

發明專利說明書

200529271

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：93138509

※ 申請日期：93-12-10

※IPC 分類：H01J29/20

一、發明名稱：(中文/英文)

控制自固體昇華之蒸氣之流動

CONTROLLING THE FLOW OF VAPORS SUBLIMATED FROM
SOLIDS**二、申請人：**(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商山米奎普公司

SEMEQUIP, INC.

代表人：(中文/英文)

湯馬士 N 賀斯基

HORSKY, THOMAS NEIL

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國麻州比樂瑞卡市21室蘇立凡路34號

34 SULLIVAN ROAD, UNIT 21 BILLERICA, MASSACHUSETTS
01862, U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 湯馬士 N 賀斯基

HORSKY, THOMAS N.

2. 羅伯特 W 米爾格特

MILGATE, ROBERT W.

國 籍：(中文/英文)

1.2. 均美國 U.S.A.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2003年12月12日；60/529,343

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於控制真空條件下的固體材料之昇華，以及精確控制進入具有很小壓力下降的一真空室之產生蒸氣的流動。一重要應用係控制進入用以產生離子束的離子源之抽空電離室的蒸氣之供給。離子束可用於將離子植入半導體基板中。另一重要應用係控制進入用於與工件互動的真空處理室之蒸氣的流動。

【先前技術】

離子源之電離室可在真空條件下發揮功能，並且需要採用較大精確性及再現性以氣態形式供給需要電離之材料。

還可以在真空中進行許多製造程序。併入與工件的化學反應之程序通常需要引入氣態形式的試劑，透過特定處理化學品使該等試劑彼此反應及/或與工件反應。此類程序可能會導致改變工件之組成、工件上的薄膜之沈積，或者自工件蝕刻或移除材料。例如在半導體製造中，必須採用較大的精確性及再現性而執行此類程序。

因此，對於離子源及工件處理室而言，需要將準確且穩定的氣體流引入真空室中。雖然許多供給材料可從加壓集氣筒以氣態形式使用，但是其他供給材料僅可以固體形式使用。固體材料需要不同於用於氣態源的處理步驟之特殊處理步驟。在重要固體材料當中，包括十硼烷、十八硼烷、三氯化銦、三甲基銦與三乙基銻。

重要固體通常具有較低的蒸氣壓力而且必須首先透過加

熱而在減小的壓力環境中昇華，以產生一定容積的蒸氣。此蒸氣接著必須採用操作所需要的每秒分子之流量或數量而引入真空室中，以在真空室中進行流導。因為此流量要求係類似於正常氣體之引入的要求，所以已將標準氣體處理裝備用以輸送自固體獲得但具有混合結果之蒸氣。在典型氣體處理中，將氣體源保持在壓力 P_0 ，其實質上高於用於真空室的入口輸送壓力 P_D 。為了精確地控制進入真空室的氣體之流量，必須精確地控制 P_D 。此通常藉由定位在氣體源與真空室入口之間的市售質量流量控制器(MFC)加以完成。MFC為數位控制裝置，該裝置會改變其流導以採用閉式迴路方式使輸送的質量流量(每秒克)與請求的質量流量匹配。因為MFC係通常用於相對較高的壓力氣體源，所以通常將MFC構造成在建立相對較大的壓力下降之相應較小的流導之範圍內操作。對於蒸發式固體材料，例如硼氫化物脫碳硼烷($B_{10}H_{14}$)或十八硼烷($B_{18}H_{22}$)，此方法遇到數個嚴重問題。

此類固體硼氫化物之蒸氣壓力較低，因此必須將材料加熱至接近於其熔點(對於十硼烷而言為 $100^{\circ}C$)，以建立足夠高的蒸氣壓力來允許使用MFC。此具有熱敏硼氫化物分子進行分解的風險。

因為硼氫化物蒸氣可在表面(尤其係於材料得到蒸發的溫度以下之表面)上輕易地凝結，所以相對較小MFC流導(較小通道)之阻塞會導致不穩定的操作與早期組件故障。

該等問題已在很大程度上出現於用於控制供給至離子

的此類硼氫化物蒸氣之輸送的蒸氣流量控制系統之商業上可行實施方案中，其中將產生的離子束用於離子植入器中，其用於半導體之摻雜。

當從固定的固體填料獲得蒸氣時，進一步的複雜化會接著發生。一般而言，為了提供較大的表面積，以粉末形式將填料材料放置在蒸發器中。隨著填料的消耗，固定填料之蒸發面積會隨時間而減小，尤其係當若溫度變得太高，則固體材料易於進行分子離解時。尤其當其中要使用蒸氣的操作需要精確維護蒸氣流量(此為常見情況)時，會出現嚴重問題。

自固體材料的蒸氣之控制尚未達到所需精確性，而且已涉及到需要頻繁地維護裝備，例如以拆卸流量控制裝備來移除影響其操作的凝結材料之沈積物。當尋求採用期望摻雜劑材料十硼烷、十八硼烷及其他熱不穩定或另外熱敏化合物時，所有該等有害狀況會面臨半導體基板之離子植入。

【發明內容】

一種用以輸送昇華蒸氣之穩定流動至真空室之蒸氣輸送系統包括固體材料蒸發器、機械節流閥、與壓力計，後隨至真空室的蒸氣導管。由蒸發器之溫度與機械節流閥之流導之設定而決定蒸氣流量。較佳具體實施例具有以下特徵之一或多個。由閉式迴路控制裝置將蒸發器之溫度控制為設定點溫度。機械節流閥係電性控制，例如閥位置係在閉式迴路控制裝置下受壓力計之輸出控制。採用此方法，蒸氣流量可一般與壓力計輸出成正比。對曝露於從蒸發器至

真空室的蒸氣之所有表面進行加熱以防止凝結。閘閥作為上游節流閥。旋轉蝶閥作為上游節流閥。使用固體材料之固定填料，可將蒸發器之溫度保持穩定達延長週期，在此期間隨著填料的昇華，採用節流閥的操作範圍之一較低流導逐漸打開節流閥。當達到較大的閥位移時，會提高該溫度以使閥能重新調整至其較低流導設定，採用該設定，閥可以再次逐漸打開。

一個特定特徵係用以輸送自固體材料昇華之蒸氣之控制流動至真空室的蒸氣輸送系統，其包括用於可在次大氣壓力情況下操作的固體材料之加熱式蒸發器，與從蒸發器至真空室的蒸氣輸送通道之組合，該蒸氣輸送通道包含：後隨蒸氣導管的節流閥；回應於次大氣壓力的壓力計，其係定位在節流閥與蒸氣導管之間；曝露於昇華蒸氣的蒸氣輸送通道之表面，其包含節流閥、壓力計與蒸氣導管之此類表面，係調適成保持在固體材料之凝結溫度以上的溫度；與併入壓力計的閉式迴路控制系統，其係構造成改變節流閥之流導以控制節流閥的蒸氣下游之次大氣壓力，從而回應壓力計的輸出，進入真空室的蒸氣之流量係由節流閥與蒸氣導管之間之區域中的蒸氣之壓力所決定。

此特徵之具體實施例具有以下特徵之一或多個。

蒸氣輸送系統包含溫度控制系統，其係調適成保持輸送通道之表面的溫度在蒸發器之溫度以上。

蒸氣輸送系統具有蒸氣輸送通道之多個級，其係調適成隨該等級遠離蒸發器而保持在逐步較高的溫度。

系統具有蒸氣流量，其係調適成由用於蒸發器之溫度的控制系統及用於節流閥之流導的控制系統所決定。

由閉式迴路控制裝置將蒸發器之溫度控制為設定點溫度。

節流閥之最大 N_2 流導為至少每秒1升。

當節流閥為完全打開時，橫跨節流閥的壓力下降小於100毫托。

節流閥之最大流導為至少5或10倍於蒸氣導管之流導。

節流閥為可變位置閘閥或蝶型閥。

蒸發器係構造成採用固體材料之可再填充固定填料進行操作，該固體材料係採用一方式逐步消耗以減小固體材料之蒸氣發射面積，並且控制系統係構造成回應閥後面的流量或壓力之減小，以重置節流閥的位置來恢復所需流量，而且有時還隨著節流閥接近於其最大有用流導，來提高蒸發器之溫度以提高蒸發器中的壓力並且使節流閥能在其較佳流導動態範圍內操作。

在較佳形式中，蒸發器輸送系統包含以節流閥為基礎的感測與控制系統，其能夠提供蒸發器設定點溫度給蒸發器加熱器之調節器，其能夠將蒸發器溫度持續在設定點，感測與控制系統儲存至少一個表示用於節流閥的所需流導上限之預定閥位移數值，感測與控制系統係構造成提高設定點溫度數值至調節器加熱器，以引起節流閥增加蒸氣產生與蒸氣壓力上游，從而使節流閥之閉式迴路控制裝置能引起節流閥返回至實質較低的流導位置。在此特徵之較佳

具體實施例中，蒸發器輸送包含適合用於操作的溫度上升之預定增量的參考表，並且在偵測該閥接近或達到位移數值之後，感測與控制系統可有效地引起蒸發器溫度設定點增加至參考表中的下一步階。

蒸氣輸送系統係構造並配置成輸送可電離蒸氣至離子源。

蒸氣輸送系統係構造並配置成輸送可電離蒸氣至離子植入器之離子源。

蒸氣輸送系統係構造並配置成輸送可電離蒸氣至工件處理真空室，或用以為半導體提供劑量的處理室。

蒸氣輸送系統係構造成輸送其蒸氣至高真空，該系統係構造成回應節流閥之次大氣壓力下游之減小，從而增加蒸發器之溫度。

蒸氣輸送系統之控制系統包含伺服迴路，其調整節流閥位置以回應壓力計之輸出信號，從而將壓力計中的蒸氣壓力維持在設定點數值。

蒸氣輸送系統係構造成包含並且蒸發十硼烷 $B_{10}H_{14}$ 或十八硼烷 $B_{18}H_{22}$ 。

蒸氣輸送系統係構造成包含並蒸發三氯化銦 ($InCl_3$)、三甲基銦 [$In(CH_3)_3$]、或其他固體低溫摻雜劑供給材料。

另一特徵為產生真空室中的離子束之方法，該產生係藉由採用所說明的蒸氣輸送系統而進行，此時蒸氣輸送系統係調適成輸送自固體材料昇華之蒸氣之控制可電離流動至電離室。

另一特徵係輸送自固體材料昇華之蒸氣之控制流至真空室之方法，執行該輸送係藉由採用具有以上說明的特徵之一或多個的蒸氣輸送系統。

以下在附圖及說明中提出本發明之一或多個具體實施例之細節。從說明與圖式以及申請專利範圍中將明白本發明之其他特徵、目的與優點。

【實施方式】

圖1A為離子源10之圖。其結構之細節及其電離動作之較佳模式係由Horsky等人詳細揭示，國際申請案第PCT/US03/20197號，申請日期為2003年6月26日：「藉由硼氫化物簇離子之佈植而製造半導體之離子佈植裝置及方法」，與由Horsky提出的美國專利申請案第10/183,768號，「電子撞擊離子源」，申請日期為2002年6月26日；美國專利第6,686,595號，其分別係以引用的方式併入本文中。經由安裝凸緣36使離子源10與離子植入器之抽空真空室接合。因此如圖1A所示，在凸緣36右邊的離子源10之部分係在高真空中(壓力 $<1 \times 10^{-4}$ 托)。離子源係藉由高電壓電源而維持在高電壓，並且係與高真空外殼之其餘部分電性隔離。將氣態材料引入電離室44中，其中藉由自電子束70A或70B的電子撞擊而電離氣體分子。電子束透過相反孔隙71B或71A而離開電離室44，或可以由束流收集器或作為束流收集器的電離室之壁而吸收。在一項併入單一電子槍與束流收集器的具體實施例中，如圖1B所示，電子束源自電子槍112中的陰極，由磁體130與磁極片125所產生的磁場

135所彎曲，並且透過電子入口孔隙71A或71B進入電離室44，以便電子束70A或70B平行於細長的離子擷取孔隙81而移動。在離開電離室44之後，由定位在電離室44外部的束流收集器72阻止電子束70。因此將離子束建立成鄰近於離子擷取孔隙81，其顯現為離子擷取孔隙板80中的槽。接著離子係藉由定位在離子擷取孔隙板80前面的擷取電極(圖中未顯示)所擷取並且形成為高能離子束，而且保持在實質較低電壓。

再參考圖1A，可以經由氣體導管33將氣體供給於電離室44中。可以在蒸發器28中蒸發例如十硼烷或十八硼烷，並且透過離子源組塊35內的蒸氣導管32將蒸氣供給於電離室44中。一般而言，電離室44、離子擷取孔隙80、離子源組塊35(包含蒸氣供給導管32)與蒸發器外殼30係全部由鋁製造。定位在穿孔分離阻障34A下面的固體供給材料29，係由蒸發器外殼30之閉式迴路溫度控制而保持在均勻溫度。累積在壓載容積31中的昇華蒸氣50透過導管39及節流閥100與關閥110而進行供給。藉由電容壓力計60監視節流閥100與關閥110之間的蒸氣50之標稱壓力。蒸氣50透過定位在離子源組塊35中的蒸氣導管32而供給於電離室44中。因此，氣態材料與蒸發材料皆可由此離子源加以電離。

進入電離室44的蒸氣之流量係由正好在蒸氣供給導管32前面之區域中(即在關閥110內)的蒸氣壓力所決定。此係由定位在節流閥100與關閥110之間的電容壓力計60所量測。一般而言，流量係與蒸氣壓力成正比。此使壓力信號可表

示流量，並且可用作選擇流量的設定點。為了產生進入離子源的所需蒸氣流量，使蒸發器外殼30達到一定溫度，以便當節流閥100係在其完全打開位置時，所需流量會超出。接著將節流閥100調整成達到所需壓力輸出。為了建立隨時間的穩定流量，採用雙PID控制器(例如Omron E5CK數位控制器)，實施蒸發器溫度與蒸氣壓力之獨立的閉式迴路控制裝置。控制(回授)變數為用於溫度的熱電耦輸出，及用於壓力的壓力計輸出。

所顯示的特定離子源為電子撞擊離子源，其完全受溫度控制。並非撞擊電弧放電電漿以建立離子，此離子源藉由以一或多個聚焦電子束之形式而注射的高能電子，採用處理氣體之「軟」電子撞擊電離。「軟」電離處理保存較大的分子，以便形成電離簇。如圖1A與1B所示，在固體硼氫化物材料係蒸發器中加熱，並且流經蒸氣導管至金屬室，即電離室。定位在電離室外部的電子槍輸送高能電子之高電流湍流至電離室，將此電子湍流引導成粗略地平行並鄰近於電離室前面的延長槽。藉由離子擷取電極從此槽中擷取離子，從而形成高能離子束。在將昇華硼氫化物蒸氣傳送至電離室期間，將所有表面保持在高於蒸發器之溫度(但是適當地低於離解之溫度)的溫度，以防止蒸氣之凝結。在若干小時的測試基礎上，已確認蒸氣供給及閥之表面事實上保持清潔。

節流閥呈現改變的流導之蒸氣路徑。圖7E、F與G分別解說閘閥關閉，打開第一數量及打開更大數量的第二數量，

從而作為高最大流導節流閥。

如圖1一般概略性地表示，將蒸氣輸送系統提供用以輸送昇華蒸氣之穩定流至真空室130。真空室可以為具有不同於以上說明的電離動作之電離動作的電離室，或可以為其中蒸氣與其他材料互動的真空處理室。蒸氣輸送系統係由蒸發器28、機械節流閥100與壓力計60組成。決定蒸氣流量係藉由蒸發器28之溫度，及定位在蒸發器與真空室之入口導管32之間的機械節流閥100之流導。由閉式迴路控制裝置35將蒸發器28之溫度決定為設定點溫度。機械節流閥100係電性控制，即閥位置係在閉式迴路控制裝置120下受壓力計之輸出控制。可將蒸氣流量保持成與壓力計輸出成正比。

所說明的蒸氣輸送系統滿足以下內在挑戰：在若干小時內輸送控制蒸氣流動至真空系統，例如至離子源之電離室，或更一般而言至於真空室中執行的操作。該系統使某些準則得到觀察，該等準則提供優於先前技術之重要優點，尤其係當採用例如十硼烷或十八硼烷之低溫材料時：

- 最小化溫度，因此最小化蒸發器中的蒸氣壓力；
- 最大化輸送鏈之蒸氣流導；
- 採用高流導、可加熱閥；
- 保持最大組件溫度為較低，例如對於硼氫化物而言低於150°C；
- 溫度控制所有將接觸表面呈現給蒸氣以防止凝結的表面；
- 關閉節流閥之壓力下游的迴路，而非嘗試直接量測質

量流量，從而消除對傳統MFC的需求；

- 隨著耗盡供給材料，允許隨時間向上調整蒸發器溫度，以允許完全消耗蒸發器材料，並且藉由允許節流閥在其流導動態範圍之「最有效點」操作而使壓力伺服迴路穩定。

當然，該等準則並非完全獨立，變數係彼此相關的，然而各準則可解決或改進在先前技術系統中所發現之截然不同的問題，並因此應加以清楚地陳述。

預計用以採用連續抽吸方式而輸送昇華氣相材料於真空室中之以閉式迴路控制壓力為基礎的系統之形式遵從適當定義的規律。再參考圖1，將固體材料29蒸發成包含在儲存庫31中的蒸氣50。蒸氣透過蒸發器出口39離開儲存庫31，從而在節流(或「扼制」)閥100前面建立蒸氣壓力。在節流閥100後面的係壓力計(或感測器)60，後隨相對流量限制蒸氣導管32，其表示導入真空室的流量限制。與閉式迴路控制器120組合的節流閥100與壓力感測器60，提供構件來藉由節流閥流導之閉式迴路控制而在節流閥100後面(導管32前面)控制壓力。因此藉由關閉壓力感測器輸出上的迴路而實時主動地設定節流閥100之打開程度(閥位置)，從而將閥位置伺服至下游壓力設定點。由此下游壓力及蒸氣出口導管32之流導而決定進入真空室130的蒸氣之流量。導管32於之術語為流量控制系統之「計量區段」。導管32將蒸氣引入真空室130，而藉由真空幫浦135將所需數值的真空維持在真空室130中。

對此類系統中的流量之基本氣體動態要求係：要控制的物質之氣相壓力在蒸氣儲存庫31中高於在真空室130中。藉由考量控制真空系統中的流量之基本等式，在此類系統中實施以壓力為基礎的質量流量控制。型式的最簡單情況係分子流之情況，其中氣體分子之平均自由路徑對於真空系統之實體尺寸而言較大。分子流範圍可適合於說明進入離子植入系統的蒸氣流，例如採用本發明之系統，其中蒸氣路徑中任何處的壓力 $\ll 1$ 托。對於任何此類系統而言，若已知二個重要點之各個處的壓力 P 及二個點之間的流導 C ，則可以計算二個點之間的質量流量。

用於計量區段32的質量流量等式係：

$$(1) \quad Q_{\text{MeteringSection}} = (P_{\text{PressureSensor}} - P_{\text{VacuumChamber}})(C_{\text{MeteringSection}})。$$

(例如 Q 表示質量流量或為量，單位為克/秒)。

應注意若 $P_{\text{VacuumChamber}} \ll P_{\text{PressureSensor}}$ (其為即使在很低質量流量時的情況，若 $C_{\text{MeteringSection}} \ll S_{\text{VacuumChamber}}$ [即真空室130中的抽吸速度 S])，則可將等式(1)簡化為

$$(2) \quad Q_{\text{MeteringSection}} \sim (P_{\text{PressureSensor}})(C_{\text{MeteringSection}})。$$

根據氣體動力學對穩定狀態流及定義流動路徑的連續要求，蒸氣儲存庫31之輸送鏈下游中任一點的 Q 必須在輸送鏈中任一另一點處等於 Q 。因此，

$$(3) \quad Q_{\text{AcrossThrottleValve}} = Q_{\text{MeteringSection}}。$$

應注意與 $C_{\text{MeteringSection}}$ 相比，從蒸氣儲存庫31至節流閥100的流導比較大。若將 P_{upstream} 定義為自蒸發器之蒸發器出口39中的壓力，則：

$$(4) \quad Q_{\text{AcrossThrottlingValve}} = (P_{\text{Upstream}} - P_{\text{PressureSensor}})(C_{\text{ThrottlingValve}})。$$

以下情況也比較清楚，因為橫跨輸送鏈而保存Q，

$$(5) \quad Q_{\text{AcrossThrottlingValve}} = Q_{\text{MeteringSection}} = (P_{\text{Upstream}} - P_{\text{VacuumChamber}})(C_{\text{Upstream-VacuumChamber}})。$$

對於分子流之簡單情況而言，係列流導沒有成束效應，而且沒有散射放空損失，總體流導為：

$$(6) \quad 1/C_{\text{overall}} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \dots 1/C_n$$

對於該情況而言，可以計算蒸發器之蒸氣出口與真空室130之間的有效流導：

$$(7) \quad 1/C_{\text{Upstream-VacuumChamber}} = 1/C_{\text{ThrottlingValve}} + 1/C_{\text{MeteringSection}}$$

重新配置項：

$$(8) \quad C_{\text{Upstream-VacuumChamber}} = ((C_{\text{ThrottlingValve}})(C_{\text{MeteringSection}}))/(C_{\text{ThrottlingValve}} + C_{\text{MeteringSection}})$$

圖2所繪製的此等式可用以估計節流閥之適合的最大流導，以達到用於輸送系統的所需動態範圍。例如圖2顯示：若 $C_{\text{ThrottlingValveMaximum}} = C_{\text{MeteringSection}}$ ，則最大可獲得的總體流導僅為計量長度流導(即蒸氣導管32之流導)的1/2。當有利於減小作業蒸氣壓力之情形下(且本發明中的蒸發器溫度因而減小)採用蒸發材料操作時，則一至少約5:1或甚至10:1或更高的 $C_{\text{ThrottlingValveMax}}$ 與 $C_{\text{MeteringLength}}$ 之比將有助於以最大化用於給定計量長度流導之蒸氣流動態範圍。

圖3以斷面圖形式顯示可適合於建立離子植入器中的十硼烷或十八硼烷之離子源。其不同於圖1A及1B在於描述蝶型機械節流閥100'，而非採用閘閥100作為節流閥，如圖1A

所示。

在圖中所示的蝶型節流閥100'之範例中，可移動元件為圓形流動阻礙碟片，其大小接近適合於圓筒型通道，並且安裝成圍繞垂直於通道軸線之碟片直徑而旋轉。其呈現控制流導之蒸氣路徑，參見圖7A、7B與7C。

已清楚地顯示從蒸發器至電離室的蒸氣路徑。圖3之蒸氣導管150執行與圖1、1A與1B之蒸氣導管(計量區段)32相同的功能。在此離子源中，固體硼氮化物材料140(例如十硼烷或十八硼烷)係由蒸發器145加熱成昇華蒸氣165，其穿過蒸發器出口埠155、蝶型節流閥100'、隔離閥160、導管150，並且進入電離室170，其中由電子束175對蒸氣進行電離。在很大程度上不同於離子源之電極之電位處的擷取電極(圖中未顯示)，透過電離室170之端板190中的垂直槽185擷取並形成離子束180。

圖4更詳細地解說本發明之一項具體實施例，其係設計成提供進入真空室260中的蒸氣流給一利用點270。可以進行真空處理，例如化學氣相沈積(CVD)處理或低壓力CVD(LPCVD)處理，或其他處理，其中將薄膜沈積在工件(例如含硼薄膜(例如硼氮化物))上。藉由將蒸發器外殼210加熱至室溫以上的溫度T，將駐存在蒸發器205中的固體供給材料200保持在適當定義的溫度。由數位蒸氣供給控制器220內的蒸發器加熱器控制器215主動地控制蒸發器外殼210內的電阻加熱器。蒸發器加熱器控制器215併入閉式迴路PID控制器(例如Omron型式E5CK-AA1-500)，其接受自數位蒸氣

供給控制器220的設定點溫度，並且關閉由嵌入蒸發器外過210中的熱電耦(TC)輸出225所提供之溫度回讀上的迴路，而且(例如)以脈衝寬度調變加熱器電壓的形式提供可變功率248給電阻加熱器。從供給材料200產生的蒸氣穿過節流閥235之蒸發器出口230上游。節流閥235之目的係減小閥之蒸氣流下游，以便壓力計240達到特定設定點壓力數值。此設定點壓力數值係由數位蒸氣供給控制器220提供給閉式迴路節流閥位置控制器245，其伺服節流閥235至機械位置(藉由傳送位置信號247至併入於節流閥裝配件中的馬達)，其中壓力計輸出250等於設定點數值，即節流閥位置控制器245關閉壓力計輸出250上的迴路。二個設定點數值，即加熱器設定點數值與壓力設定點數值，係提供給數位蒸氣供給控制器220，該提供係藉由手動式透過使用者介面，或藉由提供增加的自動功能之編碼譯碼。在節流閥包括蝶閥(例如Nor-Cal型式040411-4)的情況下，可以使用節流閥位置控制器，例如Nor-Cal型式APC-200-A。將與蒸氣接觸的所有表面至少加熱至蒸發器溫度，或稍微較高。因此，對節流閥235與壓力計240，以及通道壁(包含計量區段232之壁)進行加熱。100°C與150°C之間的溫度足以防止通常用於蒸發器205的供給材料之凝結。當在圖4所示的組態中運行十硼烷時，典型的蒸發器溫度係在25°C至40°C的範圍內，而對於十八硼烷而言，該溫度係在(例如)80°C與120°C之間。因此，可以將加熱式電容壓力計(例如MKS Baratron型式628B-22597或631A-25845)用作壓力計240。此類壓力計可

讀取幾毫托至幾托之範圍內的壓力，並且適合於此申請案。在特定情況下，可以將自製造者配置的壓力計用以讀取100毫托或500毫托之最大壓力(全量程讀取)。選擇此類壓力限制以提供優良的信號雜訊比，用於20毫托與約100毫托之間的控制壓力計讀數(範圍之低部附近的信號趨向於雜訊，從而可能使伺服迴路不穩定)。

決定適當的設定點壓力數值係藉由真空室260中的蒸氣之所需的部分壓力，以及節流閥235與真空室260之間的蒸氣流導。

圖5顯示真空環境中的程序，其中蒸氣流227在半導體工件280上撞擊。此類程序可以為薄膜沈積程序，例如多晶矽膜或矽鍺膜之產生，其中含摻雜劑的蒸氣允許在膜生長期間進行半導體薄膜之P型或N型摻雜。另一重要應用為電漿摻雜(PLAD)。在PLAD中，將基板保持在與真空室電性隔離的壓盤上，引入摻雜劑蒸氣並且將電漿形成為鄰近於壓盤。將一或多個高電壓壓盤施加於壓盤，並因此施加於基板，從而引起電漿之高能離子得到附著以摻雜基板。

圖6顯示以下系統：其中將蒸氣供給於離子源中以形成離子束，從而執行離子植入。蒸氣穿過節流閥235、離子源285之蒸氣導管228，並且進入離子源285之電離室287中。將電離室287保持在高電壓。藉由適當的通電構件在電離室287內對蒸氣進行電離，一旦建立離子，則藉由擷取光學290將離子擷取於抽空室中、加速並形成為高能離子束295，其實質上係在不同於電離室之電壓的電壓。將離子束引導至

植入室中，以植入半導體基板298進行摻雜。程序可以為將離子植入於較大玻璃面板上的多晶矽塗層中，以製造(例如)平面板顯示器(FPD摻雜)。可對由此類系統所產生的離子束進行質量分析，但是通常沒有質量分析。離子源通常相當大，其電離室具有稍微大於所植入的面板之較短尺寸之一維，其可以為1米長或更長。在典型系統中，從電離室中擷取固定「帶狀」離子束，並且將其聚焦於平面板上，而沿面板之較長尺寸橫跨離子束而機械地掃描面板。此程序在以下方面比較重要：製造具有沿顯示器面板之周邊的CMOS驅動器電路之FPD，例如製造以薄膜電晶體為基礎的電視或電腦監視器。

圖7顯示以下系統：其係調適為具有質量分析的傳統束線離子植入器之情況。在藉由擷取光學290從離子源285擷取離子束295之後，離子束穿過分散雙極電磁體，其將未分解離子束295分離成小離子束，其依據離子之質量填料比而在空間中分離，如熟習此項技術者所瞭解。可以調整電磁體電流，並因此可以調整彎曲、分散雙極場，以便藉由分解孔隙297而將僅特定質量填料比(或某較佳範圍的質量填料比，取決於分解孔隙297之寬度)之離子傳遞給半導體基板。

為了將離子植入於半導體晶圓中，電離室287具有小於約100 ml的容積，而進入電離室的昇華蒸氣之最大流量為約1 sccm。

圖7A至7C以定性方式解說粗略地對應以下情況的蝶閥之相對位置：圖7A中：關閉位置；圖7B中：7.5度旋轉；圖

7C中：15度旋轉。由旋轉式步進馬達而電性控制旋轉位置。蝶閥之可旋轉圓形板B之周邊與其圓筒型外殼H之間的間隙係由 $C < C' < C''$ 指示，其中C為「關閉」位置中的最小間隙，為幾千分之一英寸。圖7D顯示計算 N_2 流導，其與用於1.4英寸直徑之圓形蝶閥的旋轉角度成函數關係。對應於圖7A至7C的點係標記在圖7D之曲線上，並且分別接近等於 $\sim 01/s$ 、 $21/s$ 與 $81/s$ 。

圖7E至7G以定性方式解說實施為節流閥的滑動閘閥之相對位置，參見圖1A與1B。所顯示的係：圖7E：閘閥G處於關閉位置；圖7F：閘閥G為10%的開度；圖7G：30%的開度。在從約0.5英寸至約2.5英寸之各直徑中可用的閘閥可作為關閉（關閉時會密封）與節流閥（具有對閥驅動器進行操作的步進馬達）。蝶閥並非密封閥，即其在關閉時具有小而有限的流導。

圖8及8A顯示用以提供蒸氣給離子植入器之離子源（例如圖3之離子源）的蒸氣輸送系統之較佳具體實施例之二圖。已最小化閥鏈之總體長度，並將其設計成與離子源緊密耦合。所顯示的係蒸發器400、蒸發器隔離閥V1 410、閥驅動器415、抽空埠420（連接至V3，未圖示）、節流閥TV1 430、節流閥電動驅動器435、離子源隔離閥V2 440、V2驅動器445、加熱式電容計G1 450、 N_2 排氣閥V4 460。

圖9顯示圖8之蒸氣輸送系統之示意圖，其指示顯著控制點。將蒸氣輸送系統描述成透過操作者介面700而加以控制，透過該介面操作者可以提供輸入以打開或關閉閥V1

410(蒸發器隔離閥)、V2 440(離子源隔離閥)、V3 441(粗略真空閥)、V4 460(排放閥)與TV1 430(節流閥)，所有該等閥提供回讀給操作者介面以確認閥狀態。將V3定位在二個隔離閥V1與V2之間，並且在需要時打開該閥以抽空該等二個閥之間的靜止容積，例如在蒸發器400已因服務而加以移除(採用V1)或再填充並取代之後。以相同的方式，將V4用以排放此靜止容積以製備組件移除，例如移除蒸發器400。其他使用者可存取輸入包含三個溫度設定點：PID 1用於蒸發器400，PID 3用於閥V1至V4及TV1，而一溫度設定點用於包含圖3之蒸氣導管150的離子源組塊。一般而言，將與蒸氣接觸的所有表面維持在與蒸發器之溫度至少一樣高的溫度。較佳維持離子源之設定點溫度 $> \text{PID } 3 > \text{PID } 1$ 。因此經由離子源組塊，較佳將導管150之表面維持在大於PID 3之設定點的溫度。PID 2為閉式迴路控制器，其調整節流閥TV1 430以使由壓力計G1 450所讀取的壓力達到其設定點數值。用於加熱式壓力計G1 450的此壓力設定點回讀至操作者介面。此壓力回讀信號指示節流閥TV2與進入離子源(圖3之蒸氣導管150)的蒸氣導管之間的蒸氣壓力，從而提供用於TV1位置之閉式迴路控制裝置的控制信號。因為透過蒸氣導管150進入離子源之電離室170的蒸氣之流量係接近與此入口壓力成正比，所以依靠PID 2提供穩定且可重複的入口壓力致動電離室170內穩定且適當定義的壓力，其依次使很穩定的離子電流能從離子源得到擷取。

圖10為採用圖9之蒸氣輸送系統進入圖3之離子源的十硼

烷蒸氣流之分解圖。圖7A、7B、7C所略述的蝶型節流閥位置係顯示在圖9之曲線上。蒸氣輸送系統之有用動態範圍涵蓋約10的因數，對於30°C的蒸氣溫度而言，從約0.1 sccm(每分鐘標準cc)至1.0 sccm以上，其輸送節流閥之固定蒸氣壓力上游。為了獲得較高的流量，可使用較高的蒸發器溫度。由用於離子植入器的離子源所消耗的典型氣體流量為約2 sccm或較小。因此，蒸氣輸送流導與壓力係調諧為所需要的蒸氣流量以用離子源入口之流導，如圖2及隨附背景所示，並且將進一步展開在圖12之說明中。

圖11顯示控制壓力計450對由圖3及8至10所例證之系統中的節流閥旋轉之回應。在40毫托壓力計壓力(即進入離子源的入口處的壓力)之情況下，電離室170內的蒸氣壓力為約1毫托，而節流閥之壓力上游(蒸發器之出口)為約65毫托。因此，最大的壓力下降係橫跨圖3之離子源之蒸氣導管150，其例如具有約0.5 l/s的N₂流導。

圖12繪製圖3及8至10之整個輸送鏈之有效N₂流導，其與蝶型節流閥之旋轉角度成函數關係。當節流閥打開時，系統之總體流導幾乎等於離子源之蒸氣導管150之流導。節流閥之流導動態範圍應與系統之最小流導匹配，在此情況下為進入離子源的導管150之流導。圖3之蒸氣導管150(例如)為1 cm直徑及25 cm長的圓筒型鑽孔。對於較大或較小的流導離子源入口導管而言，應分別使用較大或較小節流閥(一個節流閥在其動態範圍內分別具有較大或較小流導)。本文揭示的蒸氣輸送系統致動「開式」閥及結構(高流導)之使

用，其不易被凝結蒸氣所阻塞。此外，可將所有閥及連接元件保持在大於蒸發器溫度之溫度。例如參考圖9，對於採用十硼烷的操作而言，將蒸發器保持在 30°C ，V1至V4與TV1係在 50°C ，壓力計G1係在 100°C ，並且將離子源保持在 $>50^{\circ}\text{C}$ 。沿輸送鏈的連續元件之溫度之此「級化」可防止昇華蒸氣之任何重要凝結。重要的係隨蒸發器之後的高流導元件之使用可最小化蒸氣壓力，並因此最小化達到並維持所需流量需要的蒸發器溫度。此可增加儲存在蒸發器中的硼氫化物或其他固體材料之有用壽命，因為已瞭解其可以在高溫情況下採用為溫度之強函數的反應而離解或聚合。

在實施方案之所需範圍內，節流閥之最大 N_2 氣體流導為至少每秒1升或更大，當閥係完全打開時橫跨節流閥的壓力下降小於100毫托，在較佳情況下通常小於25毫托。

為了說明之目的，所有先前圖式10至12顯示節流閥之所謂的「開式迴路」操作，即其中將閥位置設定為獨立的變數。圖13顯示當在其正常「閉式迴路」模式中操作時，蒸氣輸送系統之時間信號。在此模式中，現在參考圖7，藉由數位蒸氣供給控制器220將壓力設定點提供給節流閥位置控制器245。位置控制器可調整閥位置以最小化控制壓力計輸出250與壓力設定點數值之間的「誤差」。此係由所謂的PID(比例整合差動)控制迴路所完成，該迴路可排程為具有適當定義的回應特徵，例如速率與沈降時間以及過沖之程度。Nor-Cal型式APC-200-A併入此類PID控制器，其係與步進馬達耦合，該馬達將軸轉動至安裝蝶型節流閥之圓形板

的位置。(在此接合點應指出：用於此範例的蝶型節流閥係由其製造者設計用於基本不同的應用，即下游壓力控制應用，從而扼制真空室中的抽吸速度，而本發明將此硬體用於「上游」控制，將氣體引入真空室中。同樣地，鹹信在電動控制條件下將密封閘閥用以完成上游節流閥控制係新穎的。)為了產生圖13之時間信號，透過圖像使用者介面，採用約10秒的間隔將三個不同壓力設定點(20毫托、30毫托及40毫托)隨機輸入至數位蒸氣供給控制器220中，以產生資料。圖13顯示當採用十八硼烷($B_{18}H_{22}$)供給材料時，此系統之快速沈降時間與優良再現性。詳細參考圖13，在時間=0秒的情況下控制壓力讀取為20毫托，在T=10秒的情況下由操作者將30毫托的設定點(SP1)輸入至控制器220中，在T=25秒的情況下輸入20毫托的設定點(SP2)，以此類推，直至SP7。圖13所記錄的「步階回應」特徵指示：壓力之沈降時間係典型的僅幾秒鐘時間，穩定性很好，而且過沖最小。

圖14解說圖4至7之蒸氣輸送系統之遠端實施方案，例如將蒸發器、節流閥及其他流量控制元件定位在離子植入器之氣體分配箱中，從而需要達1米長的連接管連接至離子源的入口。藉由採用較大直徑(至少1英寸直徑)的管路，蒸氣輸送鏈的總體流導不會得到實質減小，並且保持由依據圖2之離子源的蒸氣入口流導所控制。

圖15解說蒸氣輸送系統之進一步的重要特徵。應瞭解供給材料蒸發所用的速率係與其敞開的表面積(尤其係固體真空介面上的可用表面積)成函數關係。蒸發器內粉末形式

的供給材料係隨時間而消耗，此可用表面積會穩定地減小，從而導致節流閥前面的蒸氣壓力之減小，直至蒸氣之排空速率無法支援所需蒸氣流量。此係瞭解為「排空速率限制」操作。因此，在蒸發器中的給定供給材料之新填料的情況下，例如 25°C 的蒸發器溫度可能會在其動態範圍之低端情況下支援處於標稱節流閥位置之需要的蒸氣流量，例如由圖10之曲線上指示的點7B所表示的流量。在時間通道之後(例如在消耗20%的供給材料之後)，接著可能需要與圖10之曲線上所指示的點7C相稱的閥位置來維持相同所需流量。系統之狀態現在係如此，以便節流閥接近於其動態範圍之高位移限制。藉由合適的提供，由蒸氣供給控制器220感測此位移。其例如藉由圖14之信號246傳送新的較高加熱器設定點溫度至蒸發器加熱器控制器(調節器)215。蒸氣供給控制器擁有駐存的查找表資訊，其決定將產生蒸氣產生之所需增加的下一增加溫度變化，以及在節流閥前面的壓力增加。例如，對於標稱 30°C 操作而言，下一增量可以為 2°C ，從而變為 32°C 。選擇增量以便一旦蒸發器溫度沈降至其新數值，則將標稱節流閥操作點恢復至圖10之7B，接近於其動態範圍之低位移端。因此，數位控制器220適應設定點蒸氣壓力中的短時間量程變化及蒸發器溫度中的長時間量程變化之能力，使供給材料填料之壽命內的蒸氣流量之控制很有力。

已說明本發明之許多具體實施例。然而應明白可以進行各種修改而不脫離本發明之精神與範疇。因此，其他具體

實施例係在以下申請專利範圍之範疇內。

【圖式簡單說明】

圖1顯示本發明之蒸氣輸送系統之簡化示意圖。

圖1A顯示具有蒸氣輸送系統的一離子源，而圖1B顯示該離子源之一項具體實施例的細節。

圖2繪製與最大節流閥流導成函數關係之從蒸發器出口至真空室的計算出的有效流導。

圖3顯示具有另一蒸氣輸送系統之離子源。

圖4以方塊圖的形式顯示使用控制設定點之系統，其用以產生進入真空室的自固體供給材料昇華之蒸氣之精確控制流動。

分別類似於圖4的圖5、6及7顯示用以產生昇華蒸氣之精確控制流動的系統。圖5顯示進入真空摻雜程序之半導體摻雜劑的流程式；圖6顯示進入產生離子束，以將高真空離子植入於半導體基板之表面中的離子源之流程；而圖7顯示進入高真空離子植入室之離子源，以將質量分解植入摻雜劑離子植入於半導體基板之表面中的此類流程。

圖7A、7B與7C以概略形式解說當關閉以及在有用範圍之下區域及上區域時，蝶型節流閥的間隙。

圖7D顯示用以產生圖10、11及12的1.4英寸節流閥之計算出的 N_2 流導。

圖7E、7F與7G解說當關閉、10%的開度及30%的開度時，閘型節流閥之間隙。

圖8及8A為用以輸送供給蒸氣至離子植入器之離子源的

本發明之蒸氣輸送系統之較佳具體實施例的俯視圖及側視圖。

圖9顯示圖8之蒸氣輸送系統之示意圖，其指示用於本發明之實施方案的顯著控制點。

圖10為曲線圖，其說明在開式迴路條件下並且在固定的蒸發器溫度情況下，採用半導體摻雜劑固體供給材料十硼烷，透過圖8及9之節流閥從蒸發器進入離子源的蒸氣之流量。

圖11顯示正好在節流閥下游的控制壓力計壓力，其與用於圖8及9之組態的蝶形旋轉角成函數關係。

圖12顯示圖8及9之蒸氣輸送系統之有效 N_2 流導(每秒升)。

圖13顯示隨著改變設定點壓力，圖8至12之蒸氣輸送系統之步階回應。

圖14解說蒸氣輸送系統之遠端實施方案。

圖15解說隨著消耗固體供給材料之隨時間的閥位置，在此情況下週期性地更新蒸發器溫度以適應節流閥之動態範圍。

各圖式中相同的參考符號指示相同的元件。

【主要元件符號說明】

10	離子源
28	蒸發器
29	固體供給材料
30	蒸發器外殼

31	儲存庫/壓載容積
32	蒸氣導管
33	氣體導管
34A	穿孔分離阻障
35	離子源組塊
36	凸緣
37	蒸氣輸送通道
39	導管
44	電離室
50	昇華蒸氣
60	電容壓力計
70	電子束
70A	電子束
70B	電子束
71A	電子入口孔隙
71B	電子入口孔隙
72	束流收集器
80	孔隙板
81	孔隙
100	節流閥
100'	蝶型機械節流閥
110	關閥
120	閉式迴路控制器/控制系統
125	磁極片

130	磁體/真空室
135	磁場
140	固體硼氫化物材料
145	蒸發器
150	導管
155	出口埠
160	隔離閥
165	蒸氣
170	電離室
175	電子束
180	離子束
185	垂直槽
190	端板
200	固體供給材料
205	蒸發器
210	蒸發器外殼
215	蒸發器加熱器控制器
220	數位蒸氣供給控制器
225	熱電耦輸出
227	蒸氣流
228	蒸氣導管
230	蒸發器出口
232	計量區段
235	節流閥

240	壓力計
245	節流閥位置控制器
246	信號
247	位置信號
248	可變功率
250	壓力計輸出
260	真空室
270	利用點
280	半導體工件
285	離子源
287	電離室
290	擷取光學
295	高能離子束
297	分解孔隙
298	半導體基板
400	蒸發器
410	蒸發器隔離閥
415	閥驅動器
420	抽空埠
430	節流閥
435	節流閥電動驅動器
440	離子源隔離閥
445	驅動器
450	加熱式電容計/壓力計

460	排放閥
700	操作者介面
B	可旋轉圓形板
G	閘閥
H	圓筒外殼
MFC	質量流量控制器
P_0	壓力
P_D	入口輸送壓力
T	溫度

五、中文發明摘要：

本發明揭示一種用以輸送昇華蒸氣之一穩定流至一真空室之蒸氣輸送系統，其包括一固體材料蒸發器、一機械節流閥、與一壓力計，後隨至該真空室的一蒸氣導管。由該蒸發器之溫度及定位在該蒸發器與該真空室之間的該機械節流閥之流導的設定而決定蒸氣流量。由閉式迴路控制裝置將該蒸發器之該溫度決定為一設定點溫度。該機械節流閥係電性控制，例如該閥位置係在閉式迴路控制裝置下受該壓力計之輸出控制。採用此方法，該蒸氣流量可一般與該壓力計輸出成正比。對曝露於從該蒸發器至該真空室的該蒸氣之所有表面進行加熱以防止凝結。將一閘閥與一旋轉蝶閥顯示成作為上游節流閥。使用固體材料之一固定填料，可將該蒸發器之該溫度保持穩定達一延長週期，在此期間隨著該填料的昇華，採用節流閥的操作範圍之一較低流導逐漸打開該節流閥。當達到較大的閥位移時，會提高該溫度以使該閥能重新調整至其較低流導設定，採用該設定，該閥可以隨著消耗更多的填料而再次逐漸打開。

六、英文發明摘要：

十、申請專利範圍：

1. 一種用以輸送自固體材料(29；140；200)昇華之蒸氣之一控制流至一真空室(130；258；260)之蒸氣輸送系統，其包括用於可在次大氣壓力情況下操作的該固體材料之一加熱式蒸發器(28；145；205；400)，與從該蒸發器至該真空室的一蒸氣輸送通道(37；237)之該組合，該蒸氣輸送通道包含：後隨一蒸氣導管(32；150；228)的一節流閥(100；100'；235；430)；回應次大氣壓力的一壓力計(60；240；450)，其係定位在該節流閥與該蒸氣導管之間；曝露於該昇華蒸氣的該蒸氣輸送通道之表面，其包含該節流閥、該壓力計與該蒸氣導管之此類表面，係調適成保持在該固體材料之該凝結溫度以上的溫度；以及併入該壓力計的一閉式迴路控制系統(60；120；240、250、245；PID2)，其係構造成改變該節流閥之該流導，以控制該節流閥之該蒸氣下游之該次大氣壓力，從而回應該壓力計之該輸出，進入該真空室的蒸氣之流量因此係由該節流閥與該蒸氣導管(32；150；228)之間的該通道之該區域中的該蒸氣之壓力決定。
2. 如請求項1之蒸氣輸送系統，其包含一溫度控制系統(35)，該溫度控制系統係調適成將該輸送通道(37；237)之該等表面之該等溫度保持在該蒸發器之該溫度以上。
3. 如請求項2之蒸氣輸送系統，其具有該蒸氣輸送通道之多個級，該等多個級係調適成隨著遠離蒸發器之距離而保持在逐步升高的溫度。

4. 如請求項1、2或3之系統，其中該蒸氣流量係調適成由用於該蒸發器之該溫度的一控制系統(35；225、215、248；PID1)，以及用於該節流閥之該流導的該控制系統(60、120；240；250；245；PID2)決定。
5. 如前述請求項中任一項之系統，其中該蒸發器之該溫度係由閉式迴路控制裝置決定為一設定點溫度。
6. 如前述請求項中任一項之蒸氣輸送系統，其中該節流閥之該最大N₂流導係至少每秒1升。
7. 如前述請求項中任一項之蒸氣輸送系統，其中當該閥係完全打開操作時橫跨該節流閥的該壓力下降係小於100毫托。
8. 如前述請求項中任一項之蒸氣輸送系統，其中該節流閥(100；100'；235；430)之該最大流導係該蒸氣導管(32；150；228)之該流導的五倍。
9. 如前述請求項中任一項之蒸氣輸送系統，其中該節流閥之該最大流導係該蒸氣導管之該流導的至少10倍。
10. 如前述請求項中任一項之蒸氣輸送系統，其中該節流閥為一可變位置閘閥。
11. 如前述請求項中任一項之蒸氣輸送系統，其中該節流閥為蝶型之節流閥。
12. 如前述請求項中任一項之蒸發器輸送系統，其係構造成採用固體材料(29；140；200)之一可再填充固體填料操作，該固體材料係以一方式逐步消耗以減小該固體材料之該蒸氣發射面積，並且構造成回應該節流閥(100；

100'；235；430)後面的壓力之一減少，以重置該節流閥之該位置來恢復該所需流量，而且不斷隨該節流閥接近其最大有用流導來提高該蒸發器(28；145；205；400)之該溫度，以提高該蒸發器中的該壓力並且使該節流閥能在其較佳流導動態範圍內操作。

13. 如請求項12之蒸發器輸送系統，其與一以節流閥為基礎的感測與控制系統組合，該感測與控制系統能夠提供一蒸發器設定點溫度數值給一蒸發器加熱器之一調節器，該加熱器能夠維持該蒸發器溫度在該設定點，該感測與控制系統儲存至少一個預定閥位移數值，其表示用於該節流閥的一所需流導上限，該感測與控制系統係構造成監視該節流閥之該位置，並且在偵測該閥接近或達到該位移數值之後，該感測與控制系統係構造成提高該設定點溫度數值至該調節器加熱器(例如藉由輸入246)，以引起該節流閥增加蒸氣產生與蒸氣壓力上游，從而使該節流閥之該閉式迴路控制裝置能引起該閥返回至一實質較低的流導位置。

14. 如請求項13之蒸發器輸送系統，其包含適合於操作的溫度上升之預定增量之一參考表，並且在偵測該閥接近或達到該位移數值之後，該感測與控制系統可有效地引起該蒸發器溫度設定點增加至該參考表中的該下一步階。

15. 如前述請求項中任一項之蒸氣輸送系統，其係構造並配置成輸送可電離蒸氣至一離子源。

16. 如請求項15之蒸氣輸送系統，其係構造並配置成輸送可

電離蒸氣至一離子植入器之該離子源。

17. 如前述請求項中任一項之蒸氣輸送系統，其係構造並配置成輸送蒸氣至一工件處理真空室。
18. 如請求項17之蒸氣輸送系統，其係構造並配置成輸送可電離蒸氣至用以為半導體提供劑量的一處理室。
19. 如前述請求項中任一項之蒸氣輸送系統，其係構造輸送其蒸氣至一高真空，該系統係構造成回應該節流閥(100；100'；235；430)之次大氣壓力下游之減小，以增加該蒸發器(28；145；205；400)之該溫度。
20. 如前述請求項中任一項之蒸氣輸送系統，其中用於該節流閥的該控制系統包含一伺服迴路，其調整該節流閥(100；100'；235；430)之該位置，以回應該壓力計(60；240；450)之該輸出信號，從而將該壓力計中的該下游蒸氣壓力維持在一設定點數值。
21. 如前述請求項中任一項之蒸氣輸送系統，其中該蒸發器係構造成包含並蒸發十硼烷 $B_{10}H_{14}$ 。
22. 如前述請求項1至20中任一項之蒸氣輸送系統，其中該蒸發器係構造成包含並蒸發十八硼烷 $B_{18}H_{22}$ 。
23. 如前述請求項1至20中任一項之蒸氣輸送系統，其中該蒸發器係構造成包含並蒸發三氯化銦 $InCl_3$ 。
24. 如前述請求項1至20中任一項之蒸氣輸送系統，其中該蒸發器係構造成包含並蒸發三甲基銦 $In(CH_3)_3$ 。
25. 如前述請求項1至20中任一項之蒸氣輸送系統，其中該蒸發器係構造成包含並蒸發三乙基銻 $Sb(C_2H_5)_3$ 。

26. 一種將自一固體材料昇華之蒸氣之一控制流輸送至一真空室之方法，其係藉由採用如請求項中任一項之蒸氣輸送系統來進行該輸送。
27. 一種在藉由採用如請求項15或16之蒸氣輸送系統傳導的一真空室中產生一離子束之方法，其用於將自一固體材料昇華之蒸氣之一控制可電離流輸送至一電離室。

十一、圖式：

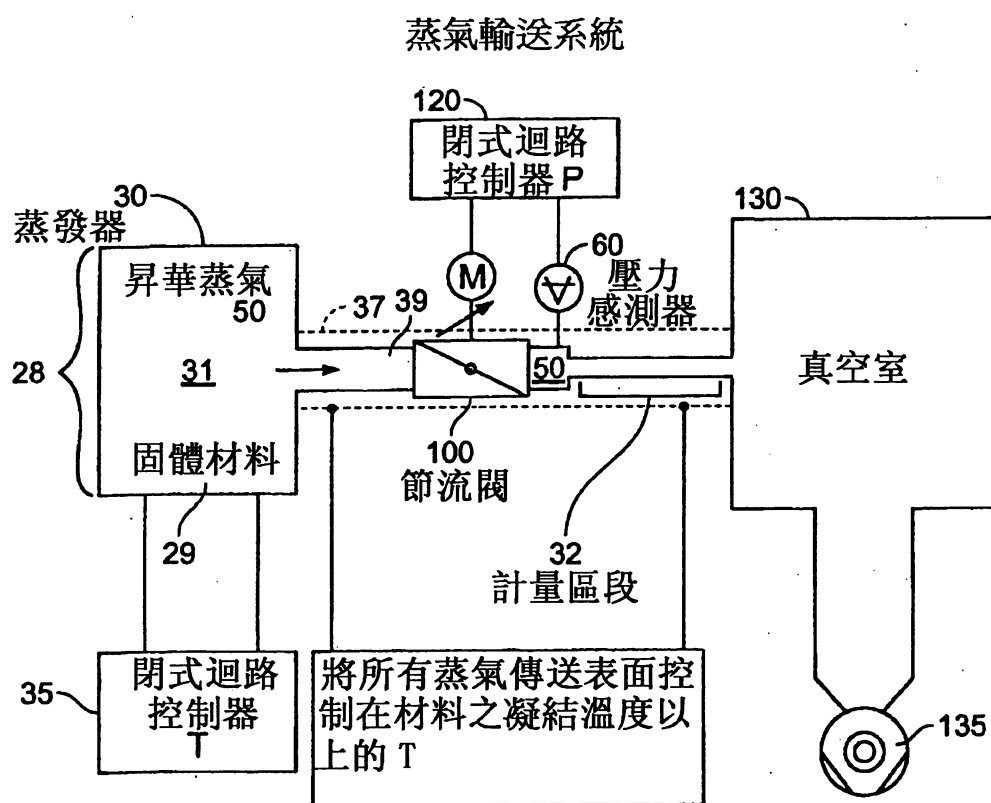


圖 1

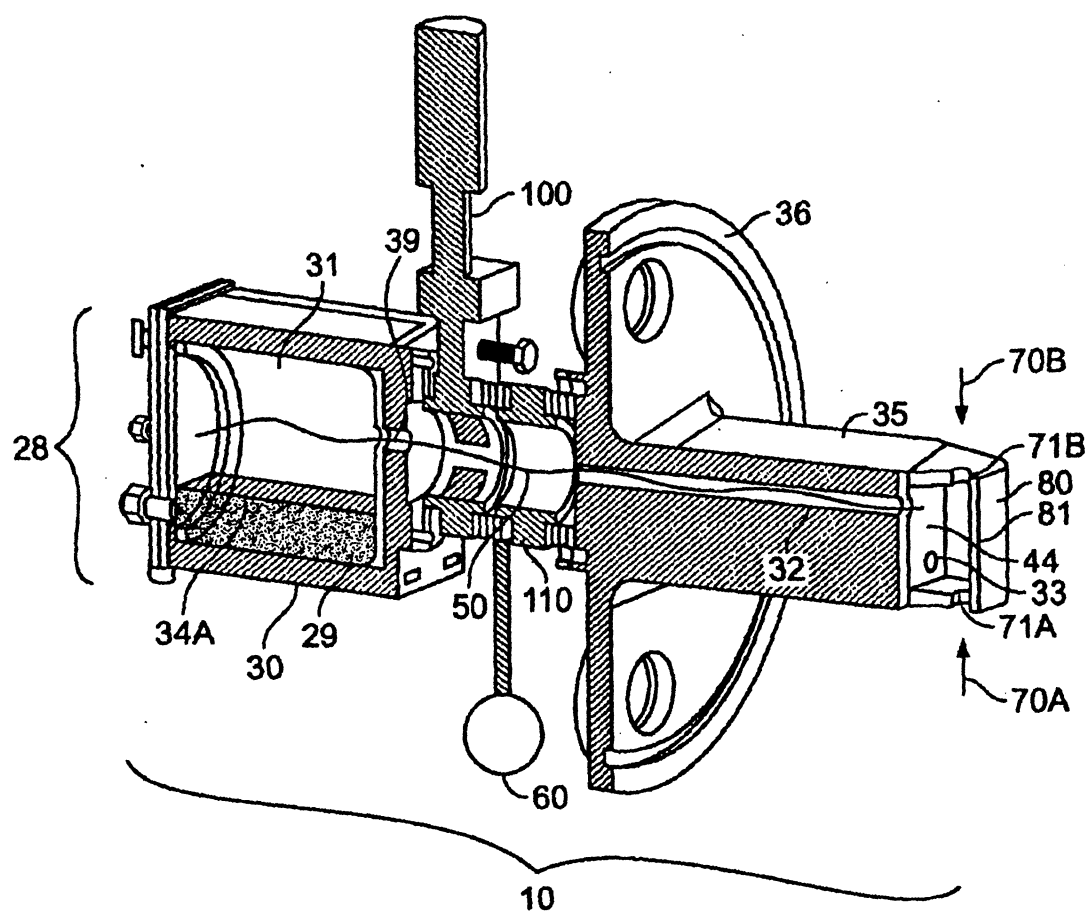


圖 1A

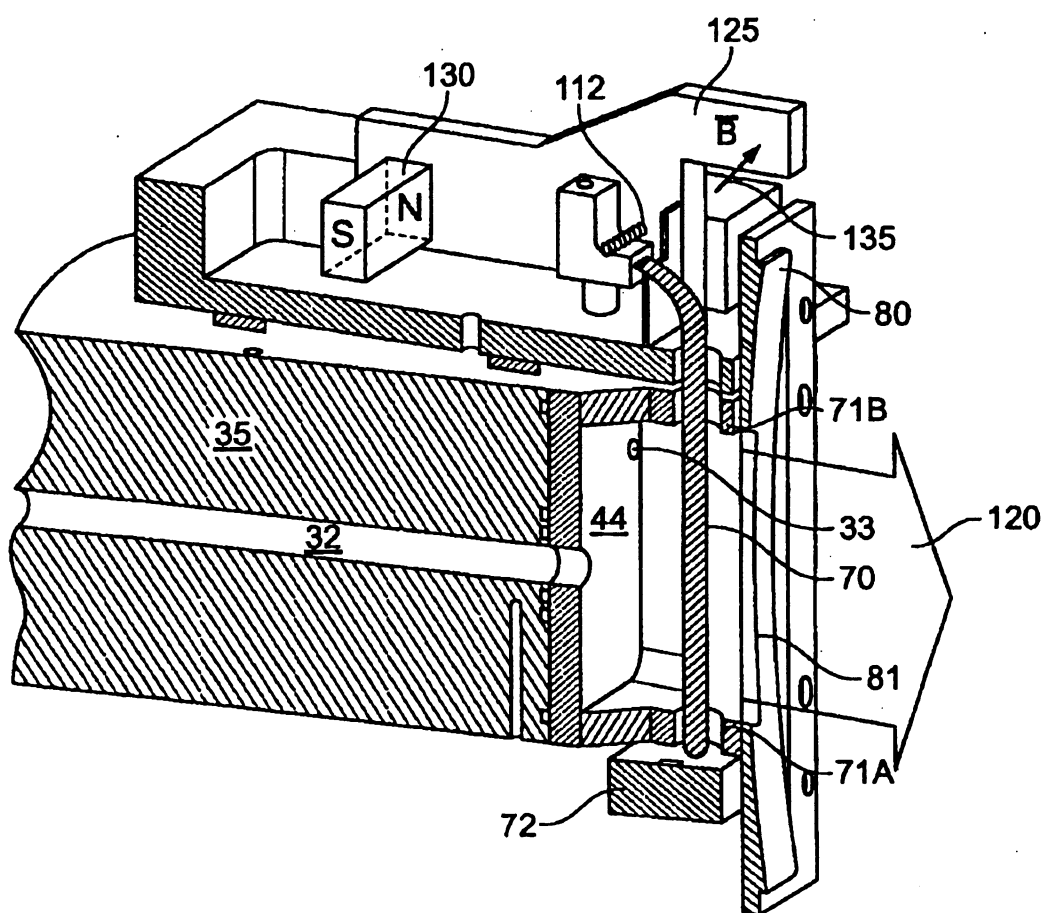


圖 1B

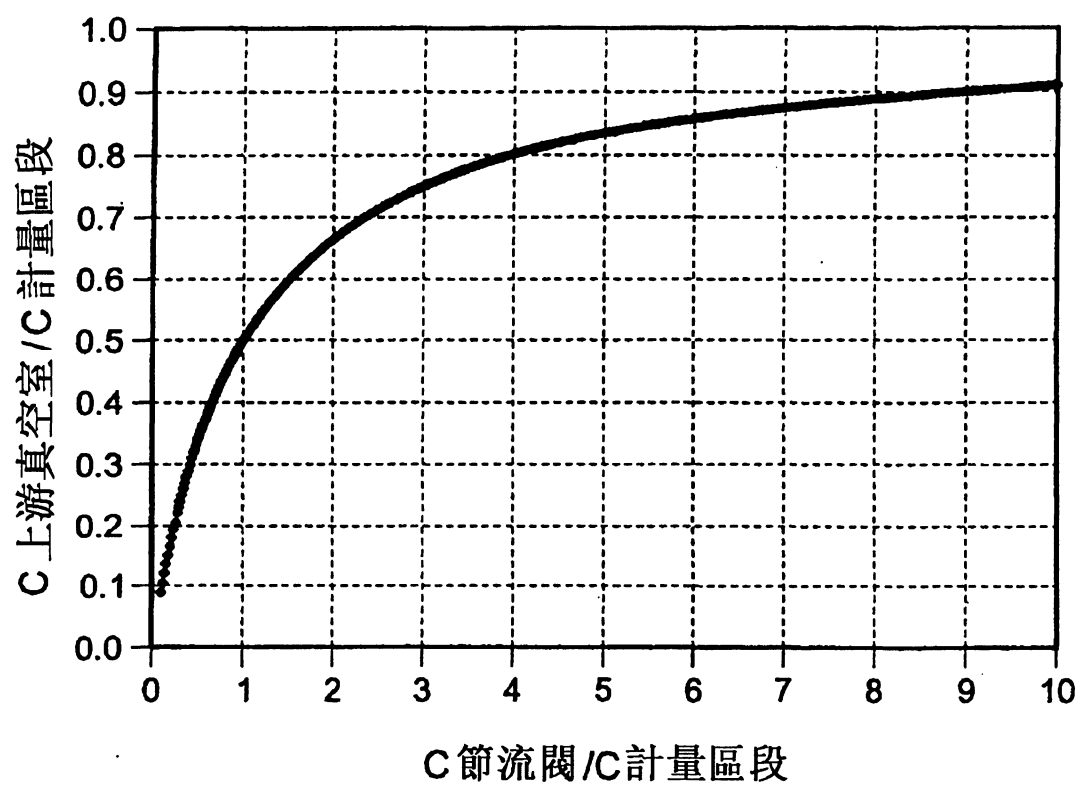


圖 2

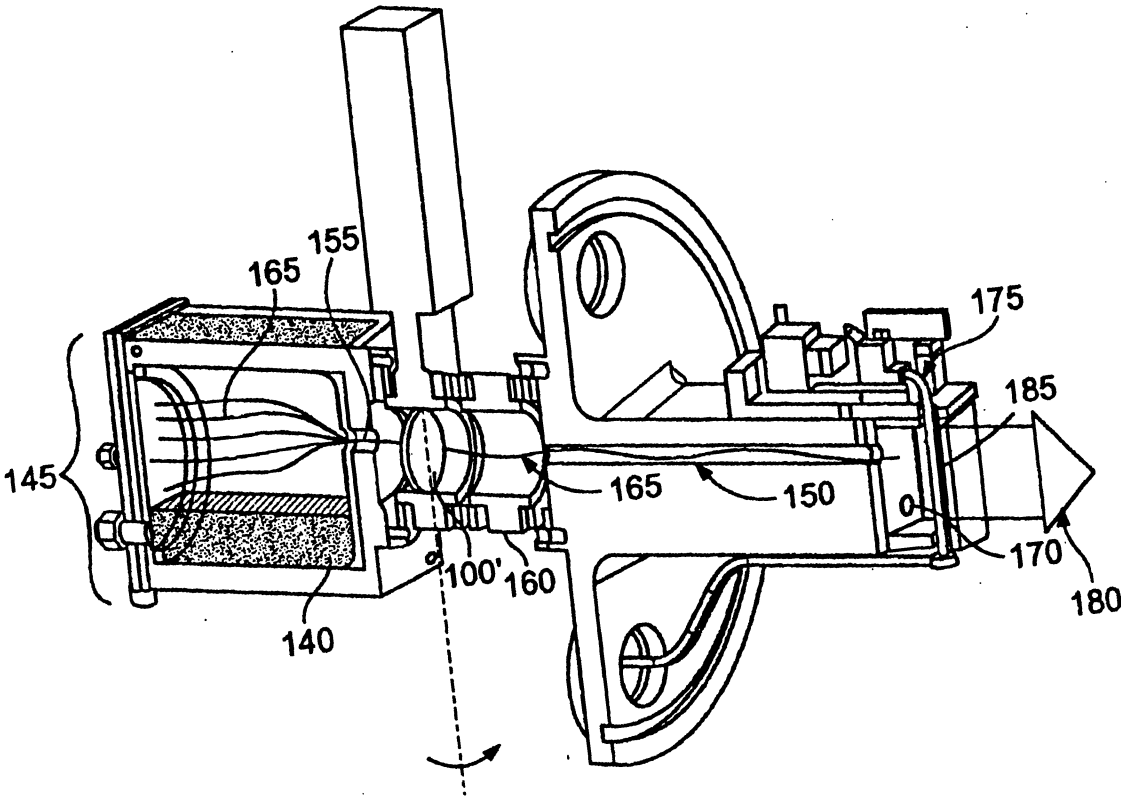


圖 3

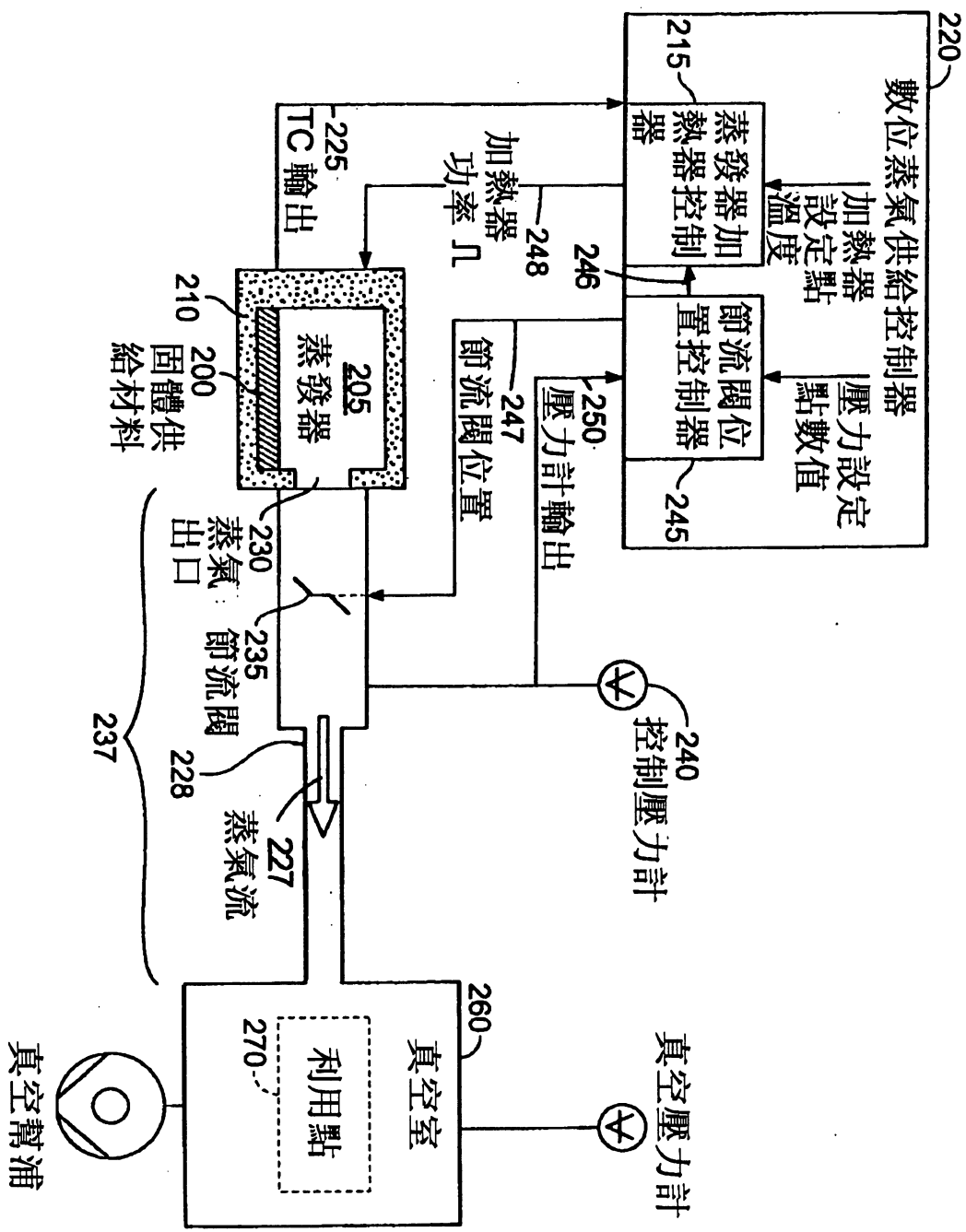


圖 4

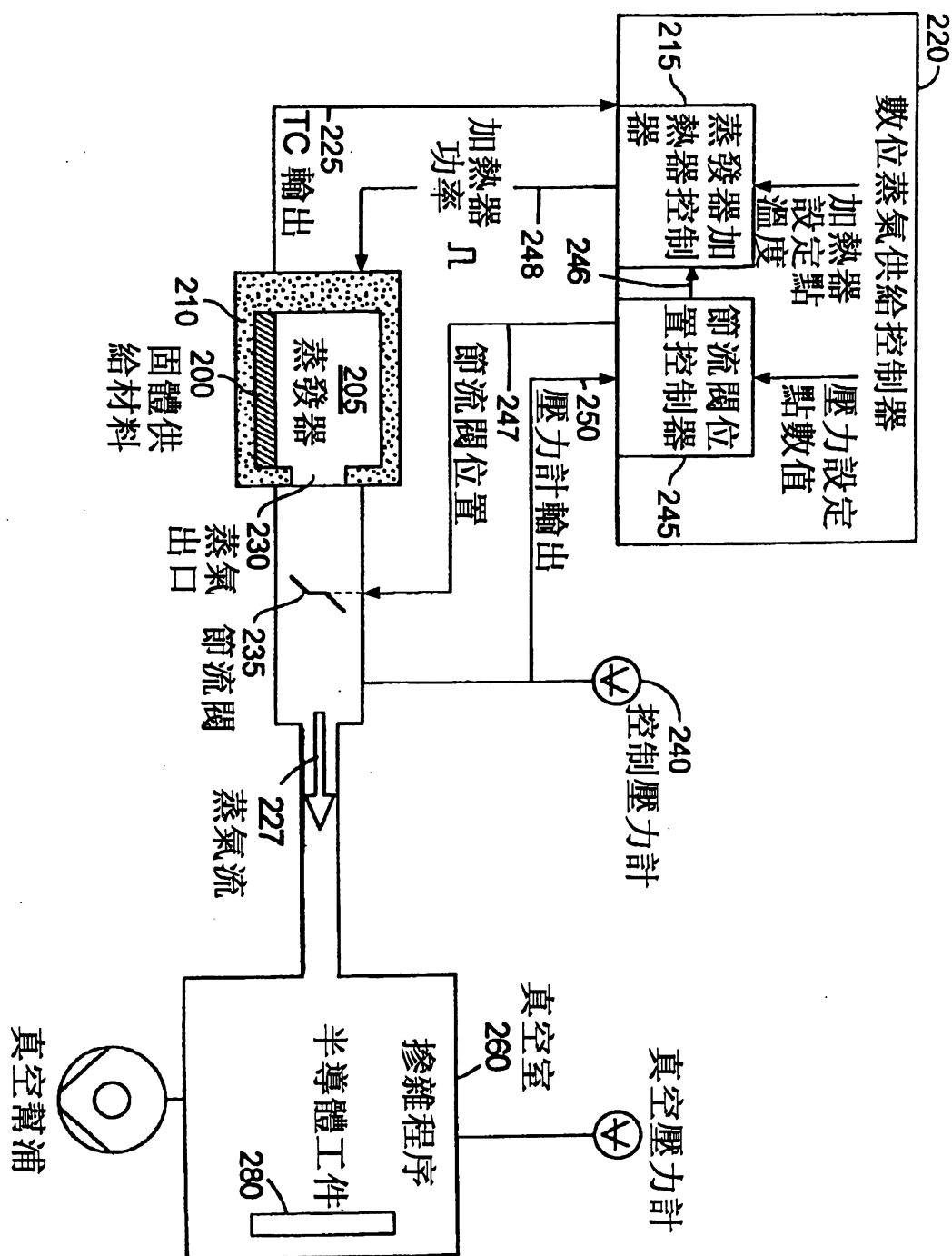


圖 5

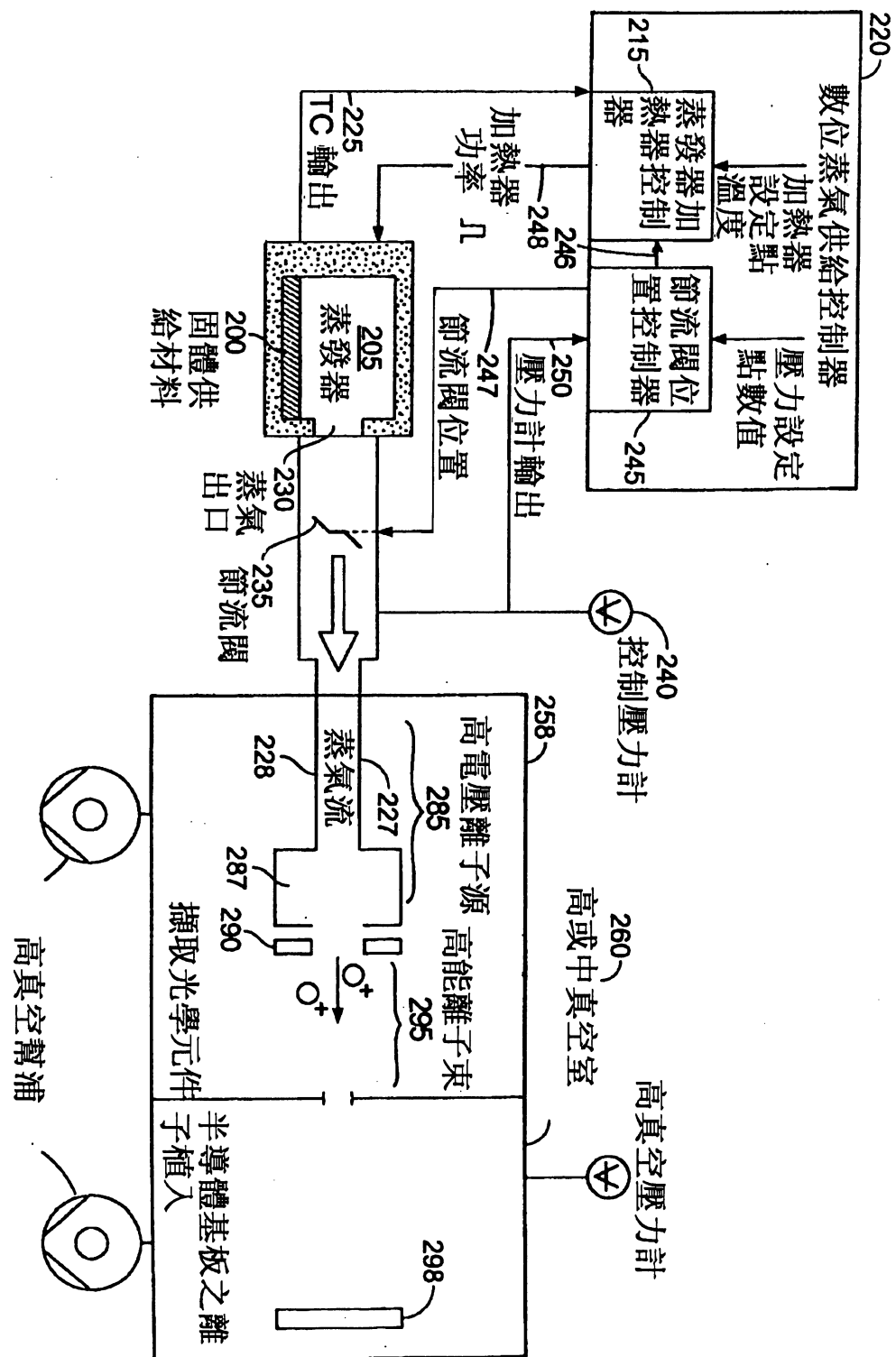


圖 6

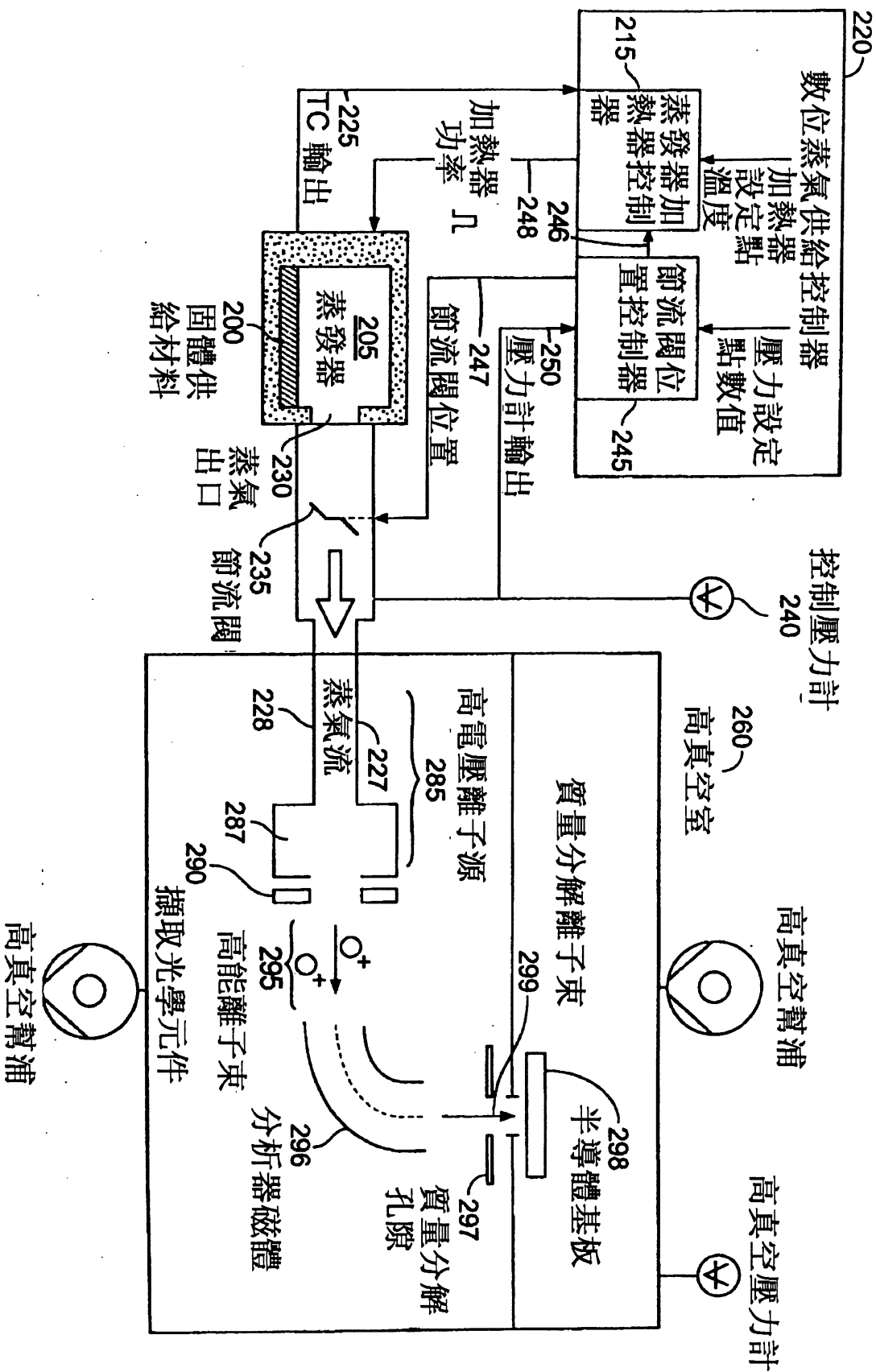


圖 7

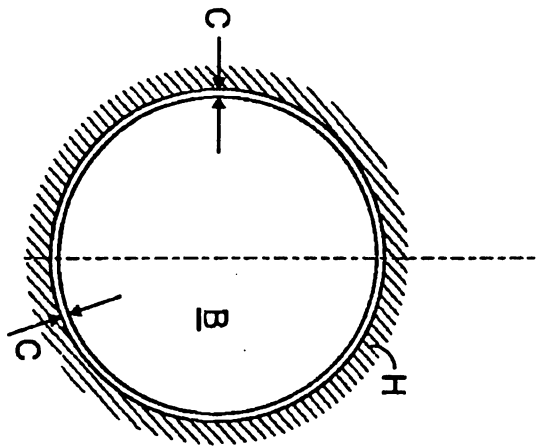


圖 7A

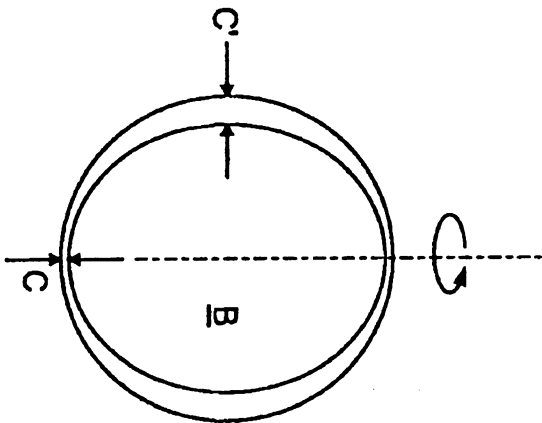


圖 7B

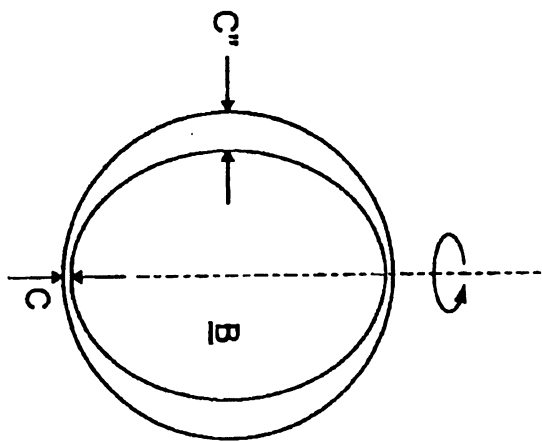


圖 7C

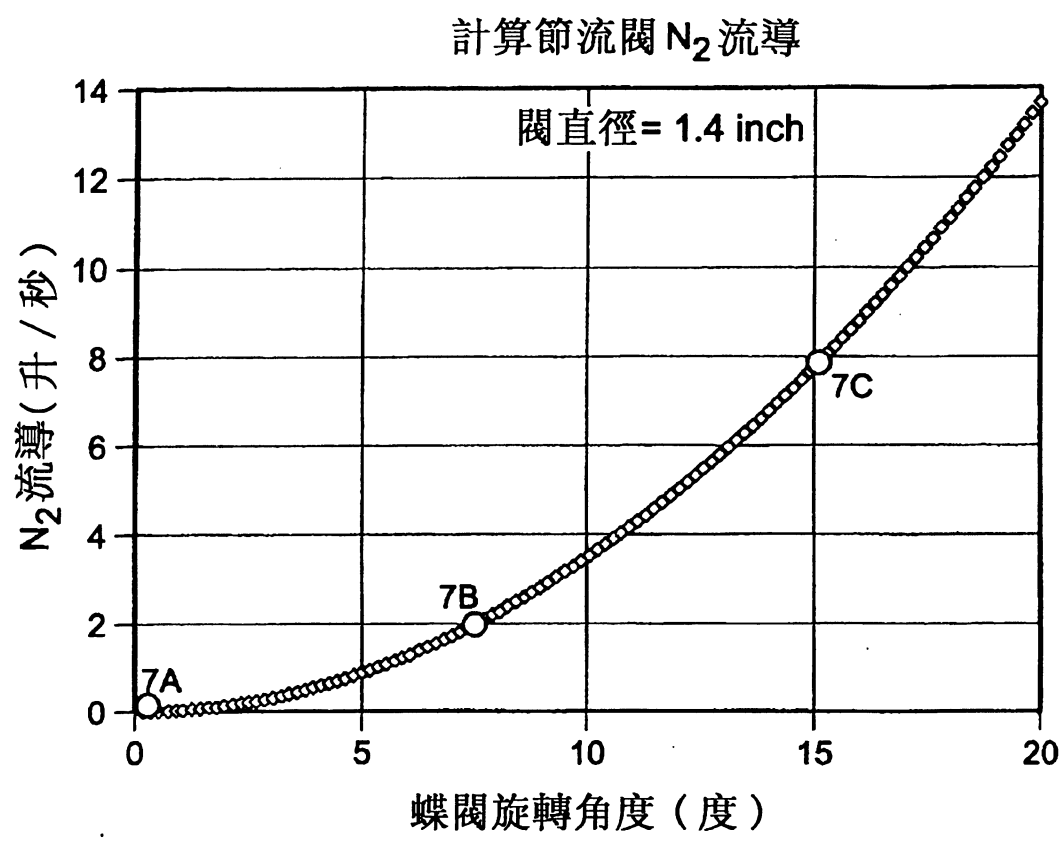


圖 7D

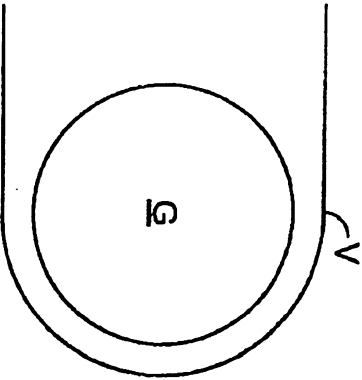


圖 7E

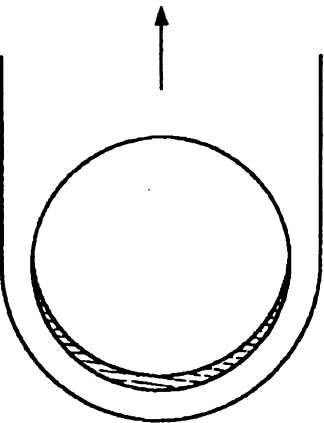


圖 7F

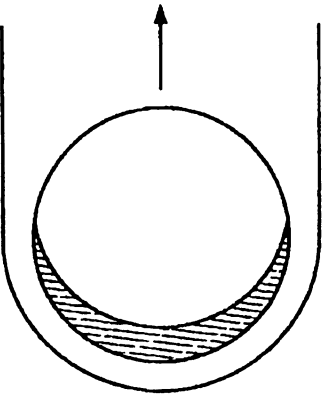


圖 7G

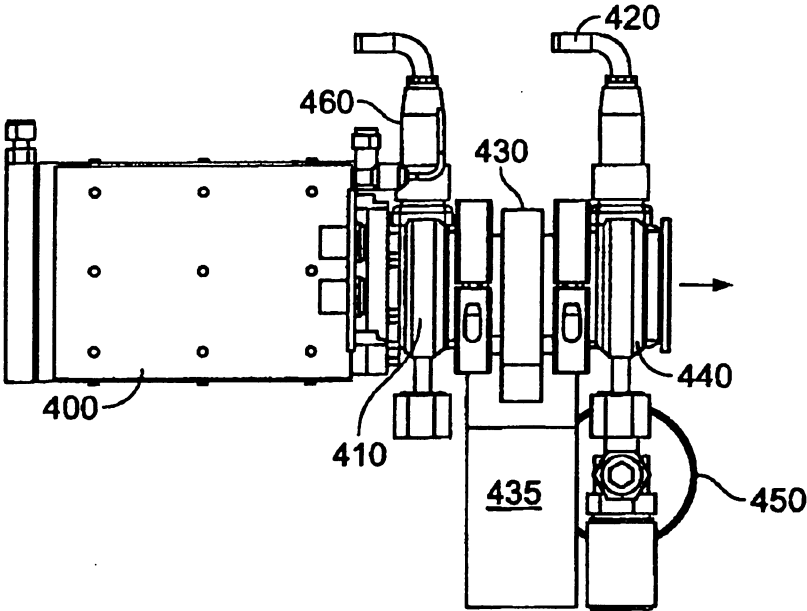


圖 8

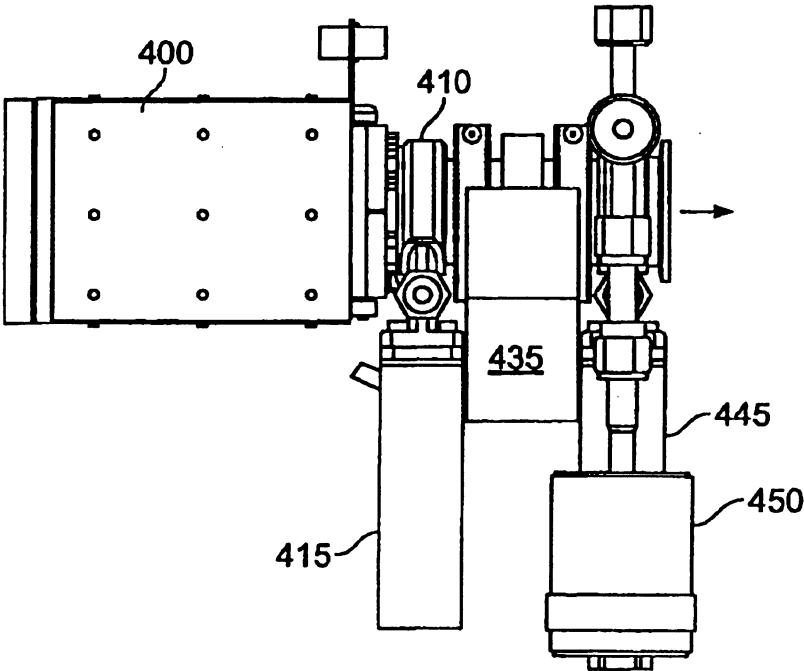


圖 8A

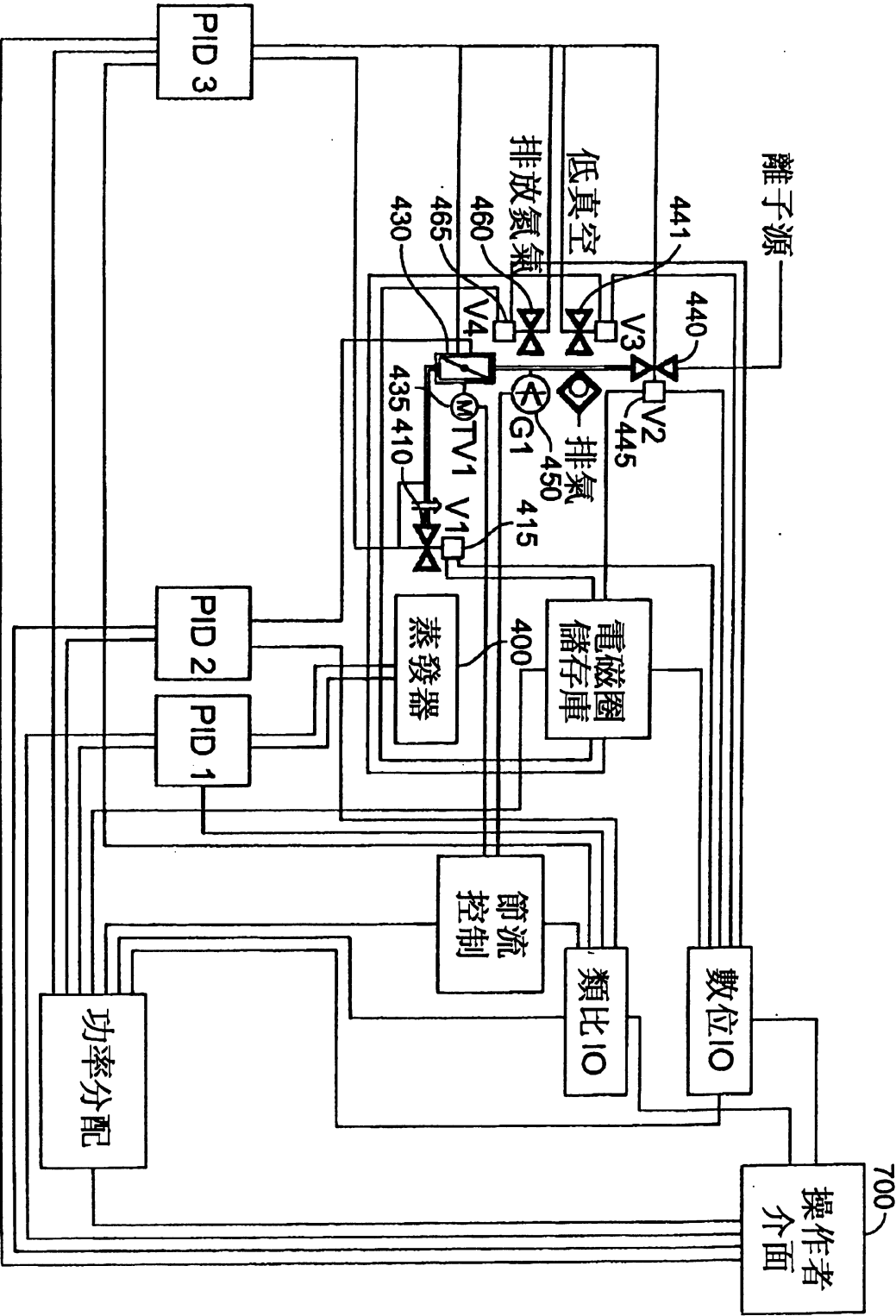


圖 9

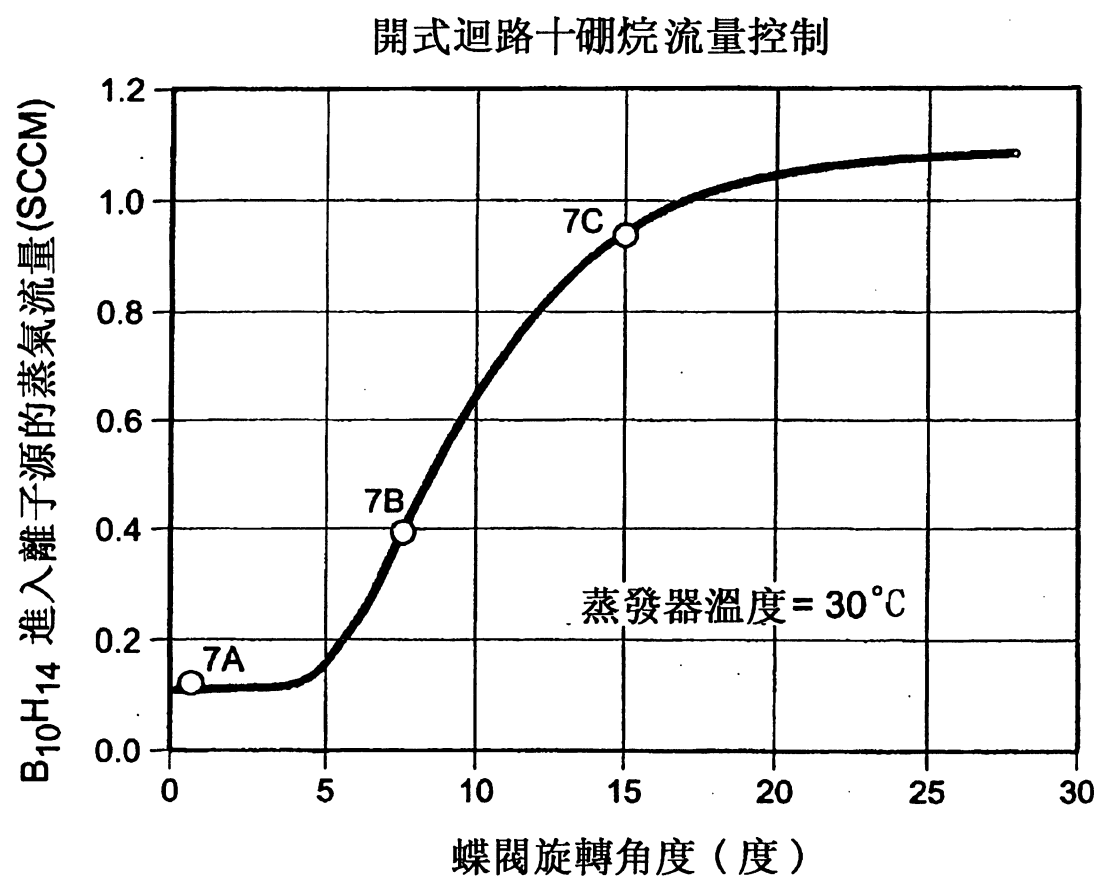


圖 10

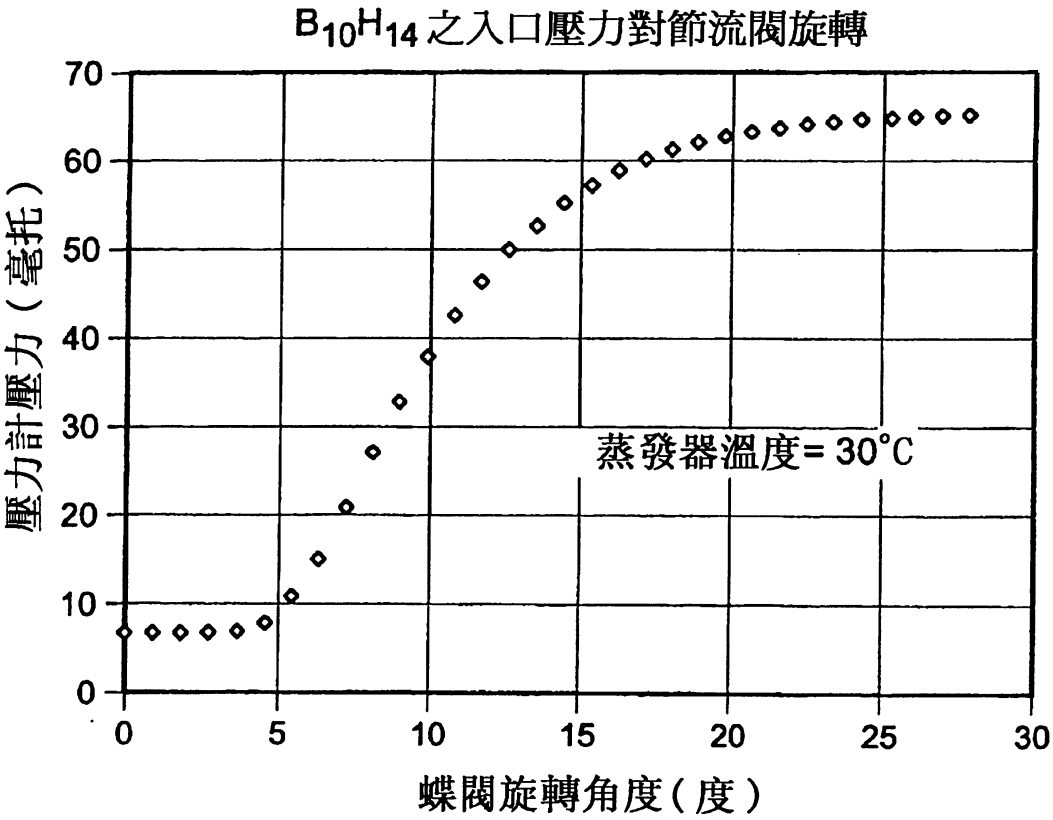


圖 11

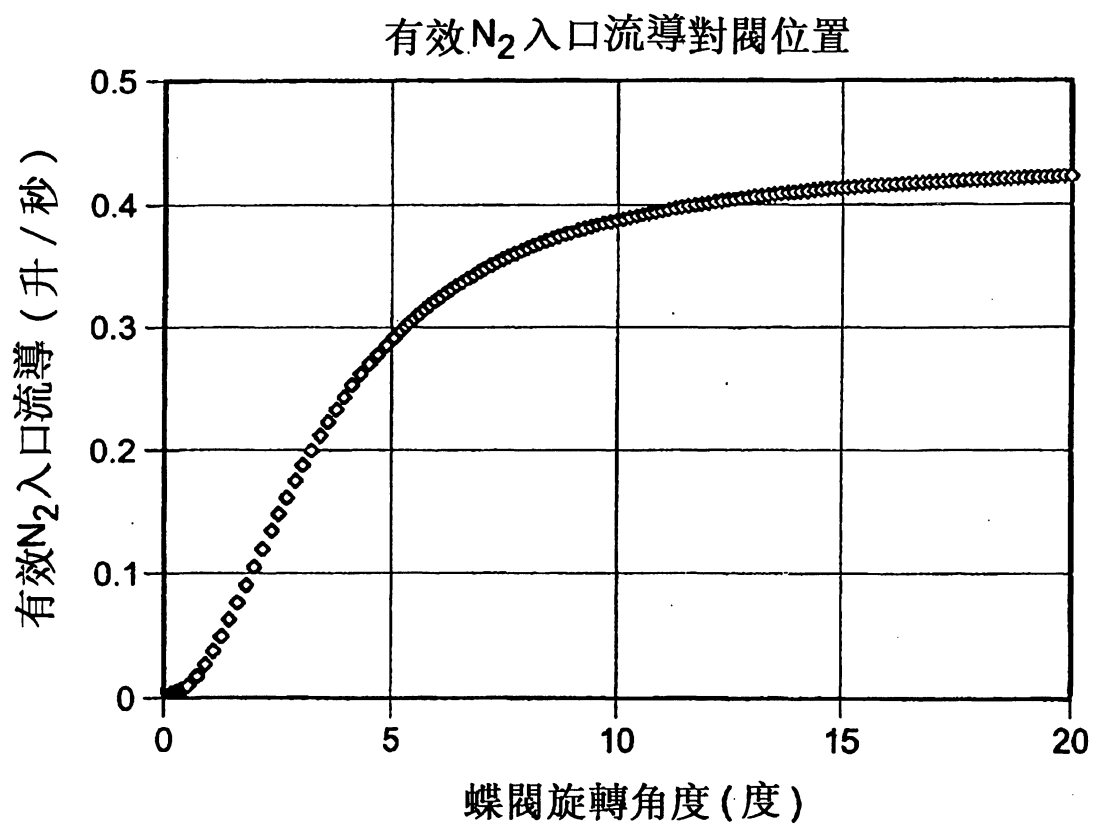


圖 12

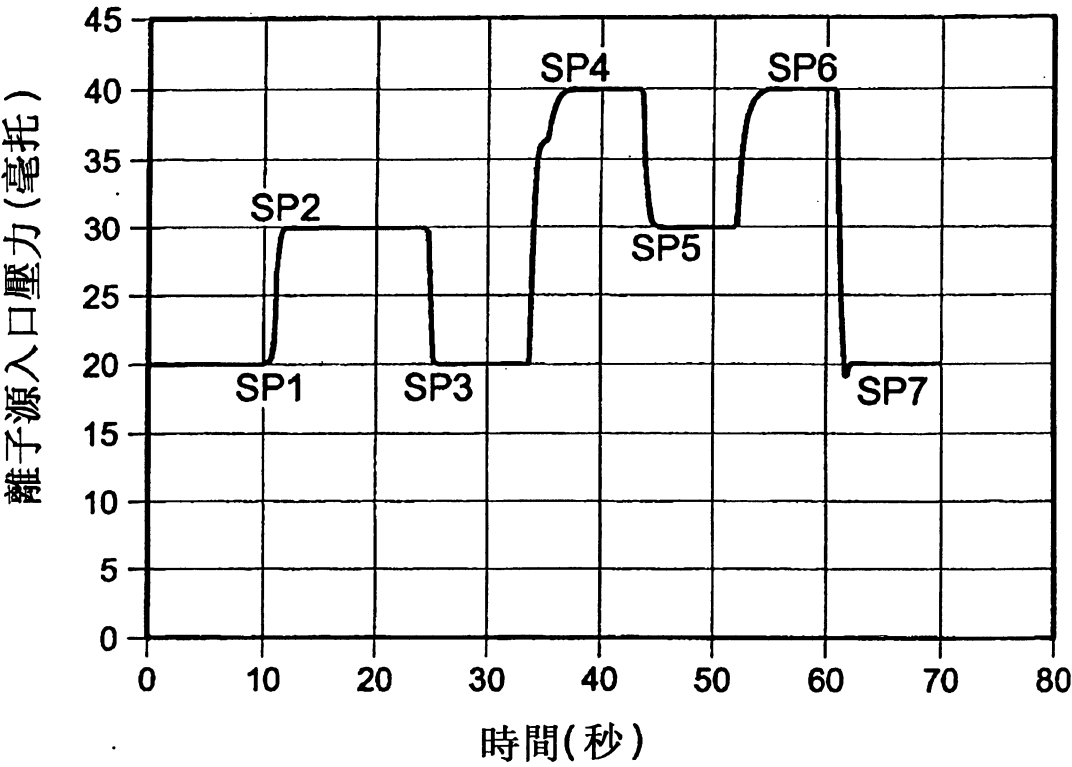


圖 13

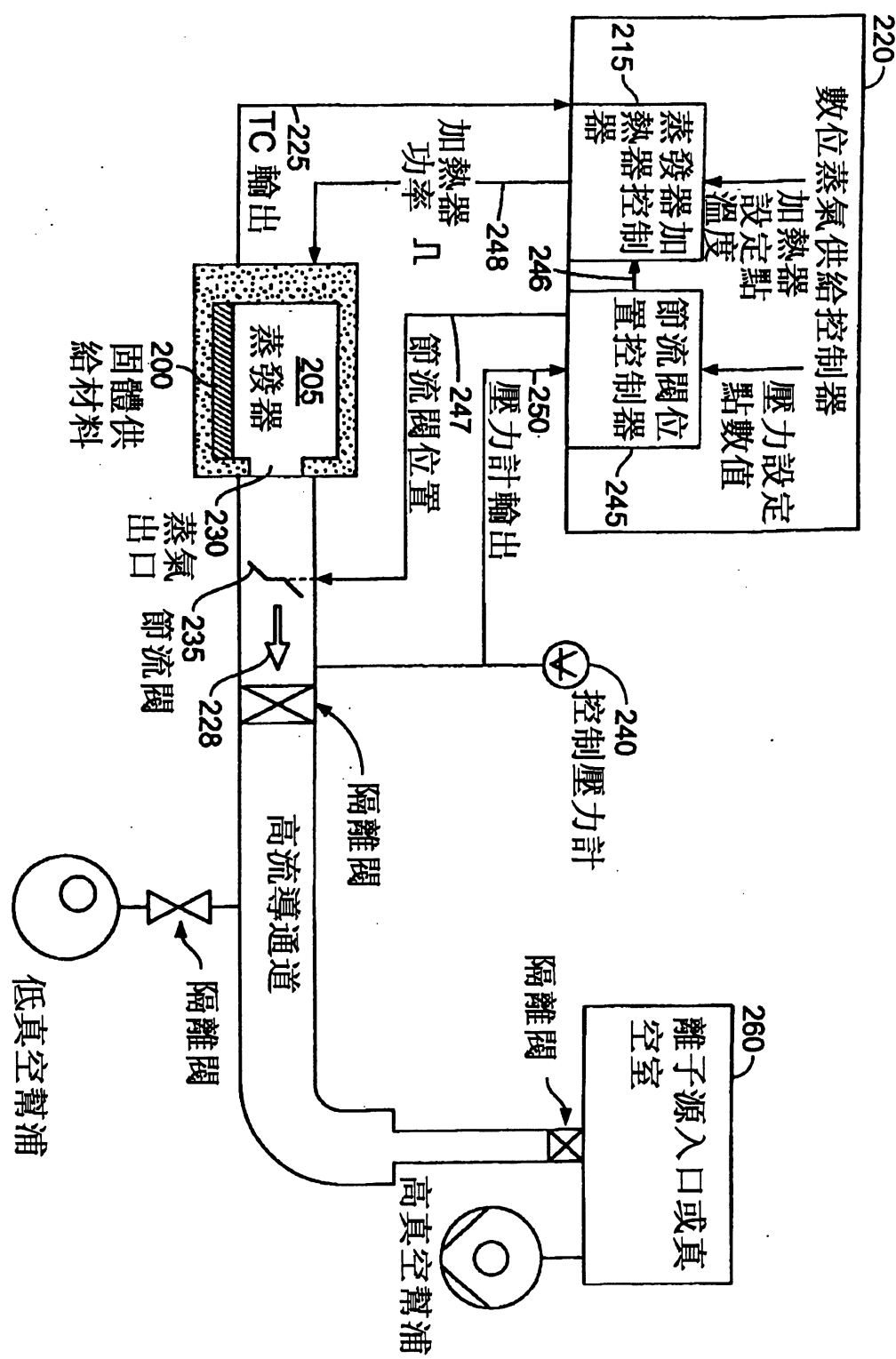
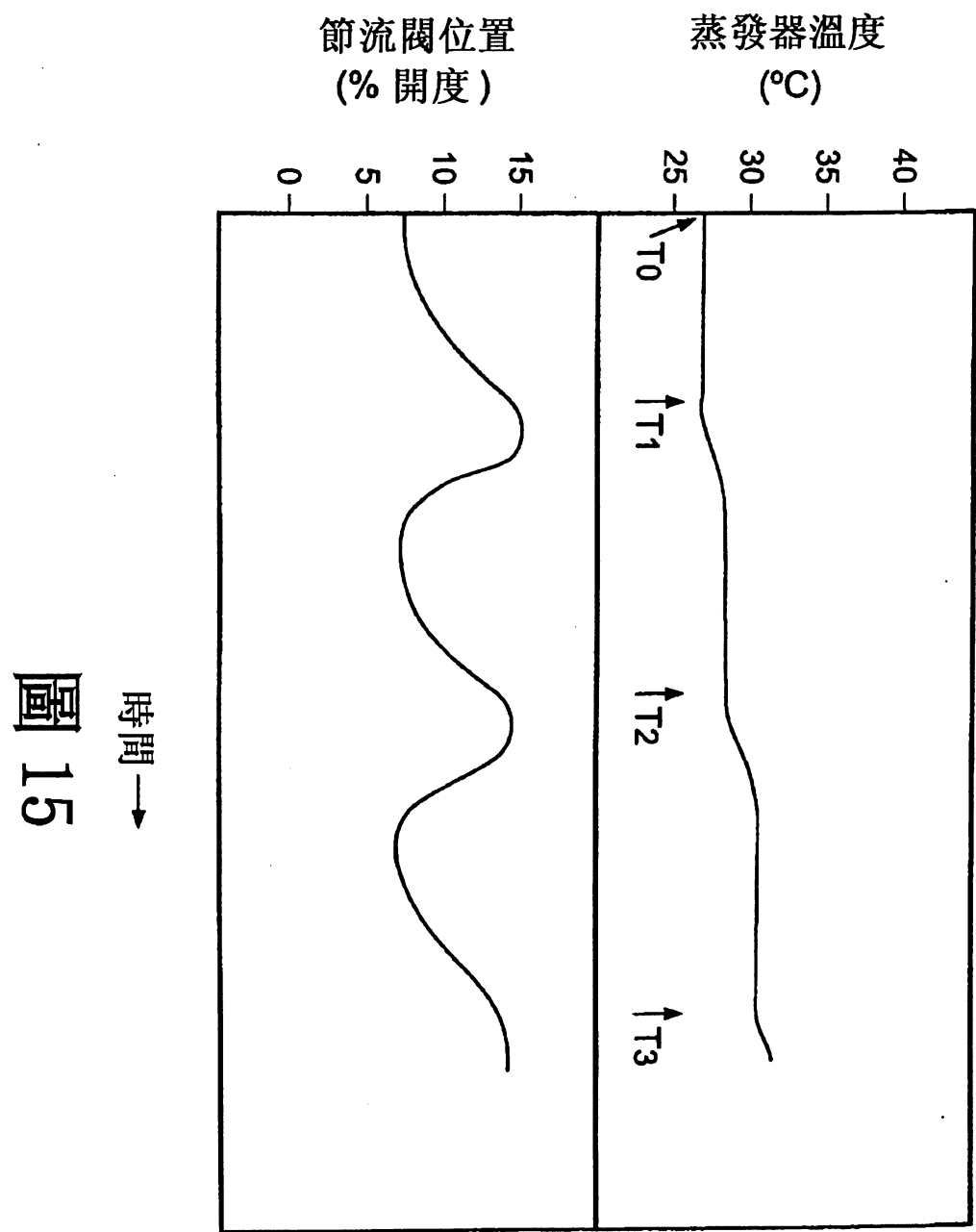


圖 14



七、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：

- 28 蒸發器
- 29 固體供給材料
- 30 蒸發器外殼
- 31 儲存庫/壓載容積
- 32 蒸氣導管
- 35 離子源組塊
- 37 蒸氣輸送通道
- 39 導管
- 50 昇華蒸氣
- 60 電容壓力計
- 100 節流閥
- 120 閉式迴路控制器
- 130 磁體/真空室
- 135 磁場

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)