。氣體過渡具有相當俐落的指數上升與衰退。到完全穩定的第二氣體 920 流量的過渡時間可能自氣體過渡指令需要約 2 秒到約 5 秒。過渡的精確時間可以藉由使用直接測量與/或本文描述之預測的控制方法來計算。

第 10 圖繪示可與本文描述之實施例一起應用的一氣體輸送系統 1000。系統 1000 可以包括一殼體 1040(例如一接地的圍壁)，殼體 1040 耦接到腔室 1050 用於容納且設置一或多個切換閥 1065、1075 與 1085 使其盡可能靠近腔室與/或一耦接到腔室 1050 的噴頭。切換閥 1065、1075 與 1085 可以在氣體源組件中被容納在一接地的圍壁內。在一實施例中，線 1080 可以專用於僅需要一種氣體之特定的氣體過渡製程。

因此，具有快速淨空路徑的氣體輸送系統係有利地使得從氣體輸送系統供應到處理系統內的處理氣體具有穩定的氣體流量和最小的波動。快速淨空路徑係被應用來提供替代的方式以確認與/或校正來自氣體輸送系統的氣體流量，藉此提供供應到處理腔室之氣體流量的良好控制。

儘管前述說明係著重在本發明的實施例，在不脫離本發明的基本範圍，可以設想出本發明的其他和進一步實施例，並且本發明的範圍是由隨附申請專利範圍來決定。

【圖式簡單說明】

本發明之前述特徵、詳細說明可以藉由參照實施例來詳細地瞭解，其中一些實施例係繪示在附圖中。然而，值得注意的是附圖僅示出本發明的典型實施例，並且因此不會限制本發明範圍，本發明允許其他等效的實施例。

第 1 圖繪示根據本發明一實施例之一基材蝕刻系統。

第 2 圖繪示根據本發明一實施例之一快速氣體交換系統。

第 3 圖繪示根據本發明一實施例之另一快速氣體交換系統。

第 4A-B 圖繪示蝕刻到基材內的一輪廓。

第 5A 圖繪示一習知技術之蝕刻循環。

第 5B 圖繪示根據本發明一實施例之一蝕刻循環。

第 6A 圖繪示使用一習知技術之方法所形成的一溝槽輪廓。

第 6B 圖繪示使用根據本發明一實施例之方法所形成的一溝槽輪廓。

第 7A-C 圖繪示根據本發明一實施例之一氣體過渡製程。

第 8A-C 圖繪示根據本發明一實施例之另一氣體過渡製程。

第 9A-D 圖繪示根據本發明一實施例之另一氣體過渡

製程。

第 10 圖繪示根據本發明一實施例之一氣體輸送系統。

【主要元件符號說明】

11	殼體	15	源功率
17	匹配網路	20	偏壓功率
21	匹配網路	22	下內襯
23	上內襯	24	門
25	腔室	27	升降件
30	泵	35	閥
40	夾件	45	冷卻器
50	蓋	55	噴嘴
100	反應器	102	氣體輸送系統
104	氣體盤	105	殼體
200	快速氣體交換系統	205	殼體
210	第二氣體盤	215	氣體源
217	第一流線	220	氣體盤
225	氣體源	227	第二流線
230	第二流量控制器	240	第一流量控制器
250	閥	260	限制器
270	出口	271	流線
272	流線	273	出口流線
280	出口	281	流線

282	流線	283	出口流線
290	排放口	291	排放口流線
300	快速氣體交換系統	305	殼體
310	腔室	320	第一氣體盤
321	流線	322	氣體源
325	流線	330	第二氣體盤
331	流線	332	氣體源
335	流線	340	第一流量控制器
341	流線	342	流線
343	流線	344	流線
345	第二流量控制器	346	限制器
347	第三流量控制器	348	限制器
349	流線	350	第一流量控制器
351	流線	352	流線
353	流線	354	流線
355	第二流量控制器	356	限制器
357	第三流量控制器	358	限制器
359	流線	360	第一排放口
370	第二排放口	380	排放口
382	流量限制器	384	流量控制器
386	流線	390	氣體盤
392	氣體源	395	流線
400	溝槽	410	層
411	峰	412	谷

413	扇貝紋測量值	415	扇貝紋
420	層	430	層
500	習知技術的蝕刻循環		
510	沉積步驟	520	重疊
530	蝕刻步驟	550	蝕刻循環
560	沉積步驟	570	第一蝕刻步驟
580	第二蝕刻步驟	600	習知技術的輪廓
650	溝槽輪廓	710	第一氣體
720	第二氣體	750	腔室
760	線	810	第一氣體
820	第二氣體	850	腔室
860	線	865	閥
870	前線	875	閥
910	第一氣體	920	第二氣體
930	處理氣體	950	腔室
960	線	965	閥
967	閥	970	前線
975	閥	980	線
985	閥	987	閥
990	感測器	1000	氣體輸送系統
1040	殼體	1050	腔室
1065	閥	1075	閥
1080	線	1085	閥

104年12月3日修(更)正本

七、申請專利範圍：

1. 一種在一腔室中蝕刻一基材之方法，包含下列步驟：

(A) 在一蝕刻反應器中沉積一保護層於一第一層上，該第一層位在一基材上，其中該第一層包含一金屬；

(B) 在該蝕刻反應器中蝕刻該保護層和該第一層，其中在蝕刻該保護層和該第一層的期間施加一第一偏壓功率；

(C) 在該蝕刻反應器中蝕刻一第二層，其中在蝕刻該第二層的期間施加一第二偏壓功率，其中該第一偏壓功率大於該第二偏壓功率；以及

重複步驟(A)、(B)與(C)，以在該基材中形成一輪廓。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該第一偏壓功率包括約 2 MHz 到約 13.56 MHz 的射頻範圍。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該第二偏壓功率包括約 100 kHz 到約 400 kHz 的射頻範圍。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該第一偏壓功率與該第二偏壓功率包括約 10 W 到約 500 W 的功率範圍。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包含將該第一偏壓功率與該第二偏壓功率之至少一者予以脈衝化於約 2% 到約 40% 的工作週期(duty cycle)範圍內。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該保護層是一聚合物膜。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該第二層包括矽。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中在步驟(C)之後，更包含下列步驟：
 - (D)沉積該保護層於該第二層上，該第二層位在該第一層與該基材之間；
 - (E)以該第一偏壓功率蝕刻該保護層的材料；以及
 - (F)以該第二偏壓功率蝕刻該第二層以延伸該輪廓。
9. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包含在步驟(A)的期間供應一第一氣體到該蝕刻反應器內，及在步驟(B)與(C)之至少一者的期間供應一第二氣體到該蝕刻反應器內。
10. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中步驟(A)維

持約 3 秒的時段，其中步驟(B)維持約 3 秒的時段，以及其中步驟(C)維持約 5 秒的時段。

11. 一種在一腔室中蝕刻一基材之方法，包含下列步驟：

在一沉積製程的期間沉積一聚合物膜於該基材上；

在一第一蝕刻製程的期間蝕刻被沉積在該基材上之該聚合物膜；

在該第一蝕刻製程的期間蝕刻該基材的一金屬層；以及

在一第二蝕刻製程的期間蝕刻在該金屬層之下的一矽層，藉此在該基材中形成一輪廓，其中在該第一蝕刻製程的期間施加一第一偏壓功率到該基材，以及其中在該第二蝕刻製程的期間施加一第二偏壓功率到該基材。

12. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，更包含重複該沉積製程、該第一蝕刻製程與該第二蝕刻製程，以延伸該基材中的該輪廓。

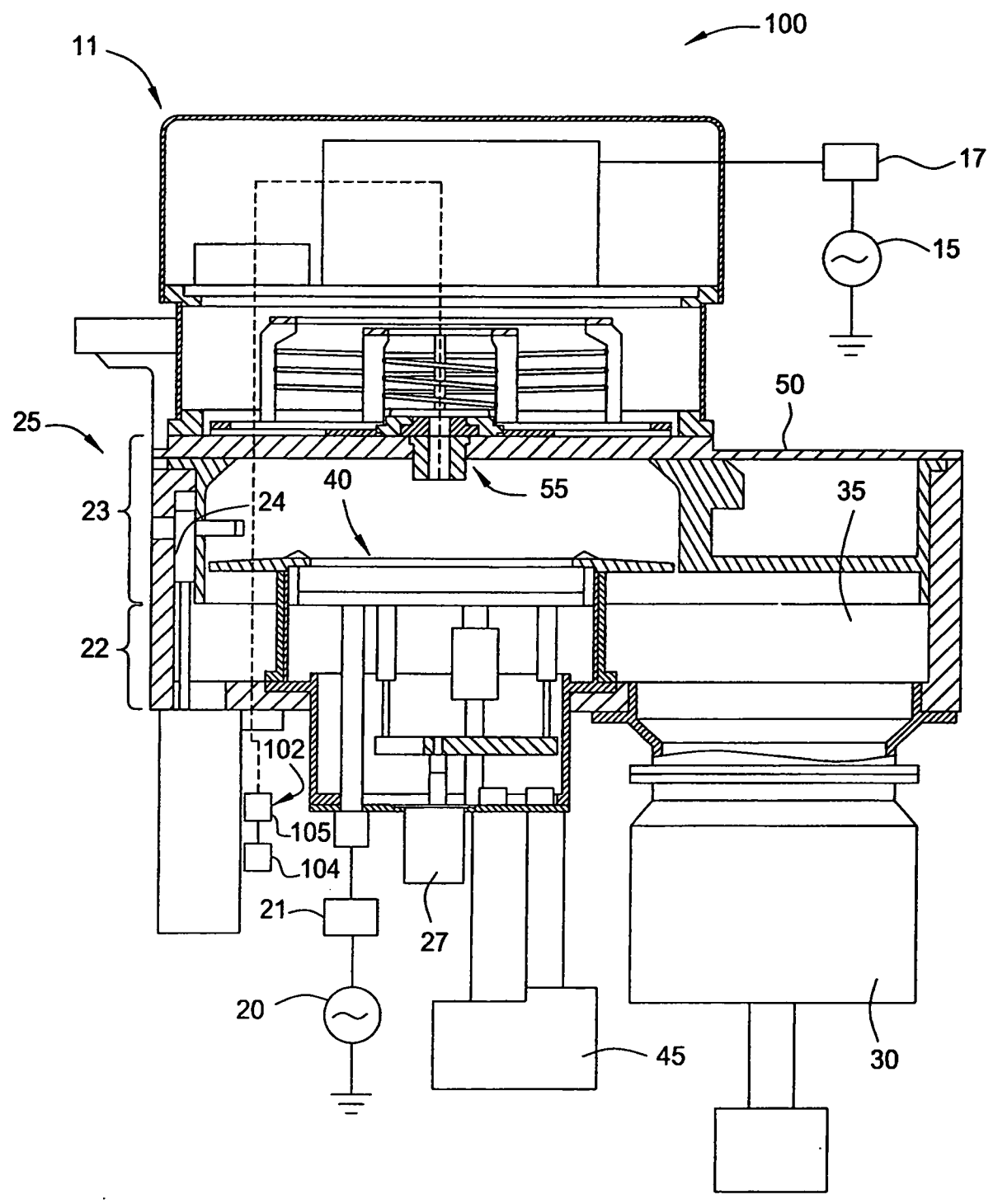
13. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中該基材包含複數個層，該複數個層包括矽與氧之至少一者。

14. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中該第一偏

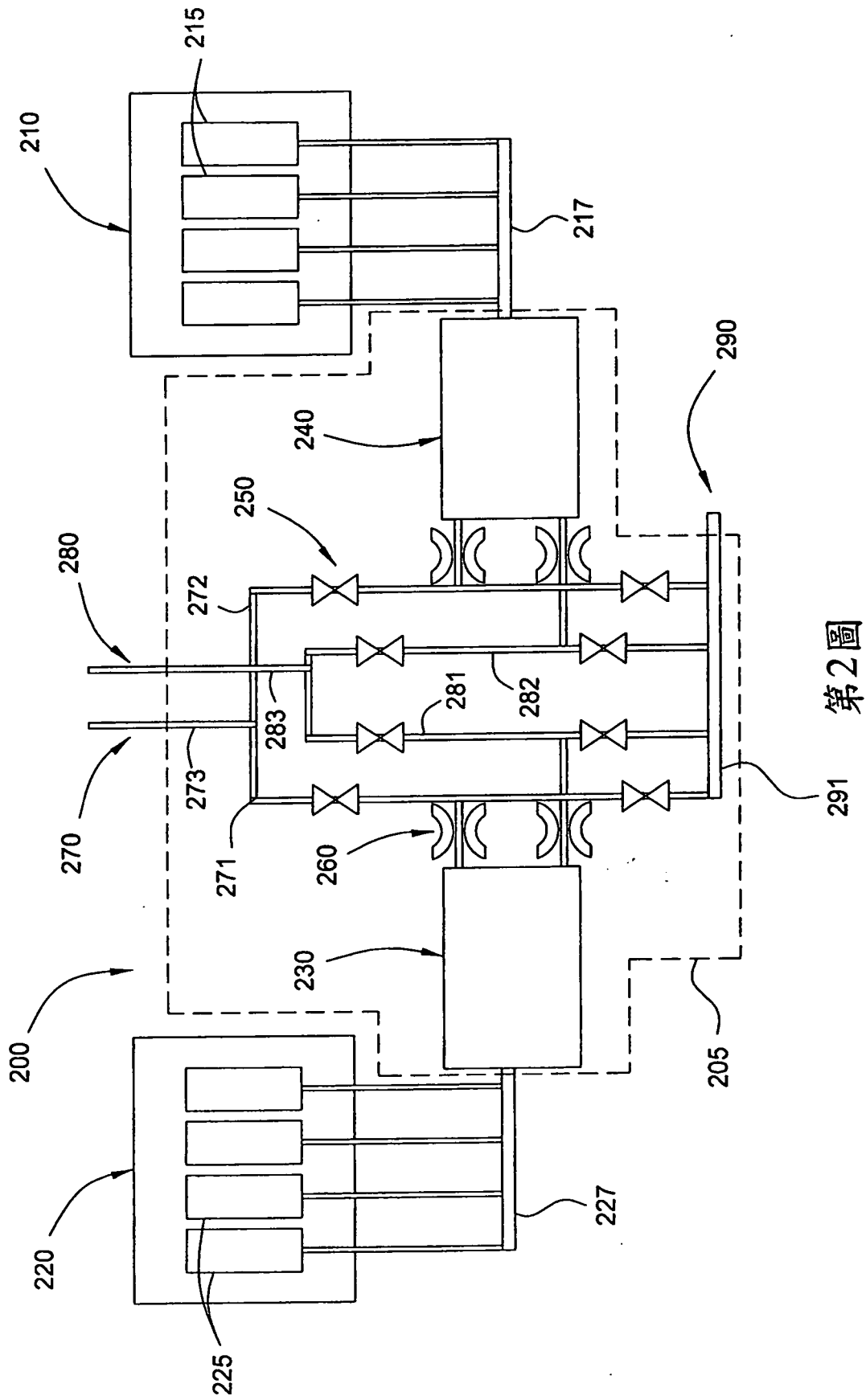
壓功率大於該第二偏壓功率。

15. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，更包含將該第一偏壓功率與該第二偏壓功率之至少一者予以脈衝化。

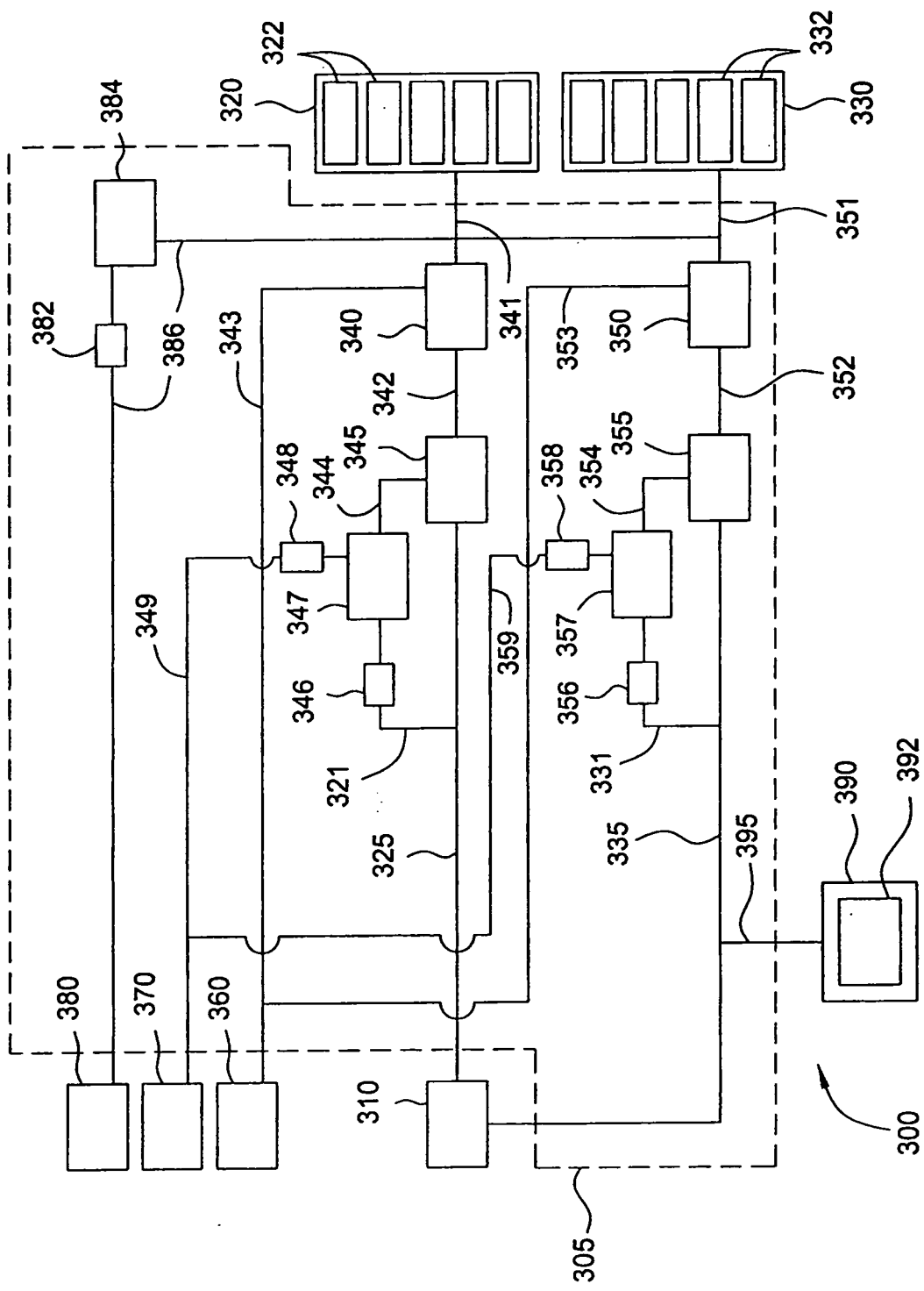
16. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，更包含在該沉積製程的期間從一第一氣體盤供應一第一氣體到該腔室內，以及在該第一和第二蝕刻製程的期間從一第二氣體盤供應一第二氣體到該腔室內。



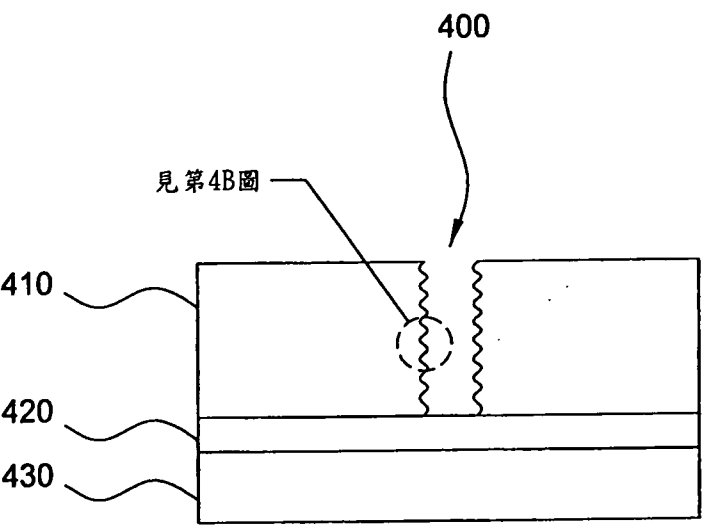
第1圖



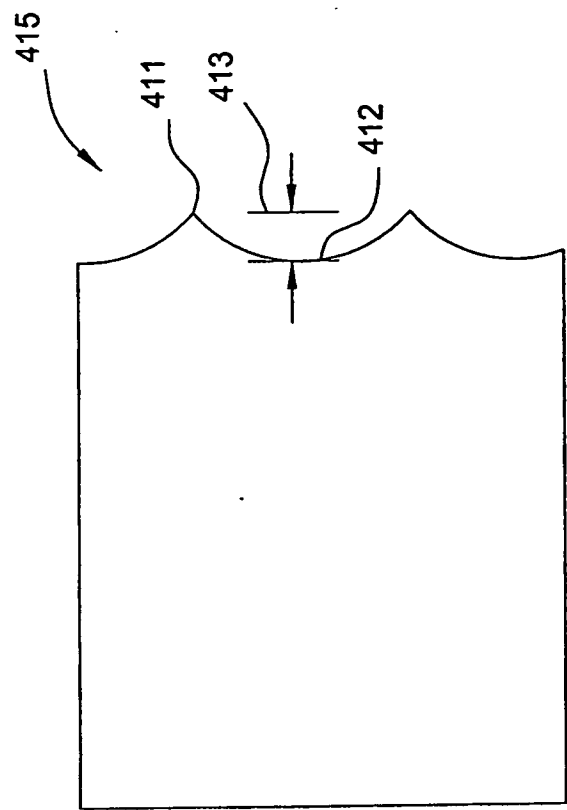
第2圖



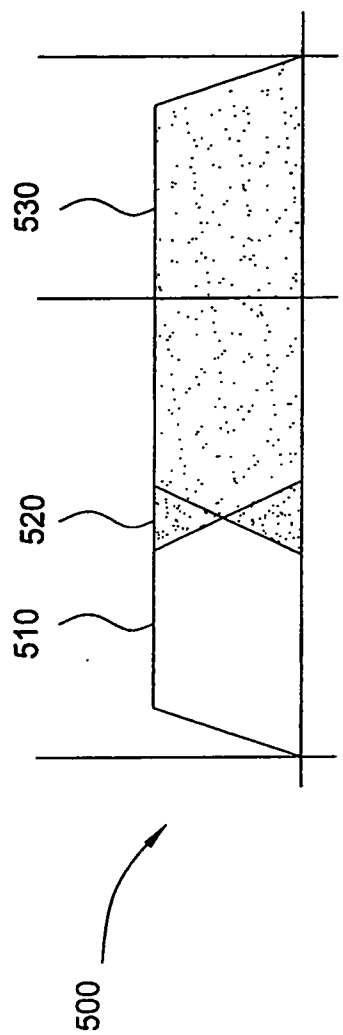
第3圖



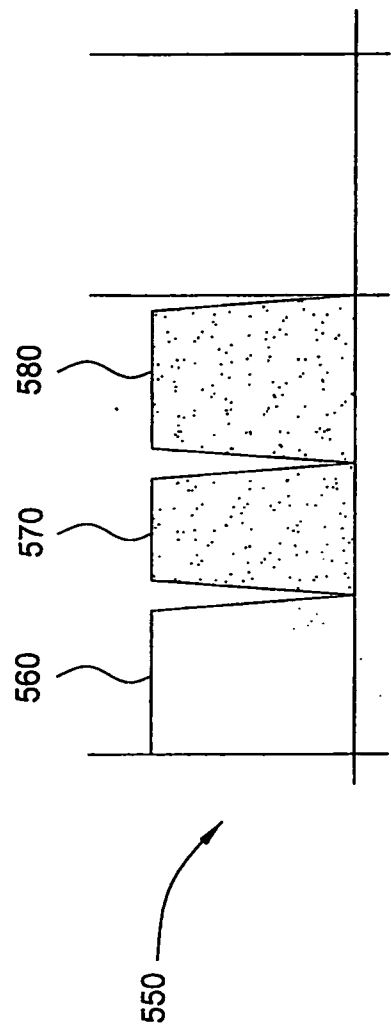
第4A圖



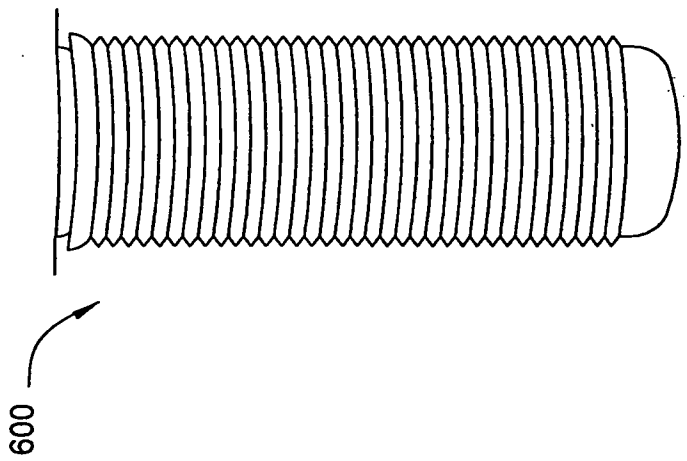
第4B圖



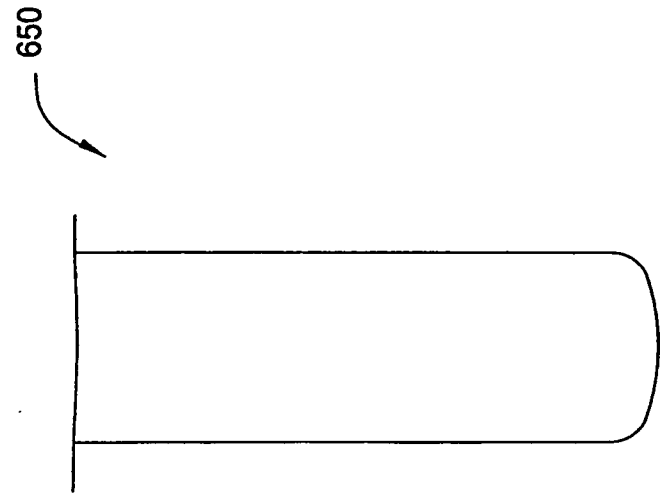
第5A圖



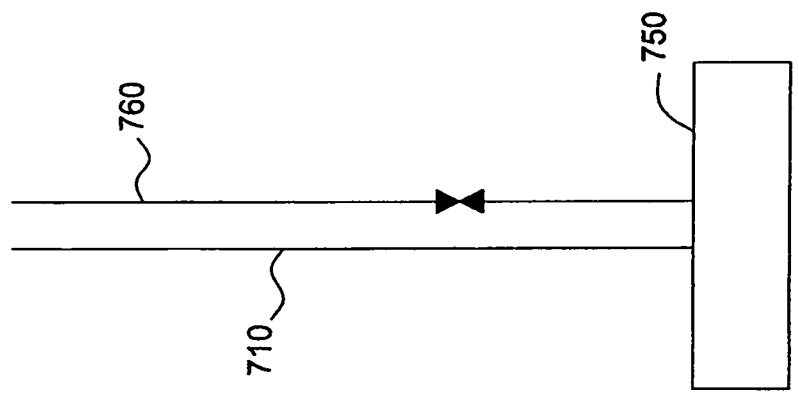
第5B圖



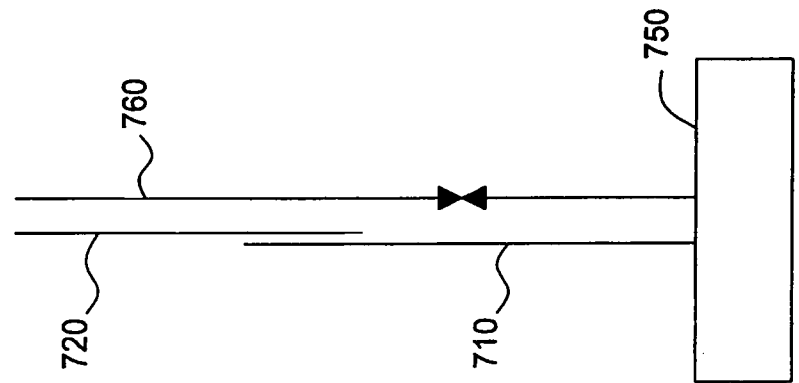
第6A圖



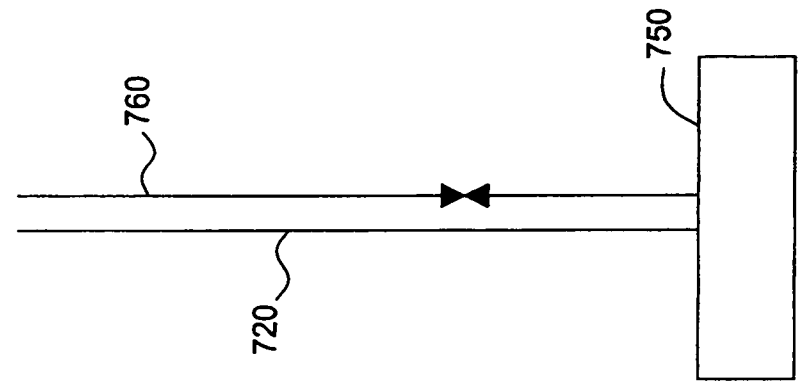
第6B圖



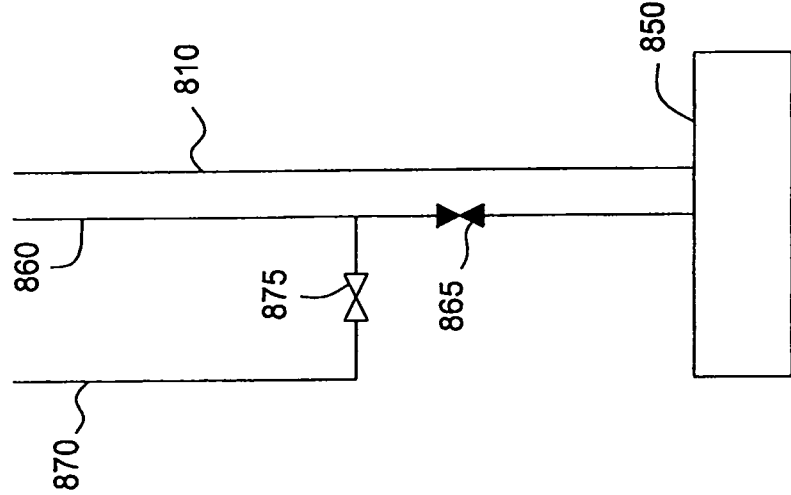
第7A圖



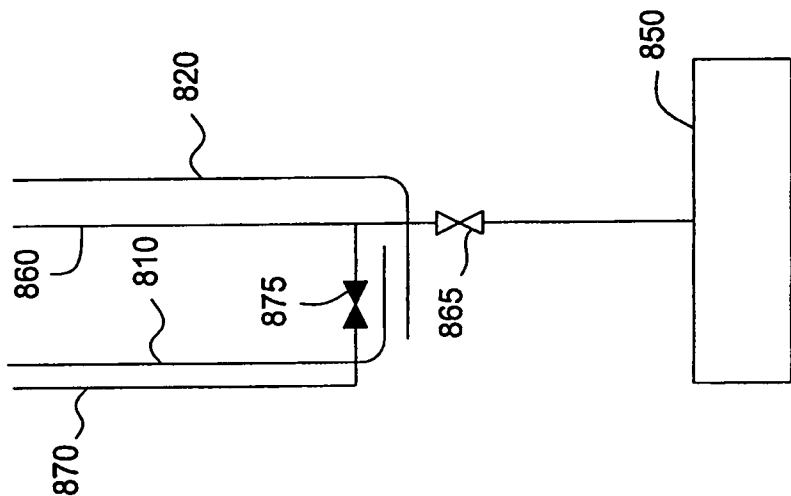
第7B圖



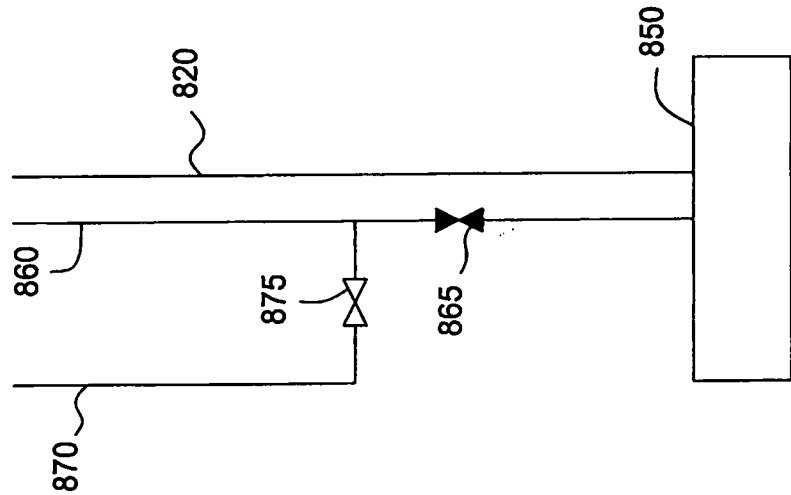
第7C圖



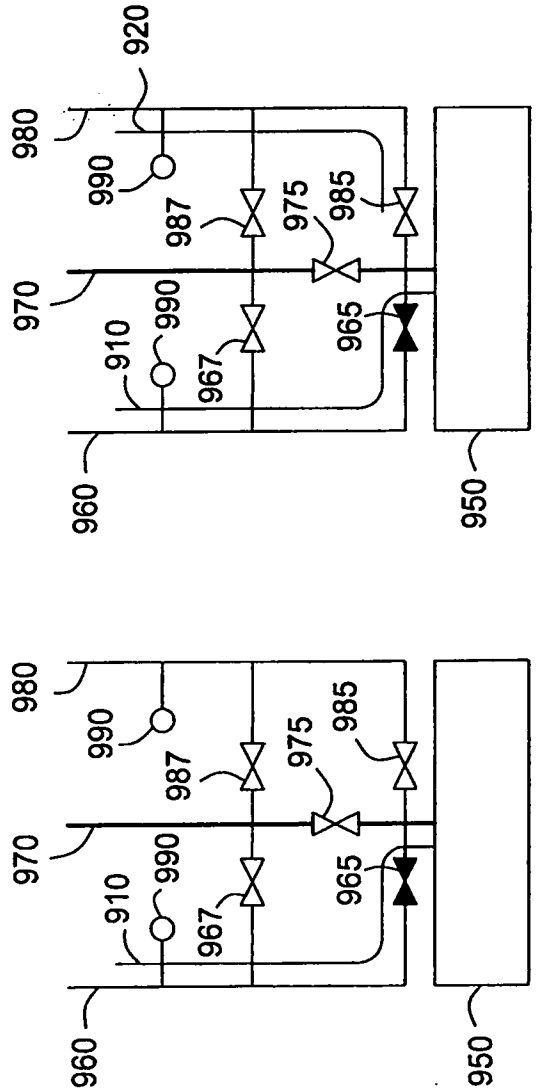
第8A圖



第8B圖

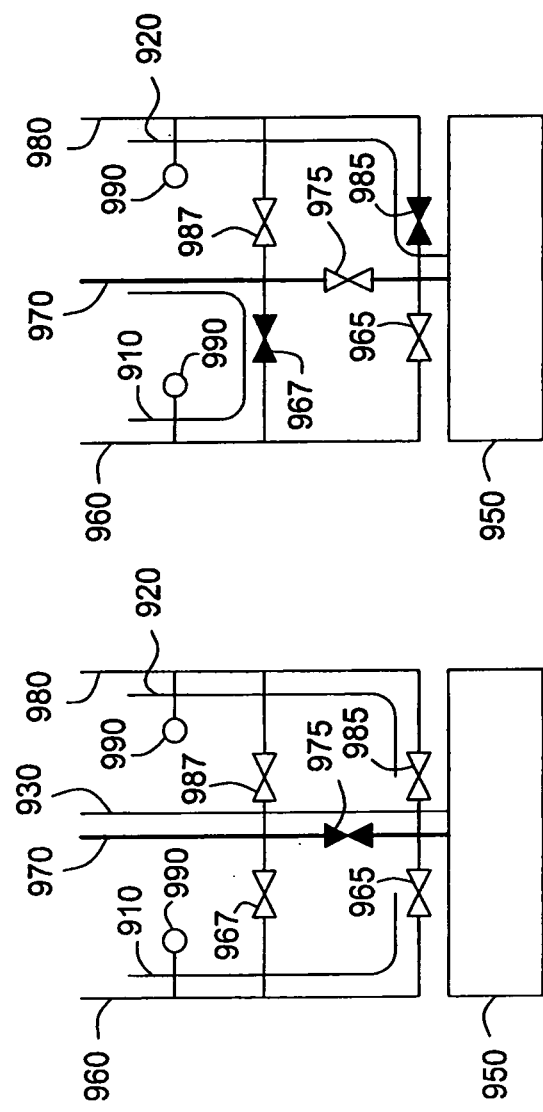


第8C圖



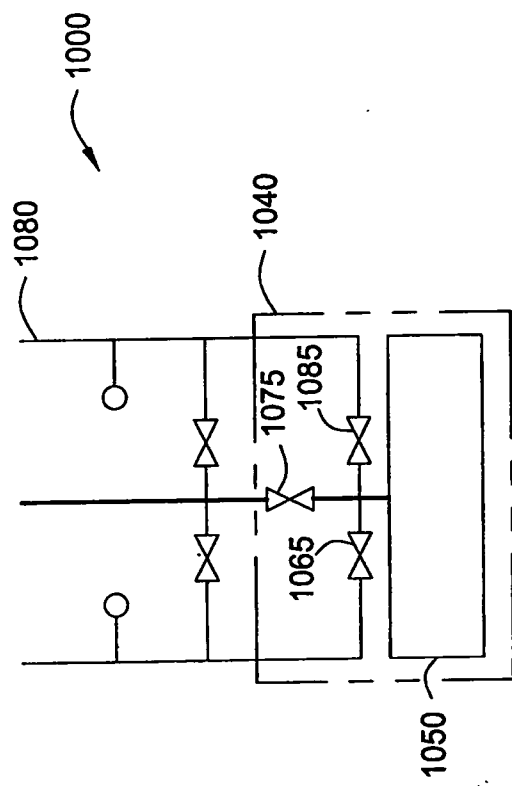
第9A圖

第9B圖



第9D圖

第9C圖



第10圖