



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201029060 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：098135953

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 10 月 23 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/30 (2006.01)* *H01L21/67 (2006.01)*

(30)優先權：2008/10/30 美國 12/262,094

(71)申請人：蘭姆研究公司 (美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)
美國

(72)發明人：彭 葛倫特 PENG, GRANT (US)；梅 世禮 MUI, DAVID (US)；龔世中 KON,
SHIH CHUNG (TW)

(74)代理人：許峻榮

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：32 項 圖式數：9 共 52 頁

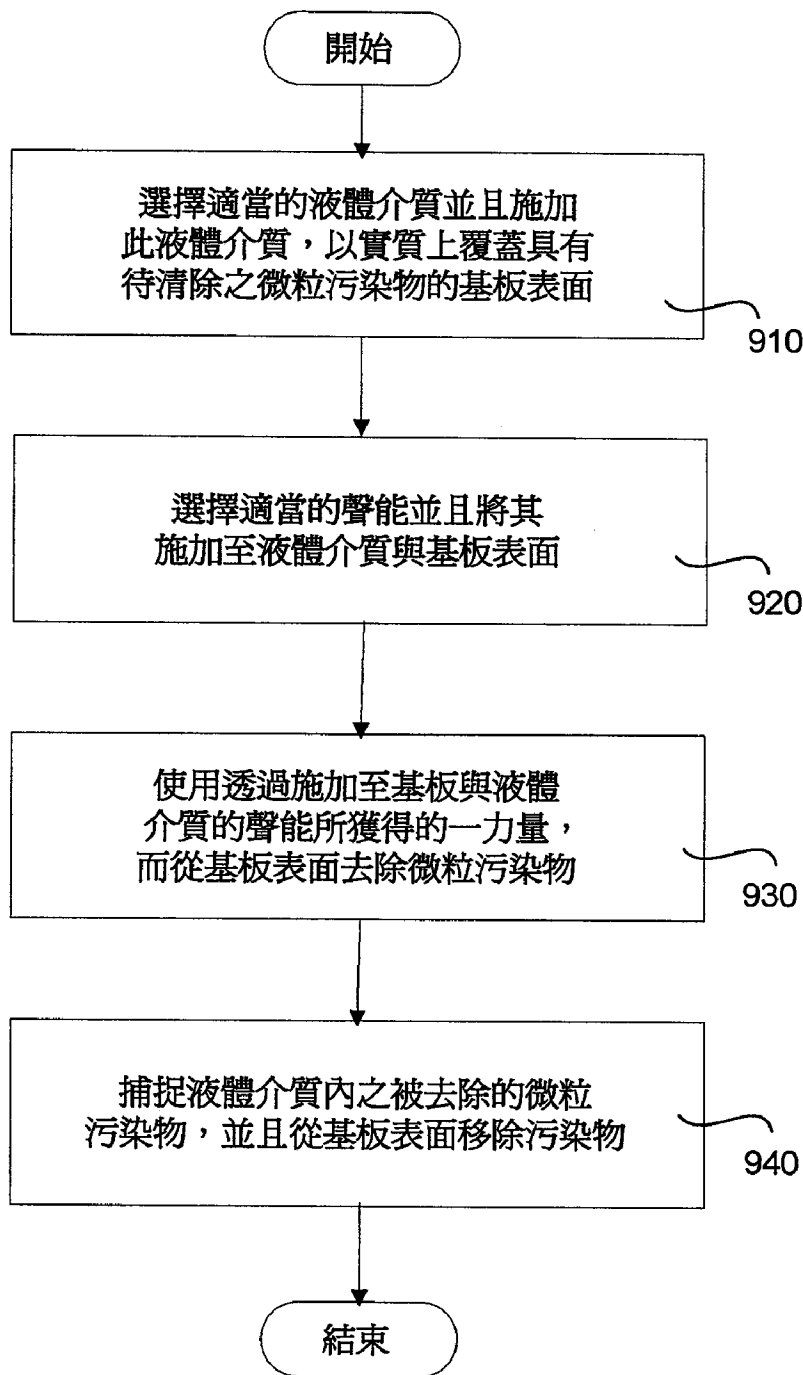
(54)名稱

半導體晶圓製程用之聲音輔助單晶圓乾式清洗

ACOUSTIC ASSISTED SINGLE WAFER WET CLEAN FOR SEMICONDUCTOR WAFER PROCESS

(57)摘要

本發明係關於一種清洗基板的方法，其包含將一液體介質施加至一基板的表面，以使該液體介質實質上覆蓋受清洗之該基板的一部分。一個以上的轉換器(transducer)可用以產生聲能(acoustic energy)。將所產生的聲能施加至基板與液體介質彎液面，以使施加至液體介質的聲能可防止液體介質內之空泡現象(cavitation)。施加至基板的聲能可對通入到液體介質內的聲波提供最大聲波位移(maximum acoustic wave displacement)。引入基板與液體介質內的聲能能夠從基板的表面去除微粒污染物。將被去除的微粒污染物包埋在液體介質內，並且藉由液體介質而將其帶離基板的表面。



910：選擇適當的液體介質並且施加此液體介質，以實質上覆蓋具有待清除之微粒污染物的基板表面

920：選擇適當的聲能並且將其施加至液體介質與基板表面

930：使用透過施加至基板與液體介質的聲能所獲得的一力量，而從基板表面去除微粒污染物

940：捕捉液體介質內之被去除的微粒污染物，並且從基板表面移除污染物



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201029060 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：098135953

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 10 月 23 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/30 (2006.01)* *H01L21/67 (2006.01)*

(30)優先權：2008/10/30 美國 12/262,094

(71)申請人：蘭姆研究公司 (美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)
美國

(72)發明人：彭 葛倫特 PENG, GRANT (US)；梅 世禮 MUI, DAVID (US)；龔世中 KON,
SHIH CHUNG (TW)

(74)代理人：許峻榮

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：32 項 圖式數：9 共 52 頁

(54)名稱

半導體晶圓製程用之聲音輔助單晶圓乾式清洗

ACOUSTIC ASSISTED SINGLE WAFER WET CLEAN FOR SEMICONDUCTOR WAFER PROCESS

(57)摘要

本發明係關於一種清洗基板的方法，其包含將一液體介質施加至一基板的表面，以使該液體介質實質上覆蓋受清洗之該基板的一部分。一個以上的轉換器(transducer)可用以產生聲能(acoustic energy)。將所產生的聲能施加至基板與液體介質彎液面，以使施加至液體介質的聲能可防止液體介質內之空泡現象(cavitation)。施加至基板的聲能可對通入到液體介質內的聲波提供最大聲波位移(maximum acoustic wave displacement)。引入基板與液體介質內的聲能能夠從基板的表面去除微粒污染物。將被去除的微粒污染物包埋在液體介質內，並且藉由液體介質而將其帶離基板的表面。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明大體而言係關於半導體基板的清洗，並且尤其係關於一種在製造程序之後用以清洗半導體基板的方法與設備。

【先前技術】

在半導體晶片製造程序中，吾人熟知在已執行製造操作而在基板的表面上留下多餘殘留物之情況下需要清洗並乾燥基板。此種製造操作的範例包含電漿蝕刻(例如，銅雙重金屬鑲嵌應用的介層孔(via)蝕刻與溝渠(trench)蝕刻)以及化學機械研磨(CMP，chemical mechanical polishing)。各種清洗製程已被用於在各製造操作之後從基板表面移除多餘的殘留物。其中某些用於從基板表面移除多餘殘留物的清洗製程涉及透過傳播聲能實質上覆蓋基板表面之液體介質、及使用聲能而從基板表面移除微粒。

在聲能清洗製程期間所使用的典型液體介質包含去離子水(DIW，deionized water)或數種基板清洗化學品的任何其中一者以上及其組合，例如溶於 DIW 的稀釋氫氧化銨/過氧化氫溶液。透過液體介質的聲能傳播主要係透過空泡現象、微流(microstreaming)、以及當化學品被使用作為液體介質時的化學反應增強而實現清洗。空泡現象係來自液體介質內之溶解氣體的微氣泡在音波攪拌作用下的快速形成與崩潰。在發生崩潰時，氣泡會釋放出能量。來自崩潰氣泡的能量可透過破壞能使微粒附著於基板的各附著力而輔助微粒的移除。聲音微流(acoustic microstreaming)係由來自透過液體介質之聲波傳播在超高音波振動下的速度梯度所引起的流體運動。聲能可提供活化能而促進液體介質內之化學反應。

當形成在基板表面上之特徵部的臨界尺寸持續降低時，會增加具有可與特徵部臨界尺寸比擬之尺寸的次微米微粒的數量。由於次微米微粒的臨界尺寸，使用低頻超音波能(ultrasonic energy)的清洗技術不再能有效地從特徵部附近移除次微米微粒。因此，

合成裝置的可靠度與良率會因為使用超音波清洗的製造操作而實質上被降低。

為了克服超音波清洗的無效，超高音波能(megasonic energy)被廣泛使用在半導體製造操作中，以清洗一批晶圓或單一晶圓。利用超高音波清洗的主要微粒移除機構係透過空泡現象以及聲音微流。超高音波轉換器可用以在浸入有基板或基板批次之清洗槽內之液體介質中產生聲壓波(sonic pressure waves)。多餘的微粒會影響空泡現象以及微流。雖然用於超高音波清洗的聲能可有效的從基板表面移除多餘的微粒，但用以提供空泡現象之聲能的量值會對附近沉積有次微米微粒污染物之特徵部造成損傷。對特徵部所造成的損傷會引起相關的裝置失效，因此降低從基板所獲得之裝置的整體良率與可靠度。

尋找一種施加聲能以從基板表面有效移除次微米微粒污染物而不損傷形成在基板表面上之特徵部的方法係有利的。

此說明於產生本發明之實施例的上下文中。

【發明內容】

廣泛來說，本發明可藉由提供一清洗工具，其能夠以受控制且有效的方式來操縱聲能的施加並且增強對於基板表面的清洗化學作用，而滿足這些需求。吾人應明白可以許多方式來實現本發明，包含例如製程、設備、或系統。以下說明本發明的數個發明實施例。

在一實施例中，提出一種從半導體基板表面清除微粒污染物的方法。此方法包含將液體介質施加至半導體基板的表面。聲能被施加至半導體，俾能使半導體基板產生振動。半導體基板的振動可將聲能傳遞至液體介質，俾能將聲波速度引入施加至基板表面的液體介質內。調整施加至液體介質的聲能，俾能使其不會在液體介質內引起空泡現象。施加至基板與液體介質的聲能可提供能夠從基板表面去除微粒污染物的力量。選擇液體介質，以使液體介質的化學結構能夠至少部分地與被去除的微粒污染物產生連

接或交互作用。液體介質與被去除的微粒污染物被帶離基板而留下實質上乾淨的基板。

在另一實施例中，提出一種清洗基板的設備，其包含第一外槽，此外槽具有由底部以及自此底部延伸之一個以上側壁所界定的空腔。第一槽更包含相對於底部的開口，並且用以將第一液體介質的量保持在於其內所界定的空腔內。此設備更包含配置在第一外槽內的第二內槽，以使包圍第二內槽的空腔被界定在第一外槽內。第一外槽的空腔可容納第一液體介質。又，第二內槽可包含由底部以及自此底部延伸之一個以上側壁所界定的空腔、以及相對於底部的開口。第二內槽可用以將第二液體介質的量保持在於其內所界定的空腔內，並且用以容納基板並將基板浸入包含在空腔內的第二液體介質內。亦設置承載機構，以支撐基板並將基板完全浸入第二液體介質內。在第一外槽的底部設置用以產生聲能的轉換器。由轉換器所產生的聲能被施加至位於第二內槽內的基板與第二液體介質。選擇施加至第二液體介質的聲能，俾能在第二液體介質內防止空泡現象，並且將聲波速度引入第二液體介質內。選擇施加至基板的聲能，俾能對引入到第二液體介質內的聲波實現最大波位移。聲能可使基板與液體介質一同作用而基板的表面去除微粒污染物，然後微粒污染物可至少部分地與第二液體介質產生連接或交互作用，並且被第二液體介質帶離。

在另一實施例中，提出一種清洗基板的設備，其包含處理室，此處理室具有用以在處理室內支撐並運送基板的承載機構。基板在其表面上包含需待移除的複數個微粒污染物。處理室包含至少一配送頭組件以及一沖洗頭組件。配送頭組件可透過一入口導管而將液體介質以彎液面形式供應至基板表面。沖洗頭組件設有：至少一入口導管，用以供應沖洗化學品而沖洗基板的表面；以及至少一出口導管，用以從基板的表面移除液體介質以及沖洗化學品。沖洗頭亦設有一個以上的轉換器，以將聲能(AE, acoustic energy)供應到基板以及供應到施加至基板表面的液體介質彎液面。聲能可使承載機構所支撐的基板產生振動。基板的振動被傳

輸至液體介質，俾能將聲波速度引入液體介質內。選擇施加至液體介質的聲能，俾能在液體介質內防止空泡現象。施加至液體介質與基板的合併聲能可使基板與液體介質同步在微粒污染物上作用，而使微粒污染物實質上從基板的表面鬆脫。鬆脫的微粒污染物至少部分地與液體介質產生連接或交互作用，並且被液體介質的速度帶離。

本發明具有許多優點。施加在基板與液體介質其中每一的聲能可同步作用而順利地使微粒污染物從基板表面鬆脫。謹慎選擇施加至基板表面之聲能的數量可確保實質上良好維持形成在污染物附近之特徵部的特性。因此，由於有效的基板清洗以及實質上較低的污染程度，所以吾人可達到增加的良率。又，施加至基板表面之液體介質的化學結構可防止微粒污染物的再沉積，而液體介質的迅速移除可確保液體介質不會附著於基板的表面。就位於基板與液體介質的聲能同步施加而言，可達到有效的基板清洗而避免例如特徵部損傷的常見問題，因為不受控制的空泡現象以及微流，所以這些常見問題係習知超音波施加所與生俱來的。

吾人可從以下與隨附圖式相結合的詳細說明而明白本發明的其他實施樣態與優點，這些隨附圖式係以範例方式來說明本發明的原理。

【實施方式】

揭露一種關於用以清洗及/或乾燥基板之方法與裝置的發明。在以下說明中，為了提供對本發明的整體瞭解而提出許多具體細節。然而，本技術領域中具有通常知識者可瞭解在不具某些或所有這些具體細節的情況下，仍可實施本發明。在其他情況下，為了不使本發明產生不必要的混淆，將不對熟知的製程操作進行詳述。

圖 1A 與 1B 顯示基板處理系統的一實施例。在此實施例中，係使用浸漬槽處理基板。吾人應明白圖 1A 與 1B 所示的基板處理系統為示範性，以及可利用任何其他能使用浸漬槽來清洗基板的

合適結構類型。圖 1A 與 1B 顯示在本發明之一實施例中之浸漬槽系統的側視與俯視圖。如同顯示，此系統包含具有由一底部以及自此底部延伸的一個以上側壁所形成之空腔的第一外槽。通往此空腔的一開口被形成於此底部對面。此空腔用以容納第一液體介質。第二內槽被配置在第一外槽內，以在第一外槽內界定包圍第二內槽的空腔。第一外槽內的空腔可容納第一液體介質。第二內槽包含由底部以及自此底部延伸之一個以上側壁所界定的空腔。設置相對於此底部的一開口，透過此開口，基板可被引入至第二內槽的空腔內。第二內槽用以容納在空腔內的第二液體介質。包含一承載機構，以支撐基板並且將基板浸入位於第二內槽內的第二液體介質中。在一實施例中，一轉換器 T1 被設置在第一外槽的底部，並且用以將聲能(acoustic energy)導引至容納在第二內槽內的第二液體介質。此聲能透過位於第一外槽內的第一液體介質而施加至第二液體介質。第一液體介質可作為耦合體並且將聲能從耦合至第一外槽的轉換器傳到位於第二內槽內的第二液體介質。如在本申請案中所使用的耦合體被界定為使用在轉換器與介質之間而允許或改善到此介質內之超音波能傳輸的一物質(通常為液體)。在此實施例中，此介質為第二液體介質。施加至第二液體介質的聲能被傳到浸入於第二液體介質內的基板，俾能使基板產生振動。在此實施例中，第二液體介質可作為用以將聲能轉移至基板的耦合體。

在本發明之另一實施例中，使用兩個以上的轉換器 T1、T2 等等，而透過使用合適耦合體的介面，將聲能提供至基板以及第二內槽之空腔內所容納的第二液體介質。來自兩個以上轉換器的聲能被同步供應，俾能使用聲能而令基板與第二液體介質一同作用，而破壞使微粒污染物附著於基板表面的附著力，藉以使微粒污染物從基板的表面鬆脫。選擇施加至液體介質的聲能，俾能預防液體介質內的空泡現象(cavitation)。形成在基板上的其中若干特徵部會在由溶解氣體於空泡現象期間所形成的微氣泡產生崩潰時損傷。於是，吾人必須將空泡現象所引起的損傷降至最低。因此，

選擇聲能，俾能藉由免除液體介質內的空泡現象，而避免形成在基板上的特徵部遭受此種損傷。施加至基板與第二液體介質其中每一者的聲能實質上小於在習知超音波(megasonic)清洗製程期間直接施加至液體介質的單一高頻聲能。然而，合併的聲能可提供足夠的能量，以崩潰使微粒污染物(污染物)與基板表面結合的附著力，並且順利促進從基板表面移除微粒污染物，而不損傷靠近基板表面上之污染物的特徵部。

在一實施例中，第一液體介質以及第二液體介質相同。在此實施例中，第二內槽包含：一入口(未顯示)，用以將清洗第二液體介質從一儲槽(未顯示)補充到第二內槽的空腔內；以及一出口(未顯示)，用以在清洗製程期間迅速移除第二液體介質以及微粒污染物。從第二內槽迅速移除污染物與液體介質，可預防污染物或液體介質對基板表面的再附著(re-adhesion)。又，第二液體介質的化學結構可確保預防污染物的再附著。第二內槽的出口可連接至第一外槽的入口，透過此出口，第二液體介質與微粒污染物會被接收到第一外槽內。除了此入口以外，第一外槽尚可包含連接至一外部儲槽的第二入口，第一外槽可從第二入口將第一液體介質接收到空腔內。第一外槽中的一出口(未顯示)可用以移除第一外槽內的第一與第二液體介質，俾能在清洗製程期間，使額外的第一與第二液體介質可分別從對應的外部儲槽(未顯示)以及第二內槽加以接收。

在另一實施例中，第一液體介質以及第二液體介質不同。在一實施例中，第一液體介質可為去離子水(DIW, de-ionized water)，第二液體介質則可根據污染物的尺寸與組成而加以選擇。分析污染物並且選擇第二液體介質，以使第二液體介質的化學結構至少部分地與在清洗製程期間從基板表面鬆脫的污染物產生連接或交互作用。在一實施例中，選擇聚合物液體介質作為第二液體介質。此聚合物液體介質可包含由長聚合物鏈所構成的化學結構並且具有高黏滯性，此長聚合物鏈可至少部分地與微粒污染物產生連接或交互作用。由於聚合物液體介質的黏度，所以此液體

介質必須在清洗製程之後從基板表面被移除，以防止此液體介質附著於基板表面。關於聚合物液體介質之化學結構的更多資訊，吾人可參考美國專利申請案第 12/131,654 號，其標題為「Materials for Particle Removal by Single-Phase and Two-phase Media」，其申請日為 2008 年 6 月 2 日。在一實施例中，根據分析，為了清洗基板表面而選擇的聚合物液體介質可為部分水解聚丙烯醯胺(partially hydrolyzed polyacrylamide)。

經過合併而施加至基板以及第二液體介質的聲能可在液體-污染物-基板介面中產生不平衡壓力波(unbalanced pressure wave)，其可透過第二液體介質而將一力量施加在污染物上，以破壞使污染物與基板表面結合的附著力，施加在污染物上的力量可順利使污染物從基板表面鬆脫。一旦從基板表面鬆脫之後，污染物會至少部分地產生連接或交互作用，並且被迅速地包埋在第二液體介質中。在進行順利的清洗製程時，被捕集的污染物可與第二液體介質一同迅速地從第二內槽移除，並且為了後續的基板清洗製程，可將乾淨的第二液體介質補充到第二內槽內。雖然這些實施例係就單一基板的清洗來進行詳細討論，但這些實施例可延伸來清洗一批基板。在此種情況下，承載機構可用以提供在清洗製程期間用來容納、支撐該批基板以及使其透過空腔而浸入第二液體介質的位置，此空腔係足夠寬以容納該批基板。

吾人應注意到與施加至基板以及第二液體介質之聲能相關聯的頻率，可根據污染物的尺寸與組成以及污染物-基板表面介面的類型而加以調整。當污染物較小或較輕時，則可施加較高頻率的聲能。就本發明當前的實施例而言，吾人可藉由微調施加至基板與液體介質中每一者之聲能的頻率，俾能使合併的能量幫助污染物從基板鬆脫而不損傷形成在基板上的特徵部，進而克服對位在基板表面上之特徵部的損傷。

圖 2A 顯示本發明之另一實施例，其中頭組件用以施加聲能而清洗基板 100 的表面。圖 2A 顯示使用配送頭 106a 之系統的側視圖，此配送頭可將液體介質以彎液面形式施加至基板表面。在此

實施例中，設置配送頭 106a，以在基板 100 的上表面上施加液體介質的彎液面。沖洗頭 106c 可被設置以進行基板 100 之表面的後續沖洗與乾燥。在一實施例中，當頭被置放於可使頭與基板 100 的表面隔開但兩者仍相靠近之方位時，配送頭及沖洗頭即為近接頭。在一實施例中，極接近之距離為約 0.1 mm 至約 3 mm，並且較佳係介於約 0.3-1 mm 之間。圖 2A 所示的配送頭組件 106a 為示範性，並且可利用任何其他使用聲能來清洗基板的合適構造類型。又，設置圖 2A 之配送頭 106a 與沖洗頭 106c 的幾何形狀，以使其覆蓋基板 100 之表面的一部分。在一實施例中，配送頭與沖洗頭係固定式，而基板可沿著一軸移動。在一實施例中，基板被載具所容納、支撐，並且藉由此載具而沿著一軸進行線性移動，俾能使基板的表面在清洗製程期間實質上曝露於液體介質，以及在沖洗與乾燥製程期間實質上曝露於一液體或一液體化學品，例如沖洗化學品。在另一實施例中，旋轉頭可用以配送液體介質並且將聲能施加至基板與液體介質。在此實施例中，基板被固定在例如夾盤的載具上，並且繞著一軸而進行旋轉，俾能使基板的表面實質上曝露於分別由配送頭以及沖洗頭所供應的液體介質以及沖洗化學品。亦可改變基板 100 的尺寸與形狀，並且配送頭 106a 與沖洗頭 106c 可被適當設置，以實質上清洗基板 100 的表面。在另一實施例中，配送頭與沖洗頭可為移動式，而基板可為固定式或可相對於配送頭及沖洗頭的運動而進行移動。

謹慎選擇液體介質，俾能使化學結構可至少部分地產生連接或交互作用，藉以在微粒瓦解離開基板表面時，進行快速的微粒捕捉。液體介質係由長聚合物鏈所構成的黏滯性液體。液體介質被配送頭 106a 所施加，以使液體介質的薄彎液面被施加至曝露於配送頭之基板表面的一部分。液體介質之薄彎液面的厚度可為約 0.1 mm 至約 2 mm，最佳厚度為約 0.5 mm。

清洗製程起始於當基板藉由載具(未顯示)而移動到配送頭 106a 下方時施加液體介質的彎液面至基板表面。載具可為任何習知的載具，其可容納、支撐基板並且使此基板沿著一軸進行移動。

在以彎液面形式施加液體介質時，基板被移動到沖洗頭 106c 的下方，其中一個以上的轉換器 T1、T2 可用以將聲能施加至基板與液體介質。沖洗頭 106c 內的一個以上入口導管 106c-1 可用以在清洗操作之後將沖洗化學品引入到基板，以沖洗基板的表面。沖洗頭內的一個以上出口導管可用以迅速移除施加至基板的液體介質與沖洗化學品。液體介質從其被配送頭 106a 引入開始即留在基板的表面上直到被沖洗頭 106c 移除為止。在清洗製程期間，液體介質留在基板表面上的時間係取決於配送頭與沖洗頭之間的距離，並且依據基板的移動速度。若「d」為配送頭與沖洗頭之間的距離，而「w」為基板的相對速度，於是在清洗製程期間，液體介質在基板表面上的停滯時間可被描述成一函數 $fn(w,d)$ 。吾人可藉由調整配送頭與沖洗頭之間的距離「d」並且調整基板速度「w」，而調整液體介質的停滯時間，俾能達成基板表面的最佳清洗。

沖洗頭 106c 包含一個以上的轉換器，其用以將聲能施加至基板與液體介質。以下將參考圖 2B 而詳細說明對基板與液體介質的聲能施加。圖 2B 顯示用於清洗基板之清洗系統的部分展開圖。在將液體介質以彎液面 116 之方式施加至基板的表面時，基板被移動到沖洗頭 106c 的下方。液體介質彎液面 116 在輸送點上實質為液體，而其黏度可在其離開輸送點時改變。當液體介質為黏滯性時，液體介質的彎液面 116 必須被移除，以防止液體介質附著於基板的表面。沖洗頭內的一出口導管可從基板表面迅速移除液體介質。雖然在圖 2B 中顯示一出口導管，但吾人應瞭解沖洗頭可包含複數個出口導管，以協助從基板表面迅速移除液體介質。沖洗頭 106c 亦包含一入口導管以引入液體或液體化學品，例如沖洗化學品，而在清洗製程之後沖洗基板的表面。

沖洗頭內的一轉換器，T1 406，用以將聲能引入到基板與液體介質。轉換器 T1 包含轉換器本體 406b 以及連接至電源 408 的壓電元件 406a。電源 408 可為任何類型的電源，例如無線射頻電源。轉換器 T1 係位於靠近沖洗頭的下表面(其面向基板的上表面)，以使轉換器所產生的聲能可被傳遞而在強度上實質不損失。

轉換器本體 406b 透過壓電元件 406a 而接收來自電源 408 的電力並且將電力轉換成聲能，如圓圈 1 所示。然後聲能被傳輸至由沖洗頭 106c 以彎液面形式所供應的沖洗化學品，如圓圈 2 所示。吾人可由朝向基板的傳輸箭頭以及圓圈 3 觀察到，沖洗化學品可作為耦合體並且將聲能傳輸至基板 100。基板透過沖洗化學品彎液面而接收來自轉換器 T1 的聲能並且開始振動。由於液體介質的黏滯性質，所以當施加在靠近配送頭下方的輸送點時可完成較佳的聲能施加。位於基板上以及液體介質內的施加聲能可同步作用於從基板表面鬆脫微粒污染物。鬆脫的污染物至少部分地與液體介質產生連接或交互作用，並且透過出口導管而被迅速地移除。施加至基板表面與液體介質的聲能可根據污染物結構、尺寸以及基板-污染物界面的類型而進行微調。

在一實施例中，轉換器 T1 具有覆蓋沖洗頭 106c 的長度之線性設計。在此實施例中，沖洗頭 106c 包含用以供應沖洗化學品的一入口導管以及用以在清洗製程之後移除沖洗化學品與液體介質的一出口導管。轉換器 T1 可用以實質上覆蓋沖洗頭 106c 的長度而不覆蓋入口導管或出口導管。轉換器 T1 可用以將均勻的聲能提供至基板與液體介質。

圖 2C 顯示一實施例，其中沖洗頭 106c 包含複數個轉換器 T1、T1a、T1b、T1c、T2、T2a、T2b、T2c 等等。多重轉換器 T1、T1a、T1b、T1c、T2、T3、T4 等等，可用以將聲能均勻施加至液體介質以及整個基板 100。沖洗頭 106c 包含複數個用以供應沖洗化學品的入口導管 106c-1 以及複數個用以從基板 100 之表面移除液體介質與沖洗化學品的出口導管 106c-2。出口導管 106c-2 可連接至真空端口，俾能在清洗操作期間施加真空，而從基板表面移除液體介質、微粒污染物以及沖洗化學品。在此實施例中，複數個轉換器係呈線性排列而覆蓋沖洗頭 106c 的表面，以使聲能的施加面積覆蓋曝露於沖洗頭 106c 的整個基板部分。再者，將轉換器配置在沖洗頭內，以使轉換器的位置不會覆蓋入口或出口導管任何其中之一。在一實施例中，複數個轉換器可以單頻模式進行操

作，俾能將均勻的聲能提供至基板與液體介質。

在一替代實施例中，複數個轉換器 T1、T1a、T1b、T1c、T2、T2a 等等，可以多頻模式進行操作而增加施加至基板與液體介質之聲能的均勻性，並因此增加清洗效率。可微調由複數個轉換器所產生的聲能，以進一步確保對基板與液體介質的均勻聲能施加。例如，其中若干轉換器(聲音調節器(acoustic actuators))可用以在一特定頻率下作用，而其他轉換器可用以在不同頻率下作用。轉換器的頻率可透過壓電元件的感測器而加以控制。或者，壓電元件的感測器皆可用以在數個頻率下同時作用或在任何兩頻率的組合下作用。

圖 2D 顯示在本發明之一替代實施例中，用以罩住複數個轉換器之沖洗頭 106c 的簡化方塊圖。在此實施例中，以每一轉換器之聲能施加面積與另一相互重疊的方式來排列複數個轉換器，俾能使曝露於沖洗頭的整個基板表面部分接收來自複數個轉換器的均勻聲能。

在一替代實施例中，除了第一沖洗頭 106c 以外，第二沖洗頭 106b 可被設置在基板 100 的下側，如圖 2E 所示。如同顯示，第二沖洗頭 106b 包含用以提供耦合體(例如沖洗化學品)之彎液面 116 的一入口導管以及用以將附加聲能提供至耦合體的一組轉換器 T3、T4 等等。在此實施例中，耦合體為沖洗化學品。耦合體可作為用以從基板下側將來自轉換器 T3 及 T4 之聲能傳輸至基板 100 的介質。配送頭 106a 可將液體介質以彎液面形式提供至基板 100 的上表面，而沖洗頭 106c 內的轉換器 T1、T2 等等可從上側將聲能提供至基板 100。同時從上側與下側施加至基板的聲能可用以將聲能施加至液體介質，而使以聲波方式被導入液體介質的聲能不會產生空泡現象。圖 2E 所示之實施例為示範性，並且可使用具有任何構造及任何數量的配送頭、沖洗頭以及轉換器，只要可維持本發明的功能性(functionality)即可。吾人應注意到圖 2A-2E 之沖洗頭的構造與方位為示範性，並且不應視為限制。在一實施例中，僅沖洗頭 106b 可用以從下側將聲能以及沖洗化學品提供至

基板，並且在清洗製程之後移除沖洗化學品以及液體介質。在另一實施例中，沖洗頭 106b 與 106c 可用以將沖洗化學品以及聲能供應至基板的上表面。在另一實施例中，附加的沖洗頭可用以從基板的上表面、下側或兩側供應沖洗化學品及/或聲能。

以就位於沖洗頭內的一個以上轉換器來說明這些實施例。然而，這些實施例為示範性，並且不應視為限制。在本發明之一實施例中，轉換器可配置在配送頭內。在此實施例中，設置轉換器以使其位在用以將液體介質供應至基板 100 的入口導管之後，俾能使由轉換器所產生的聲能被傳輸至液體介質與基板 100。在另一實施例中，轉換器 T1 可被配置在一分離頭上。在此實施例中，具有轉換器 T1 的頭被設置在配送頭之後，俾能使由轉換器 T1 所產生的聲能被施加至基板與液體介質。一任選的沖洗頭可被設置在具有轉換器 T1 的頭之後，俾能使具有被捕捉之微粒的液體介質可實質上從基板表面移除，而留下實質上乾淨的基板 100。

複數個轉換器可用以在清洗製程期間對液體介質與基板 100 產生均勻的聲能。配送頭 106a 可用以透過一個以上的入口導管，而將來自一儲槽(未顯示)的液體介質以彎液面形式輸送至基板，而轉換器被設置於接近沖洗頭與基板的各表面相對之表面，並且未覆蓋入口或出口導管任何其中之一。彎液面 116 實質上覆蓋基板曝露於配送頭 106a 之表面的一部分。

轉換器 T1、T2、T3、T4(406)可從外部電源 408 供電。在一實施例中，外部電源可為無線射頻(RF, radio frequency)電源。來自電源 408 的電力可藉由轉換器 406 而轉換成被施加至基板 100 以及液體介質之彎液面 116 的聲能。吾人應明白轉換器 406 可具有任何能夠進行 RF 至聲能之轉換的合適構造。

在一實施例中，轉換器 406 可塗佈有例如鐵氟龍(Teflon)的物質，以保護轉換器 406 的壓電晶體 406a 以及轉換器本體 406b 免於受到液體介質以及任何其他耦合體彎液面 116 以及污染物(可能存在於受清洗之基板 100 的表面上)的傷害。選擇來自電源 408 的電力，以使施加至液體介質彎液面 116 的聲能不會在彎液面 116

內引起空泡現象。在一實施例中，設置沖洗頭 106b、106c 的入口與出口導管，以使供應沖洗化學品之入口導管的位置可位於轉換器之間，並且不被轉換器所阻擋。用以迅速移除液體介質以及自基板鬆脫之污染物的出口導管，可連接至提供用於移除液體介質之吸力的真空端口(未顯示)。

在一實施例中，藉由迅速移除彎液面，可避免剛從基板鬆脫的污染物產生再附著，並且可防止由於長期曝露於液體介質所引起對特徵部的損傷。液體介質的化學結構可使污染物能更快速地被移除，藉以阻止污染物再附著於基板 100。液體介質的迅速移除亦可防止液體介質由於液體介質的黏度而附著於基板的表面。吾人應注意到可調整液體介質對污染物的曝露時間，以使最佳數量的污染物可從基板 100 的表面移除。設置配送頭 106a 以及沖洗頭 106b、106c，以使施加在基板 100 之表面的彎液面之面積實質上與施加聲能的面積重疊。吾人亦應瞭解可根據此設備的構造以及期望的彎液面尺寸與形狀，而利用任何合適數量的入口導管與出口導管。

在聲能存在時，吸附於基板上之作為目標的污染物會因為液體介質與基板的聲音行為(acoustic behavior)差異而遭受到一力量。此力量可從基板去除污染物。被去除的污染物至少部分地與液體介質產生連接或交互作用，並且透過出口導管而與液體介質一同被移除。在一實施例中，選擇轉換器 T1、T2、T3、T4 等等，俾能將相等及均勻的聲能提供至基板與液體介質。即使由轉換器 T1、T2、T3、T4 所施加的聲能為相同時，位在液體介質與基板內的結果聲能亦可能彼此不同。此可歸因於兩介質(基板與液體介質)之固有特性(intrinsic properties)的差異，其可在兩介質內引起不同的聲音行為。在另一實施例中，轉換器 T1 與 T2 所產生的聲能係不同於轉換器 T3、T4 所產生的聲能。

就位於基板與液體介質的合併聲能而言，基板與液體介質可一起作用，以使污染物從基板 100 的表面鬆脫而不損傷特徵部。輸送至介面與微粒之聲能的數量可藉由選擇適當的轉換器並且藉

由改變耦合體(透過此耦合體，聲能可根據阻抗匹配而傳輸至基板與液體介質)而加以控制。多重轉換器的使用可協助控制並維持液體介質內的聲波位移均勻性(acoustic wave displacement uniformity)。聲能的合併亦可實現較小聲能的使用，而對基板與液體介質兩者的聲能施加可提供比傳統超高音波清洗操作(其係將超高音波聲能直接施加至液體介質而使污染物鬆脫)更佳的清洗結果。

施加至表面與液體介質的合併聲能可產生約 10 kHz-10 MHz 頻率的波。謹慎選擇施加至液體介質彎液面的聲能，俾能防止空泡現象，並同時將最佳的聲能提供至彎液面與基板而移除污染物。藉由防止空泡現象，可避免在空泡現象期間由氣泡崩潰所釋放的額外能量。又，施加至基板的聲能可實現導入液體介質內之聲波的最大波位移(maximum wave displacement)，其有助於從基板 100 的表面有效移除污染物而不損傷形成在基板表面上的特徵部。

可選擇設置在配送頭與沖洗頭之轉換器的幾何形狀，而與用以罩住轉換器之對應頭的幾何形狀相稱。如上所述，當前的實施例為示範性，並且可使用任何其他構造以使配送頭 106a 與沖洗頭 106b、106c 等等結合而近接於基板，俾能產生液體介質的彎液面並且以一控制方式將其施加至基板的表面，而在清洗製程期間，可產生適當的聲能並且將其施加至彎液面與基板。

吾人可根據污染物的尺寸、組成以及類型、基板的類型、厚度、寬度以及組成、液體介質的類型、組成以及性質而調整供應至轉換器的電力，進而調整轉換器所產生的聲能。又，吾人可根據污染物的性質、類型以及尺寸、基板的類型與組成而選擇液體介質，俾能使第一液體介質的施加不對基板上的特徵部或任何用於清洗製程的部件造成劣化影響。在一實施例中，以彎液面形式施加的第一液體介質可為部分水解聚丙烯醯胺。可使用具有可與污染物鍵結之化學結構的任何適當液體介質，以替代或與部分水解聚丙烯醯胺結合。用以在清洗操作之後沖洗與乾燥基板的沖洗化學品可為去離子水(DIW)。此沖洗化學品為示範性，而這些實施

例可使用任何其他沖洗化學品以替代或與去離子水結合。

關於近接頭、近接頭之方位與構造、手臂組件之構造與功能、以及位於近接頭內使用聲能而用於清洗之轉換器的更多資訊，可參考美國專利申請案第 10/611,140 號，其申請日為 2003 年 6 月 30 日，其標題為「METHOD AND APPARATUS FOR CLEANING A SUBSTRATE USING MEGASONIC POWER」，並讓與給本申請案的受讓人。

控制往基板表面的液體介質流率，俾能維持一層彎液面。在一實施例中，通過位於配送頭 106a 內之一入口的液體介質流率可根據配送頭的尺寸而改變，並且可介於約每分鐘 5 ml 或約每小時 0.00177 標準立方英尺(SCFH, standard cubic feet per hour)至約每分鐘 500 ml 或約 1.0549 SCFH，以及最佳流率為約每分鐘 100 ml 或約 0.22 SCFH。又，通過同一配送頭或不同配送頭之一出口的真空流率可依照液體介質的流率而調整，並且維持在介於約每分鐘 100 標準升(SLM, standard liter minute)至約 600 SLM，以及最佳流率為約 500 SLM。

圖 3A 到 3D 顯示本發明之替代實施例，其係使用一旋轉工具機構來清洗基板。如圖 3A 所示，旋轉工具機構包含例如槽池的容器 410，以容納並保持液體介質。容器 410 包含一出口 470，以在清洗製程之後移除液晶介質，俾能使液體介質可補充在容器 410 內。例如夾盤的承載機構 420 可用以容納、支撐基板並且使此基板沿著一軸進行移動。承載機構 420 係連接至一馬達機構 440，其用以提供可使承載機構 420 沿著一軸進行移動的力。基板 100 被支撐在承載機構上，以使在容器內的液體介質薄層可覆蓋基板表面。承載機構 420 更包含轉換器 T1。轉換器 T1 係連接至一電源(未顯示)，並且使用電力來產生施加至基板 100 與液體介質的聲能。在一實施例中，聲能可為聲音(sound)形式。聲音能量(sound energy)被傳輸至基板 100 以及位於基板表面上的液體介質。例如噴嘴的沖洗機構 430 可用以在清洗製程期間將沖洗化學品提供至基板的表面。此沖洗化學品可作為耦合體，以接收轉換器 T1 所產生的聲

能並將其傳輸至液體介質。沖洗機構 430 被固定在可動式手臂上，俾能使此手臂可使用例如噴嘴控制機構的控制機構 450 而進行向上、向下以及向側邊的移動，以使沖洗機構 430 可適當地位於基板的上方，而將均勻的沖洗化學品液面提供至基板 100 的表面。又，沖洗機構 430 係連接至用以供應沖洗化學品的流體供應源 460。在一替代實施例中，轉換器 T1 係位於沖洗機構內，以使其不會阻擋任何用以將液體介質供應至基板表面的入口導管。在此實施例中，沖洗機構 430 不僅連接至流體供應源 460，而且亦連接至一電源，俾能將能量提供至轉換器 T1。

在進行操作時，轉換器係使用來自電源的電力並且將此電力轉換成聲能，例如聲音能量。聲能被傳輸至支撐在承載機構 420 上的基板。施加至基板 100 的部分聲能係以聲波方式傳輸至位於基板表面上的液體介質。吾人應注意到供應至液體介質之聲能的數量可被微調，俾能在液體介質內防止空泡現象。通往基板的聲能可使基板產生振動。在基板與液體介質的合併聲能可為了克服微粒污染物與基板表面之間的附著力而作用，藉以使微粒污染物鬆脫。鬆脫的污染物可與液體介質一同被移除，而產生實質上乾淨的表面。沖洗化學品可用以在清洗製程之後進一步清洗基板表面。

圖 3A 所示之實施例係示範性，並且不應被視為限制。在一實施例中，轉換器 T1 可被用以將均勻聲能提供至基板表面的複數個轉換器所取代。在另一實施例中，複數個轉換器可以多頻模式進行操作，而進一步增加施加至基板的聲能均勻性，以進行有效的清洗。

圖 3B 顯示圖 3A 所示之旋轉工具的替代構造。在此實施例中，轉換器 T1 被設置在可動式手臂 480 上而非承載機構內。可動式手臂 480 可用以進行向上、向下以及向側邊的移動，俾能使轉換器 T1 的位置可被調整，而將均勻的聲能提供至基板與液體介質。可動式手臂 480 係連接至一電源，俾能使轉換器可使用電力而對基板與液體介質提供聲能。在一實施例中，聲能可為聲音能

量形式。沖洗機構 430 可用以將沖洗化學品供應至基板 100，在此基板上施加液體介質的彎液面。在操作期間，來自轉換器 T1 的聲能被施加至沖洗化學品。沖洗化學品可作為耦合體並且將聲能傳輸至液體介質與基板 100。施加至基板 100 與液體介質的聲能可使基板 100 產生振動，並且將聲能導入液體介質。位於基板與液體介質的聲能可一起作用並藉由克服附著力而使微粒從基板鬆脫。鬆脫的微粒可與液體介質一同從基板表面被移除，而留下實質上乾淨的基板。在一替代實施例中，可動式手臂 480 可包含用以將液體介質供應至基板的入口導管。在此實施例中，可設置轉換器 T1，以使轉換器 T1 不會覆蓋用以供應液體介質的入口導管。轉換器 T1 的功能係類似於參考圖 3B 所述的實施例。

圖 3C 顯示在本發明之一實施例中圖 3B 所示之沖洗機構 430 以及具有轉換具 T1 之可動式手臂 480 的操作。在此實施例中，帶有基板 100 的承載機構可使用圖 3B 所示的馬達機構 440 而沿著一軸進行旋轉。沖洗機構 430 起初係位於基板 100 的中心，並且在基板藉由承載機構 420 而繞著此軸進行旋轉時緩慢朝基板 100 的外緣移動。當沖洗機構 430 朝外移動時，離心力會將液體介質與沖洗化學品推向外周緣，藉以從中心向外清洗基板。如圖 3B 所示，具有轉換器 T1 的可動式手臂 480 係位在近接於沖洗機構 430 的中心附近，並且緩慢朝向基板 100 的外周緣移動。來自轉換器 T1 的聲能透過沖洗機構 430 所供應的沖洗化學品而被施加至液體介質與基板 100，並且一同作用而使微粒從基板表面鬆脫。鬆脫的微粒可與液體介質連接，並且可透過作用在基板表面的離心力而從基板表面加以移除。沖洗機構 430 與可動式手臂 480 的位置應被視為示範性，並且亦可考慮其他構造，只要滿足本發明的功能性即可。

圖 3D 顯示旋轉工具機構的一替代實施例。在此實施例中，承載機構 420 不僅可沿著一軸進行旋轉，而且可向上、下移動。此種構造可使容納在承載機構 420 上的基板向上、下移動並且繞著一軸進行旋轉，俾能執行例如清洗與沖洗的不同製造操作，而不

必將基板從一容器移動至另一容器。容器 410 可用以在清洗與沖洗期間提供液體介質出口 470-a 以及沖洗化學品出口 470-b，俾能回收液體介質以及沖洗化學品。出口 470-a 與 470-b 係連接至對應容器，以在清洗與沖洗製程之後分別接收液體介質以及沖洗化學品。為此，承載機構 420 最初將基板 100 設置在位置 1，俾能使液體介質實質上以薄膜方式覆蓋基板的表面。在清洗製程之後，吾人可透過第一出口 470-a 而有效移除液體介質與微粒，並且將其收集在液體介質容器內。然後將承載機構上升至位置 2，其中以來自沖洗機構 430 的沖洗化學品來處理基板 100。在完成沖洗製程時，沖洗化學品可透過出口 470-b 而被移除並且被收集在沖洗化學品容器內。吾人可根據所使用之化學品的類型而回收化學品。如圖 3D 所示，聲能可透過位於承載機構內的轉換器 T1 而供應；或者如圖 3B 所示，其可透過位於可動式手臂 480 內的轉換器 T1 而供應。在基板與液體介質的聲能可一起作用而使微粒從基板的表面鬆脫。鬆脫的微粒至少部分地與液體介質產生連接，並且在清洗製程之後從基板加以移除而留下實質上乾淨的表面。

圖 4A 與 4B 顯示依照本發明之一實施例之比較手倒施加 (handpour application) 對音波施加之結果的微粒移除效率資料表。吾人可在圖 4A 中觀察到，聲能施加的微粒移除效率係實質上高於從手倒施加所獲得的效率。在一實施例中，微粒移除效率 (PRE, particle removal efficiency) 顯示出大約 16-18% 的改善，此可在圖 4B 中被觀察到。

圖 5A 與 5B 顯示在本發明之一實施例中與音波輔助清洗技術以及標準手倒清洗技術相關的後段製程微粒圖像分佈。吾人可觀察到，相較於標準手倒施加，在音波施加方面，每單位面積的污染物數量係實質上較少的。此外，吾人可觀察到相較於標準手倒，使用聲能可在基板表面上相當均勻地移除微粒，並且在經過音波施加之後，微粒圖像並沒有顯示出與基板表面上之污染物分佈相關的非均勻性問題。

圖 6 顯示在本發明之一實施例中與標準手倒施加以及超高音

波聲能施加相關的微粒移除效率(PRE)長條圖。吾人可觀察到，對於具有大於 90 奈米(nm)尺寸的污染物，使用標準手倒施加之液體介質(舉例而言，液體介質化學品，例如部分水解聚丙烯醯胺)的 PRE 可顯示出約 79%的效率。當 5 W/cm^2 的合併聲能被施加至基板表面與液體介質時，如圖所示之音波施加的 PRE 隨著施加至表面的不等聲能功率而變化，並具有所顯示的顯著改善。如同顯示，PRE 可從約 79%效率改善至約 98%效率。然而，吾人應瞭解必須謹慎選擇聲能才能獲得高 PRE，而確保不會將損傷導入形成在基板上的特徵部內。此種損傷可能因為空泡現象所引起。因此，謹慎監督聲能的施加以及適當的液體介質選擇，以實現最佳微粒移除效率，而防止空泡現象並且維持形成在基板上之特徵部的屬性。

圖 7A 到 7C 顯示在本發明之一實施例中與在清洗製程期間以不同功率等級施加之 1 MHz 聲能相關的損傷資料。吾人可觀察到，隨著較高的微粒移除效率(PRE)，與施加至基板之聲能相關的功率等級會大大地決定在基板上所引起的損傷量。如圖 7A 所示，以 5 W/cm^2 之聲能功率施加至基板-液體介質-污染物介面會引起大約 30,000 的損傷，而改善 PRE 約 18%。如圖 7B 所示，以 0.7 W/cm^2 之 AE 功率會引起約 500 的損傷，以及如圖 7C 所示，以 0.3 W/cm^2 之 AE 功率會引起約零的損傷，而仍可改善 PRE 約 5%。吾人可根據期望的 PRE 量而對所引入的 AE 量進行最佳化，而將在基板所引起的損傷量降至最低。

圖 8A 與 8B 顯示在本發明之一實施例中根據聲能施加試驗的微粒移除效率。如同顯示，聲能的引入可改善 PRE，而此改善係取決於原來已可從傳統清洗製程得到的 PRE。如同顯示，在可獲得的較低 PRE 狀態(40%)下，相較於傳統標準手倒清洗製程，施加聲能可改善 PRE 約 10%。在中或高 PRE 狀態(80%與 95%)下，相較於傳統手倒清洗製程，施加聲能可改善 PRE 分別約 4%與 1.5%。隨著特徵部尺寸的持續降低，期望將 PRE 比值改善得更接近 100%，並且適當聲能的選擇與施加可達到期望的 PRE 結果。

示範近接頭與其個別構造以及入口導管與出口導管的型態可

參見美國專利申請案第 10/261,839 號、第 10/404,270 號、以及第 10/330,897 號。因此，吾人可利用任何、某些、或所有在此所述具有用於適當基板清洗與乾燥之任何適當構造的近接頭。此外，近接頭亦可具有任何適當數量或形狀的出口導管以及入口導管。此外，轉換器 406 可將聲能施加至基板，並且將聲能引入至彎液面 116。吾人應明白轉換器 406 可位於沖洗頭 106c 的任何適當區域內，或位於配送頭 106a 的適當區域內等等，只要轉換器 406 能夠將聲波施加至彎液面 116 即可。因此，參考圖 2A 到 2E 以及圖 3，轉換器 406 可將例如超音波及/或超高音波的聲波施加至如上所述的彎液面 116。因此，藉由合適液體介質與聲能的使用，吾人可明智地對基板表面的清洗進行最佳化與增強。

液體介質可根據化學結構與組成而被謹慎選擇。在一實施例中，用以清洗具有特徵部(其用以定義積體電路裝置)之基板的典型液體介質，可包含聚合物，例如聚丙稀醯胺(PAM, polyacrylamide)，其具有大於或等於 500,000 g/mol 的分子量。液體介質被定義成實質上為液相。當吾人將因為施加聲能引起的一力量加諸在覆蓋基板的液體介質上時，在形成於基板表面上的特徵部附近之液體介質產生變形。液體介質被施加在基板的表面上，以從表面移除污染物而實質上不損傷位於表面上的特徵部。在施加液體介質於基板的表面上之前，液體介質實質上不具有研磨顆粒(abrasive particles)。對於使用在基板清洗之液體介質的更多資訊，可參考美國臨時申請案第 61/013950 號，其申請日為 2007 年 12 月 14 日，發明名稱為「MATERIALS AND METHODS FOR PARTICLE REMOVAL BY SINGLE-PHASE AND TWO-PHASE MEDIA」，並讓與給本申請案的受讓人。

在一實施例中，可進行污染物最佳移除而不對特徵部造成損傷的液體介質屬性，包含約每分鐘 5 ml 到約每分鐘 500 ml 的流率，而最佳流率為約每分鐘 100 ml，以及約 0 psi 到約 50 psi 的壓力。基板到近接頭的最佳間隙係介於約 0.3 mm-約 3 mm，以及最佳間隙係介於約 0.5 mm-1 mm。可顯示最佳結果的超高音波聲能

係介於約 10 KHz 到約 10 MHz。在高頻聲能的情況下，施加的機制係透過微流與空泡現象。對於較低頻的聲能而言，施加的機制不同。在低頻時，聲能被耦合至液體介質，當所施加的聲能頻率類似於鬆弛時間(relaxation time)的頻率時，可使液體介質對聲波產生響應。在低頻時可顯示最佳結果的聲能係介於約 1 Hz 到 1 KHz。在一實施例中，聲能的頻率可比擬成液體介質之鬆弛時間的倒數。舉例而言，假使液體介質的鬆弛時間為 1 sec 時，聲能的頻率可為 1 Hz 的階數。

液體介質包含溶劑、以及用以改變液體介質之氫指數(pH, potential of hydrogen)的緩衝劑。緩衝劑與溶劑可形成用以清洗基板的液體介質。聚合物可溶於液體介質溶劑中。結果液體介質可具有小於 1 ppb(parts per billion, 十億分之一)之金屬污染物，而 pH 值係介於約 7 與約 12 之間。可溶性(solubilized)聚合物具有長聚合物鏈，以至少部分地與自基板表面去除的污染物產生連接或交互作用並且順利地對其進行包埋。

以下將參考圖 9 而說明一種使用聲能來清洗基板表面的方法。如操作 910 所述，此方法起始於選擇與施加液體介質，俾能實質上覆蓋基板表面的一部分。液體介質可以液體彎液面形式被提供或被提供在具有一空腔的槽體內，基板可浸漬到此空腔內，俾能實質上覆蓋基板的表面。吾人可選擇液體介質，以使化學結構可至少部分地與自基板表面鬆脫的污染物產生連接或交互作用。在一實施例中，近接頭可用以引入彎液面形式的液體介質。如操作 920 所述，透過一個以上的轉換器將聲能施加至液體介質與基板。選擇轉換器，以使其能夠將聲能(AE)引入至基板，並且透過基板而引入至液體介質內，以使聲能不會在液體介質內引起任何空泡現象，並且可對引入至液體介質內的聲波提供最大波位移。在聲能存在時，吸附在基板上的目標污染物會因為液體介質與基板的聲音行為差異而遭受到一力量。聲音行為差異可歸因於液體介質與基板的固有特性，例如音速(sound velocity)以及位移振幅(displacement amplitude)。如操作 930 所述，污染物所遭受到的

合併力量可協助從基板去除污染物。如操作 940 所述，此製程結束於被去除的污染物至少部分地與液體介質產生連接或交互作用，並且被液體介質所包埋而迅速地與液體介質一同被移除。此製程可繼續清洗另一個基板。雖然，這些實施例係就單一基板的清洗來進行詳細說明，但當前的實施例可用以清洗一批基板。

雖然本發明已就數個較佳實施例而進行說明，但吾人可明白熟習本項技藝者在閱讀上述說明書並且研究圖式時可瞭解其各種替代、增加、置換以及等效物。因此，此意指本發明包含所有此種落入本發明之實際精神與範圍的替代、增加、置換以及等效物。

【圖式簡單說明】

本發明可藉由以下與隨附圖式相結合的詳細說明而被輕易瞭解。為促進此說明，相同的參考符合表示相同的結構元件。

圖 1A 顯示在本發明之一實施例中使用浸漬槽之基板清洗系統之簡化方塊圖的側視圖；

圖 1B 顯示圖 1A 所示之基板清洗系統之簡化方塊圖的俯視圖；

圖 2A 顯示依照本發明之一實施例的基板清洗與乾燥系統，其具有單一配送頭以及位於此配送頭之後的一沖洗頭；

圖 2B 顯示圖 2A 所示之基板清洗與乾燥系統的部分展開圖；

圖 2C 顯示在本發明之一實施例中具有用以將聲能施加至基板與液體介質之複數個轉換器的基板清洗系統；

圖 2D 顯示在本發明之一替代實施例中之基板清洗系統的側視圖，其具有用以將聲能施加在基板上的複數個轉換器；

圖 2E 顯示圖 2A 所示之基板清洗系統的一替代實施例，其具有排列在基板之每一側上的雙配送頭；

圖 3A 顯示在本發明之一實施例中使用旋轉工具的基板清洗系統；

圖 3B 顯示圖 3A 所示之旋轉工具的一替代實施例；

圖 3C 顯示圖 3B 所示之旋轉工具機構在進行工作時的俯視圖；

圖 3D 顯示圖 3A 與 3B 所示之旋轉工具機構的一替代實施例；

圖 4A 與 4B 顯示依照本發明之一實施例之比較手倒施加對音波施加之結果的微粒移除效率資料表；

圖 5A 與 5B 顯示在本發明之一實施例中與音波輔助清洗技術以及標準手倒清洗技術相關的後段製程微粒圖像分佈；

圖 6 顯示在本發明之一實施例中與標準手倒施加以及超高音波聲能施加相關的微粒移除效率長條圖；

圖 7A 到 7C 顯示在本發明之一實施例中與在清洗製程期間所施加之各種聲能相關的損傷資料；

圖 8A 與 8B 顯示在本發明之一實施例中根據聲能施加試驗的微粒移除效率；及

圖 9 顯示依照本發明之一實施例涉及將超高音波聲能提供至基板表面的操作流程圖。

【主要元件符號說明】

- 100 基板
- 106a 配送頭
- 106b 沖洗頭
- 106c 沖洗頭
- 106c-1 入口導管
- 106c-2 出口導管
- 116 液體介質彎液面
- 406 轉換器
- 406a 壓電元件
- 406b 轉換器本體
- 408 電源
- 410 容器
- 420 承載機構
- 430 沖洗機構
- 440 馬達機構

450 控制機構

460 流體供應源

470 出口

470-a 液體介質出口

470-b 沖洗化學品出口

480 可動式手臂

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)

※申請案號：98135953

※申請日：98.10.23

※IPC 分類：

H01L 21/30 (2006.01)

H01L 21/67 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

半導體晶圓製程用之聲音輔助單晶圓溼式清洗/

ACOUSTIC ASSISTED SINGLE WAFER WET CLEAN FOR
SEMICONDUCTOR WAFER PROCESS

二、中文發明摘要：

本發明係關於一種清洗基板的方法，其包含將一液體介質施加至一基板的表面，以使該液體介質實質上覆蓋受清洗之該基板的一部分。一個以上的轉換器(transducer)可用以產生聲能(acoustic energy)。將所產生的聲能施加至基板與液體介質彎液面，以使施加至液體介質的聲能可防止液體介質內之空泡現象(cavitation)。施加至基板的聲能可對通入到液體介質內的聲波提供最大聲波位移(maximum acoustic wave displacement)。引入基板與液體介質內的聲能能夠從基板的表面去除微粒污染物。將被去除的微粒污染物包埋在液體介質內，並且藉由液體介質而將其帶離基板的表面。

三、英文發明摘要：

A method for cleaning a substrate is provided that includes applying a liquid medium to a surface of the substrate such that the liquid medium substantially covers a portion of the substrate that is being cleaned. One or more transducers are used to generate acoustic energy. The generated acoustic energy is applied to the substrate and the liquid medium meniscus such that the applied acoustic energy to the liquid medium prevents cavitation within the liquid medium. The acoustic energy applied to the substrate provides maximum acoustic wave displacement to acoustic waves introduced into the liquid medium. The acoustic energy introduced into the

substrate and the liquid medium enables dislodging of the particle contaminant from the surface of the substrate. The dislodged particle contaminants become entrapped within the liquid medium and are carried away from the surface of the substrate by the liquid medium.

七、申請專利範圍：

1.一種清洗半導體基板的方法，包含下列步驟：

將一液體介質施加至一半導體基板的表面，俾能實質上覆蓋受清洗之該半導體基板之該表面的一部分；及

將聲能施加至該半導體基板，俾能使該半導體基板產生振動，該半導體基板具有複數個待移除的微粒污染物，該半導體基板的振動將該聲能傳輸至該液體介質，俾能將一聲波速度引入該液體介質內，位於該液體介質內的該聲波速度連同該半導體基板的該振動一起提供一力量，以從該半導體基板的該表面去除該複數個微粒污染物。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之清洗半導體基板的方法，其中將聲能施加至該半導體基板更包含下列步驟：

選擇用以產生聲能的一轉換器；及

產生用以施加至該半導體基板的該聲能，俾能在該液體介質內提供最大聲波位移。

3.如申請專利範圍第 2 項所述之清洗半導體基板的方法，更包含下列步驟：

調整該聲能，俾使位於該液體介質內的該聲波速度不在該液體介質內產生空泡現象。

4.如申請專利範圍第 2 項所述之清洗半導體基板的方法，更包含下列步驟：

控制由該轉換器所施加的該聲能，俾能維持在該液體介質與該半導體基板內之聲波位移均勻性。

5.如申請專利範圍第 3 項所述之清洗半導體基板的方法，更包含下列步驟：

設置一第二轉換器，該第二轉換器係耦合至該半導體基板的

下側，該第二轉換器能夠透過一耦合體而從該下側將聲能施加至該半導體基板。

6.如申請專利範圍第 5 項所述之清洗半導體基板的方法，更包含下列步驟：

選擇一耦合體，該耦合體具有能夠傳輸聲能的固有特性；及將該耦合體施加至該半導體基板，從該下側輸送至該半導體基板之該聲能的量值係基於該耦合體的固有特性。

7.如申請專利範圍第 6 項所述之清洗半導體基板的方法，其中施加至該半導體基板與該液體介質的該聲能係基於與該半導體基板、該液體介質以及該耦合體相關的固有特性，該聲能用以界定該液體介質內之該聲波的聲音行為。

8.如申請專利範圍第 5 項所述之清洗半導體基板的方法，其中該耦合體為用以沖洗該半導體基板的一液體或一液體化學品其中之一。

9.如申請專利範圍第 7 項所述之清洗半導體基板的方法，其中與該耦合體以及該液體介質相關的該固有特性包含化學組成、密度、以及溫度其中任何一者以上，而其中與該半導體基板相關的該固有特性包含組成、厚度、寬度、溫度、污染物類型、污染物尺寸、污染物組成其中任何一者以上。

10.如申請專利範圍第 1 項所述之清洗半導體基板的方法，更包含下列步驟：

選擇該液體介質，以使該液體介質的化學結構能夠在清洗製程期間至少部分地與自該半導體基板之表面鬆脫的該微粒污染物產生連接或交互作用，而其中該液體介質為部分水解聚丙烯醯胺。

11.一種用以清洗基板的設備，包含：

一第一外槽，具有由一底部以及自該底部延伸之一個以上側壁所界定的一空腔、以及相對於該底部的一開口，該第一外槽用以將一體積之一第一液體介質容納在該空腔內；

一第二內槽，配置在該第一外槽內，俾能界定包圍在該第一外槽內之該第二內槽的該空腔，以該第一液體介質填充由在該第一外槽內配置該第二內槽所形成的空間，該第二內槽具有由一底部以及自該底部延伸之一個以上側壁所界定的一空腔、以及相對於該底部的一開口，該第二內槽用以將一體積之一第二液體介質容納在該空腔內；

一承載機構，用以支撐該基板，並且將該基板完全浸入於被界定在該第二內槽中的該空腔內之該第二液體介質中；及

一轉換器，用以將聲能施加至位於該第二內槽內的該基板與該第二液體介質，該聲能使該基板與該第二液體介質一同作用，而從該基板的該表面去除微粒污染物；

其中該第一槽的開口以及該第二槽的開口為實質上平行，以便容許該基板透過該第一與第二槽的開口而被引入到該第二槽內，其中施加至該第二液體介質的該聲能在該第二液體介質內防止空泡現象，以及其中施加至該基板的該聲能能夠使被引入該第二液體介質內之聲波具有最大波位移。

12.如申請專利範圍第 11 項所述之用以清洗基板的設備，其中該轉換器被設置在該第一外槽的該底部，來自該轉換器的該聲能透過該第一外槽內的該第一液體介質而被傳輸至該第二內槽內的該浸入基板與該第二液體介質。

13.如申請專利範圍第 12 項所述之用以清洗基板的設備，其中該轉換器係由至少一第一與一第二轉換器所構成，該第一與第二轉換器係設置在該第一外槽的該底部，以透過該第一外槽內的該第一液體介質，而對該第二內槽內的該第二液體介質與該基板產生聲

能。

14.如申請專利範圍第 11 項所述之用以清洗基板的設備，更包含選擇該第一與第二液體介質，俾能控制輸送至該第二液體介質與該基板之該聲能的量值，輸送至該第二液體介質與該基板之該聲能的量值係基於與該基板以及該第一與第二液體介質相關的固有特性。

15.如申請專利範圍第 14 項所述之用以清洗基板的設備，其中選擇該第二液體介質，以使該第二液體介質的化學結構能夠至少部分地與自該基板之表面鬆脫的該微粒污染物產生連接或交互作用。

16.如申請專利範圍第 11 項所述之用以清洗基板的設備，其中該第二內槽更包含：一入口，用以將乾淨與新鮮的第二液體介質補充到該第二內槽內；以及一出口，用以從該第二內槽移除該第二液體介質與該污染微粒，且其中，在清洗製程期間，該第一外槽接收來自該第二內槽的帶有該污染微粒之該第二液體介質。

17.如申請專利範圍第 11 項所述之用以清洗基板的設備，其中該承載機構具有用以在清洗製程期間支撐複數個基板並將該複數個基板浸入該第二液體介質內的位置，並且利用單一或複數轉換器其中一者而將聲能施加至浸入該第二內槽內的該複數個基板中之每一者。

18.如申請專利範圍第 11 項所述之用以清洗基板的設備，其中施加至該基板與該液體介質的合併聲能具有介於約 10 KHz 到約 10 MHz 的頻率。

19.如申請專利範圍第 11 項所述之用以清洗基板的設備，其中施加至該基板與該液體介質之合併聲能的頻率係基於該液體介質之鬆

弛時間的倒數。

20.一種用以清洗基板的設備，在該基板之一表面上具有微粒污染物，該設備包含：

一處理室，具有一承載機構，該承載機構用以容納、支撐以及運送該處理室內之一基板，該處理室更包含：

一配送頭組件，用以將一液體介質以彎液面形式供應至該基板的表面；及

一沖洗頭組件，設有至少一入口導管，用以將一沖洗化學品以彎液面形式供應至該基板的上表面；至少一出口導管，用以從該基板之該表面移除該沖洗化學品與該液體介質；以及至少一轉換器，用以將聲能供應至由該承載機構加以支撐的該基板，俾能使該基板產生振動，該半導體基板的振動將該聲能傳輸到施加至該基板之該表面之該液體介質的彎液面，俾能在該液體介質內引入一聲波速度，該液體介質之彎液面內的該聲波速度連同該基板的振動一起輔助從該基板之該表面去除微粒污染物，

其中該轉換器係位於靠近該沖洗頭組件的表面之處，以傳輸聲能至該基板，而該沖洗頭組件的表面極接近該基板之該表面。

21.如申請專利範圍第 20 項所述之用以清洗基板的設備，其中該配送頭組件與該沖洗頭組件為線性近接頭。

22.如申請專利範圍第 20 項所述之用以清洗基板的設備，其中選擇位於該沖洗頭組件內之該轉換器的幾何形狀，俾能與該沖洗頭組件的幾何形狀相稱。

23.如申請專利範圍第 20 項所述之用以清洗基板的設備，更包含一第二沖洗頭組件，該第二沖洗頭組件設有至少一入口導管，用以將一沖洗化學品供應至該基板的該表面；至少一出口導管，用以

從該基板之該表面移除該沖洗化學品與該液體介質；以及至少一轉換器，位於該第二沖洗頭組件內之該轉換器的幾何形狀係與該第二沖洗頭組件的幾何形狀相稱，位在該第二沖洗頭組件內的該轉換器係位於靠近面向該基板之該表面之該第二沖洗頭組件的表面，

其中位於該第二沖洗頭組件內的該轉換器用以透過該沖洗化學品，而將聲能供應到該基板以及供應到施加至該基板之該表面上之該液體介質的彎液面，選擇施加至該沖洗化學品之該聲能的量值，俾能對被引入到該液體介質內的一聲波提供最大聲波位移差，並且防止該液體介質內之空泡現象。

24.如申請專利範圍第 23 項所述之用以清洗基板的設備，其中該第二沖洗頭組件位於極接近該基板的背側之處，俾能透過該基板的該背側而將該聲能提供至該基板與該液體介質，該第二沖洗頭組件內的該轉換器係位於靠近該沖洗頭組件的表面之處，而該沖洗頭組件的表面極接近該基板之該表面的下側。

25.如申請專利範圍第 20 項所述之用以清洗基板的設備，其中選擇該液體介質，以使該液體介質的化學結構能夠至少部分地與該鬆脫微粒污染物產生連接或交互作用，該液體介質為部分水解聚丙烯醯胺。

26.如申請專利範圍第 20 項所述之用以清洗基板的設備，其中施加至該基板之該表面與該液體介質的合併聲能具有介於約 10 KHz 到約 10 MHz 的頻率。

27.一種用以清洗基板的設備，該基板之表面上具有微粒污染物，該設備包含：

一容器，設有一承載機構，該容器用以容納並保持一液體介質，位於該容器內的該承載機構用以容納、支撐、且沿著一軸移

動一基板；

一轉換器，用以將聲能供應至由該承載機構加以支撐的該基板，俾能使該基板產生振動，該基板的振動將該聲能傳輸至施加在該基板之該表面之該液體介質的彎液面，俾能將一聲波速度引入該液體介質內，該液體介質之彎液面內的該聲波速度連同該基板的振動一起輔助從該基板的該表面去除微粒污染物；及

一沖洗機構，設有至少一入口導管，而將一沖洗化學品以彎液面形式供應至該基板的上表面，

其中施加至該液體介質的該聲波速度防止該液體介質內之空泡現象。

28.如申請專利範圍第 27 項所述之用以清洗基板的設備，其中該轉換器被設置在該承載機構內，該轉換器連接至一電源，並且用以從透過該電源而供應的電力產生聲能。

29.如申請專利範圍第 27 項所述之用以清洗基板的設備，其中該轉換器被固定在一可動式手臂機構上，該可動式手臂機構用以使該轉換器向上、向下以及向側邊移動，俾能使該轉換器定位於極接近該基板表面之處。

30.如申請專利範圍第 27 項所述之用以清洗基板的設備，其中該沖洗機構被固定在一可動式手臂機構上，該可動式手臂機構用以使該沖洗機構向上、向下以及向側邊移動，俾能使該沖洗機構定位於極接近該基板表面之處，該沖洗機構的移動係使用一沖洗控制機構加以控制。

31.如申請專利範圍第 27 項所述之用以清洗基板的設備，更包含一馬達機構，該馬達機構連接至該承載機構，俾能使該承載機構向上、向下、且沿著一旋轉軸移動。

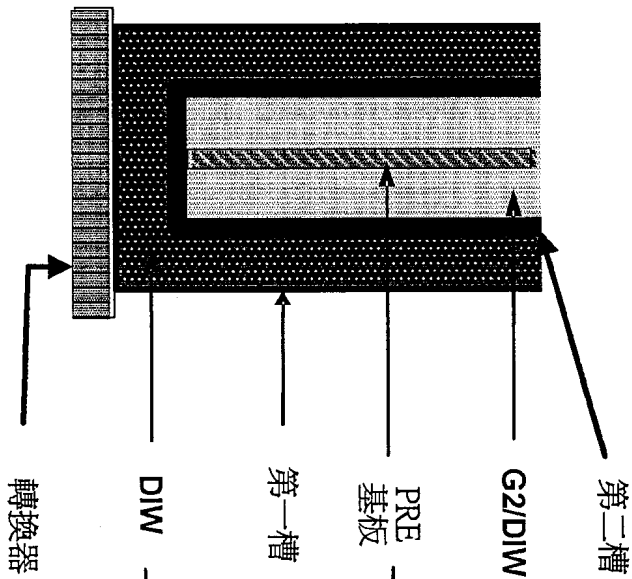
32.如申請專利範圍第 27 項所述之用以清洗基板的設備，更包含相異的容器，其係用以供應該沖洗化學品，並且收集在清洗與沖洗操作之後從該基板表面所移除的該液體介質以及該沖洗化學品，其中該容器包含相異的出口導管，以在清洗製程期間從該容器移除該液體介質。

八、圖式：

32.如申請專利範圍第 27 項所述之用以清洗基板的設備，更包含相異的容器，其係用以供應該沖洗化學品，並且收集在清洗與沖洗操作之後從該基板表面所移除的該液體介質以及該沖洗化學品，其中該容器包含相異的出口導管，以在清洗製程期間從該容器移除該液體介質。

八、圖式：

側視圖



俯視圖

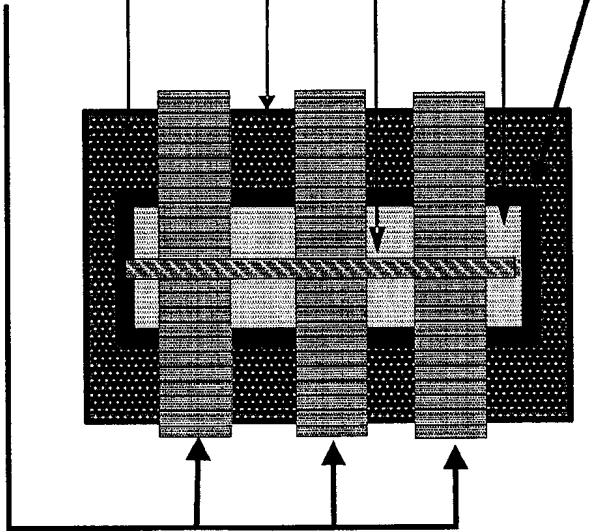


圖 1A

圖 1B

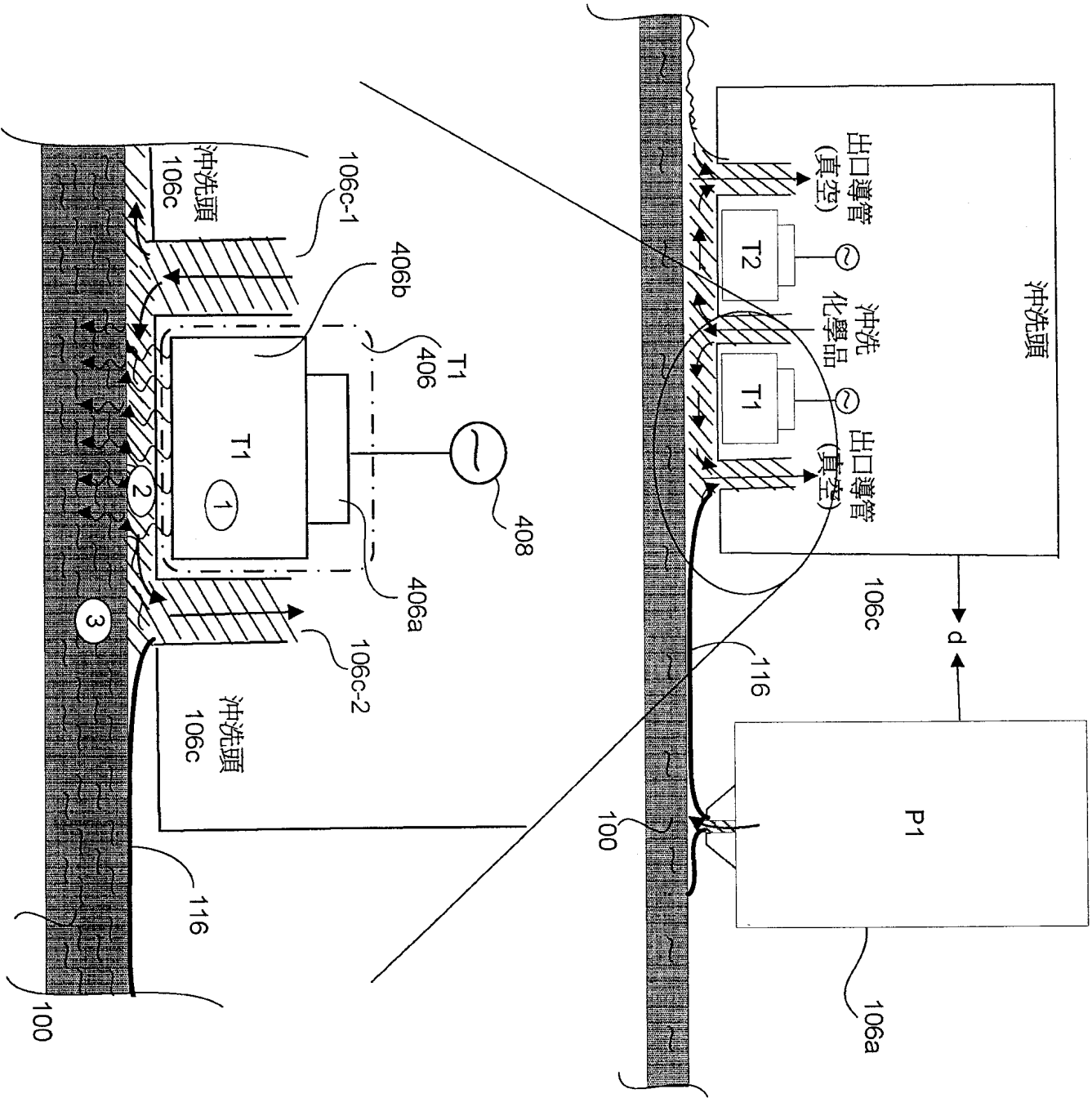


圖 2A

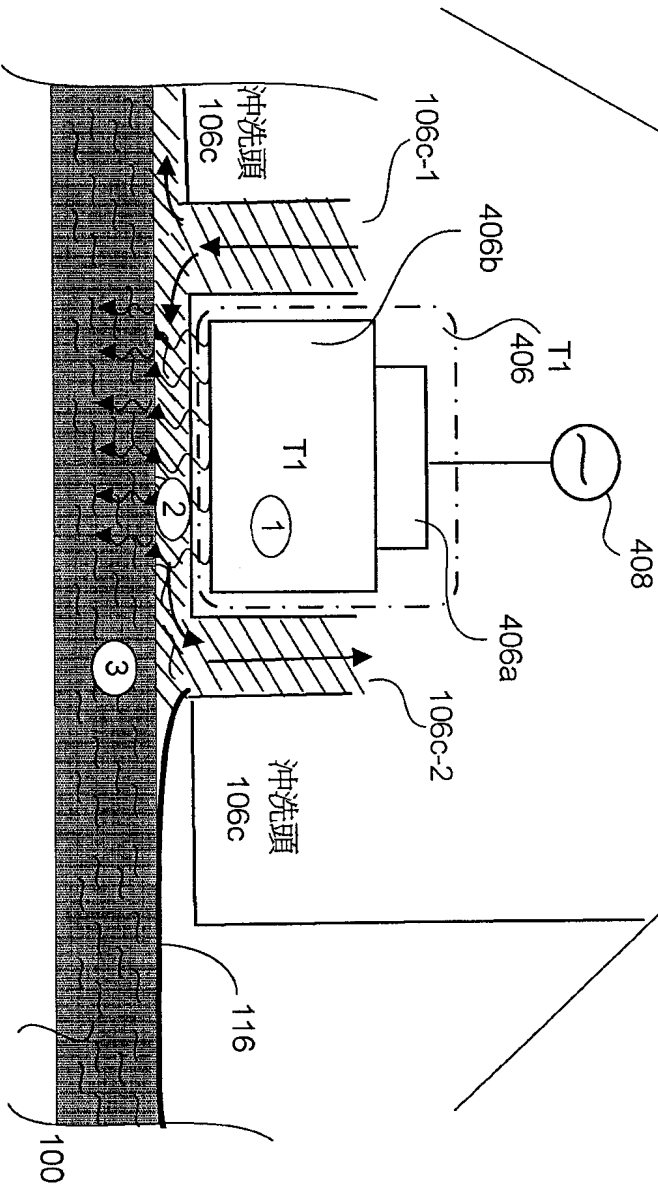


圖 2B

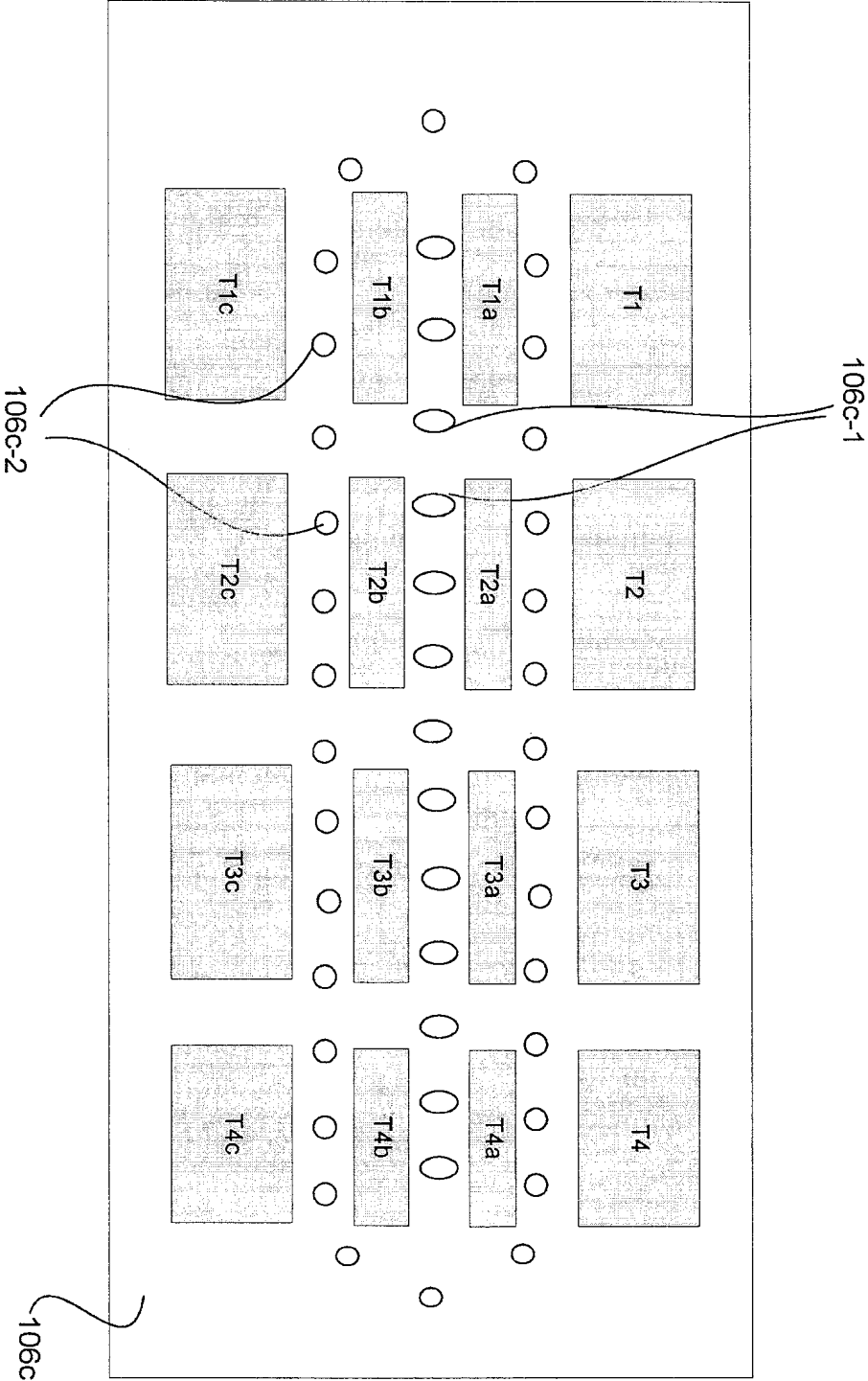


圖 2C

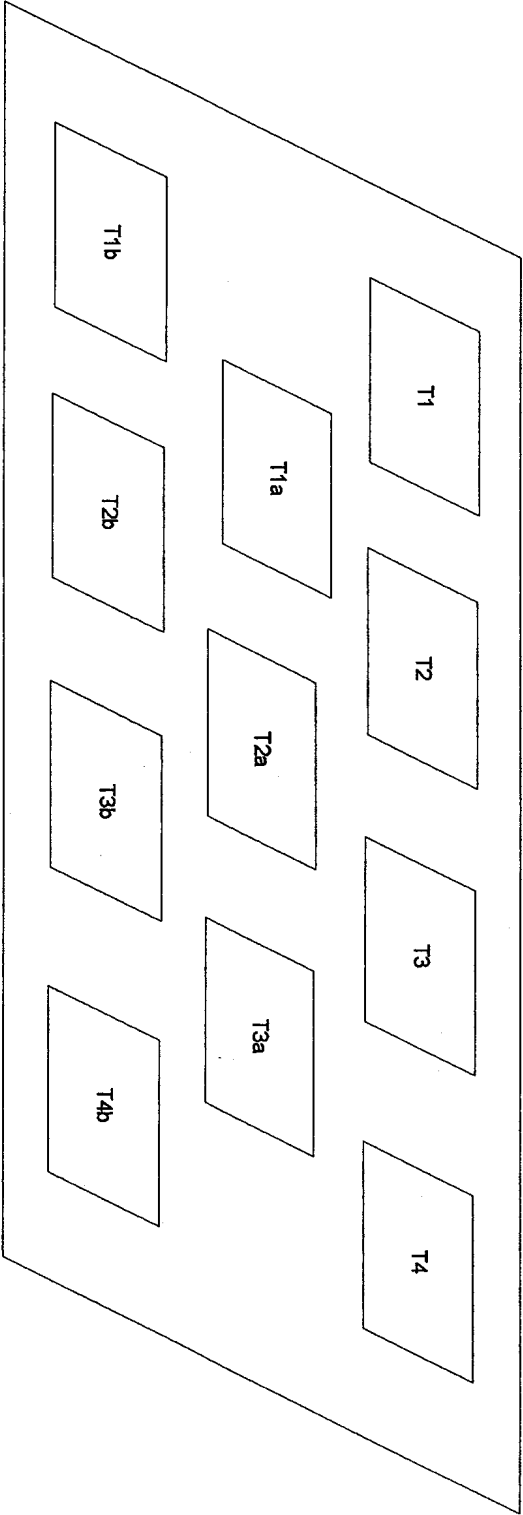


圖 2D

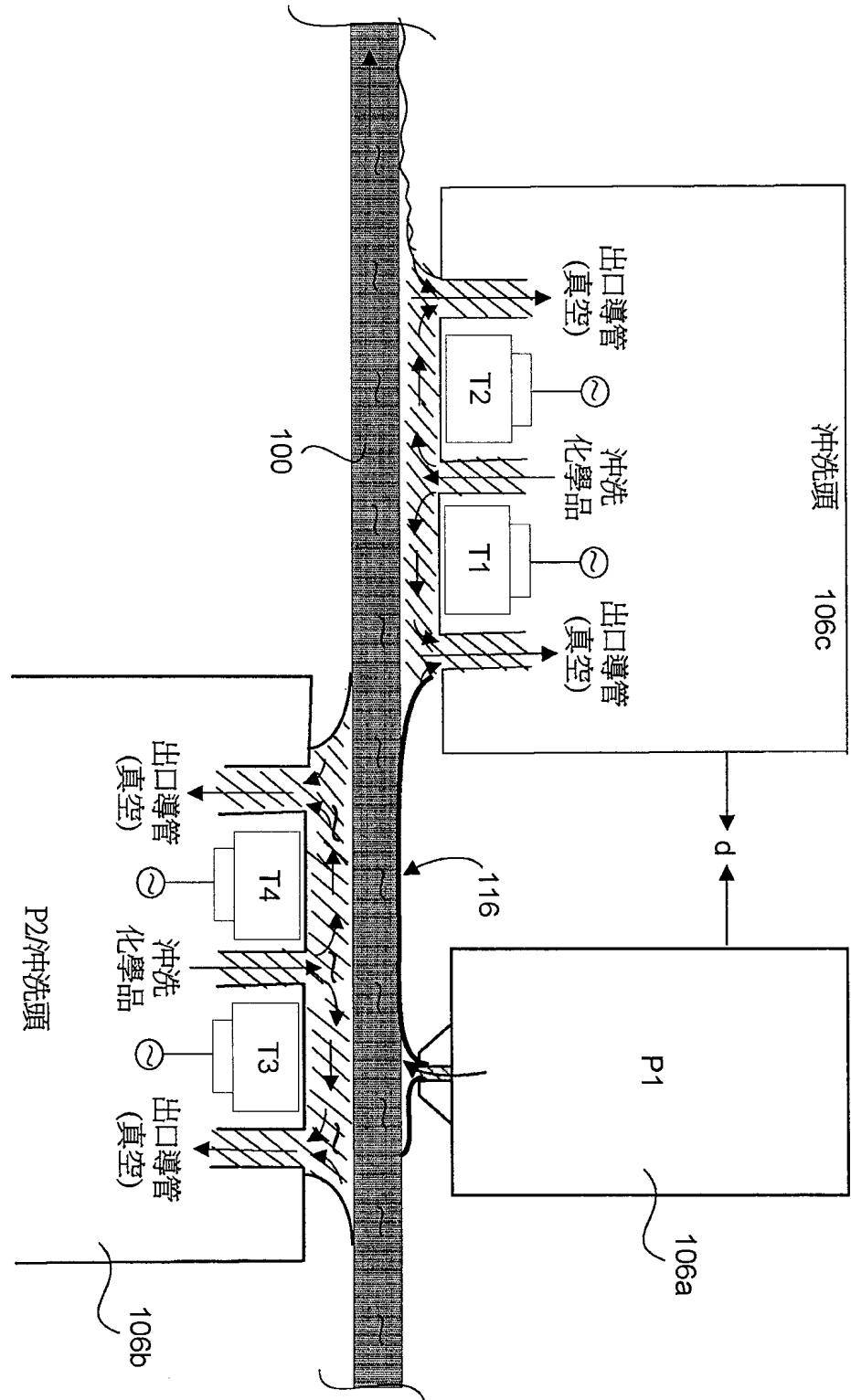


圖 2E

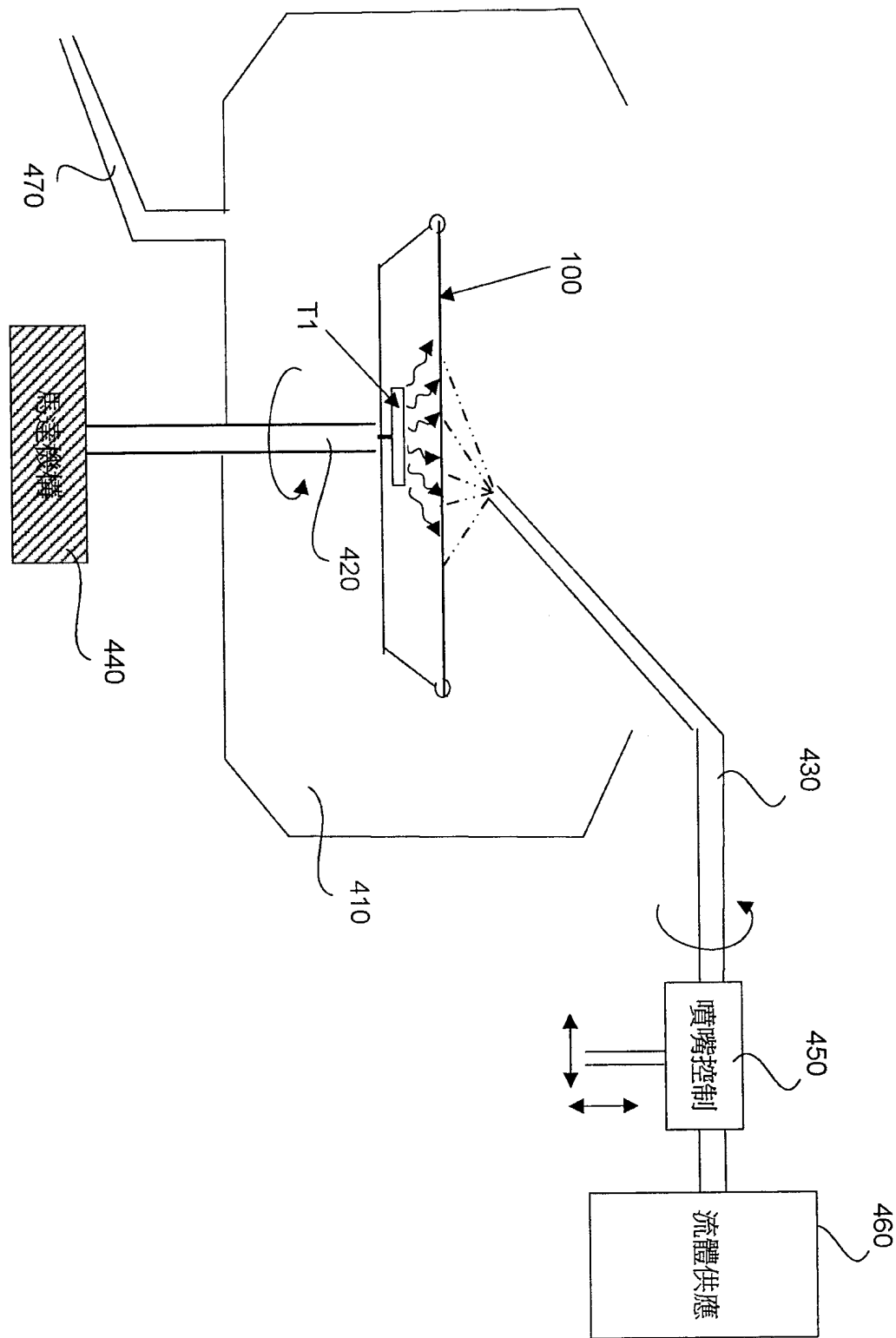


圖 3A

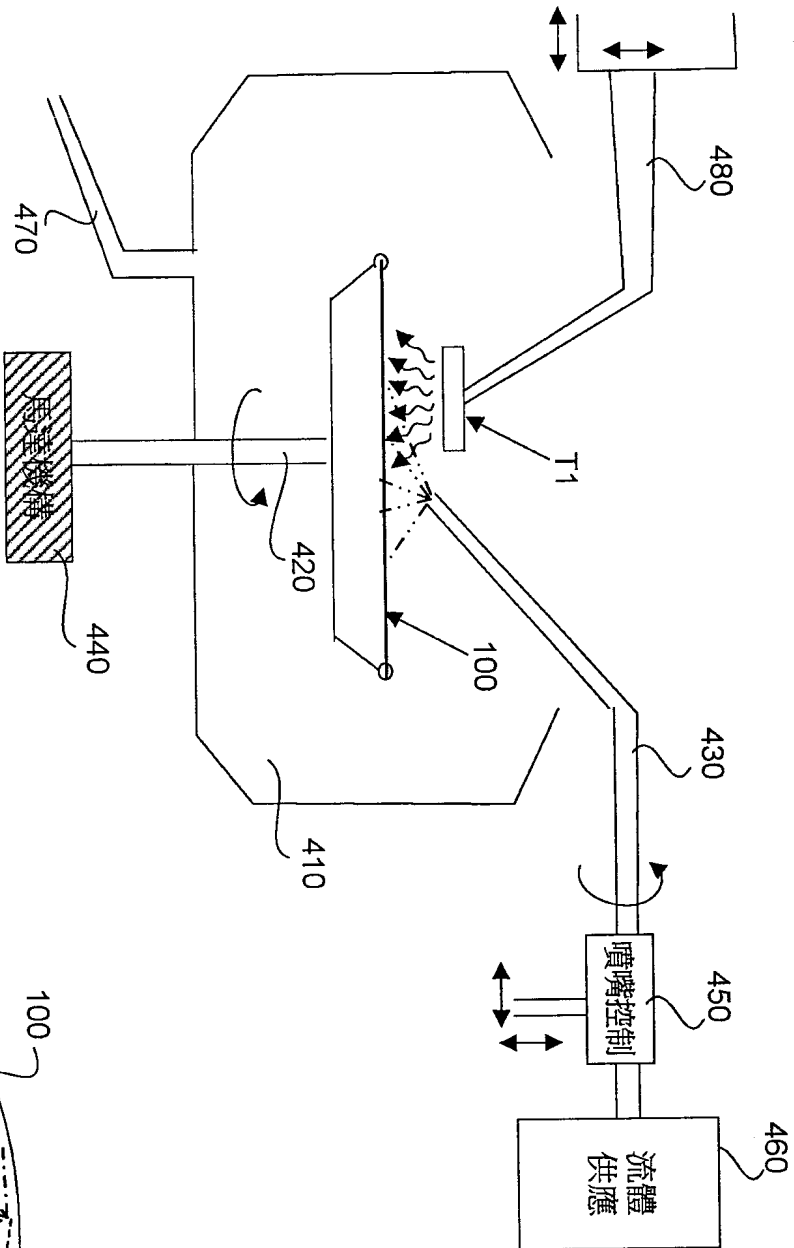


圖 3B

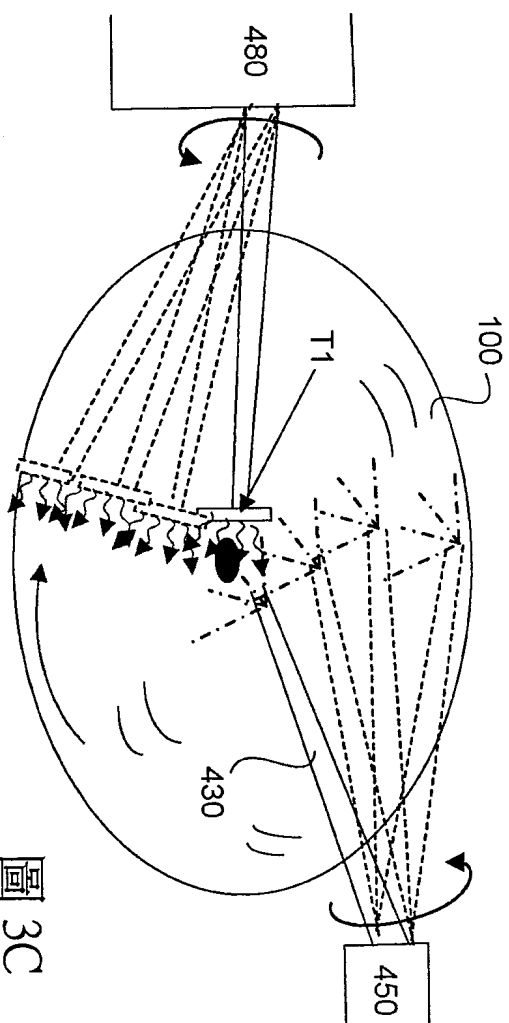


圖 3C

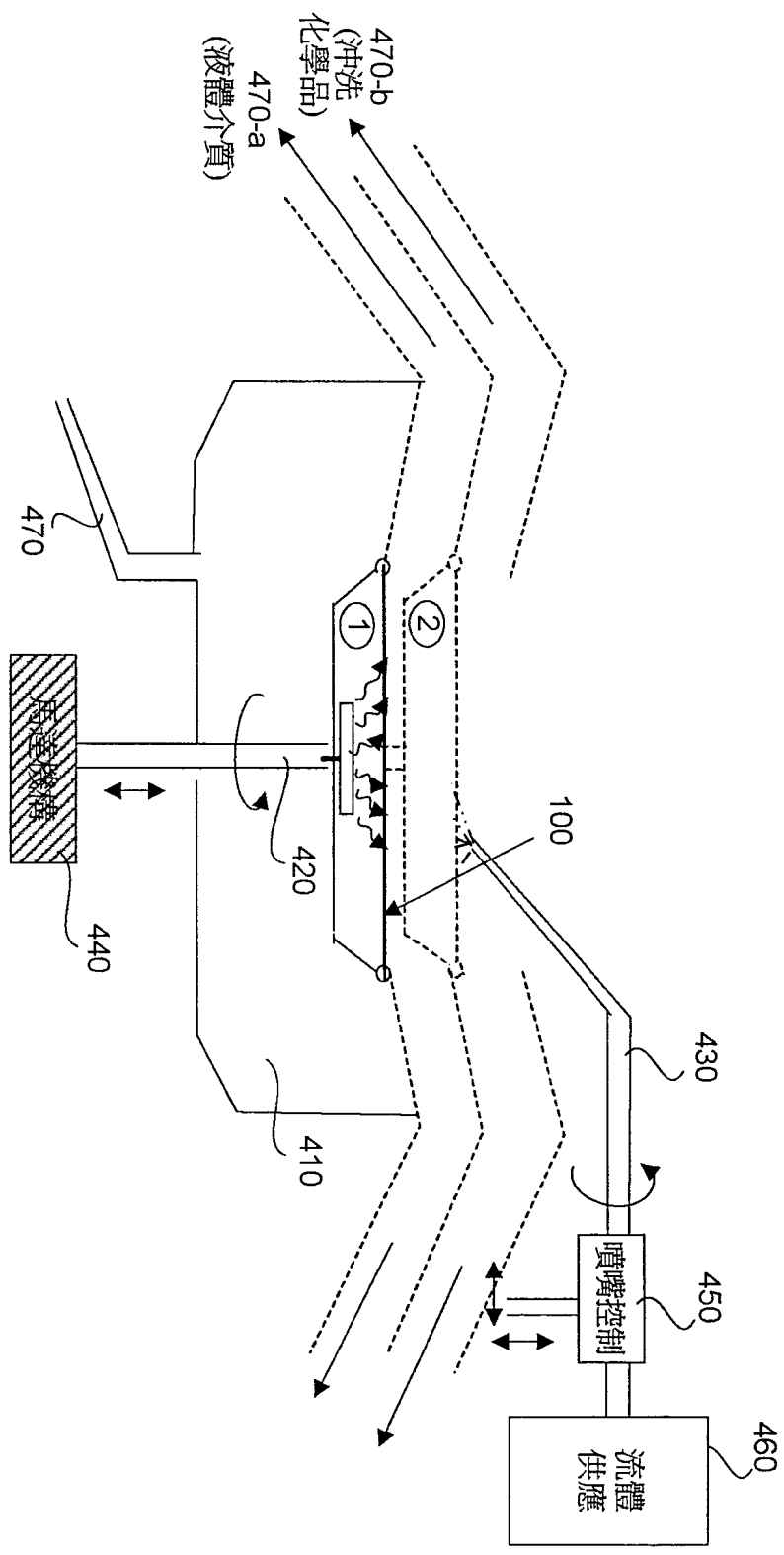


圖 3D

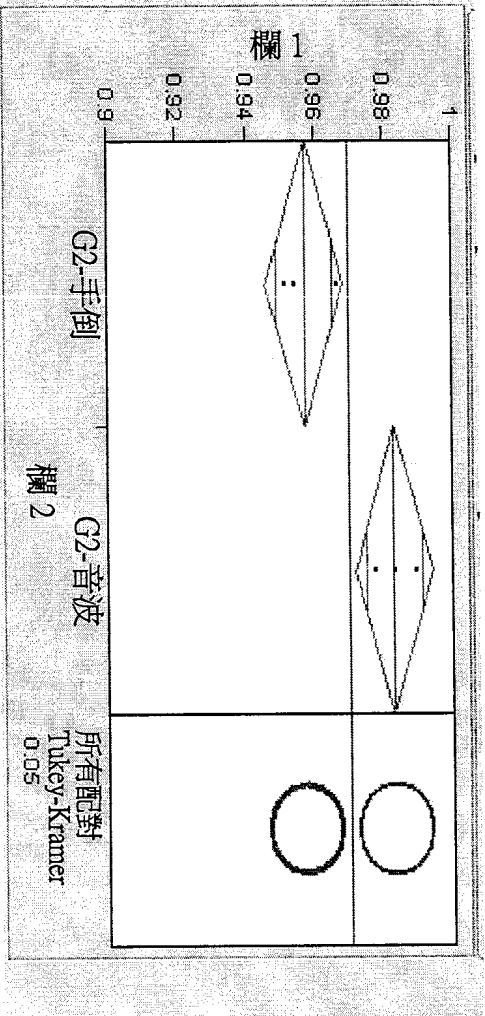


圖 4A

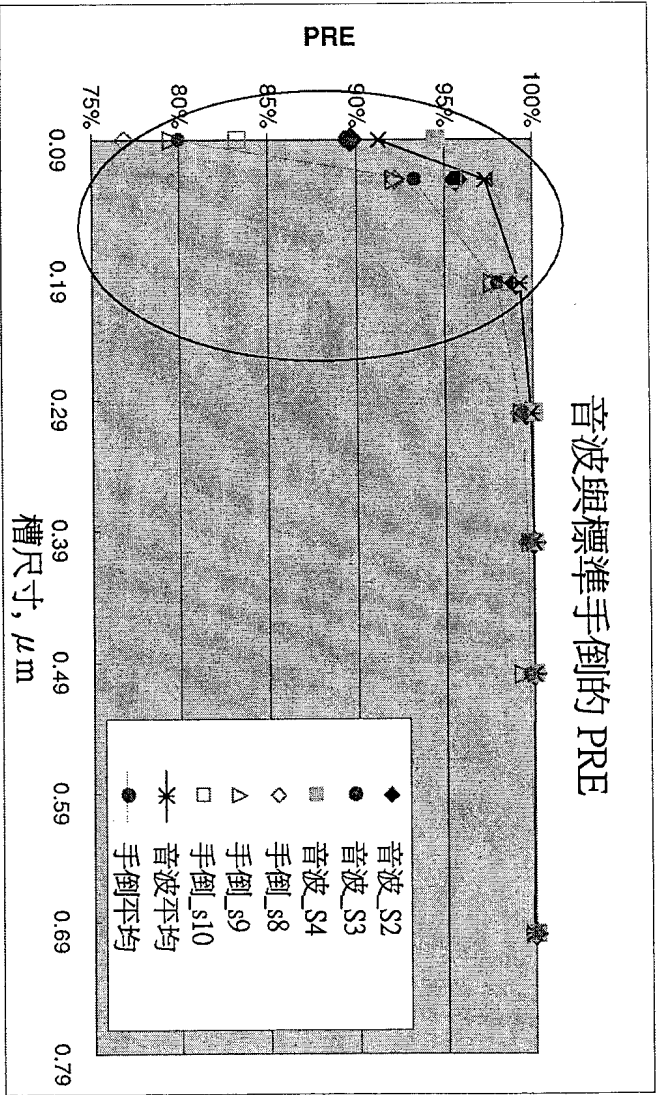


圖 4B

聲波

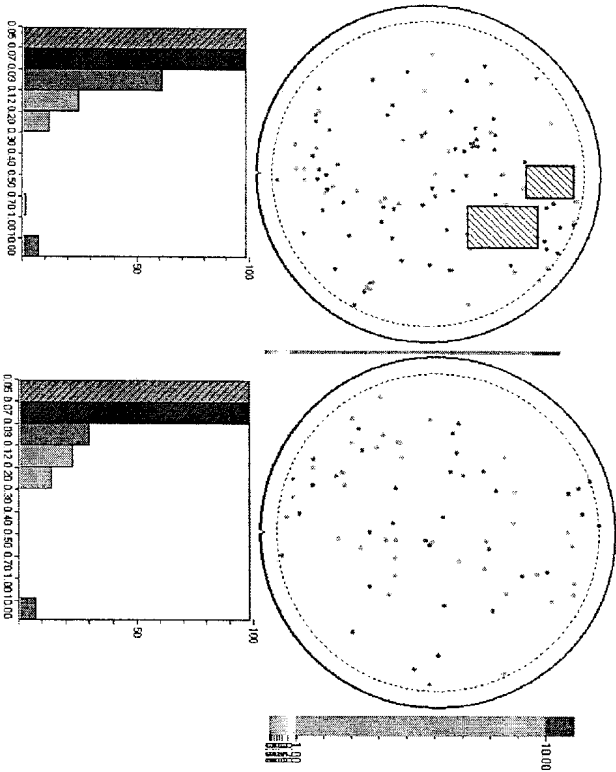


圖 5A

手倒

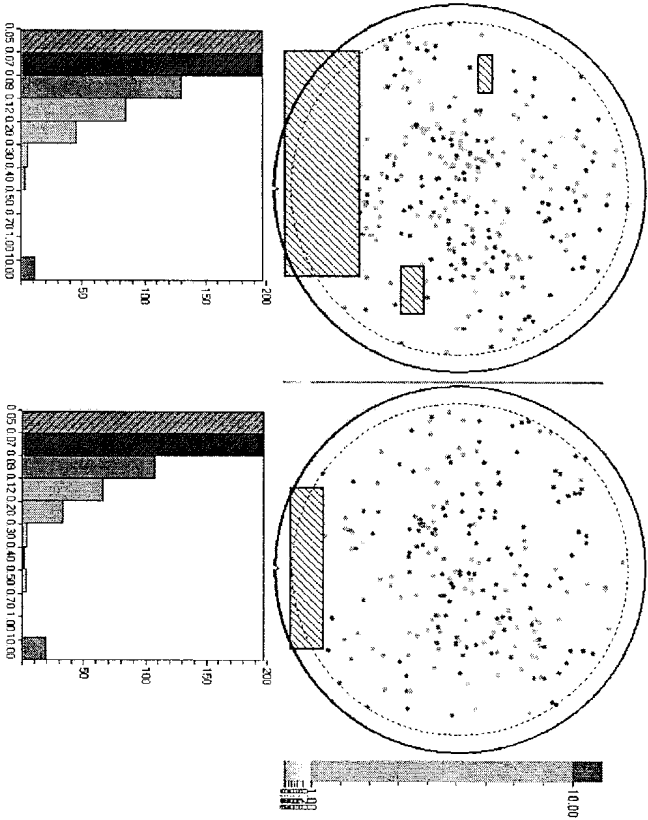


圖 5B

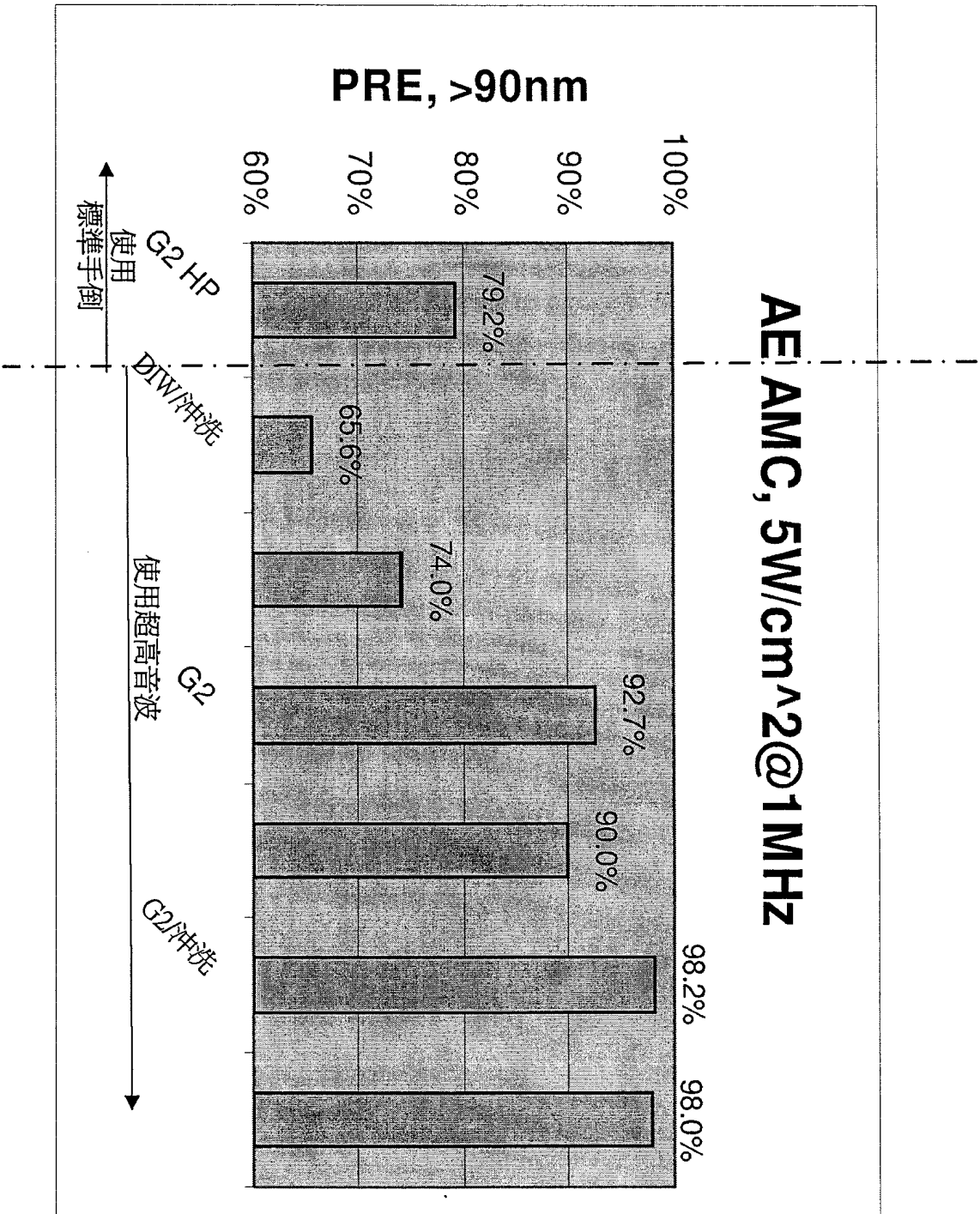


圖 6

損傷資料-1MHz，在不同功率設定下

■ AE 功率對損傷：

5W/cm² ~ 30K 損傷 → 0.7W/cm² ~ 500 損傷 → 0.3W/cm² ~ 0 損傷
+18% PRE +5% PRE

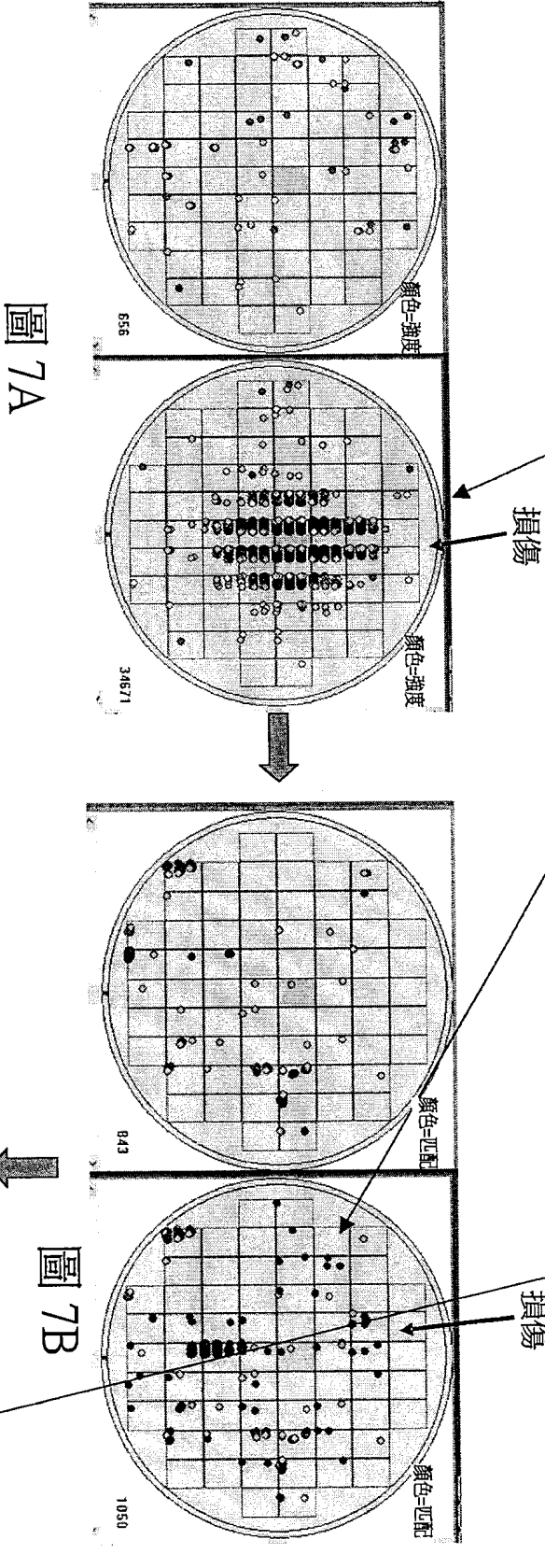
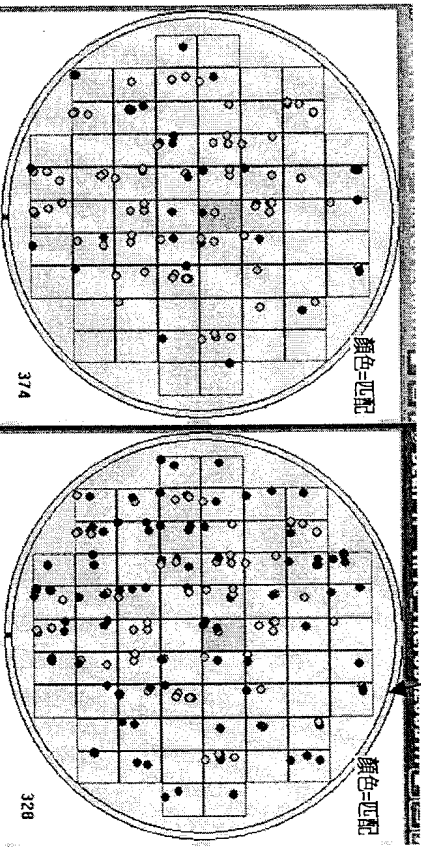


圖 7A

圖 7B

高 AE 功率引起具有較高的 PRE 之損傷

圖 7C



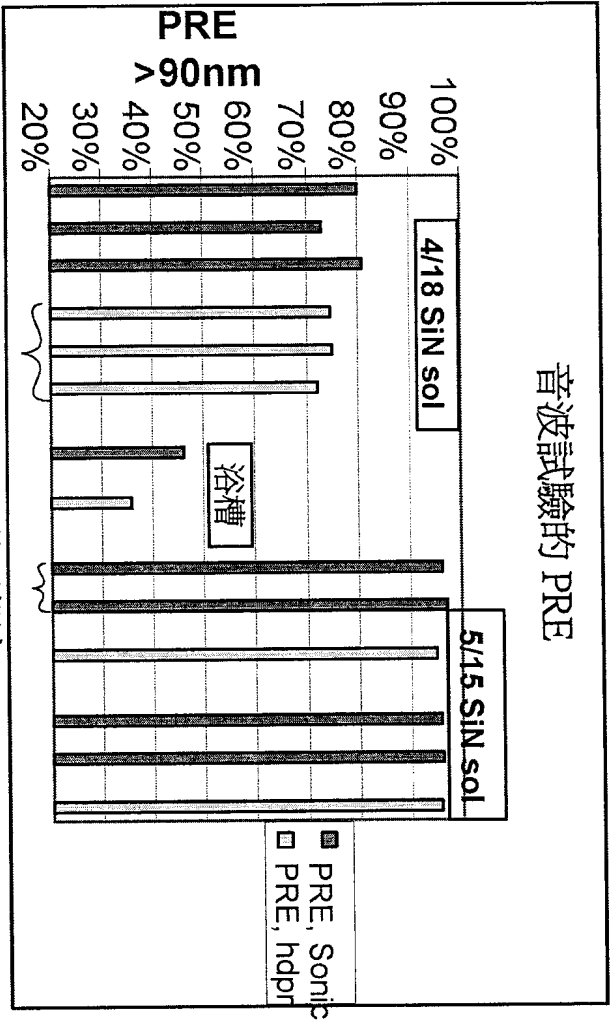


圖 8A

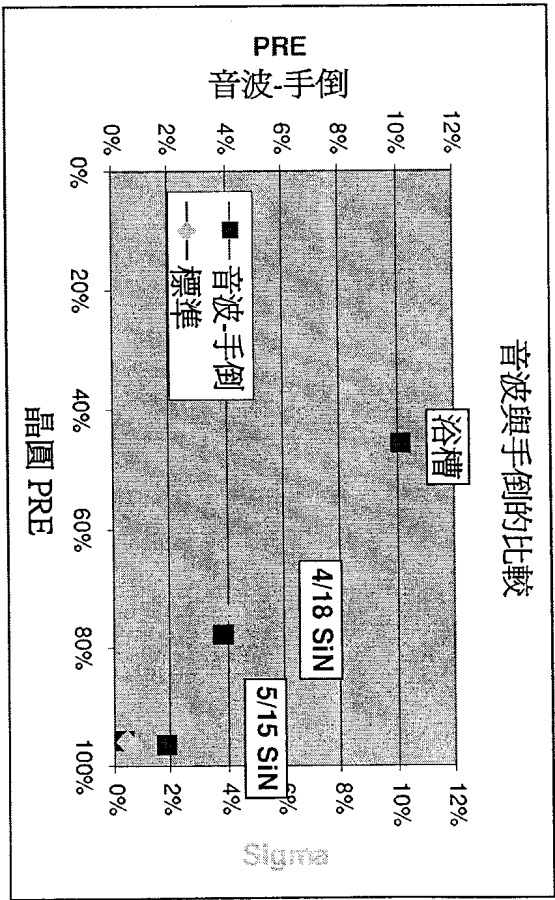


圖 8B

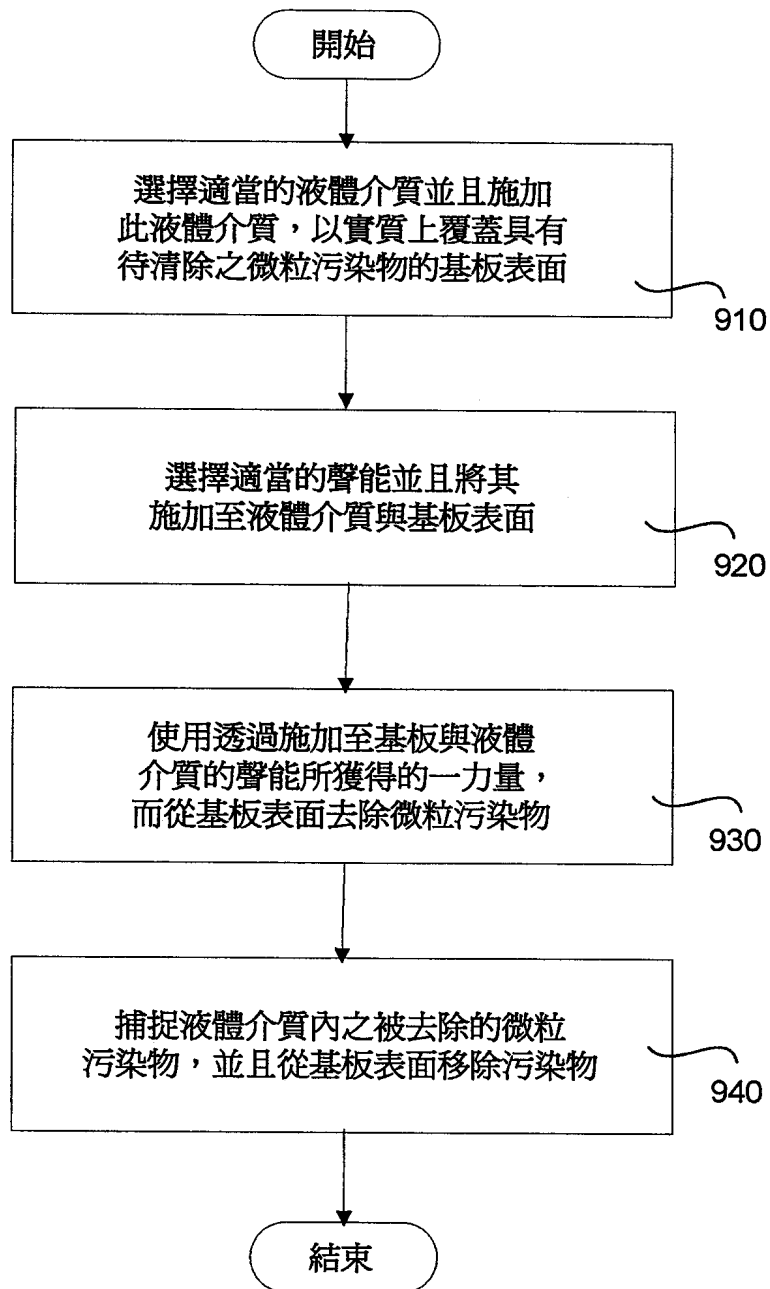


圖 9

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(9)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 910 選擇適當的液體介質並且施加此液體介質，以實質上覆蓋具有待清除之微粒污染物的基板表面
- 920 選擇適當的聲能並且將其施加至液體介質與基板表面
- 930 使用透過施加至基板與液體介質的聲能所獲得的一力量，而從基板表面去除微粒污染物
- 940 捕捉液體介質內之被去除的微粒污染物，並且從基板表面移除污染物

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)

合成裝置的可靠度與良率會因為使用超音波清洗的製造操作而實質上被降低。

為了克服超音波清洗的無效，超高音波能(megasonic energy)被廣泛使用在半導體製造操作中，以清洗一批晶圓或單一晶圓。利用超高音波清洗的主要微粒移除機構係透過空泡現象以及聲音微流。超高音波轉換器可用以在浸入有基板或基板批次之清洗槽內之液體介質中產生聲壓波(sonic pressure waves)。多餘的微粒會影響空泡現象以及微流。雖然用於超高音波清洗的聲能可有效的從基板表面移除多餘的微粒，但用以提供空泡現象之聲能的量值會對附近沉積有次微米微粒污染物之特徵部造成損傷。對特徵部所造成的損傷會引起相關的裝置失效，因此降低從基板所獲得之裝置的整體良率與可靠度。

尋找一種施加聲能以從基板表面有效移除次微米微粒污染物而不損傷形成在基板表面上之特徵部的方法係有利的。

此說明於產生本發明之實施例的上下文中。

【發明內容】

廣泛來說，本發明可藉由提供一清洗工具，其能夠以受控制且有效的方式來操縱聲能的施加並且增強對於基板表面的清洗化學作用，而滿足這些需求。吾人應明白可以許多方式來實現本發明，包含例如製程、設備、或系統。以下說明本發明的數個發明實施例。

在一實施例中，提出一種從半導體基板表面清除微粒污染物的方法。此方法包含將液體介質施加至半導體基板的表面。聲能被施加至半導體基板，俾能使半導體基板產生振動。半導體基板的振動可將聲能傳遞至液體介質，俾能將聲波速度引入施加至基板表面的液體介質內。調整施加至液體介質的聲能，俾能使其不會在液體介質內引起空泡現象。施加至基板與液體介質的聲能可提供能夠從基板表面去除微粒污染物的力量。選擇液體介質，以使液體介質的化學結構能夠至少部分地與被去除的微粒污染物產

生連接或交互作用。液體介質與被去除的微粒污染物被帶離基板而留下實質上乾淨的基板。

在另一實施例中，提出一種清洗基板的設備，其包含第一外槽，此外槽具有由底部以及自此底部延伸之一個以上側壁所界定的空腔。第一槽更包含相對於底部的開口，並且用以將第一液體介質的量保持在於其內所界定的空腔內。此設備更包含配置在第一外槽內的第二內槽，以使包圍第二內槽的空腔被界定在第一外槽內。第一外槽的空腔可容納第一液體介質。又，第二內槽可包含由底部以及自此底部延伸之一個以上側壁所界定的空腔、以及相對於底部的開口。第二內槽可用以將第二液體介質的量保持在於其內所界定的空腔內，並且用以容納基板並將基板浸入包含在空腔內的第二液體介質內。亦設置承載機構，以支撐基板並將基板完全浸入第二液體介質內。在第一外槽的底部設置用以產生聲能的轉換器。由轉換器所產生的聲能被施加至位於第二內槽內的基板與第二液體介質。選擇施加至第二液體介質的聲能，俾能在第二液體介質內防止空泡現象，並且將聲波速度引入第二液體介質內。選擇施加至基板的聲能，俾能對引入到第二液體介質內的聲波實現最大波位移。聲能可使基板與液體介質一同作用而基板的表面去除微粒污染物，然後微粒污染物可至少部分地與第二液體介質產生連接或交互作用，並且被第二液體介質帶離。

在另一實施例中，提出一種清洗基板的設備，其包含處理室，此處理室具有用在處理室內支撐並運送基板的承載機構。基板在其表面上包含需待移除的複數個微粒污染物。處理室包含至少一配送頭組件以及一沖洗頭組件。配送頭組件可透過一入口導管而將液體介質以彎液面形式供應至基板表面。沖洗頭組件設有：至少一入口導管，用以供應沖洗化學品而沖洗基板的表面；以及至少一出口導管，用以從基板的表面移除液體介質以及沖洗化學品。沖洗頭亦設有一個以上的轉換器，以將聲能(AE, acoustic energy)供應到基板以及供應到施加至基板表面的液體介質彎液面。聲能可使承載機構所支撐的基板產生振動。基板的振動被傳

輸至液體介質，俾能將聲波速度引入液體介質內。選擇施加至液體介質的聲能，俾能在液體介質內防止空泡現象。施加至液體介質與基板的合併聲能可使基板與液體介質同步在微粒污染物上作用，而使微粒污染物實質上從基板的表面鬆脫。鬆脫的微粒污染物至少部分地與液體介質產生連接或交互作用，並且被液體介質的速度帶離。

本發明具有許多優點。施加在基板與液體介質其中每一的聲能可同步作用而順利地使微粒污染物從基板表面鬆脫。謹慎選擇施加至基板表面之聲能的數量可確保實質上良好維持形成在污染物附近之特徵部的特性。因此，由於有效的基板清洗以及實質上較低的污染程度，所以吾人可達到增加的良率。又，施加至基板表面之液體介質的化學結構可防止微粒污染物的再沉積，而液體介質的迅速移除可確保液體介質不會附著於基板的表面。就位於基板與液體介質的聲能同步施加而言，可達到有效的基板清洗而避免例如特徵部損傷的常見問題，因為不受控制的空泡現象以及微流，所以這些常見問題係習知超高音波施加所與生俱來的。

吾人可從以下與隨附圖式相結合的詳細說明而明白本發明的其他實施樣態與優點，這些隨附圖式係以範例方式來說明本發明的原理。

【實施方式】

揭露一種關於用以清洗及/或乾燥基板之方法與裝置的發明。在以下說明中，為了提供對本發明的整體瞭解而提出許多具體細節。然而，本技術領域中具有通常知識者可瞭解在不具某些或所有這些具體細節的情況下，仍可實施本發明。在其他情況下，為了不使本發明產生不必要的混淆，將不對熟知的製程操作進行詳述。

圖 1A 與 1B 顯示基板處理系統的一實施例。在此實施例中，係使用浸漬槽處理基板。吾人應明白圖 1A 與 1B 所示的基板處理系統為示範性，以及可利用任何其他能使用浸漬槽來清洗基板的

合適結構類型。圖 1A 與 1B 顯示在本發明之一實施例中之浸漬槽系統的側視與俯視圖。如同顯示，此系統包含具有由一底部以及自此底部延伸的一個以上側壁所形成之空腔的第一外槽。通往此空腔的一開口被形成於此底部對面。此空腔用以容納第一液體介質。第二內槽被配置在第一外槽內，以在第一外槽內界定包圍第二內槽的空腔。第一外槽內的空腔可容納第一液體介質。第二內槽包含由底部以及自此底部延伸之一個以上側壁所界定的空腔。設置相對於此底部的一開口，透過此開口，基板可被引入至第二內槽的空腔內。在一實施例中，第一外槽的開口以及第二內槽的開口係位在同一側上，並且實質上相互平行，以便基板透過第一外槽與第二內槽的開口而被引入到位於第二內槽之空腔內的第二液體介質中。第二內槽用以容納在空腔內的第二液體介質。包含一承載機構，以支撐基板並且將基板浸入位於第二內槽內的第二液體介質中。在一實施例中，一轉換器 T1 被設置在第一外槽的底部，並且用以將聲能(acoustic energy)導引至容納在第二內槽內的第二液體介質。此聲能透過位於第一外槽內的第一液體介質而施加至第二液體介質。第一液體介質可作為耦合體並且將聲能從耦合至第一外槽的轉換器傳到位於第二內槽內的第二液體介質。如在本申請案中所使用的耦合體被界定為使用在轉換器與介質之間而允許或改善到此介質內之超音波能傳輸的一物質(通常為液體)。在此實施例中，此介質為第二液體介質。施加至第二液體介質的聲能被傳到浸入於第二液體介質內的基板，俾能使基板產生振動。在此實施例中，第二液體介質可作為用以將聲能轉移至基板的耦合體。

在本發明之另一實施例中，使用兩個以上的轉換器 T1、T2 等等，而透過使用合適耦合體的介面，將聲能提供至基板以及第二內槽之空腔內所容納的第二液體介質。來自兩個以上轉換器的聲能被同步供應，俾能使用聲能而令基板與第二液體介質一同作用，而破壞使微粒污染物附著於基板表面的附著力，藉以使微粒污染物從基板的表面鬆脫。選擇施加至液體介質的聲能，俾能預

防液體介質內的空泡現象(cavitation)。形成在基板上的其中若干特徵部會在由溶解氣體於空泡現象期間所形成的微氣泡產生崩潰時損傷。於是，吾人必須將空泡現象所引起的損傷降至最低。因此，選擇聲能，俾能藉由免除液體介質內的空泡現象，而避免形成在基板上的特徵部遭受此種損傷。施加至基板與第二液體介質其中每一者的聲能實質上小於在習知超高音波(megasonic)清洗製程期間直接施加至液體介質的單一高頻聲能。然而，合併的聲能可提供足夠的能量，以崩潰使微粒污染物(污染物)與基板表面結合的附著力，並且順利促進從基板表面移除微粒污染物，而不損傷靠近基板表面上之污染物的特徵部。

在一實施例中，第一液體介質以及第二液體介質相同。在此實施例中，第二內槽包含：一入口(未顯示)，用以將清洗第二液體介質從一儲槽(未顯示)補充到第二內槽的空腔內；以及一出口(未顯示)，用以在清洗製程期間迅速移除第二液體介質以及微粒污染物。從第二內槽迅速移除污染物與液體介質，可預防污染物或液體介質對基板表面的再附著(re-adhesion)。又，第二液體介質的化學結構可確保預防污染物的再附著。第二內槽的出口可連接至第一外槽的入口，透過此出口，第二液體介質與微粒污染物會被接收到第一外槽內。除了此入口以外，第一外槽尚可包含連接至一外部儲槽的第二入口，第一外槽可從第二入口將第一液體介質接收到空腔內。第一外槽中的一出口(未顯示)可用以移除第一外槽內的第一與第二液體介質，俾能在清洗製程期間，使額外的第一與第二液體介質可分別從對應的外部儲槽(未顯示)以及第二內槽加以接收。

在另一實施例中，第一液體介質以及第二液體介質不同。在一實施例中，第一液體介質可為去離子水(DIW, de-ionized water)，第二液體介質則可根據污染物的尺寸與組成而加以選擇。分析污染物並且選擇第二液體介質，以使第二液體介質的化學結構至少部分地與在清洗製程期間從基板表面鬆脫的污染物產生連接或交互作用。在一實施例中，選擇聚合物液體介質作為第二液

體介質。此聚合物液體介質可包含由長聚合物鏈所構成的化學結構並且具有高黏滯性，此長聚合物鏈可至少部分地與微粒污染物產生連接或交互作用。由於聚合物液體介質的黏度，所以此液體介質必須在清洗製程之後從基板表面被移除，以防止此液體介質附著於基板表面。關於聚合物液體介質之化學結構的更多資訊，吾人可參考美國專利申請案第 12/131,654 號，其標題為「Materials for Particle Removal by Single-Phase and Two-phase Media」，其申請日為 2008 年 6 月 2 日。在一實施例中，根據分析，為了清洗基板表面而選擇的聚合物液體介質可為部分水解聚丙烯醯胺(partially hydrolyzed polyacrylamide)。

經過合併而施加至基板以及第二液體介質的聲能可在液體-污染物-基板介面中產生不平衡壓力波(unbalanced pressure wave)，其可透過第二液體介質而將一力量施加在污染物上，以破壞使污染物與基板表面結合的附著力，施加在污染物上的力量可順利使污染物從基板表面鬆脫。一旦從基板表面鬆脫之後，污染物會至少部分地產生連接或交互作用，並且被迅速地包埋在第二液體介質中。在進行順利的清洗製程時，被捕集的污染物可與第二液體介質一同迅速地從第二內槽移除，並且為了後續的基板清洗製程，可將乾淨的第二液體介質補充到第二內槽內。雖然這些實施例係就單一基板的清洗來進行詳細討論，但這些實施例可延伸來清洗一批基板。在此種情況下，承載機構可用以提供在清洗製程期間用來容納、支撐該批基板以及使其透過空腔而浸入第二液體介質的位置，此空腔係足夠寬以容納該批基板。

吾人應注意到與施加至基板以及第二液體介質之聲能相關聯的頻率，可根據污染物的尺寸與組成以及污染物-基板表面介面的類型而加以調整。當污染物較小或較輕時，則可施加較高頻率的聲能。就本發明當前的實施例而言，吾人可藉由微調施加至基板與液體介質中每一者之聲能的頻率，俾能使合併的能量幫助污染物從基板鬆脫而不損傷形成在基板上的特徵部，進而克服對位在基板表面上之特徵部的損傷。

圖 2A 顯示本發明之另一實施例，其中頭組件用以施加聲能而清洗基板 100 的表面。圖 2A 顯示使用配送頭 106a 之系統的側視圖，此配送頭可將液體介質以彎液面形式施加至基板表面。在此實施例中，設置配送頭 106a，以在基板 100 的上表面上施加液體介質的彎液面。沖洗頭 106c 可被設置以進行基板 100 之表面的後續沖洗與乾燥。在一實施例中，當頭被置放於可使頭與基板 100 的表面隔開但兩者仍相靠近之方位時，配送頭及沖洗頭即為近接頭。在一實施例中，極接近之距離為約 0.1 mm 至約 3 mm，並且較佳係介於約 0.3-1 mm 之間。圖 2A 所示的配送頭組件 106a 為示範性，並且可利用任何其他使用聲能來清洗基板的合適構造類型。又，設置圖 2A 之配送頭 106a 與沖洗頭 106c 的幾何形狀，以使其覆蓋基板 100 之表面的一部分。在一實施例中，配送頭與沖洗頭係固定式，而基板可沿著一軸移動。在一實施例中，基板被載具所容納、支撐，並且藉由此載具而沿著一軸進行線性移動，俾能使基板的表面在清洗製程期間實質上曝露於液體介質，以及在沖洗與乾燥製程期間實質上曝露於一液體或一液體化學品，例如沖洗化學品。在另一實施例中，旋轉頭可用以配送液體介質並且將聲能施加至基板與液體介質。在此實施例中，基板被固定在例如夾盤的載具上，並且繞著一軸而進行旋轉，俾能使基板的表面實質上曝露於分別由配送頭以及沖洗頭所供應的液體介質以及沖洗化學品。亦可改變基板 100 的尺寸與形狀，並且配送頭 106a 與沖洗頭 106c 可被適當設置，以實質上清洗基板 100 的表面。在另一實施例中，配送頭與沖洗頭可為移動式，而基板可為固定式或可相對於配送頭及沖洗頭的運動而進行移動。

謹慎選擇液體介質，俾能使化學結構可至少部分地產生連接或交互作用，藉以在微粒瓦解離開基板表面時，進行快速的微粒捕捉。液體介質係由長聚合物鏈所構成的黏滯性液體。液體介質被配送頭 106a 所施加，以使液體介質的薄彎液面被施加至曝露於配送頭之基板表面的一部分。液體介質之薄彎液面的厚度可為約 0.1 mm 至約 2 mm，最佳厚度為約 0.5 mm。

清洗製程起始於當基板藉由載具(未顯示)而移動到配送頭 106a 下方時施加液體介質的彎液面至基板表面。載具可為任何習知的載具，其可容納、支撐基板並且使此基板沿著一軸進行移動。在以彎液面形式施加液體介質時，基板被移動到沖洗頭 106c 的下方，其中一個以上的轉換器 T1、T2 可用以將聲能施加至基板與液體介質。沖洗頭 106c 內的一個以上入口導管 106c-1 可用以在清洗操作之後將沖洗化學品引入到基板，以沖洗基板的表面。沖洗頭內的一個以上出口導管可用以迅速移除施加至基板的液體介質與沖洗化學品。液體介質從其被配送頭 106a 引入開始即留在基板的表面上直到被沖洗頭 106c 移除為止。在清洗製程期間，液體介質留在基板表面上的時間係取決於配送頭與沖洗頭之間的距離，並且依據基板的移動速度。若「 d 」為配送頭與沖洗頭之間的距離，而「 w 」為基板的相對速度，於是在清洗製程期間，液體介質在基板表面上的停滯時間可被描述成一函數 $fn(w,d)$ 。吾人可藉由調整配送頭與沖洗頭之間的距離「 d 」並且調整基板速度「 w 」，而調整液體介質的停滯時間，俾能達成基板表面的最佳清洗。

沖洗頭 106c 包含一個以上的轉換器，其用以將聲能施加至基板與液體介質。以下將參考圖 2B 而詳細說明對基板與液體介質的聲能施加。圖 2B 顯示用於清洗基板之清洗系統的部分展開圖。在將液體介質以彎液面 116 之方式施加至基板的表面時，基板被移動到沖洗頭 106c 的下方。液體介質彎液面 116 在輸送點上實質為液體，而其黏度可在其離開輸送點時改變。當液體介質為黏滯性時，液體介質的彎液面 116 必須被移除，以防止液體介質附著於基板的表面。沖洗頭內的一出口導管可從基板表面迅速移除液體介質。雖然在圖 2B 中顯示一出口導管，但吾人應瞭解沖洗頭可包含複數個出口導管，以協助從基板表面迅速移除液體介質。沖洗頭 106c 亦包含一入口導管以引入液體或液體化學品，例如沖洗化學品，而在清洗製程之後沖洗基板的表面。

沖洗頭內的一轉換器，T1 406，用以將聲能引入到基板與液體介質。轉換器 T1 包含轉換器本體 406b 以及連接至電源 408 的

壓電元件 406a。電源 408 可為任何類型的電源，例如無線射頻電源。轉換器 T1 係位於靠近沖洗頭的下表面(其面向基板的上表面)，以使轉換器所產生的聲能可被傳遞而在強度上實質不損失。轉換器本體 406b 透過壓電元件 406a 而接收來自電源 408 的電力並且將電力轉換成聲能，如圓圈 1 所示。然後聲能被傳輸至由沖洗頭 106c 以彎液面形式所供應的沖洗化學品，如圓圈 2 所示。吾人可由朝向基板的傳輸箭頭以及圓圈 3 觀察到，沖洗化學品可作為耦合體並且將聲能傳輸至基板 100。基板透過沖洗化學品彎液面而接收來自轉換器 T1 的聲能並且開始振動。由於液體介質的黏滯性質，所以當施加在靠近配送頭下方的輸送點時可完成較佳的聲能施加。位於基板上以及液體介質內的施加聲能可同步作用於從基板表面鬆脫微粒污染物。鬆脫的污染物至少部分地與液體介質產生連接或交互作用，並且透過出口導管而被迅速地移除。施加至基板表面與液體介質的聲能可根據污染物結構、尺寸以及基板-污染物界面的類型而進行微調。

在一實施例中，轉換器 T1 具有覆蓋沖洗頭 106c 的長度之線性設計。在此實施例中，沖洗頭 106c 包含用以供應沖洗化學品的一入口導管以及用以在清洗製程之後移除沖洗化學品與液體介質的一出口導管。轉換器 T1 可用以實質上覆蓋沖洗頭 106c 的長度而不覆蓋入口導管或出口導管。轉換器 T1 可用以將均勻的聲能提供至基板與液體介質。

圖 2C 顯示一實施例，其中沖洗頭 106c 包含複數個轉換器 T1、T1a、T1b、T1c、T2、T2a、T2b、T2c 等等。多重轉換器 T1、T1a、T1b、T1c、T2、T3、T4 等等，可用以將聲能均勻施加至液體介質以及整個基板 100。沖洗頭 106c 包含複數個用以供應沖洗化學品的入口導管 106c-1 以及複數個用以從基板 100 之表面移除液體介質與沖洗化學品的出口導管 106c-2。出口導管 106c-2 可連接至真空端口，俾能在清洗操作期間施加真空，而從基板表面移除液體介質、微粒污染物以及沖洗化學品。在此實施例中，複數個轉換器係呈線性排列而覆蓋沖洗頭 106c 的表面，以使聲能的施

加面積覆蓋曝露於沖洗頭 106c 的整個基板部分。再者，將轉換器配置在沖洗頭內，以使轉換器的位置不會覆蓋入口或出口導管任何其中之一。在一實施例中，複數個轉換器可以單頻模式進行操作，俾能將均勻的聲能提供至基板與液體介質。

在一替代實施例中，複數個轉換器 T1、T1a、T1b、T1c、T2、T2a 等等，可以多頻模式進行操作而增加施加至基板與液體介質之聲能的均勻性，並因此增加清洗效率。可微調由複數個轉換器所產生的聲能，以進一步確保對基板與液體介質的均勻聲能施加。例如，其中若干轉換器(聲音調節器(acoustic actuators))可用以在一特定頻率下作用，而其他轉換器可用以在不同頻率下作用。轉換器的頻率可透過壓電元件的感測器而加以控制。或者，壓電元件的感測器皆可用以在數個頻率下同時作用或在任何兩頻率的組合下作用。

圖 2D 顯示在本發明之一替代實施例中，用以罩住複數個轉換器之沖洗頭 106c 的簡化方塊圖。在此實施例中，以每一轉換器之聲能施加面積與另一相互重疊的方式來排列複數個轉換器，俾能使曝露於沖洗頭的整個基板表面部分接收來自複數個轉換器的均勻聲能。

在一替代實施例中，除了第一沖洗頭 106c 以外，第二沖洗頭 106b 可被設置在基板 100 的下側，如圖 2E 所示。如同顯示，第二沖洗頭 106b 包含用以提供耦合體(例如沖洗化學品)之彎液面 116 的一入口導管以及用以將附加聲能提供至耦合體的一組轉換器 T3、T4 等等。在此實施例中，耦合體為沖洗化學品。耦合體可作為用以從基板下側將來自轉換器 T3 及 T4 之聲能傳輸至基板 100 的介質。配送頭 106a 可將液體介質以彎液面形式提供至基板 100 的上表面，而沖洗頭 106c 內的轉換器 T1、T2 等等可從上側將聲能提供至基板 100。同時從上側與下側施加至基板的聲能可用以將聲能施加至液體介質，而使以聲波方式被導入液體介質的聲能不會產生空泡現象。圖 2E 所示之實施例為示範性，並且可使用具有任何構造及任何數量的配送頭、沖洗頭以及轉換器，只要可

維持本發明的功能性(functionality)即可。吾人應注意到圖 2A-2E 之沖洗頭的構造與方位為示範性，並且不應視為限制。在一實施例中，僅沖洗頭 106b 可用以從下側將聲能以及沖洗化學品提供至基板，並且在清洗製程之後移除沖洗化學品以及液體介質。在另一實施例中，沖洗頭 106b 與 106c 可用以將沖洗化學品以及聲能供應至基板的上表面。在另一實施例中，附加的沖洗頭可用以從基板的上表面、下側或兩側供應沖洗化學品及/或聲能。

以就位於沖洗頭內的一個以上轉換器來說明這些實施例。然而，這些實施例為示範性，並且不應視為限制。在本發明之一實施例中，轉換器可配置在配送頭內。在此實施例中，設置轉換器以使其位在用以將液體介質供應至基板 100 的入口導管之後，俾能使由轉換器所產生的聲能被傳輸至液體介質與基板 100。在另一實施例中，轉換器 T1 可被配置在一分離頭上。在此實施例中，具有轉換器 T1 的頭被設置在配送頭之後，俾能使由轉換器 T1 所產生的聲能被施加至基板與液體介質。一任選的沖洗頭可被設置在具有轉換器 T1 的頭之後，俾能使具有被捕捉之微粒的液體介質可實質上從基板表面移除，而留下實質上乾淨的基板 100。

複數個轉換器可用以在清洗製程期間對液體介質與基板 100 產生均勻的聲能。配送頭 106a 可用以透過一個以上的入口導管，而將來自一儲槽(未顯示)的液體介質以彎液面形式輸送至基板，而轉換器被設置於接近沖洗頭與基板的各表面相對之表面，並且未覆蓋入口或出口導管任何其中之一。彎液面 116 實質上覆蓋基板曝露於配送頭 106a 之表面的一部分。

轉換器 T1、T2、T3、T4(406)可從外部電源 408 供電。在一實施例中，外部電源可為無線射頻(RF, radio frequency)電源。來自電源 408 的電力可藉由轉換器 406 而轉換成被施加至基板 100 以及液體介質之彎液面 116 的聲能。吾人應明白轉換器 406 可具有任何能夠進行 RF 至聲能之轉換的合適構造。

在一實施例中，轉換器 406 可塗佈有例如鐵氟龍(Teflon)的物質，以保護轉換器 406 的壓電晶體 406a 以及轉換器本體 406b 免

於受到液體介質以及任何其他耦合體彎液面 116 以及污染物(可能存在於受清洗之基板 100 的表面上)的傷害。選擇來自電源 408 的電力，以使施加至液體介質彎液面 116 的聲能不會在彎液面 116 內引起空泡現象。在一實施例中，設置沖洗頭 106b、106c 的入口與出口導管，以使供應沖洗化學品之入口導管的位置可位於轉換器之間，並且不被轉換器所阻擋。用以迅速移除液體介質以及自基板鬆脫之污染物的出口導管，可連接至提供用於移除液體介質之吸力的真空端口(未顯示)。

在一實施例中，藉由迅速移除彎液面，可避免剛從基板鬆脫的污染物產生再附著，並且可防止由於長期曝露於液體介質所引起對特徵部的損傷。液體介質的化學結構可使污染物能更快速地被移除，藉以阻止污染物再附著於基板 100。液體介質的迅速移除亦可防止液體介質由於液體介質的黏度而附著於基板的表面。吾人應注意到可調整液體介質對污染物的曝露時間，以使最佳數量的污染物可從基板 100 的表面移除。設置配送頭 106a 以及沖洗頭 106b、106c，以使施加在基板 100 之表面的彎液面之面積實質上與施加聲能的面積重疊。吾人亦應瞭解可根據此設備的構造以及期望的彎液面尺寸與形狀，而利用任何合適數量的入口導管與出口導管。

在聲能存在時，吸附於基板上之作為目標的污染物會因為液體介質與基板的聲音行為(acoustic behavior)差異而遭受到一力量。此力量可從基板去除污染物。被去除的污染物至少部分地與液體介質產生連接或交互作用，並且透過出口導管而與液體介質一同被移除。在一實施例中，選擇轉換器 T1、T2、T3、T4 等等，俾能將相等及均勻的聲能提供至基板與液體介質。即使由轉換器 T1、T2、T3、T4 所施加的聲能為相同時，位在液體介質與基板內的結果聲能亦可能彼此不同。此可歸因於兩介質(基板與液體介質)之固有特性(intrinsic properties)的差異，其可在兩介質內引起不同的聲音行為。在另一實施例中，轉換器 T1 與 T2 所產生的聲能係不同於轉換器 T3、T4 所產生的聲能。

就位於基板與液體介質的合併聲能而言，基板與液體介質可一起作用，以使污染物從基板 100 的表面鬆脫而不損傷特徵部。輸送至介面與微粒之聲能的數量可藉由選擇適當的轉換器並且藉由改變耦合體(透過此耦合體，聲能可根據阻抗匹配而傳輸至基板與液體介質)而加以控制。多重轉換器的使用可協助控制並維持液體介質內的聲波位移均勻性(acoustic wave displacement uniformity)。聲能的合併亦可實現較小聲能的使用，而對基板與液體介質兩者的聲能施加可提供比傳統超高音波清洗操作(其係將超高音波聲能直接施加至液體介質而使污染物鬆脫)更佳的清洗結果。

施加至基板表面與液體介質的合併聲能可產生約 10 kHz-10 MHz 頻率的波。謹慎選擇施加至液體介質彎液面的聲能，俾能防止空泡現象，並同時將最佳的聲能提供至彎液面與基板而移除污染物。藉由防止空泡現象，可避免在空泡現象期間由氣泡崩潰所釋放的額外能量。又，施加至基板的聲能可實現導入液體介質內之聲波的最大波位移(maximum wave displacement)，其有助於從基板 100 的表面有效移除污染物而不損傷形成在基板表面上的特徵部。

可選擇設置在配送頭與沖洗頭之轉換器的幾何形狀，而與用以罩住轉換器之對應頭的幾何形狀相稱。如上所述，當前的實施例為示範性，並且可使用任何其他構造以使配送頭 106a 與沖洗頭 106b、106c 等等結合而近接於基板，俾能產生液體介質的彎液面並且以一控制方式將其施加至基板的表面，而在清洗製程期間，可產生適當的聲能並且將其施加至彎液面與基板。

吾人可根據與液體介質(包含耦合體以及基板)相關聯的一種以上固有特性，例如化學組成、密度以及溫度，而調整供應至轉換器的電力，進而調整轉換器所產生的聲能。在選擇適當聲能時所依據之與半導體基板相關聯的固有特性可包含污染物的尺寸、組成以及類型、基板的類型、厚度、寬度、溫度以及組成、液體介質的類型、組成以及性質其中一者以上。又，吾人可根據污染

物的性質、類型以及尺寸、基板的類型與組成而選擇液體介質，俾能使第一液體介質的施加不對基板上的特徵部或任何用於清洗製程的部件造成劣化影響。在一實施例中，以彎液面形式施加的第一液體介質可為部分水解聚丙烯醯胺。可使用具有可與污染物鍵結之化學結構的任何適當液體介質，以替代或與部分水解聚丙烯醯胺結合。用以在清洗操作之後沖洗與乾燥基板的沖洗化學品可為去離子水(DIW)。此沖洗化學品為示範性，而這些實施例可使用任何其他沖洗化學品以替代或與去離子水結合。

關於近接頭、近接頭之方位與構造、手臂組件之構造與功能、以及位於近接頭內使用聲能而用於清洗之轉換器的更多資訊，可參考美國專利申請案第 10/611,140 號，其申請日為 2003 年 6 月 30 日，其標題為「METHOD AND APPARATUS FOR CLEANING A SUBSTRATE USING MEGASONIC POWER」，並讓與給本申請案的受讓人。

控制往基板表面的液體介質流率，俾能維持一層彎液面。在一實施例中，通過位於配送頭 106a 內之一入口的液體介質流率可根據配送頭的尺寸而改變，並且可介於約每分鐘 5 ml 或約每小時 0.00177 標準立方英尺(SCFH, standard cubic feet per hour)至約每分鐘 500 ml 或約 1.0549 SCFH，以及最佳流率為約每分鐘 100 ml 或約 0.22 SCFH。又，通過同一配送頭或不同配送頭之一出口的真空流率可依照液體介質的流率而調整，並且維持在介於約每分鐘 100 標準升(SLM, standard liter minute)至約 600 SLM，以及最佳流率為約 500 SLM。

圖 3A 到 3D 顯示本發明之替代實施例，其係使用一旋轉工具機構來清洗基板。如圖 3A 所示，旋轉工具機構包含例如槽池的容器 410，以容納並保持液體介質。容器 410 包含一出口 470，以在清洗製程之後移除液晶介質，俾能使液體介質可補充在容器 410 內。例如夾盤的承載機構 420 可用以容納、支撐基板並且使此基板沿著一軸進行移動。承載機構 420 係連接至一馬達機構 440，其用以提供可使承載機構 420 沿著一軸進行移動的力。基板 100 被

支撐在承載機構上，以使在容器內的液體介質薄層可覆蓋基板表面。承載機構 420 更包含轉換器 T1。轉換器 T1 係連接至一電源(未顯示)，並且使用電力來產生施加至基板 100 與液體介質的聲能。在一實施例中，聲能可為聲音(sound)形式。聲音能量(sound energy)被傳輸至基板 100 以及位於基板表面上的液體介質。例如噴嘴的沖洗機構 430 可用以在清洗製程期間將沖洗化學品提供至基板的表面。此沖洗化學品可作為耦合體，以接收轉換器 T1 所產生的聲能並將其傳輸至液體介質。沖洗機構 430 被固定在可動式手臂上，俾能使此手臂可使用例如噴嘴控制機構的控制機構 450 而進行向上、向下以及向側邊的移動，以使沖洗機構 430 可適當地位於基板的上方，而將均勻的沖洗化學品彎液面提供至基板 100 的表面。又，沖洗機構 430 係連接至用以供應沖洗化學品的流體供應源 460。在一替代實施例中，轉換器 T1 係位於沖洗機構內，以使其不會阻擋任何用以將液體介質供應至基板表面的入口導管。在此實施例中，沖洗機構 430 不僅連接至流體供應源 460，而且亦連接至一電源，俾能將能量提供至轉換器 T1。

在進行操作時，轉換器係使用來自電源的電力並且將此電力轉換成聲能，例如聲音能量。聲能被傳輸至支撐在承載機構 420 上的基板。施加至基板 100 的部分聲能係以聲波方式傳輸至位於基板表面上的液體介質。吾人應注意到供應至液體介質之聲能的數量可被微調，俾能在液體介質內防止空泡現象。通往基板的聲能可使基板產生振動。在基板與液體介質的合併聲能可為了克服微粒污染物與基板表面之間的附著力而作用，藉以使微粒污染物鬆脫。鬆脫的污染物可與液體介質一同被移除，而產生實質上乾淨的表面。沖洗化學品可用以在清洗製程之後進一步清洗基板表面。

圖 3A 所示之實施例係示範性，並且不應被視為限制。在一實施例中，轉換器 T1 可被用以將均勻聲能提供至基板表面的複數個轉換器所取代。在另一實施例中，複數個轉換器可以多頻模式進行操作，而進一步增加施加至基板的聲能均勻性，以進行有效的

清洗。

圖 3B 顯示圖 3A 所示之旋轉工具的替代構造。在此實施例中，轉換器 T1 被設置在可動式手臂 480 上而非承載機構內。可動式手臂 480 可用以進行向上、向下以及向側邊的移動，俾能使轉換器 T1 的位置可被調整，而將均勻的聲能提供至基板與液體介質。可動式手臂 480 係連接至一電源，俾能使轉換器可使用電力而對基板與液體介質提供聲能。在一實施例中，聲能可為聲音能量形式。沖洗機構 430 可用以將沖洗化學品供應至基板 100，在此基板上施加液體介質的彎液面。在操作期間，來自轉換器 T1 的聲能被施加至沖洗化學品。沖洗化學品可作為耦合體並且將聲能傳輸至液體介質與基板 100。施加至基板 100 與液體介質的聲能可使基板 100 產生振動，並且將聲能導入液體介質。位於基板與液體介質的聲能可一起作用並藉由克服附著力而使微粒從基板鬆脫。鬆脫的微粒可與液體介質一同從基板表面被移除，而留下實質上乾淨的基板。在一替代實施例中，可動式手臂 480 可包含用以將液體介質供應至基板的入口導管。在此實施例中，可設置轉換器 T1，以使轉換器 T1 不會覆蓋用以供應液體介質的入口導管。轉換器 T1 的功能係類似於參考圖 3B 所述的實施例。

圖 3C 顯示在本發明之一實施例中圖 3B 所示之沖洗機構 430 以及具有轉換具 T1 之可動式手臂 480 的操作。在此實施例中，帶有基板 100 的承載機構可使用圖 3B 所示的馬達機構 440 而沿著一軸進行旋轉。沖洗機構 430 起初係位於基板 100 的中心，並且在基板藉由承載機構 420 而繞著此軸進行旋轉時緩慢朝基板 100 的外緣移動。當沖洗機構 430 朝外移動時，離心力會將液體介質與沖洗化學品推向外周緣，藉以從中心向外清洗基板。如圖 3B 所示，具有轉換器 T1 的可動式手臂 480 係位在近接於沖洗機構 430 的中心附近，並且緩慢朝向基板 100 的外周緣移動。來自轉換器 T1 的聲能透過沖洗機構 430 所供應的沖洗化學品而被施加至液體介質與基板 100，並且一同作用而使微粒從基板表面鬆脫。鬆脫的微粒可與液體介質連接，並且可透過作用在基板表面的離心力而

從基板表面加以移除。沖洗機構 430 與可動式手臂 480 的位置應被視為示範性，並且亦可考慮其他構造，只要滿足本發明的功能性即可。

圖 3D 顯示旋轉工具機構的一替代實施例。在此實施例中，承載機構 420 不僅可沿著一軸進行旋轉，而且可向上、下移動。此種構造可使容納在承載機構 420 上的基板向上、下移動並且繞著一軸進行旋轉，俾能執行例如清洗與沖洗的不同製造操作，而不必將基板從一容器移動至另一容器。容器 410 可用以在清洗與沖洗期間提供液體介質出口 470-a 以及沖洗化學品出口 470-b，俾能回收液體介質以及沖洗化學品。出口 470-a 與 470-b 係連接至對應容器，以在清洗與沖洗製程之後分別接收液體介質以及沖洗化學品。為此，承載機構 420 最初將基板 100 設置在位置 1，俾能使液體介質實質上以薄膜方式覆蓋基板的表面。在清洗製程之後，吾人可透過第一出口 470-a 而有效移除液體介質與微粒，並且將其收集在液體介質容器內。然後將承載機構上升至位置 2，其中以來自沖洗機構 430 的沖洗化學品來處理基板 100。在完成沖洗製程時，沖洗化學品可透過出口 470-b 而被移除並且被收集在沖洗化學品容器內。吾人可根據所使用之化學品的類型而回收化學品。如圖 3D 所示，聲能可透過位於承載機構內的轉換器 T1 而供應；或者如圖 3B 所示，其可透過位於可動式手臂 480 內的轉換器 T1 而供應。在基板與液體介質的聲能可一起作用而使微粒從基板的表面鬆脫。鬆脫的微粒至少部分地與液體介質產生連接，並且在清洗製程之後從基板加以移除而留下實質上乾淨的表面。

圖 4A 與 4B 顯示依照本發明之一實施例之比較手倒施加(handpour application)對音波施加之結果的微粒移除效率資料表。吾人可在圖 4A 中觀察到，聲能施加的微粒移除效率係實質上高於從手倒施加所獲得的效率。在一實施例中，微粒移除效率(PRE, particle removal efficiency)顯示出大約 16-18%的改善，此可在圖 4B 中被觀察到。

圖 5A 與 5B 顯示在本發明之一實施例中與音波輔助清洗技術

以及標準手倒清洗技術相關的後段製程微粒圖像分佈。吾人可觀察到，相較於標準手倒施加，在音波施加方面，每單位面積的污染物數量係實質上較少的。此外，吾人可觀察到相較於標準手倒，使用聲能可在基板表面上相當均勻地移除微粒，並且在經過音波施加之後，微粒圖像並沒有顯示出與基板表面上之污染物分佈相關的非均勻性問題。

圖 6 顯示在本發明之一實施例中與標準手倒施加以及超高音波聲能施加相關的微粒移除效率(PRE)長條圖。吾人可觀察到，對於具有大於 90 奈米(nm)尺寸的污染物，使用標準手倒施加之液體介質(舉例而言，液體介質化學品，例如部分水解聚丙烯醯胺)的 PRE 可顯示出約 79%的效率。當 5 W/cm^2 的合併聲能被施加至基板表面與液體介質時，如圖所示之音波施加的 PRE 隨著施加至表面的不等聲能功率而變化，並具有所顯示的顯著改善。如同顯示，PRE 可從約 79%效率改善至約 98%效率。然而，吾人應瞭解必須謹慎選擇聲能才能獲得高 PRE，而確保不會將損傷導入形成在基板上的特徵部內。此種損傷可能因為空泡現象所引起。因此，謹慎監督聲能的施加以及適當的液體介質選擇，以實現最佳微粒移除效率，而防止空泡現象並且維持形成在基板上之特徵部的屬性。

圖 7A 到 7C 顯示在本發明之一實施例中與在清洗製程期間以不同功率等級施加之 1 MHz 聲能相關的損傷資料。吾人可觀察到，隨著較高的微粒移除效率(PRE)，與施加至基板之聲能相關的功率等級會大大地決定在基板上所引起的損傷量。如圖 7A 所示，以 5 W/cm^2 之聲能功率施加至基板-液體介質-污染物介面會引起大約 30,000 的損傷，而改善 PRE 約 18%。如圖 7B 所示，以 0.7 W/cm^2 之 AE 功率會引起約 500 的損傷，以及如圖 7C 所示，以 0.3 W/cm^2 之 AE 功率會引起約零的損傷，而仍可改善 PRE 約 5%。吾人可根據期望的 PRE 量而對所引入的 AE 量進行最佳化，而將在基板所引起的損傷量降至最低。

圖 8A 與 8B 顯示在本發明之一實施例中根據聲能施加試驗的微粒移除效率。如同顯示，聲能的引入可改善 PRE，而此改善係

取決於原來已可從傳統清洗製程得到的 PRE。如同顯示，在可獲得的較低 PRE 狀態(40%)下，相較於傳統標準手倒清洗製程，施加聲能可改善 PRE 約 10%。在中或高 PRE 狀態(80%與 95%)下，相較於傳統手倒清洗製程，施加聲能可改善 PRE 分別約 4%與 1.5%。隨著特徵部尺寸的持續降低，期望將 PRE 比值改善得更接近 100%，並且適當聲能的選擇與施加可達到期望的 PRE 結果。

示範近接頭與其個別構造以及入口導管與出口導管的型態可參見美國專利申請案第 10/261,839 號、第 10/404,270 號、以及第 10/330,897 號。因此，吾人可利用任何、某些、或所有在此所述具有用於適當基板清洗與乾燥之任何適當構造的近接頭。此外，近接頭亦可具有任何適當數量或形狀的出口導管以及入口導管。此外，轉換器 406 可將聲能施加至基板，並且將聲能引入至彎液面 116。吾人應明白轉換器 406 可位於沖洗頭 106c 的任何適當區域內，或位於配送頭 106a 的適當區域內等等，只要轉換器 406 能夠將聲波施加至彎液面 116 即可。因此，參考圖 2A 到 2E 以及圖 3，轉換器 406 可將例如超音波及/或超高音波的聲波施加至如上所述的彎液面 116。因此，藉由合適液體介質與聲能的使用，吾人可明智地對基板表面的清洗進行最佳化與增強。

液體介質可根據化學結構與組成而被謹慎選擇。在一實施例中，用以清洗具有特徵部(其用以定義積體電路裝置)之基板的典型液體介質，可包含聚合物，例如聚丙稀醯胺(PAM, polyacrylamide)，其具有大於或等於 500,000 g/mol 的分子量。液體介質被定義成實質上為液相。當吾人將因為施加聲能引起的一力量加諸在覆蓋基板的液體介質上時，在形成於基板表面上的特徵部附近之液體介質產生變形。液體介質被施加在基板的表面上，以從表面移除污染物而實質上不損傷位於表面上的特徵部。在施加液體介質於基板的表面上之前，液體介質實質上不具有研磨顆粒(abrasive particles)。對於使用在基板清洗之液體介質的更多資訊，可參考美國臨時申請案第 61/013950 號，其申請日為 2007 年 12 月 14 日，發明名稱為「MATERIALS AND METHODS FOR

PARTICLE REMOVAL BY SINGLE-PHASE AND TWO-PHASE MEDIA」，並讓與給本申請案的受讓人。

在一實施例中，可進行污染物最佳移除而不對特徵部造成損傷的液體介質屬性，包含約每分鐘 5 ml 到約每分鐘 500 ml 的流率，而最佳流率為約每分鐘 100 ml，以及約 0 psi 到約 50 psi 的壓力。基板到近接頭的最佳間隙係介於約 0.3 mm-約 3 mm，以及最佳間隙係介於約 0.5 mm-1 mm。可顯示最佳結果的超高音波聲能係介於約 10 KHz 到約 10 MHz。在高頻聲能的情況下，施加的機制係透過微流與空泡現象。對於較低頻的聲能而言，施加的機制不同。在低頻時，聲能被耦合至液體介質，當所施加的聲能頻率類似於鬆弛時間(relaxation time)的頻率時，可使液體介質對聲波產生響應。在低頻時可顯示最佳結果的聲能係介於約 1 Hz 到 1 KHz。在一實施例中，聲能的頻率可比擬成液體介質之鬆弛時間的倒數。舉例而言，假使液體介質的鬆弛時間為 1 sec 時，聲能的頻率可為 1 Hz 的階數。

液體介質包含溶劑、以及用以改變液體介質之氫指數(pH, potential of hydrogen)的緩衝劑。緩衝劑與溶劑可形成用以清洗基板的液體介質。聚合物可溶於液體介質溶劑中。結果液體介質可具有小於 1 ppb(parts per billion, 十億分之一)之金屬污染物，而 pH 值係介於約 7 與約 12 之間。可溶性(solubilized)聚合物具有長聚合物鏈，以至少部分地與自基板表面去除的污染物產生連接或交互作用並且順利地對其進行包埋。

以下將參考圖 9 而說明一種使用聲能來清洗基板表面的方法。如操作 910 所述，此方法起始於選擇與施加液體介質，俾能實質上覆蓋基板表面的一部分。液體介質可以液體彎液面形式被提供或被提供在具有一空腔的槽體內，基板可浸漬到此空腔內，俾能實質上覆蓋基板的表面。吾人可選擇液體介質，以使化學結構可至少部分地與自基板表面鬆脫的污染物產生連接或交互作用。在一實施例中，近接頭可用以引入彎液面形式的液體介質。如操作 920 所述，透過一個以上的轉換器將聲能施加至液體介質

與基板。選擇轉換器，以使其能夠將聲能(AE)引入至基板，並且透過基板而引入至液體介質內，以使聲能不會在液體介質內引起任何空泡現象，並且可對引入至液體介質內的聲波提供最大波位移。在聲能存在時，吸附在基板上的目標污染物會因為液體介質與基板的聲音行為差異而遭受到一力量。聲音行為差異可歸因於液體介質與基板的固有特性，例如音速(sound velocity)以及位移振幅(displacement amplitude)。如操作 930 所述，污染物所遭受到的合併力量可協助從基板去除污染物。如操作 940 所述，此製程結束於被去除的污染物至少部分地與液體介質產生連接或交互作用，並且被液體介質所包埋而迅速地與液體介質一同被移除。此製程可繼續清洗另一個基板。雖然，這些實施例係就單一基板的清洗來進行詳細說明，但當前的實施例可用以清洗一批基板。

雖然本發明已就數個較佳實施例而進行說明，但吾人可明白熟習本項技藝者在閱讀上述說明書並且研究圖式時可瞭解其各種替代、增加、置換以及等效物。因此，此意指本發明包含所有此種落入本發明之實際精神與範圍的替代、增加、置換以及等效物。

【圖式簡單說明】

本發明可藉由以下與隨附圖式相結合的詳細說明而被輕易瞭解。為促進此說明，相同的參考符合表示相同的結構元件。

圖 1A 顯示在本發明之一實施例中使用浸漬槽之基板清洗系統之簡化方塊圖的側視圖；

圖 1B 顯示圖 1A 所示之基板清洗系統之簡化方塊圖的俯視圖；

圖 2A 顯示依照本發明之一實施例的基板清洗與乾燥系統，其具有單一配送頭以及位於此配送頭之後的一沖洗頭；

圖 2B 顯示圖 2A 所示之基板清洗與乾燥系統的部分展開圖；

圖 2C 顯示在本發明之一實施例中具有用以將聲能施加至基板與液體介質之複數個轉換器的基板清洗系統；

圖 2D 顯示在本發明之一替代實施例中之基板清洗系統的側

視圖，其具有用以將聲能施加在基板上的複數個轉換器；

圖 2E 顯示圖 2A 所示之基板清洗系統的一替代實施例，其具有排列在基板之每一側上的雙配送頭；

圖 3A 顯示在本發明之一實施例中使用旋轉工具的基板清洗系統；

圖 3B 顯示圖 3A 所示之旋轉工具的一替代實施例；

圖 3C 顯示圖 3B 所示之旋轉工具機構在進行工作時的俯視圖；

圖 3D 顯示圖 3A 與 3B 所示之旋轉工具機構的一替代實施例；

圖 4A 與 4B 顯示依照本發明之一實施例之比較手倒施加對音波施加之結果的微粒移除效率資料表；

圖 5A 與 5B 顯示在本發明之一實施例中與音波輔助清洗技術以及標準手倒清洗技術相關的後段製程微粒圖像分佈；

圖 6 顯示在本發明之一實施例中與標準手倒施加以及超高音波聲能施加相關的微粒移除效率長條圖；

圖 7A 到 7C 顯示在本發明之一實施例中與在清洗製程期間所施加之各種聲能相關的損傷資料；

圖 8A 與 8B 顯示在本發明之一實施例中根據聲能施加試驗的微粒移除效率；及

圖 9 顯示依照本發明之一實施例涉及將超高音波聲能提供至基板表面的操作流程圖。

【主要元件符號說明】

- 100 基板
- 106a 配送頭
- 106b 沖洗頭
- 106c 沖洗頭
- 106c-1 入口導管
- 106c-2 出口導管
- 116 液體介質彎液面
- 406 轉換器

- 406a 壓電元件
- 406b 轉換器本體
- 408 電源
- 410 容器
- 420 承載機構
- 430 沖洗機構
- 440 馬達機構
- 450 控制機構
- 460 流體供應源
- 470 出口
- 470-a 液體介質出口
- 470-b 沖洗化學品出口
- 480 可動式手臂

七、申請專利範圍：

1.一種清洗半導體基板的方法，包含下列步驟：

將一液體介質施加至一半導體基板的表面，俾能實質上覆蓋受清洗之該半導體基板之該表面的一部分；及

將聲能施加至該半導體基板，俾能使該半導體基板產生振動，該半導體基板具有複數個待移除的微粒污染物，該半導體基板的振動將該聲能傳輸至該液體介質，俾能將一聲波速度引入該液體介質內，位於該液體介質內的該聲波速度連同該半導體基板的該振動一起提供一力量，以從該半導體基板的該表面去除該複數個微粒污染物。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之清洗半導體基板的方法，其中將聲能施加至該半導體基板更包含下列步驟：

選擇用以產生聲能的一轉換器；及

產生用以施加至該半導體基板的該聲能，俾能在該液體介質內提供最大聲波位移。

3.如申請專利範圍第 2 項所述之清洗半導體基板的方法，更包含下列步驟：

調整該聲能，俾使位於該液體介質內的該聲波速度不在該液體介質內產生空泡現象。

4.如申請專利範圍第 2 項所述之清洗半導體基板的方法，更包含下列步驟：

控制由該轉換器所施加的該聲能，俾能維持在該液體介質與該半導體基板內之聲波位移均勻性。

5.如申請專利範圍第 3 項所述之清洗半導體基板的方法，更包含下列步驟：

設置一第二轉換器，該第二轉換器係耦合至該半導體基板的

下側，該第二轉換器能夠透過一耦合體而從該下側將聲能施加至該半導體基板。

6.如申請專利範圍第 5 項所述之清洗半導體基板的方法，更包含下列步驟：

選擇一耦合體，該耦合體具有能夠傳輸聲能的固有特性；及將該耦合體施加至該半導體基板，從該下側輸送至該半導體基板之該聲能的量值係基於該耦合體的固有特性。

7.如申請專利範圍第 6 項所述之清洗半導體基板的方法，其中施加至該半導體基板與該液體介質的該聲能係基於與該半導體基板、該液體介質以及該耦合體相關的固有特性，該聲能用以界定該液體介質內之該聲波的聲音行為。

8.如申請專利範圍第 5 項所述之清洗半導體基板的方法，其中該耦合體為用以沖洗該半導體基板的一液體或一液體化學品其中之一。

9.如申請專利範圍第 7 項所述之清洗半導體基板的方法，其中與該耦合體以及該液體介質相關的該固有特性包含化學組成、密度、以及溫度其中任何一者以上，而其中與該半導體基板相關的該固有特性包含組成、厚度、寬度、溫度、污染物類型、污染物尺寸、污染物組成其中任何一者以上。

10.如申請專利範圍第 1 項所述之清洗半導體基板的方法，更包含下列步驟：

選擇該液體介質，以使該液體介質的化學結構能夠在清洗製程期間至少部分地與自該半導體基板之表面鬆脫的該微粒污染物產生連接或交互作用，而其中該液體介質為部分水解聚丙烯醯胺。

11.一種用以清洗基板的設備，包含：

一第一外槽，具有由一底部以及自該底部延伸之一個以上側壁所界定的一空腔、以及相對於該底部的一開口，該第一外槽用以將一體積之一第一液體介質容納在該空腔內；

一第二內槽，配置在該第一外槽內，俾能界定包圍在該第一外槽內之該第二內槽的該空腔，以該第一液體介質填充由在該第一外槽內配置該第二內槽所形成的空間，該第二內槽具有由一底部以及自該底部延伸之一個以上側壁所界定的一空腔、以及相對於該底部的一開口，該第二內槽用以將一體積之一第二液體介質容納在該空腔內；

一承載機構，用以支撐該基板，並且將該基板完全浸入於被界定在該第二內槽中的該空腔內之該第二液體介質中；及

一轉換器，用以將聲能施加至位於該第二內槽內的該基板與該第二液體介質，該聲能使該基板與該第二液體介質一同作用，而從該基板的該表面去除微粒污染物；

其中該第一槽的開口以及該第二槽的開口為實質上平行，以便容許該基板透過該第一與第二槽的開口而被引入到該第二槽內，其中施加至該第二液體介質的該聲能在該第二液體介質內防止空泡現象，以及其中施加至該基板的該聲能能夠使被引入該第二液體介質內之聲波具有最大波位移。

12.如申請專利範圍第 11 項所述之用以清洗基板的設備，其中該轉換器被設置在該第一外槽的該底部，來自該轉換器的該聲能透過該第一外槽內的該第一液體介質而被傳輸至該第二內槽內的該浸入基板與該第二液體介質。

13.如申請專利範圍第 12 項所述之用以清洗基板的設備，其中該轉換器係由至少一第一與一第二轉換器所構成，該第一與第二轉換器係設置在該第一外槽的該底部，以透過該第一外槽內的該第一液體介質，而對該第二內槽內的該第二液體介質與該基板產生聲

能。

14.如申請專利範圍第 11 項所述之用以清洗基板的設備，更包含選擇該第一與第二液體介質，俾能控制輸送至該第二液體介質與該基板之該聲能的量值，輸送至該第二液體介質與該基板之該聲能的量值係基於與該基板以及該第一與第二液體介質相關的固有特性。

15.如申請專利範圍第 14 項所述之用以清洗基板的設備，其中選擇該第二液體介質，以使該第二液體介質的化學結構能夠至少部分地與自該基板之表面鬆脫的該微粒污染物產生連接或交互作用。

16.如申請專利範圍第 11 項所述之用以清洗基板的設備，其中該第二內槽更包含：一入口，用以將乾淨與新鮮的第二液體介質補充到該第二內槽內；以及一出口，用以從該第二內槽移除該第二液體介質與該微粒污染物，且其中，在清洗製程期間，該第一外槽接收來自該第二內槽的帶有該微粒污染物之該第二液體介質。

17.如申請專利範圍第 11 項所述之用以清洗基板的設備，其中該承載機構具有用以在清洗製程期間支撐複數個基板並將該複數個基板浸入該第二液體介質內的位置，並且利用單一或複數轉換器其中一者而將聲能施加至浸入該第二內槽內的該複數個基板中之每一者。

18.如申請專利範圍第 11 項所述之用以清洗基板的設備，其中施加至該基板與該液體介質的合併聲能具有介於約 10 KHz 到約 10 MHz 的頻率。

19.如申請專利範圍第 11 項所述之用以清洗基板的設備，其中施加至該基板與該液體介質之合併聲能的頻率係基於該液體介質之鬆

弛時間的倒數。

20.一種用以清洗基板的設備，在該基板之一表面上具有微粒污染物，該設備包含：

一處理室，具有一承載機構，該承載機構用以容納、支撐以及運送該處理室內之一基板，該處理室更包含：

一配送頭組件，用以將一液體介質以彎液面形式供應至該基板的表面；及

一沖洗頭組件，設有至少一入口導管，用以將一沖洗化學品以彎液面形式供應至該基板的上表面；至少一出口導管，用以從該基板之該表面移除該沖洗化學品與該液體介質；以及至少一轉換器，用以將聲能供應至由該承載機構加以支撐的該基板，俾能使該基板產生振動，該基板的振動將該聲能傳輸到施加至該基板之該表面之該液體介質的彎液面，俾能在該液體介質內引入一聲波速度，該液體介質之彎液面內的該聲波速度連同該基板的振動一起輔助從該基板之該表面去除微粒污染物，

其中該轉換器係位於靠近該沖洗頭組件的表面之處，以傳輸聲能至該基板，而該沖洗頭組件的表面極接近該基板之該表面。

21.如申請專利範圍第 20 項所述之用以清洗基板的設備，其中該配送頭組件與該沖洗頭組件為線性近接頭。

22.如申請專利範圍第 20 項所述之用以清洗基板的設備，其中選擇位於該沖洗頭組件內之該轉換器的幾何形狀，俾能與該沖洗頭組件的幾何形狀相稱。

23.如申請專利範圍第 20 項所述之用以清洗基板的設備，更包含一第二沖洗頭組件，該第二沖洗頭組件設有至少一入口導管，用以將一沖洗化學品供應至該基板的該表面；至少一出口導管，用以

從該基板之該表面移除該沖洗化學品與該液體介質；以及至少一轉換器，位於該第二沖洗頭組件內之該轉換器的幾何形狀係與該第二沖洗頭組件的幾何形狀相稱，位在該第二沖洗頭組件內的該轉換器係位於靠近面向該基板之該表面之該第二沖洗頭組件的表面，

其中位於該第二沖洗頭組件內的該轉換器用以透過該沖洗化學品，而將聲能供應到該基板以及供應到施加至該基板之該表面上之該液體介質的彎液面，選擇施加至該沖洗化學品之該聲能的量值，俾能對被引入到該液體介質內的一聲波提供最大聲波位移，並且防止該液體介質內之空泡現象。

24.如申請專利範圍第 23 項所述之用以清洗基板的設備，其中該第二沖洗頭組件位於極接近該基板的背側之處，俾能透過該基板的該背側而將該聲能提供至該基板與該液體介質，該第二沖洗頭組件內的該轉換器係位於靠近該第二沖洗頭組件的表面之處，而該第二沖洗頭組件的表面極接近該基板之該表面的下側。

25.如申請專利範圍第 20 項所述之用以清洗基板的設備，其中選擇該液體介質，以使該液體介質的化學結構能夠至少部分地與該鬆脫微粒污染物產生連接或交互作用，該液體介質為部分水解聚丙烯醯胺。

26.如申請專利範圍第 20 項所述之用以清洗基板的設備，其中施加至該基板之該表面與該液體介質的合併聲能具有介於約 10 KHz 到約 10 MHz 的頻率。

27.一種用以清洗基板的設備，該基板之表面上具有微粒污染物，該設備包含：

一容器，設有一承載機構，該容器用以容納並保持一液體介質，位於該容器內的該承載機構用以容納、支撐、且沿著一軸移

動一基板；

一轉換器，用以將聲能供應至由該承載機構加以支撐的該基板，俾能使該基板產生振動，該基板的振動將該聲能傳輸至施加在該基板之該表面之該液體介質的彎液面，俾能將一聲波速度引入該液體介質內，該液體介質之彎液面內的該聲波速度連同該基板的振動一起輔助從該基板的該表面去除微粒污染物；及

一沖洗機構，設有至少一入口導管，而將一沖洗化學品以彎液面形式供應至該基板的上表面，

其中施加至該液體介質的該聲波速度防止該液體介質內之空泡現象。

28.如申請專利範圍第 27 項所述之用以清洗基板的設備，其中該轉換器被設置在該承載機構內，該轉換器連接至一電源，並且用以從透過該電源而供應的電力產生聲能。

29.如申請專利範圍第 27 項所述之用以清洗基板的設備，其中該轉換器被固定在一可動式手臂機構上，該可動式手臂機構用以使該轉換器向上、向下以及向側邊移動，俾能使該轉換器定位於極接近該基板表面之處。

30.如申請專利範圍第 27 項所述之用以清洗基板的設備，其中該沖洗機構被固定在一可動式手臂機構上，該可動式手臂機構用以使該沖洗機構向上、向下以及向側邊移動，俾能使該沖洗機構定位於極接近該基板表面之處，該沖洗機構的移動係使用一沖洗控制機構加以控制。

31.如申請專利範圍第 27 項所述之用以清洗基板的設備，更包含一馬達機構，該馬達機構連接至該承載機構，俾能使該承載機構向上、向下、且沿著一旋轉軸移動。

32.如申請專利範圍第 27 項所述之用以清洗基板的設備，更包含相異的容器，其係用以供應該沖洗化學品，並且收集在清洗與沖洗操作之後從該基板表面所移除的該液體介質以及該沖洗化學品，其中該容器包含相異的出口導管，以在清洗製程期間從該容器移除該液體介質。

八、圖式：

32.如申請專利範圍第 27 項所述之用以清洗基板的設備，更包含相異的容器，其係用以供應該沖洗化學品，並且收集在清洗與沖洗操作之後從該基板表面所移除的該液體介質以及該沖洗化學品，其中該容器包含相異的出口導管，以在清洗製程期間從該容器移除該液體介質。

八、圖式：