



(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 I689004 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 03 月 21 日

(21)申請案號：107115524

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 11 月 07 日

(51)Int. Cl. : **H01L21/306 (2006.01)**

(30)優先權：2012/11/26 美國 61/729,965

2013/07/01 美國 61/841,779

(71)申請人：美商應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)
美國(72)發明人：維哈佛貝可史帝文 VERHAVERBEKE, STEVEN (BE) ; 陳翰文 CHEN, HAN-WEN
(TW) ; 寇克羅門 GOUK, ROMAN (UA)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

US 5882433A

US 6334266B1

US 6576066B1

US 7384484B2

US 2004/0198066A1

US 2007/0295365A1

審查人員：董柏昌

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：8 共 74 頁

(54)名稱

用於高深寬比半導體元件結構具有污染物去除之無黏附乾燥處理

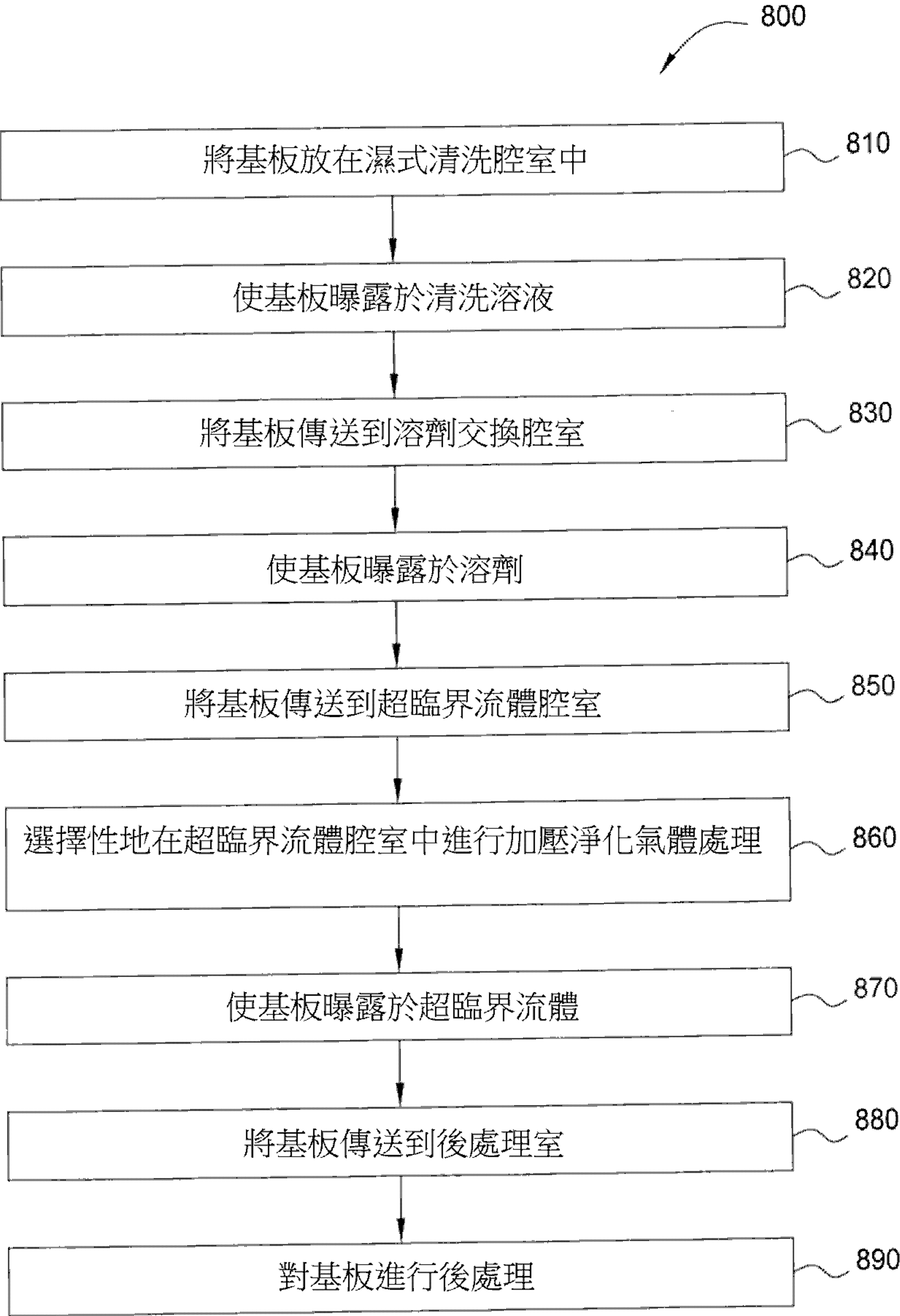
(57)摘要

本發明之實施例大體而言係關於一種清洗基板的方法及一種基板處理設備，該基板處理設備設以進行該清洗基板的方法。更具體言之，本發明之實施例係關於一種以減少或消除半導體元件特徵之間的線黏附負面效應的方式清洗基板的方法。本發明的其他實施例係關於一種基板處理設備，該基板處理設備允許以減少或消除形成在基板上的半導體元件特徵之間的線黏附的方式清洗基板。

Embodiments of the invention generally relate to a method of cleaning a substrate and a substrate processing apparatus that is configured to perform the method of cleaning the substrate. More specifically, embodiments of the present invention relate to a method of cleaning a substrate in a manner that reduces or eliminates the negative effects of line stiction between semiconductor device features. Other embodiments of the present invention relate to a substrate processing apparatus that allows for cleaning of the substrate in a manner that reduces or eliminates line stiction between semiconductor device features formed on the substrate.

指定代表圖：

- 符號簡單說明：
- 800 . . . 方法
 - 810 . . . 操作
 - 820 . . . 操作
 - 830 . . . 操作
 - 840 . . . 操作
 - 850 . . . 操作
 - 860 . . . 操作
 - 870 . . . 操作
 - 880 . . . 步驟
 - 890 . . . 步驟



第8圖



公告本

I689004

【發明摘要】

【中文發明名稱】 用於高深寬比半導體元件結構具有污染物去除之無黏附乾燥處理

【英文發明名稱】 STICTION-FREE DRYING PROCESS WITH CONTAMINANT REMOVAL FOR HIGH-ASPECT-RATIO SEMICONDUCTOR DEVICE STRUCTURES

【中文】

本發明之實施例大體而言係關於一種清洗基板的方法及一種基板處理設備，該基板處理設備設以進行該清洗基板的方法。更具體言之，本發明之實施例係關於一種以減少或消除半導體元件特徵之間的線黏附負面效應的方式清洗基板的方法。本發明的其他實施例係關於一種基板處理設備，該基板處理設備允許以減少或消除形成在基板上的半導體元件特徵之間的線黏附的方式清洗基板。

【英文】

Embodiments of the invention generally relate to a method of cleaning a substrate and a substrate processing apparatus that is configured to perform the method of cleaning the substrate. More specifically, embodiments of the present invention relate to a method of cleaning a substrate in a manner that reduces or eliminates the negative effects of line stiction between semiconductor device features. Other embodiments of the present invention relate to a substrate processing apparatus that allows for cleaning of the

substrate in a manner that reduces or eliminates line stiction between semiconductor device features formed on the substrate.

【指定代表圖】第（ 8 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

800	方法	810	操作
820	操作	830	操作
840	操作	850	操作
860	操作	870	操作
880	步驟	890	步驟

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】用於高深寬比半導體元件結構具有污染物去除之無黏附乾燥處理

【英文發明名稱】STICTION-FREE DRYING PROCESS WITH
CONTAMINANT REMOVAL FOR HIGH-ASPECT-RATIO
SEMICONDUCTOR DEVICE STRUCTURES

【技術領域】

【0001】 本發明的實施例大體而言係關於一種用於清洗半導體基板的方法和設備，更具體言之，係關於一種用於高深寬比半導體元件結構的無黏附清洗及/或乾燥處理。

【先前技術】

【0002】 在半導體元件的清洗中，必須從基板的表面去除液體和固體污染物，從而留下清潔的表面。濕式清洗處理通常牽涉到清洗液的使用，例如清洗水溶液。濕式清洗基板之後，必須在清洗腔室中從基板的表面去除清洗液。

【0003】 目前，大多數的濕式清洗技術利用液體噴灑或沉浸步驟來清洗基板。在施加清洗液之後乾燥具有高深寬比特徵或具有空隙或孔洞的低k材料的基板是非常具有挑戰性的。清洗液的毛細力時常導致這些結構中的材料變形，從而產生不良的黏附，該黏附除了在基板上留下來自所使用的清洗溶液的殘餘物之外，還會損壞半導體基板。

在後續乾燥基板的過程中，上述缺點在具有高深寬比半導體元件結構的基板上尤其明顯。線黏附或線塌陷是由於在一或更多個濕式清洗處理過程中形成高深寬比溝槽或通孔的側壁由於陷在溝槽或通孔中的液體上方橫跨液-氣界面的毛細壓力而彎向彼此所導致的。具有窄線寬和高深寬比的特徵對於液-氣和液-壁界面之間由於毛細壓力（有時也被稱為毛細作用力）而產生的表面張力差尤其敏感。目前可行的乾燥作法正在防止由於元件尺度快速演進而導致線黏附中面臨著急劇上升的挑戰。

【0004】 因此，在本技術領域中需要有減少或消除線黏附的乾燥處理，該線黏附會降低基板上的半導體元件產率。

【發明內容】

【0005】 本文中提供的實施例大體而言係關於一種清洗基板的方法及一種基板處理設備。更具體言之，實施例係關於一種以減少或消除半導體元件特徵之間的線黏附負面效應的方式清洗基板的方法。其他的實施例係關於一種基板處理設備，該基板處理設備允許以減少或消除半導體元件特徵之間的線黏附的方式清洗基板。

【0006】 一個實施例大體而言係關於一種清洗基板的方法。該方法包含以下步驟：使基板曝露於溶劑，以去除一數量的、位於該基板之表面上的殘餘清洗溶液；使該基板曝露於超臨界流體，以去除位於該基板之該表面上的溶

劑；以及使該基板曝露於電漿。

【0007】 另一個實施例提供一種基板處理設備。該設備具有移送室，該移送室中設有機器人。該機器人適以在複數個耦接至該移送室的處理室之間傳送一或更多個基板。在一些架構中，該基板處理設備可以包括耦接至該移送室的濕式清洗腔室。該濕式清洗腔室具有基板支座及清洗溶液輸送設備，該清洗溶液輸送設備適以提供清洗溶液至該濕式清洗腔室之處理區。溶劑交換處理室被耦接至該移送室。該溶劑交換腔室具有基板支座並被耦接至液體溶劑輸送設備，該液體溶劑輸送設備適以提供液體溶劑至該溶劑交換腔室。超臨界流體腔室被耦接至該移送室。該超臨界流體腔室具有基板支座、加熱元件、適以接收氣體或液體 CO_2 的通口及加壓設備。電漿腔室被耦接至該移送室。該電漿腔室具有基板支座、噴頭、適以接收鹵素或氧氣的通口及RF電源，該RF電源適以在該電漿腔室之處理區中形成電漿。

【0008】 另一個實施例提供一種基板處理設備。該設備具有耦接至移送室的濕式清洗腔室。該濕式清洗腔室具有基板支座及處理區，該處理區被耦接至清洗溶液輸送設備，該清洗溶液輸送設備適以提供清洗溶液至該濕式清洗腔室之處理區。溶劑交換處理室被耦接至該移送室。該溶劑交換腔室具有基板支座並被耦接至液體溶劑輸送設備，該液體溶劑輸送設備適以提供液體溶劑至該溶劑交換腔室。超臨界流體腔室被耦接至該移送室。該超臨界流體

腔室具有基板支座、加熱元件、適以接收氣體或液體 CO_2 的通口及加壓設備。電漿腔室被耦接至該移送室。該電漿腔室具有基板支座、噴頭、適以接收鹵素或氧氣的通口及 RF 電源，該 RF 電源適以在該電漿腔室之處理區中形成電漿。該移送室具有第一機器人，該第一機器人適以在該濕式清洗腔室、該溶劑交換處理室、該超臨界流體腔室及該電漿腔室之間傳送一或更多個基板。

【圖式簡單說明】

【0009】 為詳細瞭解上述本發明的特徵，可參照實施例及附圖而對以上簡單概述的本發明作更特定的描述。然而應注意，附圖說明的只是本發明的典型實施例，因而不應將附圖說明視為是對本發明範圍作限制，因本發明可認可其他同樣有效的實施例。

【0010】 第 1 圖圖示濕式處理之後在乾燥過程中形成在基板上的半導體元件結構內形成的特徵之間由於產生毛細力所產生的黏附效應；

【0011】 第 2A 圖圖示依據本文提供的某些實施例的基板處理設備；

【0012】 第 2B 圖圖示依據本文提供的某些實施例的基板處理設備；

【0013】 第 3A 圖圖示在依據本文提供的某些實施例的處理設備中的基板處理流程；

【0014】 第 3B 圖圖示在依據本文提供的某些實施例

的處理設備中的基板處理流程；

【0015】 第4A圖圖示依據本文提供的某些實施例的濕式處理室之剖視圖；

【0016】 第4B圖圖示依據本文提供的某些實施例的溶劑過濾系統之示意圖；

【0017】 第5A圖圖示依據本文提供的某些實施例的超臨界流體腔室之剖面示意圖；

【0018】 第5B圖圖示依據本文提供的某些實施例的第5A圖超臨界流體腔室之示意側視圖；

【0019】 第5C圖圖示依據本文提供的某些實施例的第5A圖超臨界流體腔室之部分剖面示意圖；

【0020】 第5D圖圖示依據本文提供的某些實施例的第5C圖超臨界流體腔室之示意側視圖；

【0021】 第5E圖示意性圖示依據本文提供的某些實施例的超臨界流體輸送系統；

【0022】 第6圖圖示表示CO₂的相變圖；

【0023】 第7圖圖示依據本文提供的某些實施例的電漿腔室之剖視圖；以及

【0024】 第8圖圖示依據本文提供的某些實施例用於清洗基板的方法步驟之流程圖。

【0025】 為了便於瞭解，已在可能處使用相同的元件符號來指稱對於圖式為相同的元件。構思的是，可以將一個實施例中揭示的元件有益地使用於其他實施例中而無需具體詳述。不應將本文所參照的圖式理解為依比例繪製，

除非有特別說明。另外，時常將圖式簡化，並且為了清晰地說明和解釋之故，將圖式的細節或部件省略。圖式和討論係用以解釋以下討論的原理，其中相同的標號表示相同的元件。

【實施方式】

【0026】 本文提供的實施例大體而言係關於一種用以清洗基板的方法和設備。更具體言之，實施例係關於在已於基板上執行濕式清洗處理之後，以減少或消除半導體元件特徵之間形成的線黏附的方式清洗基板的方法。其他的實施例係關於一種基板處理設備，該設備允許以減少或消除半導體元件特徵之間的線黏附的方式清洗基板。

【0027】 在以下的描述中，為了解釋的目的，提出許多具體的細節，以便提供對於本文所提供實施例的全面理解。然而，對於本技術領域中具有通常知識者而言，將顯而易見的是可以在沒有這些具體細節之下實施本發明。在其他的情況下，並未描述具體的設備結構，以免混淆所描述的實施例。下面的描述和圖式係說明性的實施例，而且不應被解讀為限制本發明。

【0028】 第1圖為圖示部分的半導體元件100的示意性剖視圖，其中線黏附已經發生在半導體元件100內的兩個特徵之間。如圖示，高深寬比的元件結構被形成在基板的表面上。在處理過程中，元件結構102應保持在垂直方向上，並且壁106不應該穿過開口104而接觸到相

鄰的元件結構 102 的壁 106。當半導體元件 100 在被用濕化學品清洗之後正在被乾燥時，元件結構 102 的壁 106 受到了由於位在開口 104 內的清洗液所形成的氣-液界面所產生的毛細力，該毛細力導致相鄰元件結構 102 的壁 106 彎向彼此並相互接觸。相鄰元件結構 102 的壁 106 之間的接觸所產生的線黏附最終導致開口 104 閉合。線黏附通常是不理想的，因為線黏附會在後續的基板處理步驟（例如進一步的沉積步驟）過程中妨礙進入開口 104。

【0029】 為了防止線黏附，依據本文提供的方法，可以在濕式清洗腔室中使基板曝露於清洗水溶液，例如去離子水或化學清潔劑。這樣的基板包括基板上設置有或形成有電子元件的半導體基板。在濕式清洗腔室中在基板上使用清洗水溶液去除了進行濕式清洗處理之後留在基板上的殘餘物。在一些配置中，濕式清洗腔室可以是單片式清洗腔室及/或水平旋轉室。另外，該濕式清洗腔室可以具有適用於產生聲能的超音波板材，該聲能被定向到基板的非元件側上。

【0030】 在濕式清洗基板之後，基板可被轉移到溶劑交換室，以置換在濕式清洗腔室中使用的任何先前使用的清洗水溶液。然後基板可被轉移到超臨界流體腔室，以在基板上進行進一步的清洗和乾燥步驟。在一個實施例中，乾燥基板可能牽涉到輸送超臨界流體到基板的表面。可以選擇乾燥氣體，以在處於超臨界處理室中實現或保持的某種

壓力和溫度配置下轉變到超臨界狀態。這樣的乾燥氣體的一個實例包括二氧化碳 (CO_2)。乾燥氣體的另一個實例是丙烷 (C_3H_8)。第 6 圖圖示 CO_2 的相變圖。由於超臨界二氧化碳是一種超臨界氣體，故超臨界二氧化碳沒有表面張力在於超臨界二氧化碳的表面張力類似於氣體但具有類似於液體的密度。第 6 圖圖示超臨界 CO_2 在約 73.0 個大氣壓的壓力和約 31.1 °C 的溫度下具有臨界點。超臨界流體（例如二氧化碳）的一個獨特性質是在任何高於超臨界壓力的壓力和高於超臨界點的溫度下（例如對於二氧化碳為 31.1 °C 和 73 個大氣壓）不會發生縮合。臨界溫度右邊和臨界壓力上方（例如對於二氧化碳為 73 個大氣壓）的區域界定了二氧化碳乾燥氣體的超臨界狀態。

【0031】由於超臨界流體的獨特性能，超臨界流體可以穿透基板中大致上所有的孔洞或空隙，並去除可能存在於開口 104 中的任何剩餘液體或顆粒。在一個實施例中，在超臨界處理進行了所需的期間以去除顆粒和殘餘物之後，腔室的壓力在幾乎恆定的溫度下降低，從而允許超臨界流體在開口 104 內直接轉變成氣相。在超臨界流體處理之前存在於開口 104 中的液體通常可以是來自溶劑交換室的置換溶劑。存在於開口 104 中的顆粒通常可以是任何的固體顆粒物質，例如有機物種（即碳）、無機物種（即矽）及/或金屬。可以藉由超臨界流體進行乾燥的開口 104 之實例包括介電層中的空隙或孔洞、低 k 介電材料中的空隙或孔洞及基板中可能捕獲清洗流體和顆粒的

其他類型的間隙。此外，超臨界乾燥可以藉由在相變過程中跳過液體狀態並由於超臨界流體（例如超臨界 CO_2 ）的可忽略表面張力而消除元件結構 102 的壁 106 之間形成的毛細力來防止線黏附。

【0032】 然後可以將基板從超臨界流體腔室傳送到後處理室。後處理室可以是電漿處理室，在電漿處理室中可能存在於基板上的污染物可以被去除。對基板進行後處理還可以進一步釋放存在於元件結構中的任何線黏附。本文所述的處理可用於清洗具有高深寬比的元件結構，該高深寬比例如約 10:1 或更大、20:1 或更大或 30:1 或更大的深寬比。在某些實施例中，本文所述的處理對於清洗 3D/垂直 NAND 快閃元件結構是特別有用的。

【0033】 第 2A 圖圖示依據本發明的一個實施例可適於執行上述一或更多個步驟的基板處理設備。在一個實施例中，處理設備 200 包含濕式清洗腔室 201、溶劑交換腔室 202、超臨界流體腔室 203、後處理室 204、移送室 206 及濕式機器人 208。處理基板可以包括但不限於形成電元件，例如藉由金屬線互連的電晶體、電容器或電阻器，該等金屬線係由基板上的層間介電質隔絕。這些處理可以包括清洗基板、清洗形成在基板上的膜、乾燥基板及乾燥形成在基板上的膜。在另一個實施例中，處理設備 200 包括檢查室 205，檢查室 205 可以包括檢查已在處理設備 200 中進行處理的基板的工具（未圖示）。

【0034】 在一個實施例中，基板處理設備 200 是包含

幾個基板處理室的群集工具，該基板處理室例如濕式清洗腔室 201、溶劑交換腔室 202、超臨界流體腔室 203、後處理室 204 及移送室 206。處理設備 200 還可以包含膜沉積室（未圖示），例如化學氣相沉積（CVD）室、原子層沉積（ALD）室及/或物理氣相沉積（PVD）室。該等腔室可以位在濕式機器人 208 周圍，濕式機器人 208 可以位在移送室 206 中。濕式機器人 208 包含馬達、底座、臂及設以在該等腔室之間傳送基板的端效器 209。選擇性地，濕式機器人 208 可以具有多個臂和多個端效器，以增加處理設備 200 的產量。在一個實施例中，濕式機器人 208 在上述腔室之間傳送基板。在另一個實施例中，濕式機器人 208 的至少一個端效器是專用的乾端效器（例如適於處理乾的晶圓），並且濕式機器人 208 的至少一個端效器是專用的濕端效器（例如適用於處理濕的晶圓）。專用的乾端效器可被用於在超臨界流體腔室 203 和後處理室 204 之間傳送基板。處理設備 200 還包含配置在工廠介面 218 的乾式機器人 216，工廠介面 218 可被耦接到處理設備 200 和複數個基板盒 212 和 214，每個基板盒固持複數個待清洗或乾燥或已被清潔或乾燥的基板。乾式機器人 216 可設以在盒 212 和 214 及濕式清洗腔室 201 與後處理室 204 之間傳送基板。在另一個實施例中，乾式機器人 216 可設以在超臨界流體腔室 203 和後處理室 204 之間傳送基板。處理設備 200 內的處理室可被放置在容納基板移送室 206 的水平平台

上。

【0035】 在替代的實施例中，如第2B圖所圖示，處理設備200A可以是包含幾個基板處理室的線性設備，該基板處理室例如濕式清洗腔室201、溶劑交換腔室202、超臨界流體腔室203、後處理室204及移送室206。例如，處理設備200A可以是向美國加州聖克拉拉應用材料公司（Applied Materials, Santa Clara, CA）取得的Raider[®] GT，然而構思的是，可以適用來自其他製造商的其他處理設備來執行本文所述的實施例。處理設備200A還可以包含膜沉積室（未圖示），例如CVD腔室、ALD腔室及/或PVD腔室。該等腔室可以位在機器人208A的周圍，機器人208A可以被配置在移送室206中。機器人208A包含馬達、底座、臂及設以在該等腔室之間傳送基板的端效器209A和209B。機器人208A可以具有多個臂和多個端效器，以增加處理設備200A的產量。在一個實施例中，具有專用濕端效器209A的機器人208A在上述腔室之間傳送基板。處理設備200A還可以包含可以被耦接到處理設備200的工廠介面218及複數個基板盒212和214，每個基板盒固持複數個待清洗或乾燥或已被清洗或乾燥的基板。具有專用乾端效器209B的機器人208A在盒212和214及濕式清洗腔室201與後處理室204之間傳送基板。在一個實施例中，專用的乾端效器209B可設以在超臨界流體腔室203和後處理室204之間傳送基板。處理設備200A內

的腔室可以被放置在容納基板移送室 206 的水平平台上。

【0036】 在處理設備 200A 的一些配置中，機器人 208A 可以沿著線性軌道 220 行進。腔室可以被依序排列在線性軌道 220 的一側或兩側上。為了進行濕式基板傳送，可以從基板去除過量的液體，例如藉由旋轉基板，同時仍在腔室中，所以在機器人 208A 傳送基板之前只有薄的濕層仍保持在基板表面上。在機器人 208A 上提供兩個或更多個端效器的實施例中，至少一個端效器可以專用於濕式基板傳送，而另一個端效器可以專用於乾燥基板傳送。更多個腔室可以被安裝在可延伸的線性配置中，用於大量生產。

【0037】 在前面的實施例中提及的配置大大地減少了每個腔室的設計複雜性，使得敏感的處理步驟之間的等候時間能夠受到控制，並在具有可調節腔室模組計數的連續生產中最適化產量來平均每個關鍵步驟的處理時間。

【0038】 參照回第 2A 圖，處理設備 200 的清洗和乾燥處理在進行時間可最佳化產量的程序中藉由使用可用的腔室空間和濕式機器人 208 進行。一種可以用於清洗和乾燥上面具有一或更多個膜形成的基板的處理程序包括：乾式機器人 216 從基板盒 212 或 214 取出未清洗的基板並將基板安裝在濕式清洗腔室 201 中，濕式機器人 208 從濕式清洗腔室 201 移出基板並將基板安裝在溶劑交換腔室 202 中，濕式機器人 208 從溶劑交換腔室 202

移出基板並將基板安裝在超臨界流體腔室 203 中，乾式機器人 216 或濕式機器人 208 的專用乾端效器從超臨界流體腔室 203 移出基板並將基板放在後處理室 204 中，以及乾式機器人 216 從後處理室 204 移出基板並將清洗和乾燥過的基板放入其中一個基板盒 212 或 214 中。基板在處理設備 200 中的移動可以最佳化基板清洗和乾燥時間。可以使用其他的程序變化來選擇最佳的基板清洗和乾燥循環時間。

【0039】 在一個實施例中，基板最初可在配置於處理設備（例如處理設備 200）中的預處理室中進行處理，該預處理室例如膜沉積室（未圖示），以在基板上形成一個膜或多個膜，或是該預處理室例如可從基板去除材料的膜蝕刻室。盒 212 和 214 可以將基板輸送到處理設備 200，然後可以藉由機器人將基板放在第一處理室中，該第一處理室例如濕式清洗腔室 201。在這種配置中，機器人從盒 212 和 214 其中一者將基板輸送到第一處理室。然後可以在濕式清洗腔室 201 中使基板曝露於清洗溶液，以去除污染物，例如存在於基板上的材料殘餘物/顆粒或液體。在一個實施例中，該清洗溶液可以包含去離子水、清洗溶劑或上述之組合。

【0040】 接著，可以藉由濕式機器人 208 將基板從濕式清洗腔室 201 傳送到溶劑交換室 202。在溶劑交換腔室 202 中，可以藉由使基板曝露於溶劑來以溶劑置換預先配置的清洗溶液。在一個實施例中，用於置換清洗溶液的溶

劑可以是單一化學品，該化學品可以處於液體或超臨界相，或是處於液體或超臨界相中的一序列各種化學品或化學品之混合物。用於置換的化學品或混合物之狀態和相可以由去離子水、溶劑及化學品或選擇的化學品之混合物之間的相對溶解度、混溶性以及液體置換特性來決定。

【0041】 在一個實施例中，可以使基板曝露於溶劑以置換仍留在基板上的殘餘液體。該溶劑可以以足夠置換基本上所有從先前處理步驟殘留在基板表面上的液體的量被提供到基板的頂表面。溶劑交換可以藉由填充和淨化處理來進行。例如，諸如上述的那些溶劑可以被引入溶劑交換室202，並且溶劑交換室202可被溶劑填充到至少覆蓋基板。在溶劑交換已經進行了一段所需的時間量之後，可以藉由從溶劑交換室202去除一或更多個溶劑來淨化腔室。

【0042】 在一個實施例中，用於溶劑交換的適當溶劑包括丙酮、異丙醇、乙醇、甲醇及其他非極性溶劑。據信，藉由去除水並用溶於超臨界流體的溶劑來交換水，可以在去除過程中由於防止溶劑和超臨界流體之間的相分離而改良隨後的超臨界沖洗和乾燥。

【0043】 在另一個實施例中，用於溶劑交換處理的適當溶劑包括 N-甲基-2-吡咯啉酮、N-甲基甲醯胺、1,3-二甲基-2-咪唑啉酮、二甲基乙醯胺及二甲亞砷。這些極性溶劑（例如有機極性溶劑）置換了水，而且通常理想的是溶劑擁有高介電常數（大於 30）和低的蒸發速率（相對於乙酸正丁酯小於 0.5）。有機極性溶劑通常還可以混溶

於水中，並抑制氧化矽顆粒從矽水反應沉澱出。

【0044】 在一個實施例中，溶劑交換處理包含依序提供複數種溶劑到基板，以置換殘留在基板表面上的殘餘液體。在處理程序的一個實施例中，可以藉由輸送極性溶劑然後輸送非極性溶劑到基板的表面來進行多步驟的溶劑交換處理，以去除殘餘液體。在一個實例中，處理程序包括提供第一溶劑然後提供第二溶劑，該第一溶劑包含極性溶劑，該極性溶劑設以從基板置換去離子水，該第二溶劑包含非極性溶劑，例如約 90% 或更多的液體異丙醇（IPA），液體異丙醇可以在溶劑交換室 202 中在室溫下被用來置換基板上的極性溶劑。使用極性溶劑可以有效地幫助去除任何殘留的顆粒，這在提供非極性溶劑（例如異丙醇）到基板表面之前是重要的。據信使用極性和隨後的非極性溶劑能夠更有效地從基板去除殘留液體和任何殘留顆粒或類似的污染物。

【0045】 然而，由於大多數極性溶劑的結構，在極性溶劑取代了清洗流體（即水溶液）之後，極性溶劑（例如在超臨界二氧化碳中具有低溶解度的有機極性溶劑）需要被非極性溶劑置換，以確保極性溶劑可以在隨後的處理步驟中輕易地被從基板的表面去除。在非極性溶劑（例如 IPA）已取代有機極性溶劑之後，可以進行後續使用超臨界流體（例如超臨界 CO_2 ）置換非極性溶劑。在較佳的實施例中，該有機極性溶劑包含 N-甲基-2-吡咯啉酮或 N-甲基甲醯胺或上述之組合。因此，在一個實例中，該溶劑交換

處理可以包含使用有機極性溶劑置換清洗溶液，然後使用非極性有機溶劑置換有機極性溶劑。

【0046】 接著，可以進行相變處理，以使基板準備好進行隨後的超臨界清洗和乾燥處理。相變處理可以以兩種方式之其中一種方式或上述方式的組合進行。在一個實施例中，在使用溶劑（例如非極性溶劑）置換基板表面上的殘留材料已經進行之後，可以使用超臨界流體（例如純的超臨界 CO_2 或 C_3H_8 ）直接置換溶劑。在此實施例中，純的超臨界流體可以被提供到超臨界流體室 203。因此，可以調整超臨界流體腔室 203 中保持的溫度和壓力，以將流體保持在超臨界狀態下。在另一個實施例中，假使用於上述置換處理的化學品或化學混合物是液體（例如液體二氧化碳）而且可以被轉變成超臨界相，則可以使用相變處理來將化學品或化學混合物轉變成超臨界流體。例如，在約 5°C 至 8°C 和約 50 巴下有 90% 或更多的液體 IPA 可以被液體二氧化碳置換。在一個實施例中，上述約 5°C 至 8°C 和約 50 巴的液體 CO_2 可以在超臨界流體室 203 中被加熱到約 40°C 及約 95 巴的壓力。形成超臨界相的結果是，由於液-氣和液-固表面張力之間的差異所造成的毛細壓力被消除了。毛細壓力的消除防止了清潔表面的彎曲和相互作用，這可以降低黏附發生在高深寬比特徵中的可能性。

【0047】 在一個實施例中，包含如前所述相同類型的化學品或化學混合物的超臨界流體可以被形成並引入超臨

界流體腔室 203，以在超臨界沖洗處理中清洗和沖洗掉殘留在基板表面上的顆粒和殘餘物。在一個實施例中，可以使用 CO_2 來形成超臨界流體。也可以在超臨界流體腔室 203 的外部形成超臨界 CO_2 ，然後將超臨界 CO_2 引入超臨界流體腔室 203。在一個實施例中，可以在超臨界流體腔室 203 的外部形成位在超臨界點之上的點（例如約 40°C 和約 95 巴）的超臨界 CO_2 ，然後再將超臨界 CO_2 引入超臨界流體腔室 203。

【0048】 在另一個實施例中，可以將液體 CO_2 提供到腔室，並於隨後藉由提高腔室中的溫度和壓力而將液體 CO_2 轉化成超臨界 CO_2 。在此實施例中，液體 CO_2 以第一速率被提供到超臨界流體腔室 203，其中該第一速率設以避免干擾存在於基板表面上的溶劑。在已經將所需量的液體 CO_2 提供到超臨界流體腔室 203 之後，將更多的液體 CO_2 以高於該第一速率的第二速率提供到超臨界流體腔室 203，直到超臨界流體腔室 203 已經大致上充滿了液體 CO_2 。該第二速率設以形成紊流，以促進基板上的溶劑和液體 CO_2 之間的相互作用。據信，致使液體 CO_2 與溶劑材料產生相互作用（對比超臨界 CO_2 流體）極大地改良了從基板表面置換和去除溶劑材料的處理。可以使用各種的設備（例如噴頭或在腔室壁中成一定角度的通道）來與以第二速率增加的流量組合，以增強紊流及液體 CO_2 與位在超臨界流體腔室 203 內的基板表面的相互作用。

【0049】在兩個實施例中，超臨界 CO_2 表現出介於氣體和液體之間的中間性質，並且由於具有像氣體的運輸行為，超臨界 CO_2 具有良好地穿透複雜奈米幾何形狀的能力，這在顆粒和殘餘物去除上會是有用的，因為超臨界 CO_2 的優異質傳能力通常與流動的液體相關聯。在一個實施例中，該超臨界沖洗處理可以進行約 30 秒至約 60 秒。

【0050】超臨界沖洗處理可以以幾種不同的方式實現。在一個實施例中，可以將超臨界流體引入腔室 203 中基板上的空間，並允許超臨界流體停滯。在一個實施例中，在基板表面上方的純超臨界 CO_2 在基板上方的空間和基板表面之間形成了濃度梯度，其中基板上方的空間中存在純的超臨界 CO_2 ，並且基板表面上可能存在溶劑、殘餘物及顆粒。據信，由於流體傾向於存在熱力學平衡中，故溶劑、殘餘物及顆粒會藉由擴散而被從基板表面上的高深寬比特徵拉引到基板上方的 CO_2 空間中。

【0051】在另一個實施例中，可以藉由使超臨界流體機械式地流過腔室 203 來進行超臨界沖洗。可以輸送足以流遍整個基板表面的超臨界流體，以使流動的超臨界流體滲透基板表面上的高深寬比特徵，並沖洗掉可能存在於高深寬比特徵中的溶劑、殘餘物和顆粒。在一些實施例中，機械式的流動也可以與腔室 203 中存在的週期性停滯流體（例如 CO_2 ）協同工作，以改良沖洗處理。在這個實施例中，序列的週期性機械流動穿過基板表面，然後可以使

用流動停滯的期間來改良超臨界沖洗處理，並減少可能需要被回收或排放的超臨界流體（例如超臨界 CO_2 ）之量。

【0052】 接著，基板可以接受超臨界乾燥處理。可以藉由調整腔室 203 內的溫度和壓力來控制這個處理，以確保化學品或化學混合物從超臨界相轉移到氣態而不進入液態。第 6 圖繪示在相對溫度和壓力下可能的 CO_2 相。該處理確保超臨界流體（虛線之外的區域）變化到氣態而不變成液態，例如藉由跨過分離液相和氣相的線，如第 6 圖所圖示。由於超臨界流體的特性，在超臨界乾燥處理過程中從高深寬比的溝槽排出的流體可以表現出可忽略的表面張力，從而導致線黏附減少或消除。在一個實施例中，在約 40°C 和約 95 巴的超臨界 CO_2 在約 40°C 下進行等溫減壓，直到壓力下降到約 21 巴。在一個實施例中，仍留在超臨界流體腔室 203 中的氣體可以從腔室被排到排放區。

【0053】 然後可以由機器人 208 將基板從超臨界流體腔室 203 傳送到後處理室 204。可以藉由使基板曝露於用於最終處理的低功率電漿而在後處理室 204 中進行基板的後處理，以完成乾燥黏附去除處理。後處理可以去除任何崩塌溝槽的黏附及/或鈍化基板的表面。在一個實施例中，可以藉由使腔室中的氣體曝露於約 75 W 的 RF 能量而將氧氣（ O_2 ）或鹵素氣體電漿施加於基板，以在基板表面上形成電漿持續約 10 秒。在另一個實施例中，在後處理室 204 中形成的 RF 電漿可以包含氟碳化合物，

例如 C_2F_6 或 CF_4 。基板的後處理可以釋放由局部雜質造成的輕微或暫時黏附（若有的話），該局部雜質係由先前的清洗處理中使用的化學品或化學混合物所產生的。後處理可以進一步釋放由清洗過的元件特徵表面之間的原子相互作用所導致的輕微或暫時黏附，該原子相互作用例如原子軌道重疊、凡得瓦力或處於高能量狀態的相鄰元件特徵中存在的懸鍵彼此鍵結以實現更穩定的較低能量狀態。

【0054】 後處理若在超臨界乾燥處理之後立即實施可以是最有效的，因為如上所述的雜質或原子相互作用還沒有來得及「固定」或變成更固定性的。超臨界乾燥步驟之後立即實施後處理甚至可以在原子轉移或共用電子而鍵結成穩定的較低能量狀態之前防止清潔表面的原子相互作用，例如防止懸鍵重新排列成較低的能量狀態。在另一個實施例中，殘留在基板上的任何有機污染物可以曝露於偏壓電漿而被去除。

【0055】 第 3A 圖圖示依據一個實施例的基板處理程序。處理設備 300 包含多個腔室，例如類似於先前結合第 2A 圖至第 2B 圖所描述的濕式清洗腔室 301、溶劑交換腔室 302、超臨界流體腔室 303 及電漿處理室 304。基板處理程序通過處理設備 300 進行，如隨後參照第 8 圖的方法所描述的。第 3 圖的處理設備可以進一步包含配置在工廠介面 310 中的乾式機器人 316。乾式機器人 316 可以類似於配置在處理設備 300 的移送室 306 中的

濕式機器人 308。乾式機器人 316 可設以傳送基板到盒及從盒傳送基板到處理設備 300。在一個實施例中，乾式機器人 316 可設以從盒 312 傳送基板通過工廠介面 310 並到達濕式清洗腔室 301。乾式機器人 316 的端效器可以從盒中取出未清洗的基板，並將未清洗的基板傳送到濕式清洗腔室 301，其中乾式機器人 316 可以將未清洗的基板輸送到濕式清洗腔室 301 的內部體積。乾式機器人 316 還可設以從超臨界流體腔室 303 傳送基板到電漿處理室 304，並從電漿處理室 304 傳送基板通過工廠介面 310 到達一或更多個盒 312。乾式機器人 316 的端效器可以從電漿處理室 304 的內部體積取出清潔的基板，並將清潔的基板輸送到盒 312。應當認可的是，處理設備 300 中可以有多種的腔室安排，同時該等腔室安排仍可實現本發明。

【0056】 第 3B 圖圖示依據另一個實施例的基板處理流程。處理設備可以類似於第 3A 圖的處理設備。在一個實施例中，濕式機器人 308 可以包含複數個配置在移送室 306 中的端效器 320A、320B 及 322，該等端效器可以在各種的處理室之間傳送基板。

【0057】 在一個實施例中，端效器 320A 和 320B 可以專用於濕式處理傳送步驟。例如，基板可以在濕室清洗腔室 301 或溶劑交換腔室 302 中進行處理，並且液體薄膜可以留在基板的表面上，以在傳送過程中保護基板的表面，並保持基板免於變乾，從而減少一個基板與另一個基

板的等候時間上的任何變化。濕式處理端效器 320A 和 320B 可以分別專用於僅在兩個腔室之間傳送基板，以防止在後續的處理步驟過程中污染基板。濕式處理端效器 320A 可以將基板從濕式清洗腔室 301 傳送到溶劑交換腔室 302。濕式處理端效器 320A 在濕式清洗腔室 301 和溶劑交換腔室 302 之間的路徑行進，其中濕式處理端效器 320A 可以從濕式清洗腔室 301 取出基板，濕式處理端效器 320A 將基板插入溶劑交換腔室 302。濕式處理端效器 320A 可以沿著相同的路徑返回，並為每個已在濕式清洗腔室 301 中進行過處理的新基板重複該處理。

【0058】 在一個實施例中，濕式處理端效器 320B 類似於濕式處理端效器 320A。然而，濕式處理端效器 320B 可以將基板從溶劑交換腔室 302 傳送到超臨界流體腔室 303。濕式處理端效器 320B 可以在溶劑交換腔室 302 與超臨界流體腔室 303 之間的路徑行進。在操作過程中，濕式處理端效器 320B 可以從溶劑交換腔室 302 取出基板、將基板傳送到超臨界流體腔室 303 以及將基板插入超臨界流體腔室 303 中。在一個配置中，濕式處理端效器 320B 可以沿著相同的路徑返回，並為每個已在溶劑交換腔室 302 中進行過處理的新基板重複該處理。

【0059】 在另一個實施例中，濕式機器人進一步包含乾式處理端效器 322。乾式處理端效器 322 可以專用於超臨界流體腔室 303 和電漿腔室 304 之間的基板傳送。乾

式處理端效器 322 可以在超臨界流體腔室 303 和電漿腔室 304 之間的路徑行進。在操作過程中，乾式處理端效器 322 可以從超臨界流體腔室 303 取出基板，並將基板傳送到電漿腔室 304，其中乾式處理端效器 322 將基板插入電漿腔室 304。在一個配置中，乾式處理端效器 322 可以沿著相同的路徑返回，並為每個已在超臨界流體腔室 303 中進行過處理的新基板重複該處理。

【0060】 第 4A 圖圖示依據一個實施例的濕式處理室之剖面視圖。構思的是，第 4A 圖中繪示的濕式處理室可被用作濕式清洗腔室 201 及/或作為溶劑交換腔室 202。在一個實施例中，濕式處理室 400 可以是單一基板處理室。在一個實施例中，基板 406 的底側(基板底表面 414)可以被曝露於清洗、沖洗及乾燥溶液 412，而基板 406 的頂側(基板頂表面 416)可以不曝露於任何溶液。基板底表面 414(基板底表面 414 可以是基板的非元件側)可以面向下而被曝露於溶液 412。在另一個實施例中，基板頂表面 416 和基板底表面 414 可以皆被曝露於一或多種清洗或溶劑交換溶液。

【0061】 在一個實施例中，腔室 400 包括可旋轉的基板固持托架 (bracket) 448，托架 448 沿著旋轉裝置 449 的軸平移。旋轉裝置 449 可以進一步被耦接到電子馬達(未圖示)，該電子馬達可以旋轉托架 448。腔室 400 還包括進出門(未圖示)，固持基板 406 的機械臂(未圖示)可以通過該進出門進入而將基板放在托架 448 中。

在一個實施例中，當被放在托架 448 中時，基板 406 可以靜置在托架 448 中包括的支撐夾 410 和垂直支柱上。托架 448 連同支柱可以將基板升高或降低到理想的位置。

【0062】 在一個實施例中，托架 448 可以在清洗週期期間、在從下方分配溶液的同時旋轉基板 406。在另一個實施例中，托架 448 可以在處理週期（例如清洗週期）期間、在溶液 412 被從另一個噴嘴分配到基板 406 的頂部及/或底表面上的同時旋轉基板 406。在另一個實施例中，托架 448 可以在清洗過程中、在水平平面上旋轉基板 406。

【0063】 在一個實施例中，腔室 400 還包括連接到通孔（進料口）442 的管 428。在清洗週期期間，可以從清洗化學品來源 428A 導引清洗流體或化學品通過管 428。基板 406 旋轉（自旋）的結果是，溶液 412 可以被施加到基板底表面 414。位於基板 406 上方的噴嘴可以從流體源 416A 將溶液分配到基板 406 的頂表面 416。在基板 406 以高速旋轉時，存在於基板 406 上需要被清洗掉的殘餘物及/或液體被去除了。

【0064】 在另一個實施例中，腔室 400 進一步包括過濾器 411，例如高效率微粒捕捉（High Efficiency Particulate Arresting, HEPA）過濾器或超低滲透空氣（Ultra Low Penetration Air, ULPA）過濾器。來自過濾器 411 的空氣向下流動 423 和重力可以作用來

將基板 406 保持定位於垂直支柱。

【0065】 在另一個實施例中，腔室 400 還可以包括其他的噴嘴(未圖示)，以允許溶液被輸送到基板頂表面 416。因此，第一組溶液可以被傳送到基板底表面 414，同時來自不同來源(第二組溶液)的溶液可以被傳送到基板頂表面 416。可以被施加到基板的任一表面的溶液可以包括水或其他的清洗溶液，該清洗溶液例如溶劑，該溶劑可以包含丙酮、異丙醇、乙醇、甲醇，而且該溶液可以進一步包含有機極性溶劑，該有機極性溶劑例如甲酸、N-甲基-2-吡咯啉酮、N-甲基甲醯胺、1,3-二甲基-2-咪唑啉酮、二甲基乙醯胺及二甲亞砷或上述之序列、組合及混合物。也可以在各種實施例中使用其他包含三個或更少個碳原子的溶劑。所用的溶劑可以是可混溶於 CO_2 中的及/或在至少被液體 CO_2 或超臨界 CO_2 接觸時可以被溶合的。

【0066】 在另一個實施例中，腔室可被用於在每個濕式清洗週期之後旋轉乾燥基板 406。例如，在濕式清洗週期之後，旋轉裝置 449 繼續轉動托架 448，從而旋轉基板 406。基板 406 的旋轉去除了用於清洗基板 406 的液體(或試劑)。在另一個實施例中，濕式處理室 400 可被用作溶劑交換腔室，該溶劑交換腔室可以經由管 428 引入溶劑，該溶劑例如有機極性溶劑及/或非極性溶劑，以促進陷於形成在基板 406 上的特徵中的清洗流體內的溶劑交換。

【0067】第4B圖為依據本文所述的某些實施例的溶劑過濾系統450之示意圖。例如，在溶劑交換處理的過程中，溶劑過濾系統450可被用於與濕式處理室400組合。溶劑過濾系統450包含流體源460、流體排洩口461、第一槽462、第二槽464、第一幫浦466、第一過濾器468、第二幫浦467及第二過濾器469。過濾系統450可以包括第一再循環路徑470、第二再循環路徑472及第三再循環路徑474，該等路徑圖示出通過溶劑過濾系統450的各種流體流動路徑。雖然圖示為沿著第二再循環路徑472被耦接在第一槽462和第二槽464之間，但可以構思的是，濕式處理室400（第4A圖）可在各種其他位置被耦接到系統450。

【0068】系統450內的流體分別從第一槽462或第二槽464任一者流過第一幫浦466和第一過濾器468而到達第二槽464或第一槽462。例如，存在腔室400中的流體沿著路徑475B流過第一閥483並通過第二再循環路徑472到達第二槽464。在第二槽464中的流體沿著路徑471A經由第一再循環路徑470流過第二閥481。沿著第一再循環路徑470流動的流體流過第一幫浦466和第一過濾器468並沿著路徑471B通過第三閥482到達第一槽462。然後流體從第一槽462經由第三再循環路徑474流過第二幫浦467和第二過濾器469到達第四閥489。第四閥489可以沿著路徑477A將流體導引到第二槽464或沿著路徑473B將流體導引到第二閥481。

可以使流體沿著第一再循環路徑 470 和選擇性結合第二槽 464 的第三再循環路徑 474 再循環，直到流體內的污染物計數已經達到理想的水平。當需要時，流體可以沿著第一再循環路徑 470 通過第一幫浦 466 和第一過濾器 468、沿著路徑 473 C 通過第三閥 482 到達第一閥 483、沿著路徑 475 A 到達腔室 400 而被輸送到腔室 400。若有需要，流體可以沿著路徑 473 C 流過第一閥 483 而繞過腔室 400 並返回到第二槽 464。

【0069】 因此，系統 450 中使用的流體在濕式處理室 400 中被再次利用之前被再循環了至少兩次或更多次。第二槽 464 通常將接收污染的流體，而第一槽永遠只含有已被過濾至少一次的流體。據信，當與通常在從流體去除污染物中表現出指數性衰減的單一槽、幫浦及過濾系統相比時，利用具有多個再循環路徑（結合多個槽、幫浦及過濾器）的系統 450 提供了在流體內基本上線性的污染物衰減。若有需要，可以從來源 460 提供新的流體到系統 450，或者可以藉由流體排洩口 461 從系統 450 移除流體。

【0070】 在一些配置中，可以在系統 450 中所含的流體上進行流體「清洗」處理。在一個實例中，第二槽 464 中的流體可以被「清洗」，例如藉由沿著路徑 471 A 和 471 B 傳送第二槽 464 的內容物到第一槽 462、然後遵循路徑 473 B 和 473 C 返回到第二槽 464 而使第二槽 464 的流體中所含的顆粒濃度降低。在這個處理中，輸送自第二槽

4 6 4 的流體在到達第一槽 4 6 2 之前通過過濾器 4 6 8 時被過濾一次，然後在被輸送回到第二槽 4 6 4 之前被第二次傳送通過過濾器 4 6 8 時被過濾第二次（例如選擇性的幫浦 4 6 7 和過濾器 4 6 9 不存在於系統 4 5 0 中）。將注意到的是，可以完成這個處理程序一或更多次，直到流體中達到所需的顆粒濃度。在溶劑過濾系統 4 5 0 中使用過濾器 4 6 9 的配置中，假使原始流體遵循路徑 4 7 1 A 和 4 7 1 B 被從第二槽 4 6 4 輸送到第一槽 4 6 2，則在處理程序中流體可以被過濾 3 次，其中當流體通過過濾器 4 6 8 時被過濾一次，然後當過濾後的流體在遵循路徑 4 7 3 B 和 4 7 3 C 回到第二槽 4 6 4 的途中分別通過過濾器 4 6 9 和 4 6 8 時，流體被過濾第二和第三次。或者，在一些配置中，假使原始的流體遵循路徑 4 7 1 A 和 4 7 1 B 被從第二槽 4 6 4 輸送到第一槽 4 6 2 時被過濾一次、然後遵循路徑 4 7 7 A 通過過濾器 4 6 9 到達第二槽 4 6 4 時被過濾第二次，則流體可以被過濾兩次。在進行了清洗處理之後，可以使用路徑 4 7 5 A 將「清洗過的」流體輸送到處理室 4 0 0，如上文所討論。

【0 0 7 1】第 5 A 圖圖示依據一個實施例的超臨界流體腔室 5 0 0 之剖面示意圖。超臨界流體腔室 5 0 0 中的氣體可以是在某些適當的條件下（例如壓力和溫度）能夠轉變成超臨界狀態以成為超臨界流體的物質。超臨界流體腔室 5 0 0 中使用的超臨界流體可以是擁有類似液體的溶合性質和類似氣體的擴散和黏度的物質，從而使超臨界流體能夠快速地滲透進入空隙、氣孔、間隙、裂縫或開口，並徹

底清除或溶解任何的液體、殘餘物或污染物。這樣的氣體的一個實例是二氧化碳（ CO_2 ）。這樣的氣體的另一個實例是 C_3H_8 。雖然可以使用其他市售可得的氣體來形成超臨界流體，但由於 CO_2 的惰性、無毒、不可燃的特性和 CO_2 在自然界中的豐富性， CO_2 是最常被使用的。將 CO_2 轉化成超臨界流體 CO_2 的適當條件包括約 1200 psi（磅/平方英吋）或更大的壓力及約 31 °C 或更高的溫度，如第 6 圖的 CO_2 相變圖所圖示。將 C_3H_8 轉化成超臨界流體 C_3H_8 的適當條件包括約 620 psi（磅/平方英吋）或更大的壓力及約 100 °C 或更高的溫度。

【0072】超臨界流體腔室 500 可設以使超臨界流體曝露於位在超臨界流體腔室 500 的處理空間 505 內的基板 W。可以在超臨界流體腔室 500 中形成超臨界流體，或者可以在超臨界流體室 500 的外部形成超臨界流體，並將超臨界流體輸送進入超臨界流體腔室 500。在一個配置中，腔室 500 可以位在移送室 206 上並耦接至移送室 206。腔室 500 包含腔室主體 501，腔室主體 501 界定處理空間 505。腔室 500 可以由不銹鋼或其他適當的結構材料所製成，該適當的結構材料使腔室 500 能夠承受足以將氣體保持在氣體超臨界狀態的操作溫度和壓力。在一個實施例中，腔室主體 501 上鄰接並界定處理空間 505 的表面 504 可以被電化學拋光，以形成具有低表面粗糙度（例如光滑表面）的表面。在另一個實施例中，表面 504 可以塗覆有一種材料，例如 Teflon[®] 塗層或鉻。

【0073】 基板支座 510 可被配置在處理空間 505 中並耦接到腔室主體 501。基板支座 510 進一步包含設以接收基板 W（例如半導體基板 W）的支撐表面 510A。支撐表面 510A 還可設以在基板 W 被放在支撐表面 510A 上之後主動地限制基板 W。例如，基板支座 510 可以利用靜電或真空吸盤、邊緣環或定位銷等來防止基板 W 在處理過程中在支撐表面 510A 上移動。在另一個實施例中，基板支座 510 可以包含複數個支撐銷（未圖示）。在一個實施例中，基板支座 510 可設以在處理過程中轉動半導體基板 W。

【0074】 在一個實施例中，處理空間 505 包含小的空間，以減少填滿外殼所需的超臨界流體量。腔室 500 進一步包含流量閥門 502，流量閥門 502 包含耦接到流量閥門 502 的一或更多個 O 形環 540。O 形環 540 可以由彈性材料所形成，該彈性材料例如橡膠或矽氧烷。流量閥開口 503 為位在移送室 206 中的濕式機器人 208 提供進出口，以沿著基板傳送路徑 545 傳送基板，並從處理空間 505 接收基板。

【0075】 據信，在溶劑交換腔室 202 中進行處理之後添加更多的溶劑到基板 W 將可在超臨界沖洗和乾燥處理過程中防止「乾燥點」形成，並進一步促進顆粒去除及減少特徵之間的黏附。溶劑分配設備 592 可以被設置在靠近流量閥開口 503。溶劑分配設備 592（例如噴霧棒）設以在基板 W 經由流量閥開口 503 進入腔室 500 之前

輸送液體到基板 W。溶劑分配設備 592 可被耦接至腔室主體 501 或移送室 206。溶劑源 590 被耦接到溶劑分配設備 592，並設以經由溶劑分配設備 592 提供液體溶劑，例如異丙醇，以便將該液體溶劑輸送到基板 W 的頂表面。溶劑分配設備 592 設以輸送少量的溶劑到基板 W，使得一層溶劑完全覆蓋基板 W 的頂表面。在另一個實施例中，構思的是，在基板 W 位在腔室 500 的內部之後，可以提供另外的溶劑到基板 W。

【0076】腔室 500 可以進一步包含一或更多個加熱元件 550，加熱元件 550 設以在形成超臨界二氧化碳的過程中及/或在腔室 500 減壓的過程中加熱腔室 500。加熱元件 550 可以被設置在靠近腔室主體 501 的處理空間 505 或處理空間 505 內。加熱元件 550 可以包含電阻加熱元件、設以接收熱控制流體的流體通道及/或其他類似的加熱裝置。加熱元件 550 可以在處理空間 505 中將流體或氣體加熱到所需的溫度。在另一個實施例中，腔室 500 可以包括一或更多個聲換能器 552，例如壓電換能器（例如超音波結晶），聲換能器 552 被耦接到腔室主體 501 在處理空間 505 中的表面 504 或嵌入腔室主體 501 內，以產生用於清洗腔室 500 的聲波。在另一個實施例中，換能器 552 可以被設置在腔室主體 501 外部並被定位，以將聲能導引至腔室主體 501 的處理空間 505。換能器 552 可以被耦接到電源 554，電源 554 適以提供足以進行超音波清洗處理的電力。換能器 552 還可以將

波導向基板 W，以在超臨界流體處理過程中攪拌腔室 500 內的超臨界流體。

【0077】 超臨界流體輸送系統 520 包含耦接到流體源 555 的第一流體輸送管線 524 及形成在腔室 500 中的第一流體入口 512，流體源 555 例如 CO_2 供應或 C_3H_8 供應。幫浦 522 可被耦接到第一流體入口 512 和流體源 555 之間的第一流體輸送管線 524，用於從流體源 555 輸送加壓流體進入腔室 500 的處理空間 505。此外，入口閥門 523 可以被設置在幫浦 522 和第一流體入口 512 之間的第一流體輸送管線 524 上，以控制超臨界流體到處理空間 505 的流量。

【0078】 第 5E 圖示意性圖示依據本文所述的另一個實施例的超臨界流體輸送系統 520。超臨界流體輸送系統 520 包含流體源 555、幫浦 522、加熱元件 531、過濾器 530 及冷凝器 535。流體輸送系統 520 過濾處在超臨界狀態的流體，但隨後將該流體以液體輸送至腔室 500。例如，一定量的流體（例如液體 CO_2 ）被從流體源 555 提供至幫浦 522，幫浦 522 可以加壓該流體。然後該流體被加熱元件 531 加熱，以將該液體轉變成該液體的超臨界狀態。然後超臨界流體通過過濾器，該過濾器可以是高壓氣體過濾器，以純化超臨界流體。據信，相對於使用液體過濾器，使用氣體過濾器可以實現遠較高的過濾效率。然後超臨界流體被冷凝器 535 冷凝，而使超臨界流體返回液體，然後該液體被提供到腔室 500。在下面更詳細

描述的某些實施例中，冷凝器 535 可以是可選擇的，以允許處在超臨界狀態的超臨界流體被直接提供到腔室。

【0079】 參照回第 5A 圖，腔室 500 可以進一步包含選擇性的迴路 519，用以將流體再循環進出腔室 500。迴路 519 可以進一步包括過濾器（未圖示），例如活性炭過濾器，以純化流體。迴路 519 有助於在處理空間 505 內產生超臨界流體的流動，例如層流，以幫助防止超臨界流體浴的停滯。

【0080】 流體出口 513 可被耦接到腔室 500，用以從處理空間 505 移除超臨界流體。流體出口 513 可以將超臨界流體釋放到大氣、可以將用過的超臨界流體導引到排放裝置 527A 和儲槽或者可以回收超臨界流體進行再利用（迴路 519）。如圖示，流體出口 513 可以藉由流體返回管線 525 和幫浦返回管線 526 被耦接到幫浦 522。排放閥 528 耦接流體返回管線 525 和幫浦返回管線 526。排放閥 528 將流體返回管線 525 中的超臨界流體或氣體導引到排放裝置 527（或儲槽）或幫浦 522，以回收超臨界流體進行再利用。選擇性地，可以將冷凝器（未圖示）耦接於流體出口 513 和流體源 555 之間，以在流體被導引到流體源 555 之前冷凝流體中的污染物。

【0081】 第一流體入口 512 和流體出口 513 可以被設置通過腔室主體 501 的底壁。然而，構思的是，第一流體入口 512 和流體出口 513 可以被設置在其他區域通過腔室主體 501 的牆壁，例如通過腔室主體 501 的頂壁。

第一流體入口 512 可適以接收氣體，例如 CO_2 。在某些實施例中，第一流體入口 512 可被耦接到噴嘴、噴頭或其他的流體輸送裝置，以將流體導向基板。

【0082】 在某些實施例中，腔室 500 可以包含淨化氣源 560。淨化氣源 560 可以經由第二流體輸送管線 564 被耦接到第二流體入口 562。淨化氣源 560 可適以提供淨化氣體到處理空間 505，該淨化氣體例如純氮氣(N_2)、氬氣(Ar)、氦氣(He)或其他高純度氣體。腔室 500 可以進一步包含適以加壓腔室 500 之處理空間 505 的加壓設備 570，例如壓縮機。加壓設備 570 可以經由壓力閥 572 被耦接到腔室。在一個實施例中，加壓設備 570 可以在氣體被提供到處理空間 505 之後加壓氣體，例如淨化氣體。在另一個實施例中，加壓設備 570 可被耦接到淨化氣源 560，並且可適以在淨化氣體被輸送到腔室 500 之前加壓淨化氣體。在操作中，加壓設備 570 可以在超臨界流體被引入處理空間 505 之前在腔室 500 中將淨化氣體加壓至約 1100 psi 和約 2000 psi 之間。

【0083】 腔室 500 可以進一步包含清洗流體源 580。清洗流體源 580 可適以提供一或多種清洗液或該等清洗液之混合物到腔室 500。雖然圖示為被耦接到第二流體輸送管線 564，但清洗流體源 580 可以在任何方便的位置被耦接到腔室 500，以減少任何相關管道的複雜性。在一個實施例中，由清洗流體源 580 供應的流體包含水或 N-甲基甲醯胺。在另一個實施例中，由清洗流體源

580 供應的流體包含丙酮 ($(\text{CH}_3)_2\text{CO}$)。

【0084】 可以藉由提供清洗流體到腔室 500 並啟動換能器 552 來超音波攪拌腔室表面 504、其他腔室組件及處理空間 505 內的流體，而在腔室 500 上進行原位清洗處理，該清洗流體例如水或 N-甲基甲醯胺。清洗流體可以以具有紊流的液體形式提供，該紊流設以接觸所有的腔室表面 504 和腔室 500 的組件。例如，第二流體入口 562 可以成某一角度或設以提供腔室 500 內的紊流。超音波攪拌之後，可以使用溶劑（例如丙酮）沖洗腔室 500，以置換超音波攪拌過程中使用的水或 N-甲基甲醯胺。最後，可以從淨化氣源 560 提供淨化氣體（例如 N_2 ）到腔室，以進一步乾燥腔室 500 內部體積。當腔室 500 被充分乾燥時，可以從腔室 500 排放 N_2 。在 N_2 淨化過程中或之後，還可以藉由加熱元件 550 提供熱到腔室 500，以進一步幫助乾燥腔室 500。在某些實施例中，可以在大氣壓力下進行原位清洗處理。可以視需要進行原位清洗處理，以確保腔室 500 的最佳性能。

【0085】 以上的實施例描述了一種提供超臨界流體的超臨界流體腔室，可以在供應非超臨界流體到腔室 500 之後在處理空間 505 內部形成該超臨界流體。在已經處在超臨界相的超臨界流體被輸送到腔室 500 的實施例中，超臨界流體輸送系統可以進一步包含相變設備 521。相變設備 521 可以被設置在幫浦 522 和第一流體入口 512 之間的第一流體輸送管線 524 上。過濾器 530 可以被設

置在第一流體入口 512 和相變設備 521 之間的第一流體輸送管線 524 上。過濾器 530 可以是能夠在約 3000 psi 或以下的壓力下操作的，以在超臨界流體進入腔室 500 之前過濾該超臨界流體，並去除可能存在超臨界流體中的雜質。過濾器 530 可以包括具有約 3 奈米 (nm) 孔徑的過濾介質，並且可以由氧化鋁 (Al_2O_3) 材料形成。

【0086】 相變設備 521 包含處理區 533、壓縮裝置 532 及加熱元件 531。在一個實施例中，幫浦 522 從流體源 555 供應 CO_2 氣體到相變設備 521 的處理區 533。 CO_2 氣體可以藉由壓縮裝置 532 加壓及/或藉由加熱元件 531 加熱到預定的水平，以在處理區 533 中形成超臨界流體。在一個實施例中，可以將 CO_2 加熱到約 40°C 並加壓到約 95 巴。在另一個實施例中，可以將 C_3H_8 加熱到約 100°C 並加壓到約 620 psi (43 巴)。然後可以將所產生的超臨界 CO_2 或 C_3H_8 輸送通過第一流體輸送管線 524 並通過第一流體入口 512 到達腔室 500。

【0087】 當腔室 500 中的基板 W 已經被用超臨界 CO_2 處理過後，腔室中發生減壓處理。在一個實施例中，在殘留在腔室 500 中的氣體被從腔室 500 排出之前，腔室 500 的等溫減壓需要將腔室 500 保持在所需的溫度，例如約 40°C ，同時將壓力降低到所需的壓力，例如約 21 巴。在一個實例中，減壓處理以約 200 psi/分鐘的速率進行，直到腔室內的壓力為約 400 psi。當壓力為約 400 psi 時，可以使用更大的減壓速率來進一步將腔室 500

減壓。受控制的減壓處理係在等溫環境中進行，該等溫環境需要來自加熱元件 550 的能量輸入，以在腔室的減壓過程中保持所需的溫度。腔室 500 的壓力係藉由通過流體出口 513 釋放超臨界流體及/或氣體到達排放裝置 527 或形成在幫浦 522 內的槽（未圖示）而減低。從腔室 500 移出到排放裝置 527A 的氣體行進通過流體返回管線 525 而到排放閥 528，可以將排放閥 528 選擇到排放裝置 527A 或通過幫浦返回管線 526 使氣體返回到幫浦 522。可以在排放過程中選擇性地加熱基板 W，以防止基板冷卻，並防止水分吸收或沉積。

【0088】 第 5B 圖示依據一個實施例的第 5A 圖超臨界流體腔室 500 之示意性側視圖。流量閥門 502 可被耦接到軸 542，軸 542 可被耦接到線性致動器 541。在一個實施例中，兩個軸 542 可以被耦接到流量閥門 502，第一軸可被耦接到線性致動器 541，而第二軸可被耦接到線性軸承 543。線性致動器可以包含可被耦接到流體源（未圖示）的馬達或氣缸，該流體源例如液源或氣源，以伸出和縮回軸 542 來定位流量閥門 502，進而密封和打開流量閥開口 503。當線性致動器 541 將軸 542 縮回並對著腔室主體 501 的側壁壓縮耦接到流量閥門 502 的 O 形環（未圖示）時，流量閥門 502 可以被關閉。在一個實施例中，流量閥門 502 使用足夠的力對著腔室主體 501 的側壁壓縮 O 形環，以形成氣密的密封，進而承受處理過程中超臨界流體腔室 500 內部產生的壓力。

【0089】第5C圖圖示第5A圖的超臨界流體腔室500之局部剖視圖。與腔室500類似，包含一或更多個O形環540的流量閥門502可以沿著基板傳送路徑打開和關閉流量閥503。然而，在圖示的實施例中，流量閥門502可以被設置在處理空間505的外部，而且可以接觸腔室主體501的外表面。當流量閥門502被設置在處理空間505的外部時，處理空間505的容積可以被減小。處理空間505的減小可以對溫度和壓力提供更好的控制，並減少將處理空間505保持在超臨界處理所需的條件下需要的能量之量。

【0090】第5D圖示依據一個實施例的第5C圖超臨界流體腔室500之示意性側視圖。流量閥門502可被耦接到軸542，軸542可被耦接到線性致動器541。在一個實施例中，兩個軸542可以被耦接到流量閥門502，第一軸可被耦接到線性致動器541，而第二軸可被耦接到線性軸承543。線性致動器可以包含可被耦接到流體源（未圖示）的馬達或氣缸，該流體源例如液源或氣源，以伸出和縮回軸542來定位流量閥門502，進而密封和打開流量閥開口503。當線性致動器541將軸542縮回並對著腔室主體501的外部壓縮耦接到流量閥門502的O形環（未圖示）時，流量閥門502可以被關閉。在一個實施例中，流量閥門502使用足夠的力對著腔室主體501的外部壓縮O形環，以形成氣密的密封，進而承受處理過程中超臨界流體腔室500內部產生的壓力。如圖

所示，流量閥門 502 可以被設置在處理空間 505 的外部，這可以進一步減小腔室 500 進行超臨界流體處理所需的處理空間 505 容積。另外，設置在處理空間 505 外部的流量閥門 502 可以降低腔室 500 內產生顆粒的可能性。

【0091】 第 7 圖圖示依據一個實施例的電漿腔室之剖面圖。更具體來說，第 7 圖提供電漿產生腔室 700。腔室 700 通常包括包圍處理空間 706 的側壁 702 和底部 704。氣體分配板 710 和基板支座組件 730 可以被設置在處理空間 706 中。處理空間 706 可以經由穿過側壁 702 所形成的流量閥開口 708 進入，這使得基板 740 能夠被傳送進出腔室 700。雖然圖示為電漿腔室，但腔室 700 也可適用於以電磁能量照射基板，例如以含有一或多種紫外線波長的光照射基板。

【0092】 基板支撐組件 730 包括基板接收表面 732，用以將基板 740 支撐在基板接收表面 732 上。桿 734 將支撐組件 730 耦接到升舉系統 736，升舉系統 736 在基板傳送和處理位置之間升高和降低基板支撐組件 730。在處理時遮蔽框架 733 可以被選擇性地放在基板 740 的外圍上，以防止沉積在基板 740 的邊緣上。升降銷 738 可以被可移動地設置穿過基板支撐組件 730，並且可設以將基板 740 與基板接收表面 732 隔開，以便利使用機器人葉片調換基板。基板支撐組件 730 還可以包括加熱及或冷卻元件 739，用以將基板支撐組件 730 保持在所需的溫度。

【0093】氣體分配板 710 可以藉由懸吊 714 被耦接到背板 712 和背板 712 的周邊。氣體分配板 710 也可以藉由一或更多個中心支座 716 被耦接到背板 712，以幫助防止及/或控制氣體分配板 710 的平直度/曲率。在一個實施例中，氣體分配板 710 可以在不同配置中具有不同的尺寸。分配板 710 可以包含複數個設置在分配板 710 的上表面 798 和下表面 750 之間的穿孔 711。氣源 720 可以被耦接到背板 712，以提供氣體到氣體分配板 710 和背板 712 之間所界定的氣室。來自來源 720 的氣體從形成在氣體分配板 710 中的穿孔 711 流到處理空間 706。

【0094】真空幫浦 709 可以被耦接到腔室 700，以將處理空間 706 保持在所需的壓力。RF 電源 722 可以被耦接到背板 712 及/或氣體分配板 710，以提供 RF 功率來在氣體分配板 710 與基板支座組件 730 之間產生電場，使得可以從存在於氣體分配板 710 與基板支撐組件 730 之間的氣體產生電漿。可以使用各種的頻率（例如 13.56 MHz 的頻率）來在處理空間 706 中形成電漿。在一個實施例中，可以在約 75 W 將 O₂ 電漿施加到基板 740 持續約 10 秒鐘。另外的電漿處理可以是能夠釋放高深寬比溝槽中的輕微或暫時黏附。據信，O₂ 電漿對於去除可能存在於溝槽中的有機雜質尤其有用。

【0095】還可以在氣源 720 和背板 712 之間耦接遠端電漿源 724，例如感應耦合遠端電漿源。可以使用 RPS

724 來在處理空間 706 中形成電漿。電漿行進通過處理空間 706 而到達基板 740 的頂表面 718。電漿藉由去除可能存在於元件特徵之間的黏附來處理基板 740。在一個實施例中，可以將電磁輻射源 760（例如紫外線光源）耦接到腔室 700。電磁輻射源 760 可以被耦接到電源（未圖示）並且可以被定位在腔室 700 內部或腔室 700 外部的任何方便的位置。在一個配置中，電磁輻射源 760 位在腔室 700 的外部，使得電磁輻射源 760 可以將產生的電磁能量傳輸通過窗口（未圖示）而到達基板的表面，該窗口可以被耦接到腔室 700 的一部分側壁 702。可以定位電磁輻射源 760，以照射基板 740 的頂表面 718。電磁輻射源 760 可適以提供具有介於約 50 nm 和約 500 nm 之間的波長的紫外光到基板 740。

【0096】 第 8 圖圖示依據一個實施例包含用於清洗基板的方法步驟的處理流程圖。基板首先可以在膜沉積或蝕刻腔室中進行處理，以在基板上形成膜或特徵。方法 800 開始於操作 810，其中基板可以被放在濕式清洗腔室中。可以藉由乾式機器人將基板提供到濕式清洗腔室，乾式機器人從盒中取出待清洗的基板。在操作 820，可以使基板曝露於清洗溶液，以去除存在於基板上的殘餘物或液體。在一個實施例中，該清洗溶液可以包含去離子水、溶劑或上述之組合。

【0097】 在操作 830，可以藉由濕式機器人將基板傳送到溶劑交換腔室。在操作 840，先前施加的清洗溶液

可以藉由使基板曝露於輸送到基板的溶劑而被溶劑置換，基板係位在溶劑交換腔室中。在一個實施例中，用以置換清洗溶液的溶劑可以是處在液相或超臨界相的化學品，或是處在液相或超臨界相的序列化學品或該等化學品之混合物。用於置換基板上的殘餘材料的化學品或混合物之狀態和相可以藉由清洗溶液組分（例如去離子水）、溶劑及選擇的化學品或化學品混合物之間的相對溶解度和混溶性來決定。在一個實施例中，溶劑可以選自於由丙酮、異丙醇、乙醇、甲醇、N-甲基-2-吡咯啉酮、N-甲基甲醯胺、1,3-二甲基-2-咪唑啉酮、二甲基乙醯胺及二甲亞砷或上述之組合及/或序列所組成之群組。在一個實施例中，可以提供足以置換殘留在基板表面上的清洗溶液的量的有機極性溶劑到基板的表面。在隨後的操作中，可以提供非極性溶劑來置換該有機極性溶劑。在一個實施例中，該有機極性溶劑係選自 N-甲基-2-吡咯啉酮及/或 N-甲基甲醯胺，而該非極性溶劑係選自丙酮及/或 IPA。在另一個實施例中，溶劑交換可以藉由提供溶劑來填充腔室的填充和淨化處理來進行，並且在溶劑交換已經在基板上進行所需的時間量之後，從溶劑交換腔室清除溶劑。

【0098】 在另一個實施例中，如上文所述，用於溶劑交換的適當溶劑包括 N-甲基-2-吡咯啉酮、N-甲基甲醯胺、1,3-二甲基-2-咪唑啉酮、二甲基乙醯胺和二甲亞砷。可以使用這些有機極性溶劑來取代水，而且理想的溶劑通常將具有高的介電常數（大於 30）和低的蒸發速率

(相對於乙酸正丁酯小於0.5)。有機極性溶劑通常也可混溶於水及抑制來自矽-水相互作用的氧化矽沉澱。選擇性地，在溶劑交換的過程中，有機極性溶劑可以與溶解的O₂氣體結合，以增強粒子的去除。在較佳的實施例中，有機極性溶劑包含N-甲基-2-吡咯啉酮或N-甲基甲醯胺或上述溶劑之組合。

【0099】 在一個實施例中，假使在置換處理中使用的化學品或化學混合物是液體，則可以使用相轉變處理來將化學品或化學混合物轉變成超臨界流體。在一個實施例中，用以置換有機極性溶劑的90%或更濃的液體IPA可以被在約5℃至8℃和約50巴的液體二氧化碳取代。上述約5℃至8℃和約50巴的液體二氧化碳可以在溶劑交換腔室中被加熱到約40℃和約95巴。超臨界相的結果是，由於液-氣和液-固表面張力之間的差異所產生的毛細壓力被消除了。消除毛細壓力防止了在進行濕式清洗處理（操作810）之後經常發生的高深寬比特徵的彎曲和黏附。

【0100】 在操作850，然後藉由濕式機器人將基板從溶劑交換腔室傳送到超臨界流體腔室。選擇性地，在操作860，可以在超臨界流體腔室中進行加壓淨化氣體處理。可以將淨化氣體（例如純氮氣或氫氣）提供到可被加壓的超臨界流體腔室。超臨界流體腔室可以被加壓到約1100 psi和約2000 psi之間。

【0101】 在操作870，形成了包含如先前上述相同類型的化學品或化學混合物的超臨界流體，並將該超臨界流

體引入超臨界流體腔室，以在超臨界沖洗處理中清洗和沖洗掉殘留在基板的表面上的顆粒和殘餘物。假使已經進行了選擇性的操作 860，則當提供超臨界流體到超臨界流體腔室時，可以將可能存在超臨界流體腔室中的淨化氣體排出。在此實施例中，在淨化氣體處理和超臨界沖洗處理之間，可以在超臨界流體腔室中實現無關緊要的壓力變化。在操作 860 和操作 870 之間在超臨界流體腔室中保持大致上相同的壓力可以防止顆粒在超臨界流體腔室中形成。如此一來，可以將在選擇性的操作 860 中的超臨界流體腔室壓力選擇為匹配在操作 870 中保持腔室內的超臨界流體所需的壓力。

【0102】 在一個實施例中，可以使用 CO_2 來形成操作 870 期間所使用的超臨界流體。在另一個實施例中，可以使用 C_3H_8 來形成超臨界流體。超臨界 CO_2 或 C_3H_8 可以在超臨界流體腔室中形成，或者可以在超臨界流體腔室外部形成然後再引入超臨界流體腔室。在一個實施例中，在約 40°C 和約 95 巴的超臨界 CO_2 係在超臨界流體腔室外部形成，然後被引入超臨界流體腔室，以便保持超臨界 CO_2 的超臨界流體性質。在一個實施例中，在約 100°C 和約 620 psi (43 巴) 的超臨界 C_3H_8 係在超臨界流體腔室外部形成，然後被引入超臨界流體腔室，以便保持超臨界 C_3H_8 的超臨界流體性質。在一個實施例中，超臨界流體在被引入超臨界腔室的整個過程中保持是超臨界流體。在另一個實施例中，超臨界流體在引入過程的部分路

徑上或僅在引入過程末端是超臨界流體。

【0103】 假使在置換處理中使用的化學品或化學混合物是液體，則可以使用相轉變處理來將化學品或化學混合物轉化成超臨界流體。在一個實施例中，用以置換有機極性溶劑的90%或更濃的液體IPA可以被在約5℃至8℃和約50巴的液體二氧化碳取代。上述約5℃至8℃和約50巴的液體二氧化碳可以在超臨界流體腔室中被加熱到約40℃和約95巴。超臨界相的結果是，由於液-氣和液-固表面張力之間的差異所產生的毛細壓力被消除了。消除毛細壓力防止了高深寬比特徵的彎曲和黏附。還構思的是，可以使用C₃H₈來將化學品或化學混合物轉化為超臨界流體。

【0104】 超臨界流體表現出介於氣體和液體之間的中間性質，並且由於類氣體的運輸行為，超臨界流體通常具有良好地穿透複雜奈米幾何形狀的能力，而且由於一般與液體相關聯的優異質傳能力，超臨界流體在顆粒和殘餘物去除上是有效的。超臨界沖洗處理可以以幾種方式進行，其中有兩種方式可從元件特徵去除污染物。第一種污染物去除方式牽涉到超臨界流體藉由機械作用而物理性地從元件特徵去除污染物，該機械作用例如超臨界流體和污染物之間的物理相互作用。超臨界流體滲透元件結構中的空間（高深寬比結構、通孔、空隙、孔洞等），並提供從元件結構沖洗掉污染物的流體流動，該污染物例如溶劑、殘餘物及顆粒。由流動的流體產生的機械或物理作用係獲益

於超臨界流體表現出的類液體質傳性能。

【0105】 去除污染物的另一種方式是藉由使用含有超臨界流體的非污染物來形成濃度梯度。存在於基板表面上方的處理空間中的超臨界流體具有比存在於元件結構中的超臨界流體更低的污染物濃度。在一個實施例中，允許純的超臨界 CO_2 或 C_3H_8 停滯在或甚至流過基板表面上方的空間。已知流體有存在熱力學平衡的渴望，故靠近元件結構、含有污染物的超臨界流體會擴散到基板上方的區域，從而減少了存在於元件結構中的污染物濃度。還有可能的是，兩種污染物去除方式可以同時作用，例如藉由使用擴散質傳處理和物理性相互作用，以從元件結構去除污染物。在兩種污染物去除方式該等方式之組合中，污染物可以被有效地從元件結構中去除。

【0106】 接著，對基板進行超臨界乾燥處理。可以控制該處理，以確保化學品或化學混合物從超臨界到氣態的相轉移不通過液相區。第 6 圖圖示 CO_2 的相變化。該處理確保超臨界流體（虛線以外的區域）改變為氣態而不通過分離液相和氣相的線。在超臨界乾燥處理中從高深寬比的溝槽排出的流體表現出可以忽略的表面張力，從而導致線黏附的減少或消除。在一個實施例中，在約 40°C 和約 95 巴的超臨界 CO_2 在約 40°C 進行等溫減壓，直到壓力下降到約 21 巴。在另一個實施例中，在約 100°C 和約 620 psi（43 巴）的超臨界 C_3H_8 在約 100°C 進行等溫減壓，直至壓力下降到約 20 巴。殘留在超臨界流體腔室中的氣體

被從腔室排出。從腔室排出的氣體攜帶著從高深寬比的溝槽和基板的其他表面取出的顆粒和殘餘物。

【0107】 在步驟 880，藉由濕式機器人將基板從超臨界流體腔室傳送到後處理室。在步驟 890，藉由使基板曝露於用於最終處理的低功率電漿來對基板進行後處理，以完成乾燥處理。在一個實施例中，可以以約 75 W 的 RF 功率及 13.56 MHz 的頻率將 RF 氧 (O_2) 電漿施加於基板持續約 10 秒鐘。基板的後處理釋放了由在先前的清洗處理中使用的化學品或化學混合物產生的局部雜質所引起的輕微或暫時性黏附（或有的話）。後處理若在超臨界乾燥處理之後立即實施會是最有效的。在另一個實施例中，可以使用偏壓電漿來去除殘留在基板上的有機污染物。還相信的是，在基板的表面上沉積或形成鈍化層可以減低存在於基板表面上的高深寬比特徵之間發生黏附的可能性。

【0108】 在替代的實施例中，步驟 890 可以包含藉由使基板曝露於一或多種電磁能波長而對基板進行後處理，該電磁能例如紫外 (UV) 光。在一個實例中，可以基於存在於基板上的材料來選擇 UV 處理。可以使基板曝露於 UV 光持續一時間量，該時間量適以釋放由在先前的清洗處理中使用的化學品或化學混合物產生的局部雜質所引起的任何殘餘的輕微或暫時性黏附（若有的話）。在一個實施例中，可以使基板曝露於具有約 50 nm 和約 500 nm 之間的波長的 UV 光，例如約 150 nm 和約 350 nm 之

間，例如約 172 nm 和約 300 nm 之間。與上述的電漿處理類似，UV 處理若在超臨界乾燥處理之後立即實施可能是最有效的。在另一個實施例中，步驟 890 可以包含電漿和 UV 處理的組合，以對基板進行後處理，並去除基板上可能存在的任何殘餘黏附或有機污染物。

【0109】 前述的發明提供了一種在超臨界清洗和乾燥處理過程中增加基板產量的設備。利用轉盤結構和多個機器人提高了處理設備的效率，這應可減少基板的超臨界清洗和乾燥的成本。此外，利用相互組合的置換、相變、超臨界沖洗和乾燥以及電漿後處理在濕式清洗之後提供了線黏附的消除，尤其是對於具有高深寬比溝槽的基板而言。

【0110】 雖然前述係針對本發明之實施例，但在不偏離本發明之基本範圍下，亦可設計出本發明之其他與深一層的實施例，而且本發明之範圍係由以下的申請專利範圍所決定。

【符號說明】

【0111】

100	半導體元件	102	元件結構
104	開口	106	壁
200	處理設備	200A	處理設備
201	濕式清洗腔室	202	溶劑交換腔室
203	超臨界流體腔室	204	後處理室

2 0 5	檢 查 室	2 0 6	移 送 室
2 0 8	濕 式 機 器 人	2 0 8 A	機 器 人
2 0 9	端 效 器	2 0 9 A	端 效 器
2 0 9 B	端 效 器	2 1 2	基 板 盒
2 1 4	基 板 盒	2 1 6	乾 式 機 器 人
2 1 8	工 廠 介 面	2 2 0	線 性 軌 道
3 0 0	處 理 設 備	3 0 1	濕 式 清 洗 腔 室
3 0 2	溶 劑 交 換 腔 室	3 0 3	超 臨 界 流 體 腔 室
3 0 4	電 漿 處 理 室	3 0 6	移 送 室
3 0 8	濕 式 機 器 人	3 1 0	工 廠 介 面
3 1 2	盒	3 1 6	乾 式 機 器 人
3 2 0 A	端 效 器	3 2 0 B	端 效 器
3 2 2	端 效 器	4 0 0	濕 式 處 理 室
4 0 6	基 板	4 1 0	支 撐 夾
4 1 1	過 濾 器	4 1 2	溶 液
4 1 4	基 板 底 表 面	4 1 6	基 板 頂 表 面
4 1 6 A	流 體 源	4 2 3	空 氣 向 下 流 動
4 2 8	管	4 4 2	通 孔
4 4 8	托 架	4 4 9	旋 轉 裝 置
4 5 0	溶 劑 過 濾 系 統	4 6 0	流 體 源
4 6 1	流 體 排 洩 口	4 6 2	第 一 槽
4 6 4	第 二 槽	4 6 6	第 一 幫 浦
4 6 7	第 二 幫 浦	4 6 8	第 一 過 濾 器
4 6 9	第 二 過 濾 器	4 7 0	第 一 再 循 環 路 徑

4 7 1 A	路 徑	4 7 1 B	路 徑
4 7 2	第 二 再 循 環 路 徑	4 7 3 B	路 徑
4 7 3 C	路 徑	4 7 4	第 三 再 循 環 路 徑
4 7 5 A	路 徑	4 7 5 B	路 徑
4 7 7 A	路 徑	4 8 1	第 二 閥
4 8 2	第 三 閥	4 8 3	第 一 閥
4 8 9	第 四 閥	5 0 0	超 臨 界 流 體 腔 室
5 0 1	腔 室 主 體	5 0 2	流 量 閥 門
5 0 3	流 量 閥 開 口	5 0 4	表 面
5 0 5	處 理 空 間	5 1 0	基 板 支 座
5 1 0 A	支 撐 表 面	5 1 2	第 一 流 體 入 口
5 1 3	流 體 出 口	5 1 9	迴 路
5 2 0	超 臨 界 流 體 輸 送 系 統	5 2 1	相 變 設 備
5 2 2	幫 浦	5 2 3	入 口 閥 門
5 2 4	第 一 流 體 輸 送 管 線	5 2 5	流 體 返 回 管 線
5 2 6	幫 浦 返 回 管 線	5 2 7	排 放 裝 置
5 2 7 A	排 放 裝 置	5 2 8	排 放 閥
5 3 0	過 濾 器	5 3 1	加 熱 元 件
5 3 2	壓 縮 裝 置	5 3 3	處 理 區
5 3 5	冷 凝 器	5 4 0	O 形 環
5 4 1	線 性 致 動 器	5 4 2	軸
5 4 3	線 性 軸 承	5 4 5	基 板 傳 送 路 徑
5 5 0	加 熱 元 件	5 5 2	聲 換 能 器

5 5 4	電 源	5 5 5	流 體 源
5 6 0	淨 化 氣 源	5 6 2	第 二 流 體 入 口
5 6 4	第 二 流 體 輸 送 管 線	5 7 0	加 壓 設 備
5 7 2	壓 力 閥	5 8 0	清 洗 流 體 源
5 9 0	溶 劑 源	5 9 2	溶 劑 分 配 設 備
7 0 0	腔 室	7 0 2	側 壁
7 0 4	底 部	7 0 6	處 理 空 間
7 0 8	流 量 閥 開 口	7 0 9	真 空 幫 浦
7 1 0	氣 體 分 配 板	7 1 1	穿 孔
7 1 2	背 板	7 1 4	懸 吊
7 1 6	中 心 支 座	7 1 8	頂 表 面
7 2 0	氣 源	7 2 2	R F 電 源
7 2 4	遠 端 電 漿 源	7 3 0	基 板 支 撐 組 件
7 3 2	基 板 接 收 表 面	7 3 3	遮 蔽 框 架
7 3 4	桿	7 3 6	升 舉 系 統
7 3 8	升 降 銷	7 3 9	加 熱 及 或 冷 卻 元 件
7 4 0	基 板	7 5 0	下 表 面
7 6 0	電 磁 輻 射 源	7 9 8	上 表 面
8 0 0	方 法	8 1 0	操 作
8 2 0	操 作	8 3 0	操 作
8 4 0	操 作	8 5 0	操 作
8 6 0	操 作	8 7 0	操 作
8 8 0	步 驟	8 9 0	步 驟
W	基 板		

【生物材料寄存】

【 0 1 1 2 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 1 1 3 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註

記)

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種處理一基板之方法，包含以下步驟：

使一基板暴露於一第一溶劑，以去除位於該基板的一表面上之一數量的一殘餘清洗溶液，其中該基板上形成有高深寬比特徵；

使該基板暴露於一第二溶劑，以去除位於該基板的該表面上之該第一溶劑；以及

使該基板暴露於一超臨界流體，以去除位於該基板的該表面上之該第二溶劑，其中使該基板暴露於該超臨界流體之步驟包含：

在一第一速率下將處於液態之第一量的一氣體輸送至位於一第一處理室的一處理空間中之該基板的該表面，該第一速率經配置以避免干擾位於該基板的該表面上之該第二溶劑；

在一第二速率下將處於液態之第二量的該氣體輸送至該處理空間，其中該第二速率大於該第一速率，該第二速率經配置以在位於該基板的該表面上之該第二溶劑與該氣體之間形成一紊流，以去除位於該基板的該表面上之該第二溶劑的至少一部分；

使位於該處理空間內之該氣體從液態相變為超臨界態；

流動該超臨界流體通過該基板的該表面上方，以穿透該等高深寬比特徵，該流動包含按順序之流動該超臨界流體之週期和該超臨界流體在該處理空間中停滯之週期；以及

使位於該處理空間中之該氣體從超臨界態等溫減壓成氣態。

【第2項】 如請求項1所述之方法，其中該氣體包含二氧化碳(CO₂)。

【第3項】 如請求項1所述之方法，其中該第二溶劑包含一非極性溶劑，當該氣體處於液態時，該非極性溶劑與該氣體混溶。

【第4項】 如請求項3所述之方法，其中該第二溶劑係選自由丙酮、乙醇及甲醇所組成之群組。

【第5項】 如請求項1所述之方法，其中該第一溶劑包含一極性溶劑，且該第二溶劑包含丙酮。

【第6項】 如請求項1所述之方法，其中使該基板暴露於該第二溶劑之步驟係於一第二處理室中進行，該第二處理室經由一移送室耦接至該第一處理室。

【第7項】 如請求項1所述之方法，其中該氣體包含二氧化碳(CO₂)，且使位於該處理空間中之該氣體從超臨界態等溫減壓成氣態之步驟係在約40°C之一溫度下進行。

【第8項】 如請求項1所述之方法，其中將處於液態之該氣體輸送至該基板的該表面之步驟進一步包含：在約50巴之一壓力下將處於液態之該氣體輸送至該處理空間。

【第9項】 一種處理一基板之方法，包含以下步驟：

使一基板暴露於一第一溶劑，以去除位於該基板的一表面上之一數量的一殘餘清洗溶液，其中該基板上形成有高深寬比特徵；

使該基板暴露於一第二溶劑，以去除位於該基板的該表面上之該第一溶劑；以及

使該基板暴露於一超臨界流體，以去除位於該基板的該表面上之該第二溶劑，其中使該基板暴露於該超臨界流體之步驟包含：

在一第一速率下將處於液態之第一量的二氧化碳(CO₂)氣體輸送至位於一第一處理室的一處理空間中之該基板的該表面，該第一速率經配置以避免干擾位於該基板的該表面上之該第二溶劑；

在一第二速率下將處於液態之第二量的該二氧化碳(CO₂)氣體輸送至該處理空間，該第二速率經配置以在位於該基板的該表面上之該第二溶劑與該二氧化碳(CO₂)氣體之間形成一紊

流，以去除位於該基板的該表面上之該第二溶劑的至少一部分；

使位於該處理空間內之該二氧化碳(CO₂)氣體從液態相變為超臨界態；以及

流動該超臨界流體通過該基板的該表面上方，以穿透該等高深寬比特徵，該流動包含按順序之流動該超臨界流體之週期和該超臨界流體在該處理空間中停滯之週期。

【第10項】如請求項9所述之方法，其中該第二溶劑係選自由丙酮、乙醇及甲醇所組成之群組。

【第11項】如請求項10所述之方法，其中該第一溶劑包含一極性溶劑，且該第二溶劑包含丙酮。

【第12項】如請求項9所述之方法，其中使該基板暴露於該第一溶劑之步驟和使該基板暴露於該第二溶劑之步驟係於一第二處理室中進行，該第二處理室經由一移送室耦接至該第一處理室。

【第13項】如請求項9所述之方法，其中該第二速率大於該第一速率。

【第14項】如請求項9所述之方法，進一步包含：使位於該處理空間中之該二氧化碳(CO₂)氣體從超臨界態等溫減壓成氣態。

【第15項】如請求項9所述之方法，其中將處於液態之

該二氧化碳(CO₂)氣體輸送至該基板的該表面之步驟進一步包含：在約50巴之一壓力下將處於液態之該二氧化碳(CO₂)氣體輸送至該處理空間。

【第16項】一種用於處理一基板之系統，包含：

一移送室；

一第一處理室，該第一處理室耦接至該移送室並包含一第一基板支座及一第一流體源，其中該第一流體源適以在高深寬比特徵上分配一第一溶劑，該等高深寬比特徵形成一基板的一表面，而該基板設置於該第一基板支座上；

一第二處理室，該第二處理室耦接至該移送室並包含一第二基板支座及一第二流體源，其中該第二流體源適以在形成該基板的該表面之該等高深寬比特徵上分配一第二溶劑，而該基板設置於該第二基板支座上；以及

一第三處理室，該第三處理室耦接至該移送室，用以使該基板暴露於一超臨界流體，以去除位於該基板的該表面上之該第二溶劑，其中該第三處理室包含：

一第三基板支座，該第三基板支座設置於該第三處理室的一處理空間中；

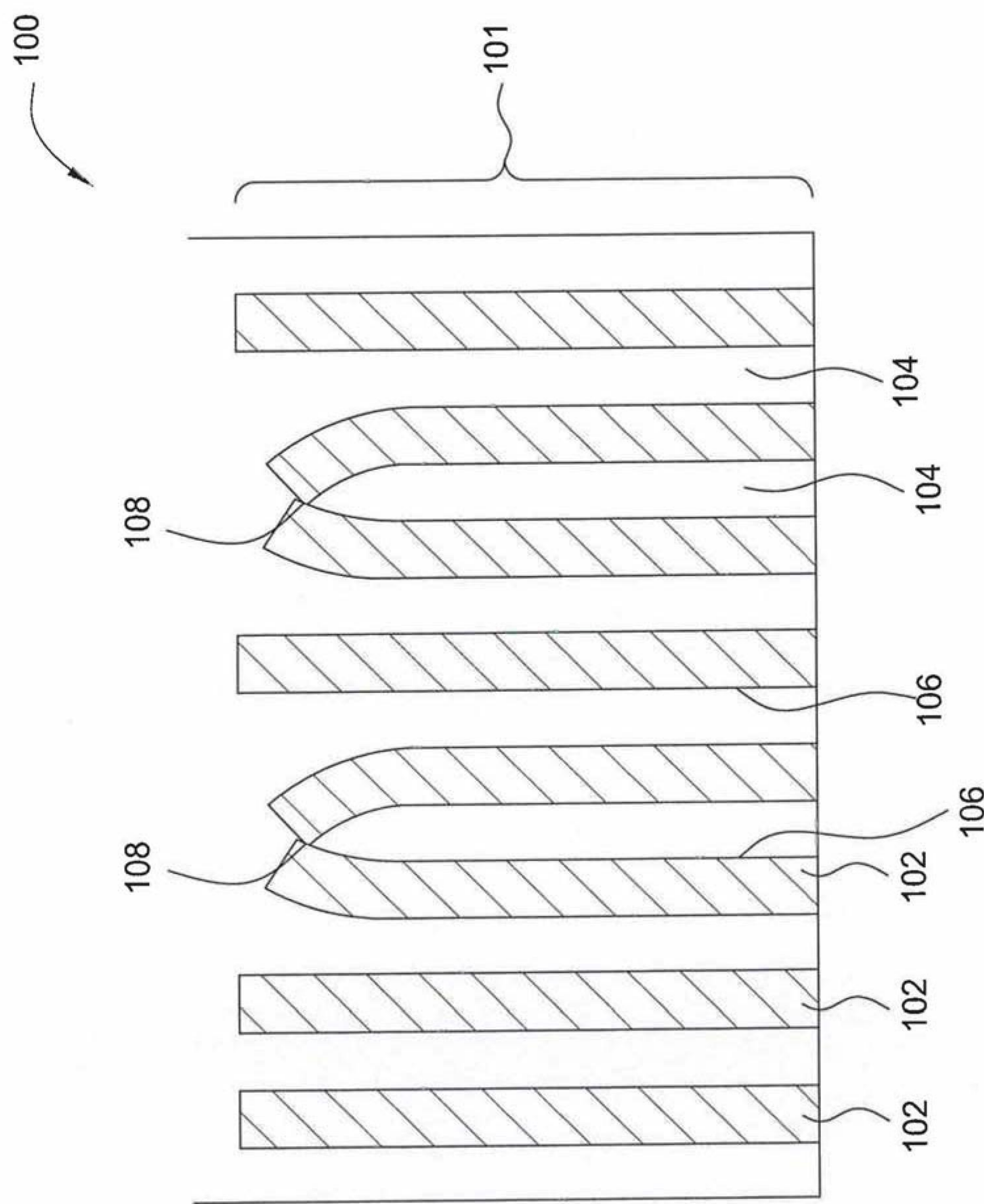
一冷凝器，該冷凝器流通地耦接至該處理

空間並經配置以將一氣體從氣態冷凝成液態；

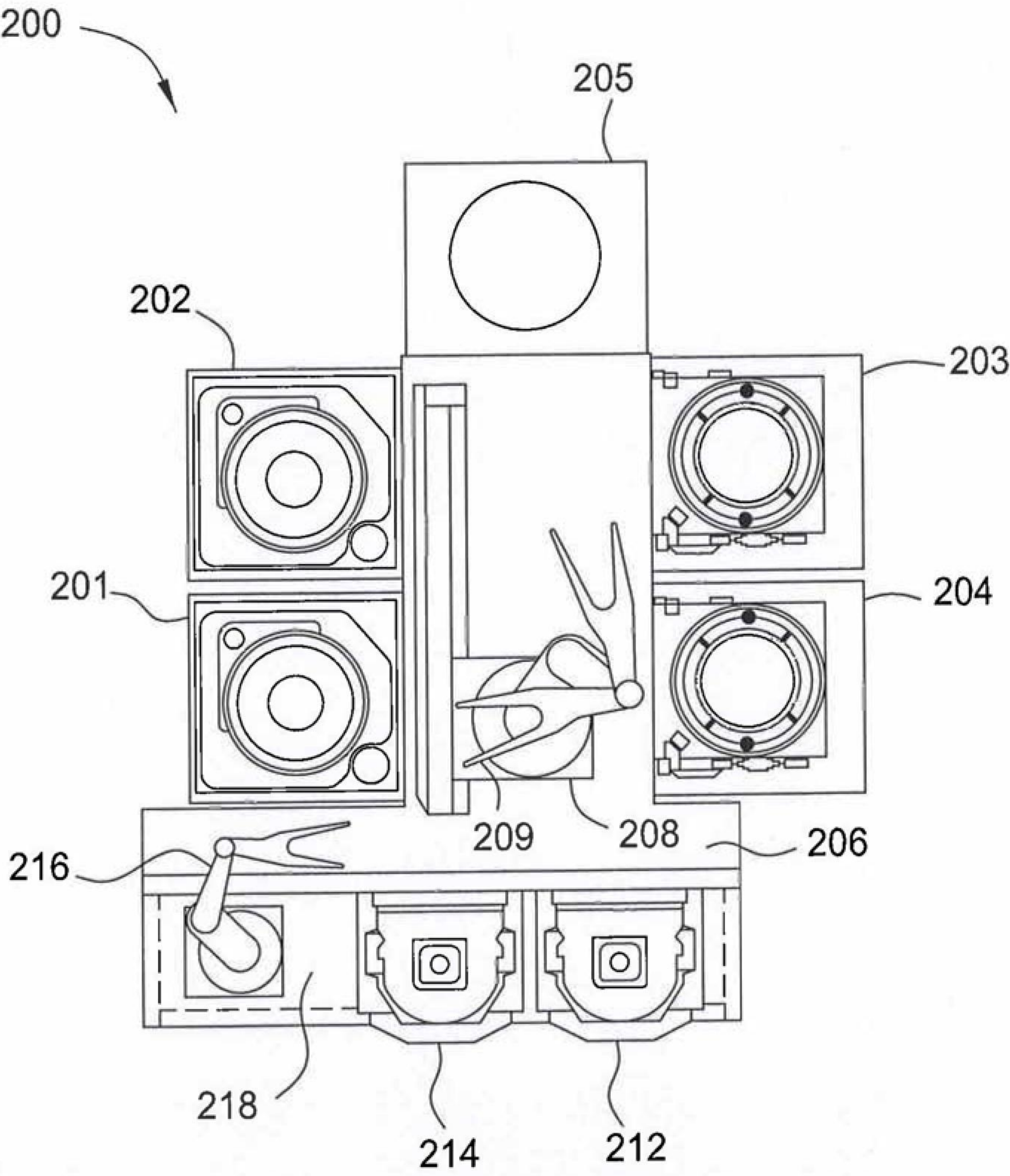
一幫浦，該幫浦經配置以在一第一速率下將處於液態之第一量的一氣體從該冷凝器輸送至處理空間，該第一速率經配置以避免干擾位於該基板的該表面上之該第二溶劑；在一第二速率下將處於液態之第二量的該氣體輸送至該處理空間，其中該第二速率大於該第一速率，該第二速率經配置以在位於該基板的該表面上之該第二溶劑與該氣體之間形成一紊流，以去除位於該基板的該表面上之該第二溶劑的至少一部分；以及流動該超臨界流體通過該基板的該表面上方，以穿透該等高深寬比特徵，該流動包含按順序之流動該超臨界流體之週期和該超臨界流體在該處理空間中停滯之週期；以及

一加熱元件，該加熱元件與該處理空間及該第三基板支座熱連通。

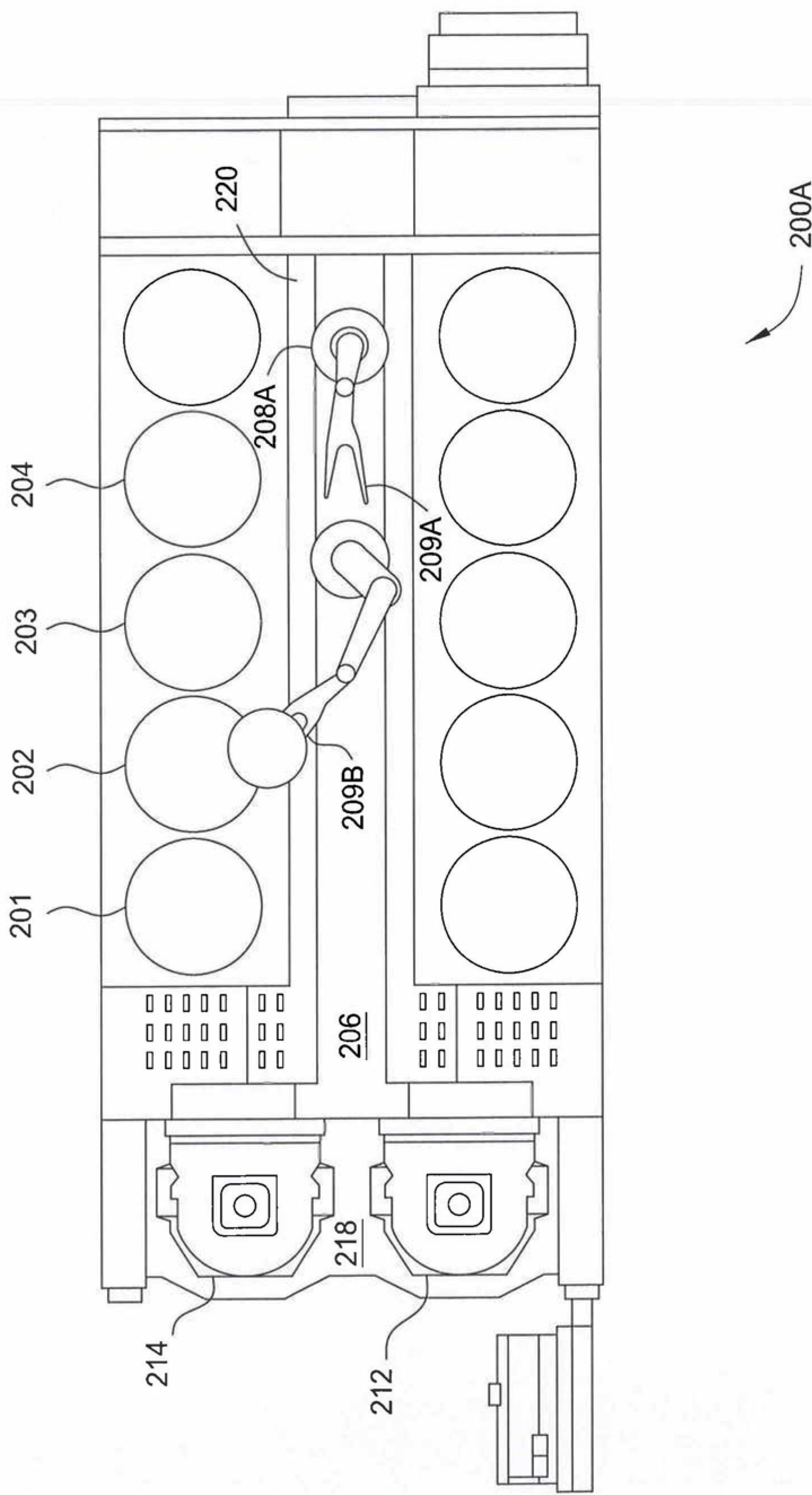
【發明圖式】



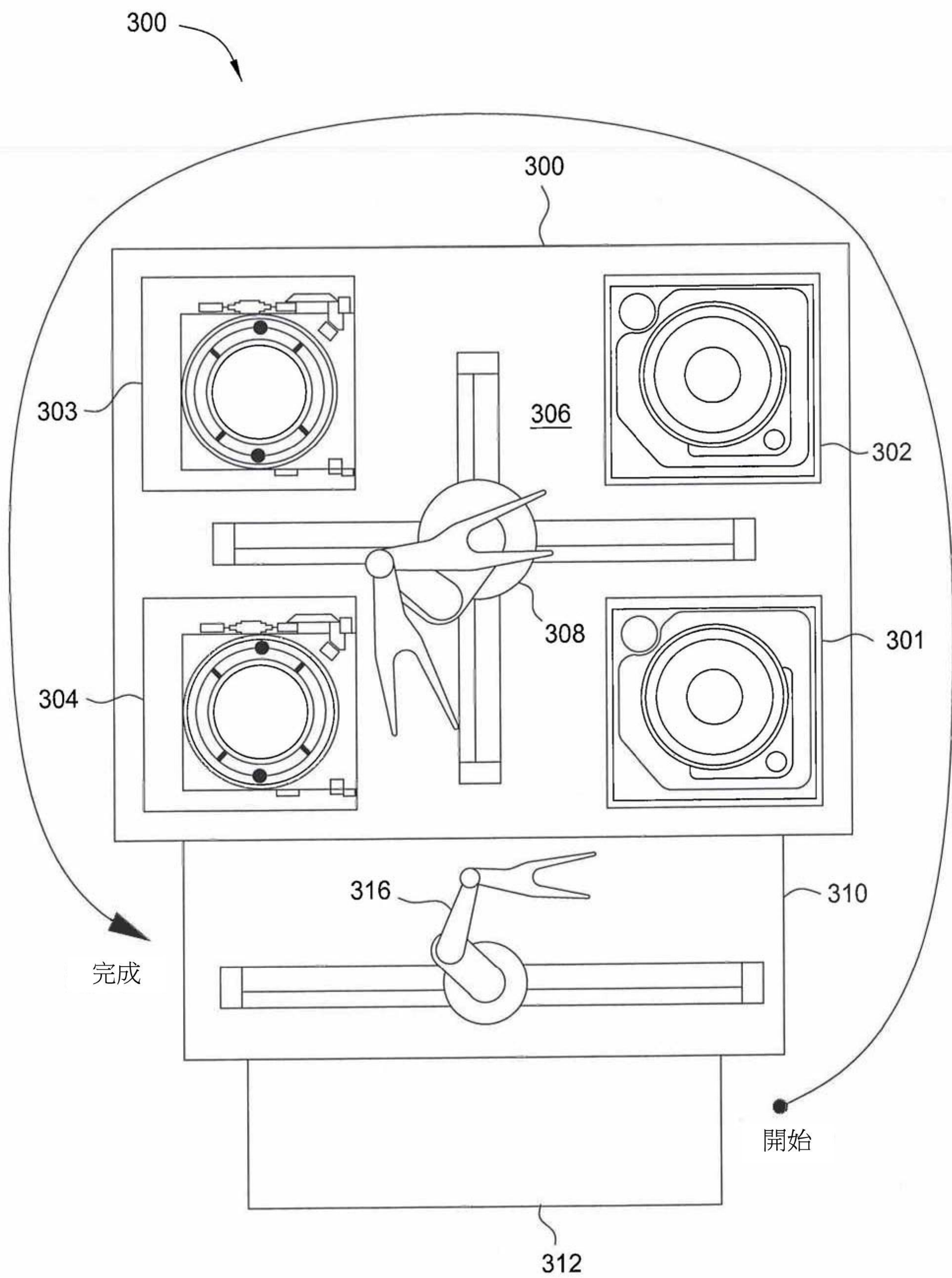
第1圖



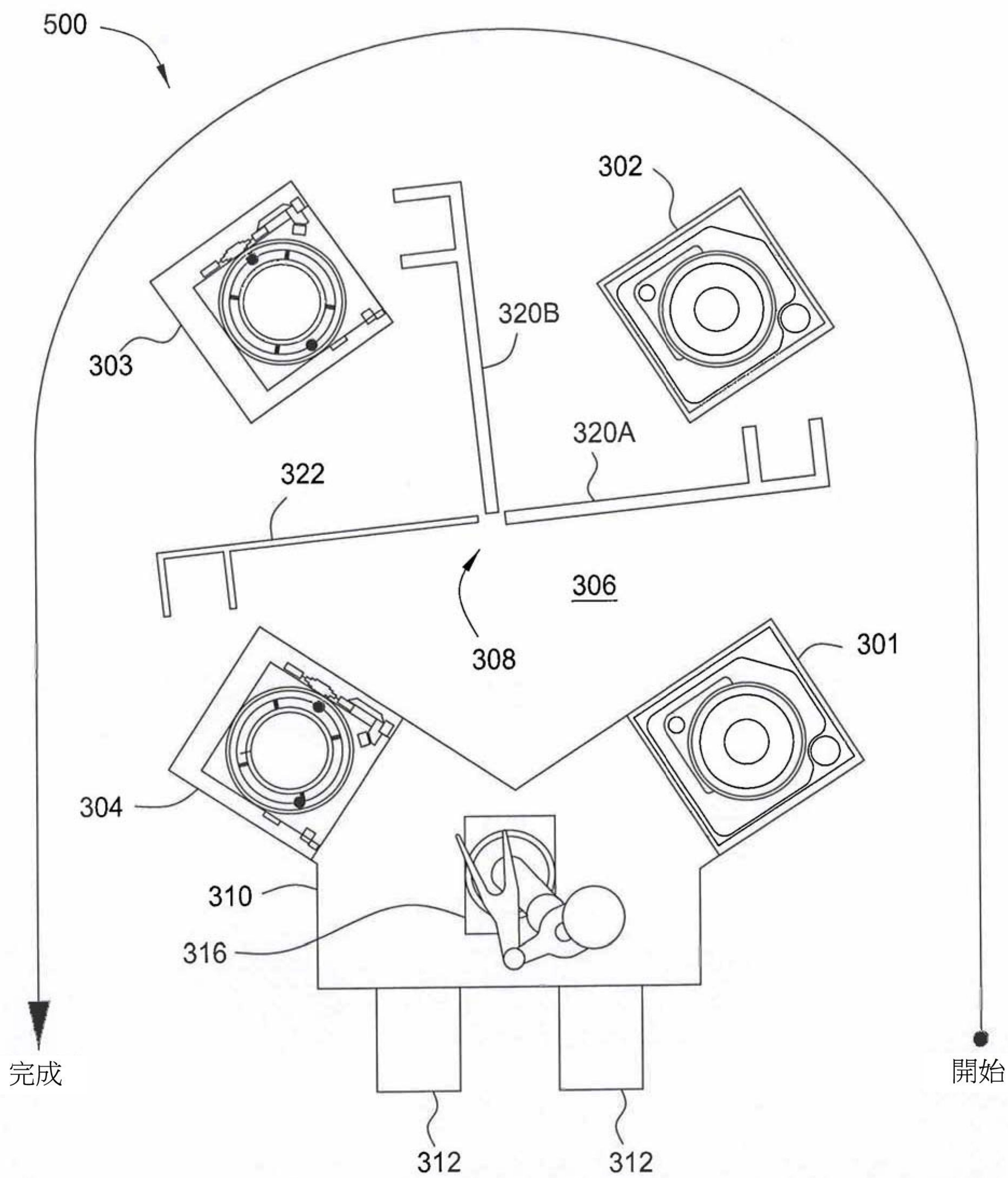
第2A圖



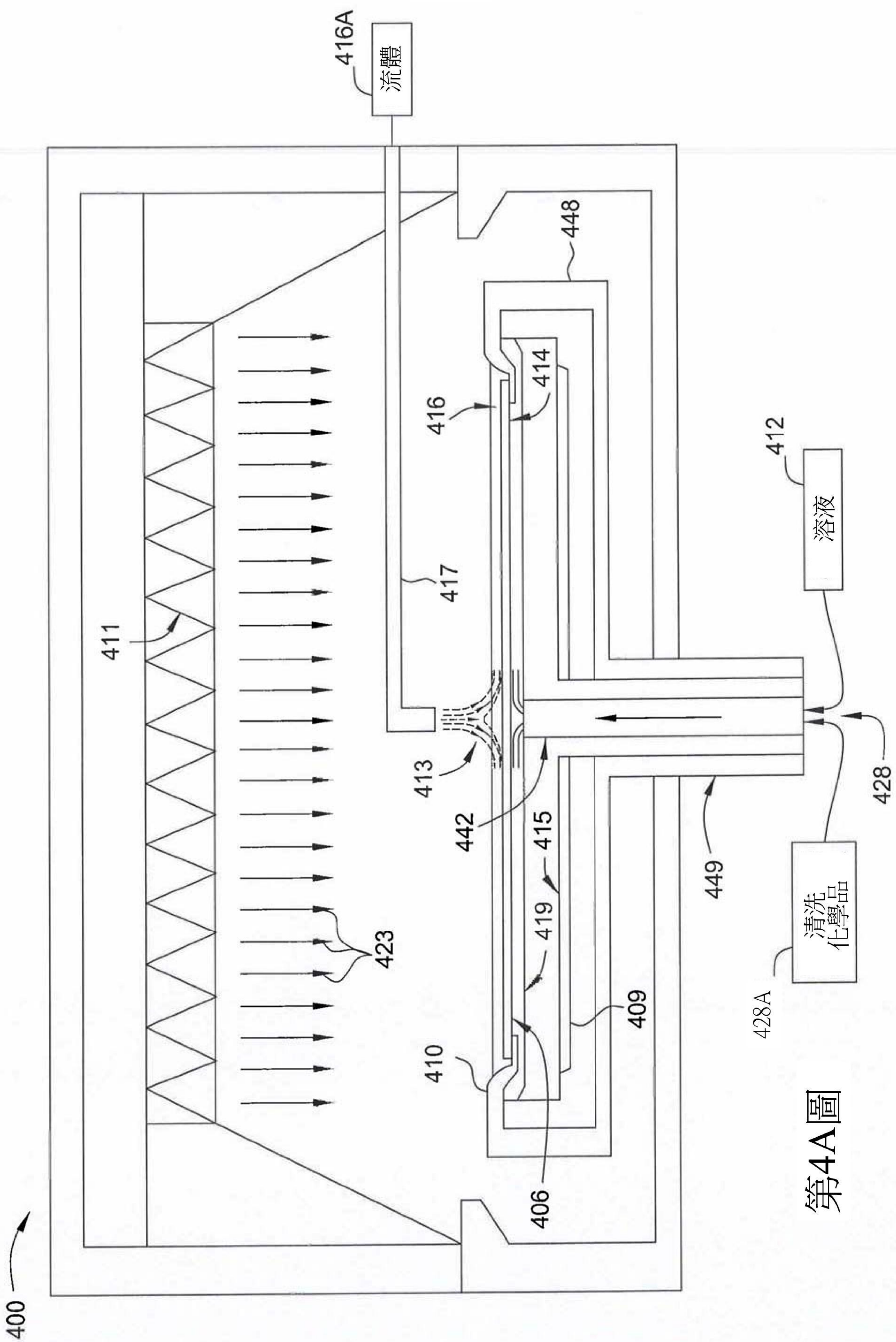
第2B圖



第3A圖



第3B圖



第4A圖

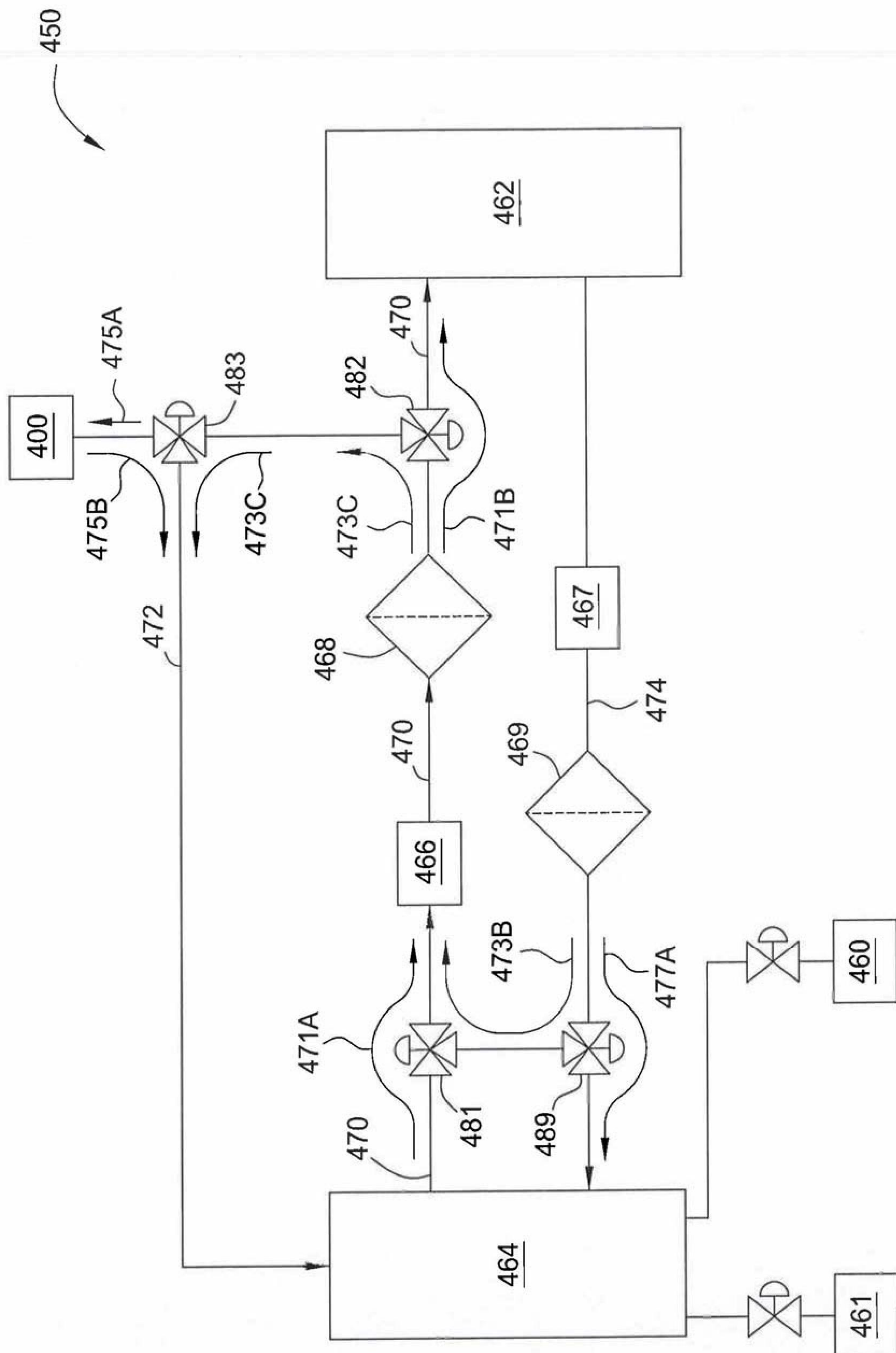
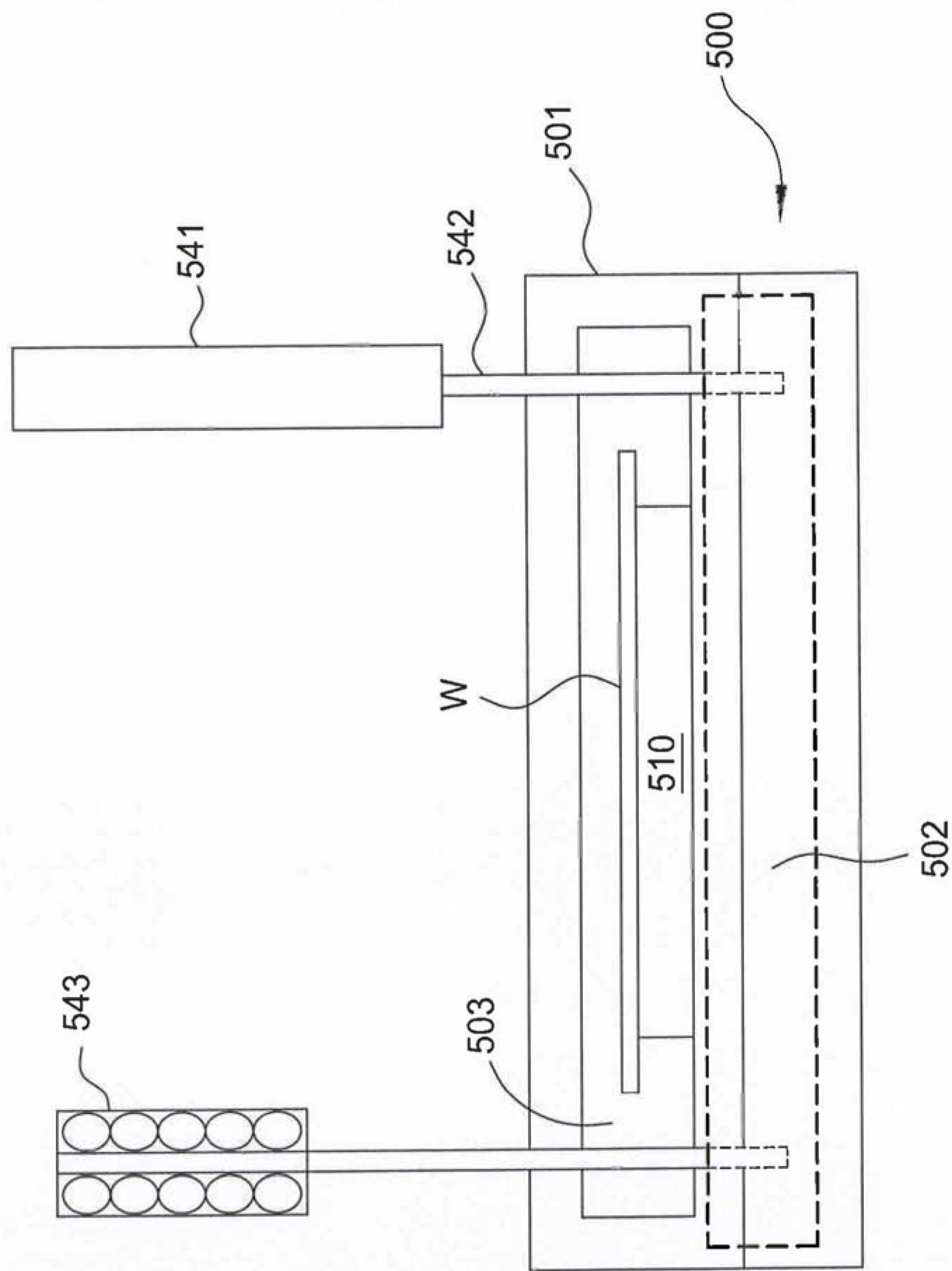
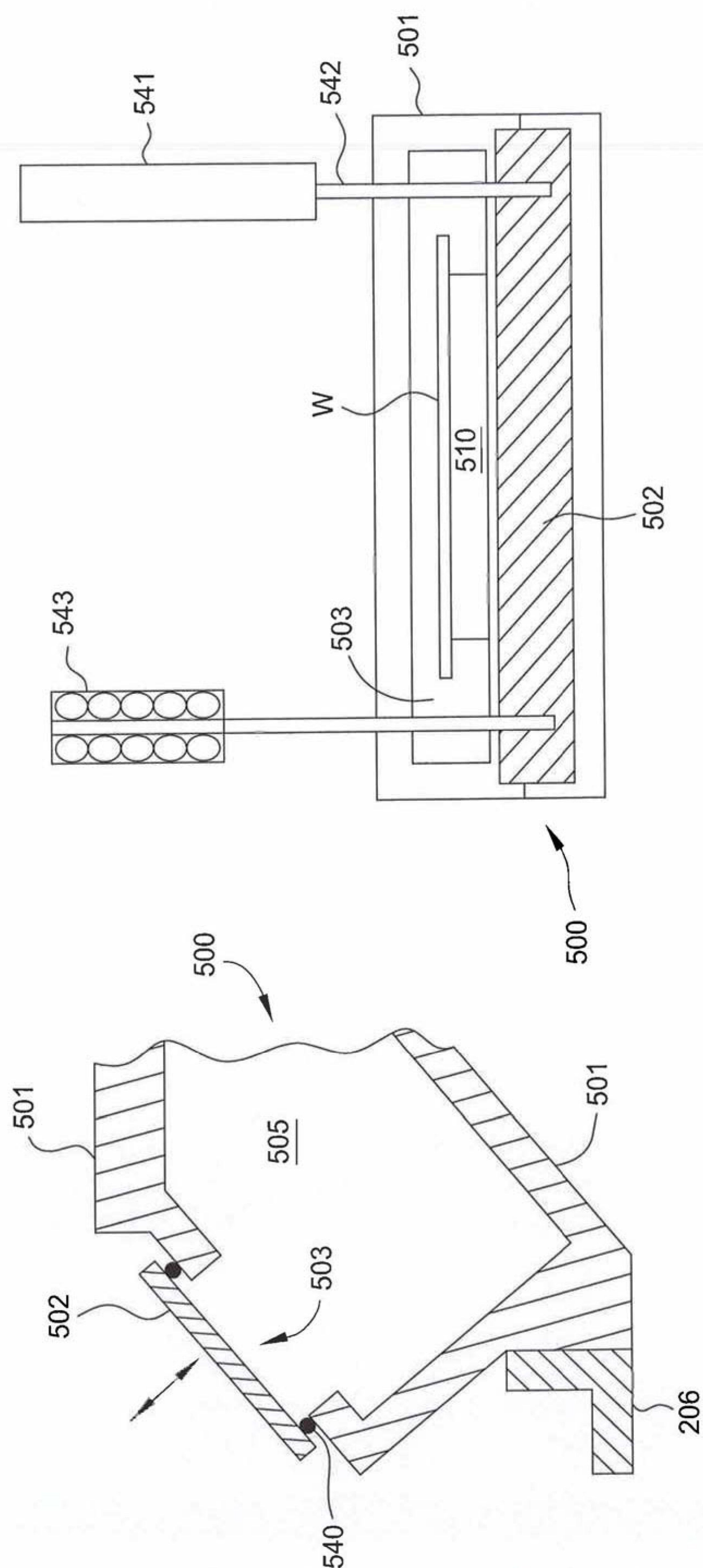


圖
第4B



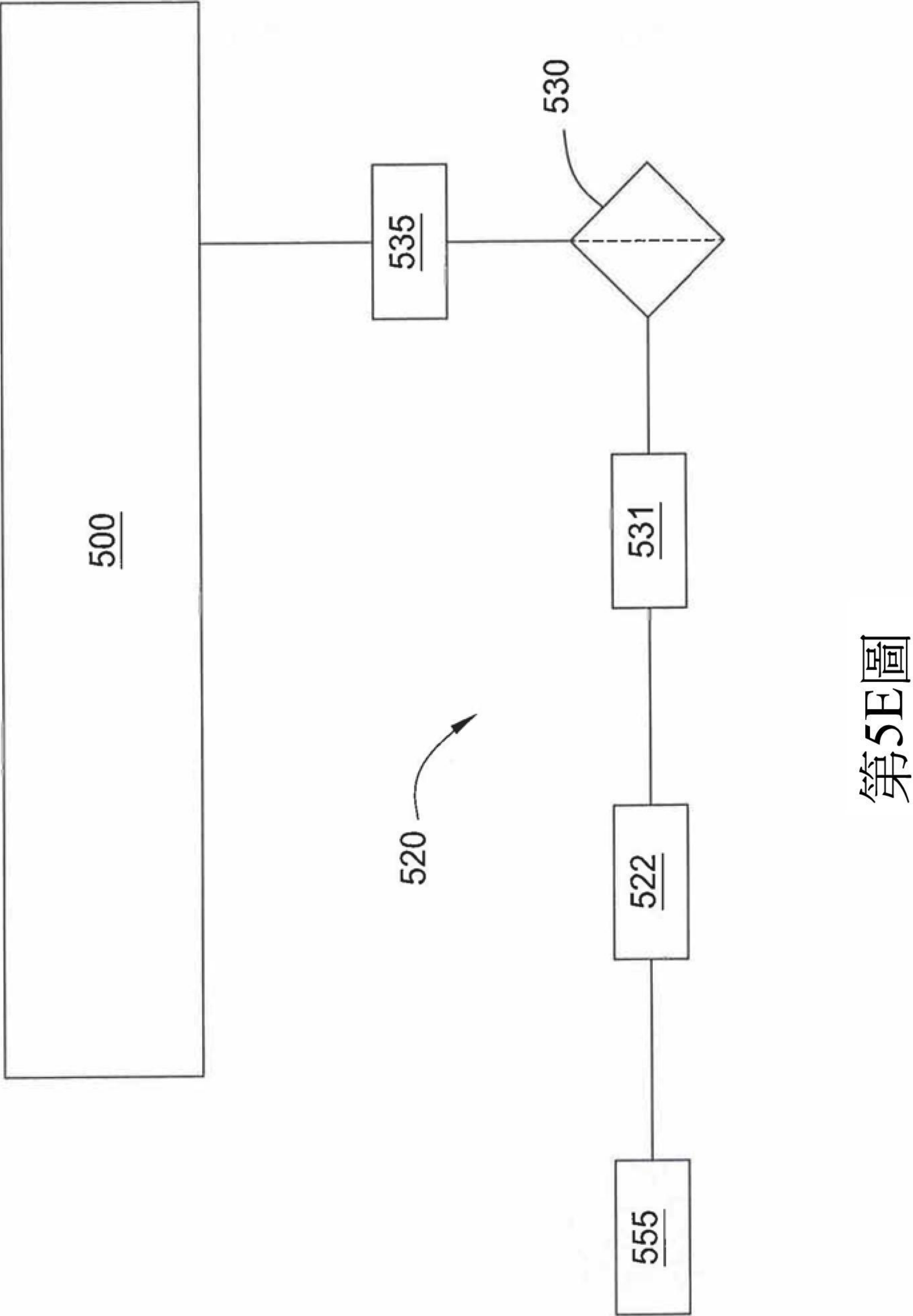
第5B圖



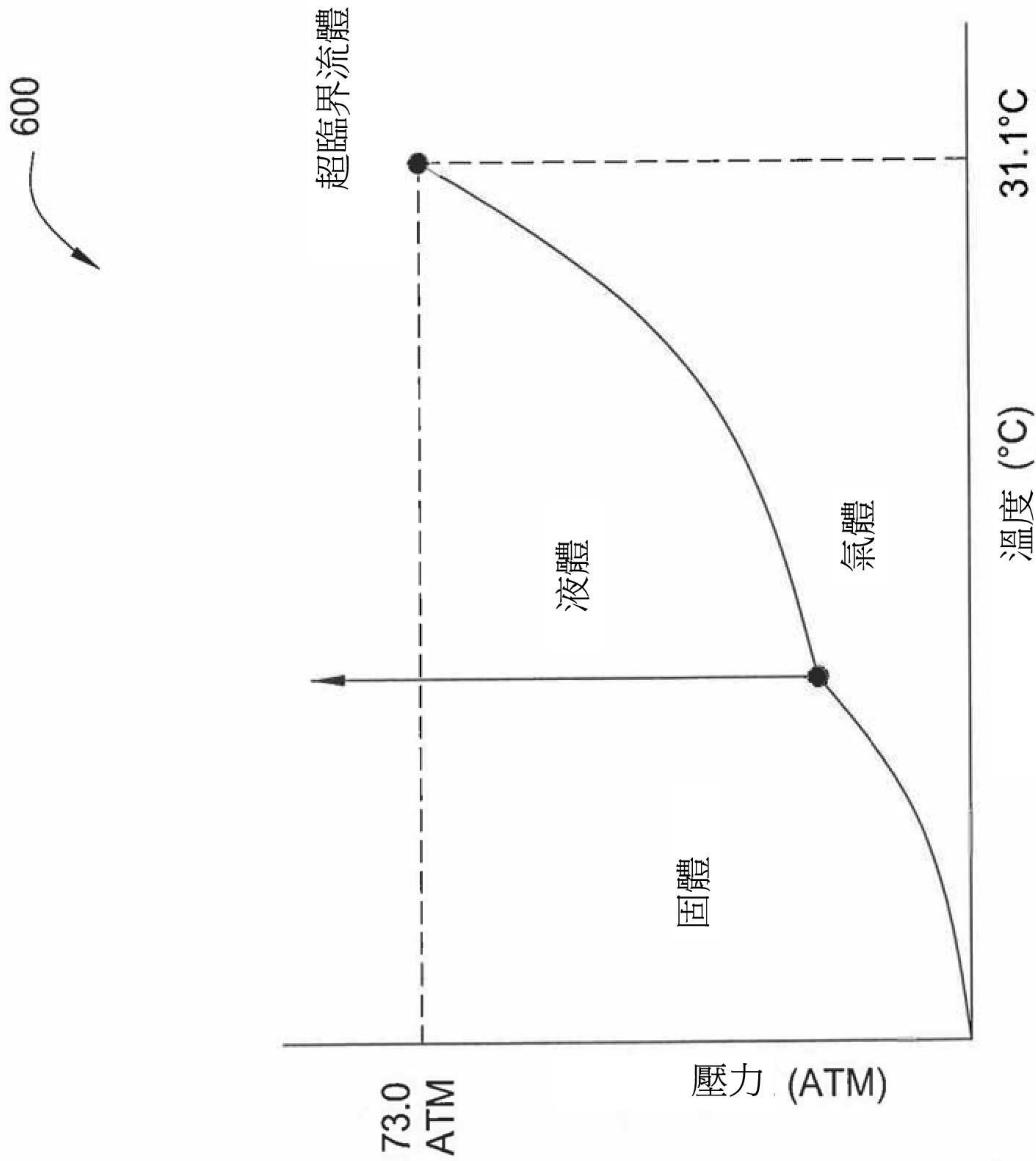
第 10 頁，共 14 頁(發明圖式)

第5D圖

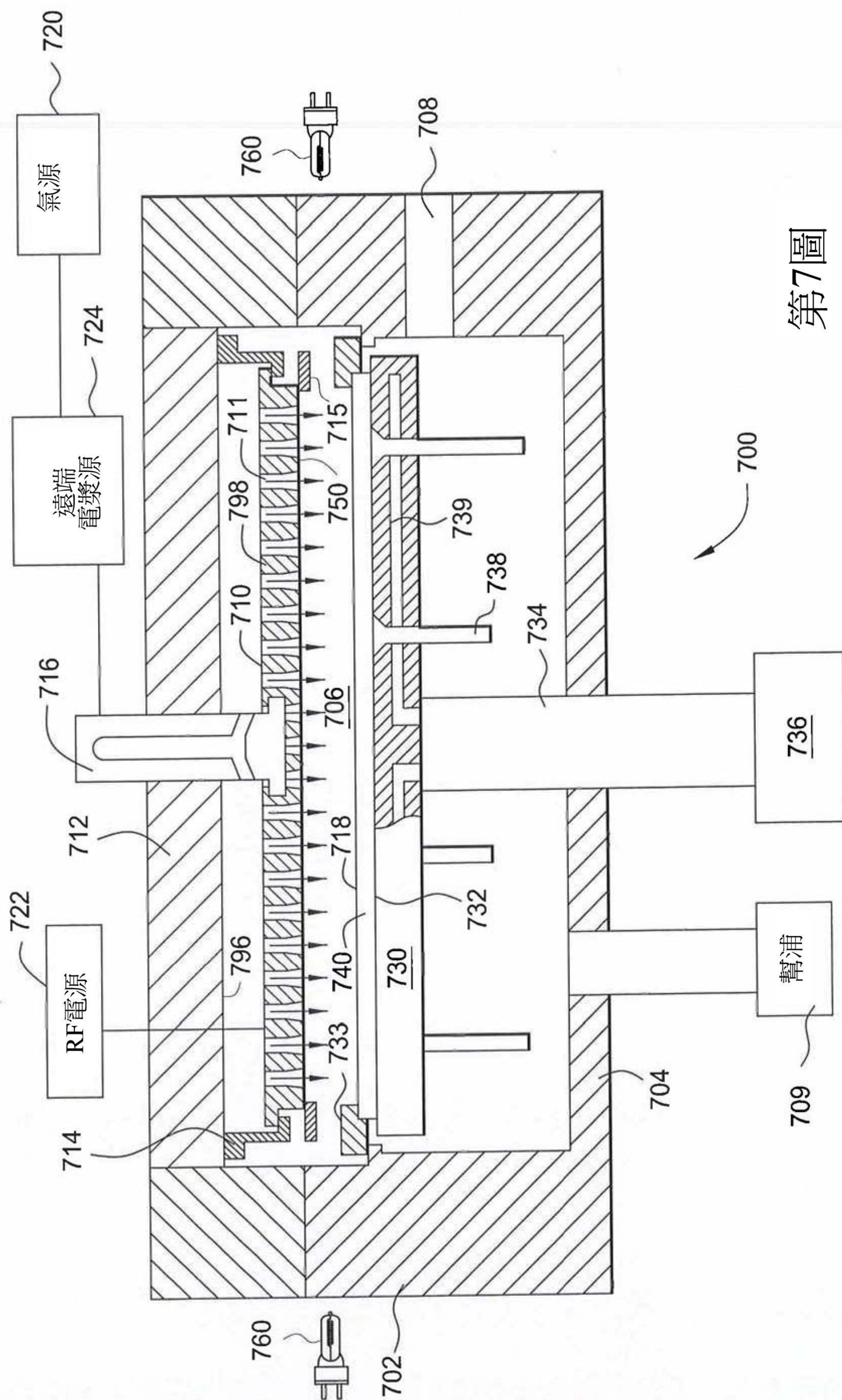
第5C圖



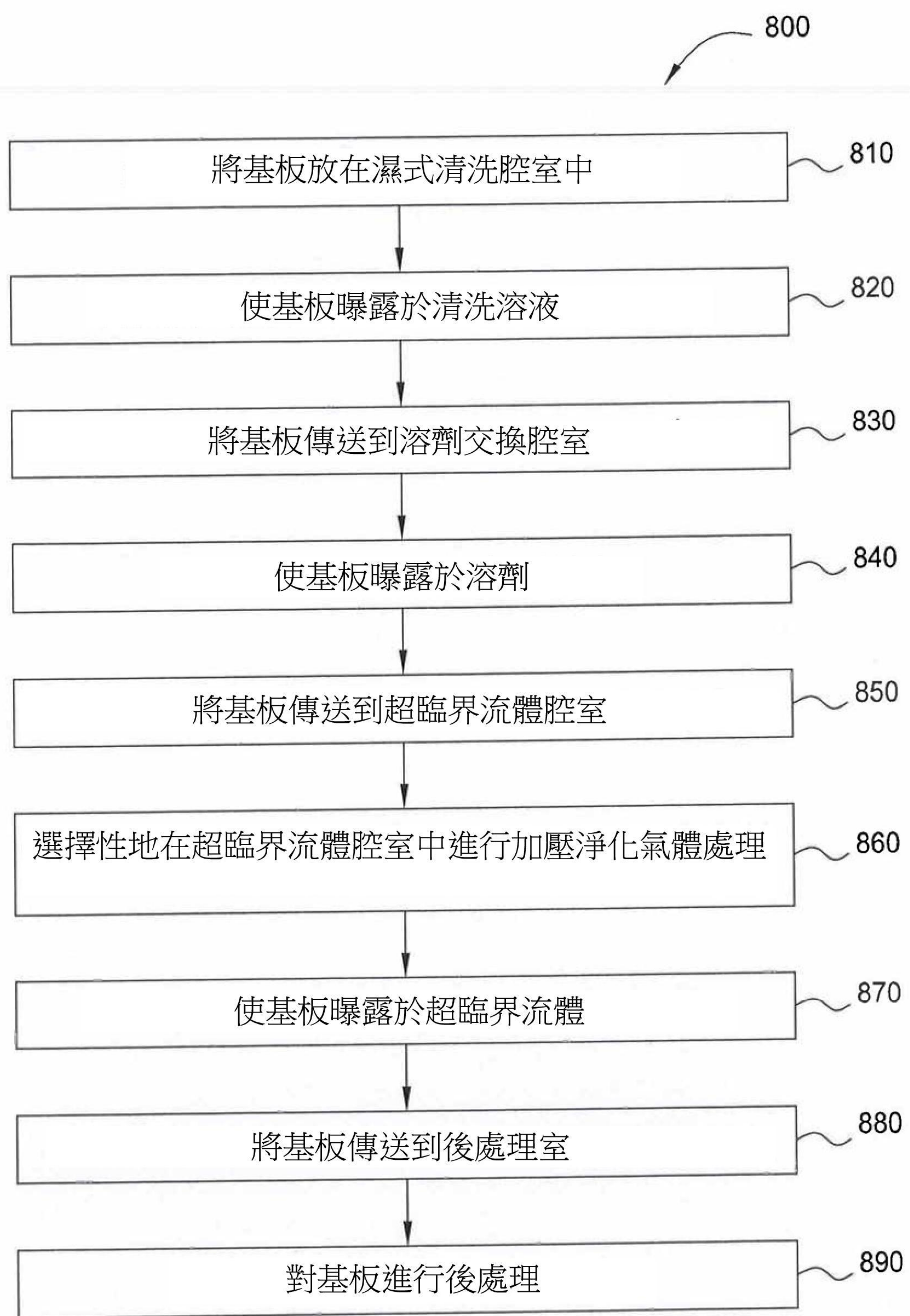
第5E圖



第6圖



圖架



第8圖