

發明摘要

※ 申請案號：102145646

※ 申請日：102.12.11

※IPC 分類：

C25D5/00(2006.01)
C25D7/12(2006.01)
C25D19/00(2006.01)
C25D21/12(2006.01)
C25D21/04(2006.01)
C25D21/14(2006.01)
C25D17/00(2006.01)
H01L21/283(2006.01)
H01L21/3205(2006.01)
H01L21/02(2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

真空電鍍槽

ELECTORFILL VACUUM PLATING CELL

【中文】

揭露之實施例相關於方法與設備，用於在次大氣壓狀態下將基板浸入電鍍槽中之電解液中以降低或消除當基板浸入時之氣泡形成或截留。揭露各種不同的電解液再循環迴路，以對電鍍槽提供電解液。再循環迴路可包含泵、脫氣器、感應器、閥門等。揭露之實施例允許將基板快速地浸入，因而大量減少與電鍍期間之氣泡形成及不均的電鍍時間相關之問題。

【英文】

The disclosed embodiments relate to methods and apparatus for immersing a substrate in electrolyte in an electroplating cell under sub-atmospheric conditions to reduce or eliminate the formation/trapping of bubbles as the substrate is immersed.

Various electrolyte recirculation loops are disclosed to provide electrolyte to the plating cell. The recirculation loops may include pumps, degassers, sensors, valves, etc. The disclosed embodiments allow a substrate to be immersed quickly, greatly reducing the issues related to bubble formation and uneven plating times during electroplating.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(6)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

601 電鍍槽

602 電鍍流體迴路

604 電鍍流體貯槽

606 泵

608 脫氣器

610 真空泵

612 流體感應迴路

614 溶解氣體感應器

616 預濕器

614 溶解氣體感應器

618 壓力感應器

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

(無)

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

真空電鍍槽

ELECTORFILL VACUUM PLATING CELL

【技術領域】

【0001】 本申請案主張於西元 2012 年 12 月 11 日申請之美國專利暫時申請案第 61/735,971 的優先權，該美國專利暫時申請案的名稱為” ELECTROFILL VACUUM PLATING CELL”，本申請案亦主張於西元 2013 年 3 月 6 日申請之美國專利暫時申請案第 61/773,725 號的優先權，該美國專利暫時申請案的名稱為” ELECTROFILL VACUUM PLATING CELL”，其內容於此藉由參照全體納入作為本案揭示內容的一部分以及用於所有目的。本申請案也為於西元 2010 年 1 月 8 日申請之美國專利申請案第 12/684,787 號與第 12/684,792 號之部份連續案，其專利名稱分別為” APPARATUS FOR WETTING PRETREATMENT FOR ENHANCED DAMASCENE METAL FILLING” 及” WETTING PRETREATMENT FOR ENHANCED DAMASCENE METAL FILLING”，其內容於此藉由參照全體納入作為本案揭示內容的一部分以及用於所有目的。

本發明係關於將金屬電鍍至基板表面上的方法和設備。

【先前技術】

【0002】 基於各種的原因，可將欲電鍍之晶圓於浸入至電鍍槽中時傾斜成非水平角度。因此，相對於在基板上填充特徵部所耗費的總時間（如：現今技術節點晶圓結構可填充於約 1-2 s，在部份情形中約小於 500 ms），用於電鍍之一些現有的方法與設備要求基板需浸入在電鍍液中一段相當長的時間週期（如：由前緣進入溶液的時間到後緣完全地浸入的時間之間的 120-200 ms）。因基板的前緣進入電鍍液中且於基板的後緣之前開始電鍍，故相對長的浸入時間（定義成基板的整個電鍍面浸入在電鍍液中所花費的時間）會導致不一致的特徵部填充。一開始的電鍍不均勻性可能會在整個

電鍍製程期間持續存在，因而導致不均勻的填充。當業界由 300mm 發展到 450mm 的晶圓時，這些影響會更加被惡化。期望不侷限於動作的任何特定理論或機制，整個晶圓之電鍍的開始時間差可能會導致如促進劑、抑制劑、及均勻劑之添加劑的不均勻吸附情況，因而可以導致整個晶圓表面之不均勻的鍍層。因此，具有相對於填充較小特徵部所花費時間之較短的浸入時間係實質上較佳，以使整個晶圓之填充開始時間的差異可以具有最小的影響，使得特徵部的填充及鍍層的均勻度可以最大化。

【0003】 最小化浸入時間的代價係氣泡會形成在電鍍液和基板間的界面。在晶圓浸入至電鍍電解液中期間，氣泡可能被截留於晶圓的電鍍側（活性側或電鍍面）下方。如果過於快速地浸入基板，氣泡截留的問題可能會惡化。截留在晶圓電鍍面上之空氣氣泡會導致諸多問題。在氣泡所出現的地方，氣泡會遮蓋住晶圓的電鍍面而使晶圓的電鍍面無法接觸到電解液，因此產生電鍍無法發生的區域。根據氣泡開始截留於晶圓上的時間及氣泡於晶圓上維持受截留狀態的時間長度，所產生的鍍層缺陷可以表現成無鍍層的區域或鍍層厚度減少的區域。因此，在現今的電鍍方法下，若浸入時間過快，則可能發生顯著的鍍層缺陷。

【發明內容】

【0004】 本文的實施例係與用於將材料電鍍至基板上的方法與設備相關。在揭露的實施例中，於低壓下將基板浸入於電解液中，以減少或消除當浸入基板時氣泡截留在基板下的風險。在揭露實施例的一實施態樣中，提供一種將金屬電鍍至基板上之方法，該方法包含：將電解液流過一電鍍再循環迴路，該電鍍再循環迴路包含一電解液貯槽、一泵、一電鍍槽、及用於將電解液在導入電鍍槽中前加以脫氣的一脫氣器；將該基板浸入在電鍍槽中之電解液中，其中在浸入期間之電鍍槽中的壓力係約 100Torr 以下；將材料電鍍至基板上；及將該基板由電解液中搬離。

【0005】 在部份實施例中，浸入期間之電鍍槽中的壓力係至少約 20 Torr。將基板浸入在電解液中的步驟可能會發生在一段約 255ms 以下的期間，其中基板具有約 150mm 以上之直徑。在部份情形中，浸入持續時間可能會更短。譬如：將基板浸入在電解液中的步驟可能會發生在一段約 50ms

以下的期間，其中該基板具有約 150mm 以上之直徑。在這些或其他實施例中，將基板浸入在電解液中的步驟發生在具有第一持續時間之期間，且將材料電鍍以填充基板上之一特徵部的步驟發生在具有第二持續時間之期間，其中第一持續時間係該第二持續時間的約 10% 以下。在部份情形中，如依體積測量，該特徵部為基板上的一最小的特徵部。如依體積測量，該特徵部也可為基板上之中尺寸的特徵部。

【0006】 可以一個角度浸入基板，且在部份實施例中，該基板以介於約 0.25-10 度/秒的擺動速度來擺向一水平方向。電鍍槽中之低壓至少會存在於浸入期間，且可持續一段較長的時間。在部份實施例中，電鍍槽中之壓力於電鍍的至少一開始約 10ms 期間仍維持於約 100Torr 或以下。在某些實施例中，電鍍槽中之壓力一直到電鍍停止後為止仍維持在約 100Torr 或以下。在部份實施例中可使用負載鎖室。在此情況中，本方法更可包含：將基板插入負載鎖室中且將負載鎖室中之壓力降低到約 100Torr 以下。

【0007】 該方法也可包含：在將電解液脫氣之後，及將電解液導入電鍍槽之前，將氣體注入電解液中之步驟。注入的氣體可以為氧氣。可將氧注入達到約 10ppm 以下的電解液濃度。在一些情形中，可將氧注入達到約 1ppm 以下的電解液濃度。

【0008】 在一些實施例中，該方法更包含：將電解液流過氣體控制再循環迴路，該氣體控制再循環迴路包含：電解液貯槽、及溶解氣體感應器，其中溶解氣體控制器依據來自溶解氣體感應器的輸入控制氣體注入單元，以調節電解液中之溶解氣體的濃度。電鍍再循環迴路可以和氣體控制再循環迴路分隔開來。在一些實施方式中，於電鍍期間，藉由通過旁通導管，電解液可繞過電鍍再循環迴路的電解液貯槽。當電鍍沒有發生時，電解液也可流過一大氣壓再循環迴路，其中該大氣壓再循環迴路包含：電解液貯槽、大氣壓電解液貯槽、及大氣壓迴路泵。該方法也可包含：將於脫氣電解液貯槽中之電解液脫氣；及將電解液流過脫氣再循環迴路及大氣壓再循環迴路，其中脫氣再循環迴路包含：電解液貯槽、脫氣迴路泵、及脫氣電解液貯槽，且其中大氣壓再循環迴路包含：脫氣電解液貯槽、大氣壓迴路泵、及大氣壓電解液貯槽。

【0009】 在揭露實施例之另一實施態樣中，將提供一種用於將金屬電鍍至基板上之設備，該設備包含：一電鍍槽，配置成承受約 100Torr 以下的壓力，且該電鍍槽包含：一基板夾持具、一電解液容納槽、及一基板定位系統，該基板定位系統能夠控制基板浸入電解液容納槽中時的基板方向；一電鍍再循環迴路包含：一電解液貯槽、一泵、一脫氣器、及一電鍍槽，其中在該電鍍再循環迴路中將該脫氣器設置在該電解液貯槽後及電鍍槽前；及一電鍍控制器，用以在電鍍製程期間且當基板浸入電解液容納槽中時，將壓力維持在約 100 Torr 以下。

【0010】 在某些實施例中，基板定位系統能夠控制基板的移動、傾斜、及轉動。該設備也可包含一溶解氣體感應器。在一些情形中，溶解氣體控制器可結合溶解氣體感應器及氣體注入器來使用，其中溶解氣體控制器依據來自溶解氣體感應器的測量結果控制氣體注入器。

【0011】 旁通導管可使用於部份實施方式中，其中電鍍控制器係用於在電鍍期間將電解液流過旁通導管，因而繞過電解液貯槽。在一些實施例中，可使用一大氣壓再循環迴路，該大氣再循環迴路包含：一電解液貯槽、一大氣壓迴路泵、及一大氣壓電解液貯槽，其中電鍍控制器係用於避免大氣再循環迴路於電鍍期間流通。在部份實施方式中，該設備可包含：一脫氣電解液再循環迴路及一大氣壓再循環迴路，其中該脫氣電解液再循環迴路包含：一電解液貯槽、一脫氣迴路泵、及一脫氣電解液貯槽，且該大氣再循環迴路包含：一脫氣電解液貯槽、一大氣迴路泵、及一大氣壓電解液貯槽，其中電鍍控制器係用於確保該脫氣電解液再循環迴路於電鍍期間不會流通。在各種不同的情形中，該設備包含一個以上的附加電鍍槽，該附加電鍍槽配置成在約 100 Torr 以下運作，其中該等附加電鍍槽與該電解液貯槽流體連通。

【0012】 參照相關附圖於以下描述這些和其他的特徵。

【圖式簡單說明】

【0013】 圖 1 及圖 2 顯示於水平浸入（圖 1）和斜角浸入（圖 2）期間將基板浸入至電鍍槽中之電解液時之基板的視圖。

【0014】 圖 3 顯示具有電鍍再循環迴路及氣體控制再循環迴路之電

鍍系統。

【0015】 圖 4 根據部份實施例描述一真空電鍍槽。

【0016】 圖 5 顯示根據部份實施例之真空電鍍槽的橫剖面圖。

【0017】 圖 6 描繪根據不同實施例之電鍍系統。

【0018】 圖 7 顯示具有旁通導管的電鍍系統。

【0019】 圖 8 說明具有二個電解液貯槽與二個再循環迴路之電鍍系統。

【0020】 圖 9 顯示具有三個電解液貯槽與三個再循環迴路之電鍍系統。

【0021】 圖 10 顯示具有一負載鎖室之電鍍槽。

【0022】 圖 11 顯示在次大氣壓及大氣壓下所進行的電鍍製程實驗結果之圖表。

【0023】 圖 12 及 13 描繪根據部份實施例之多重工具電鍍設備之替代實施例。

【實施方式】

【0024】 在本申請案中，術語「半導體晶圓」、「晶圓」、「基板」、「晶圓基板」、及「部份製造之積體電路 (partially fabricated integrated circuit)」可互換使用。熟習此技術領域者將能理解術語「部份製造之積體電路」可代表積體電路製造之許多階段中之任一階段的矽晶圓。使用在半導體裝置工業中之晶圓或基板一般具有 200mm、或 300mm、或 450mm 的直徑。此外，術語「電解液」、「電鍍浴」、「浸浴」、及「電鍍液」可互換使用。下列的詳細敘述假設本發明係實現於晶圓。然而，本發明並非僅限於此。工作件可為各種形狀、尺寸、及材料。除半導體晶圓外，可利用本發明的其他工作件包含各種物件，例如印刷電路板等。

【0025】 在下面敘述中，提出了許多特定細節以提供對於本發明實施例的全面瞭解。在沒有部份或全部此些細節的情況下亦可施行所揭露之實施例。在其他情況下，不詳細說明眾所周知的製程操作以免不必要地模糊所揭露之實施例。雖然配合特定實施例來說明所揭露的實施例，但應瞭解，這些特定實施例並不限制所揭露的實施例。

【0026】 於在真空狀態中電鍍基板之方法與設備的背景下，提供本揭露內容。此處所揭露之真空輔助方法與相關硬體允許快速地浸入基板（如：約小於 50ms、約小於 35ms、約小於 20ms、約小於 10ms、或 5-15ms 之間）卻不會形成有害的氣泡。此外，部份所揭露之真空實施例允許在浸入期間將基板浸入而不對基板施加電偏壓。此外，部份實施例允許以些許傾斜或無傾斜的方式將基板浸入，以讓基板的所有部份實質上同時與電鍍液接觸。諸多不同的實施例於各種不同之應用中可係有用的，上述應用包含鑲嵌互連（提供此功能性工具之範例為來自 Lam Research Corporation of Fremont, California 的 Sabre™ NExT™, Sabre™ Extreme™, Sabre™ Excel™, Sabre™ Max™等）、晶圓級封裝（WLP）、直通矽穿孔（TSV，提供此功能性工具之範例係 Sabre-3D™）、及無電鍍沉積（ELD）。

【0027】 本文的實施例藉由在浸入前或浸入期間消除基板/流體界面處的氣體，且藉由仔細地控制晶圓的進入輪廓（entry profile）（例如：垂直進入速度、傾斜角度、及轉動速度）而大幅度地降低氣泡的形成。如此允許基板較快地進入電鍍液中，且因此達到整個基板的電鍍面上較高品質及更均勻的電鍍/填充。此外，電鍍環境中之氧的脫去在晶圓表面處降低金屬侵蝕的有害效應。

【0028】 如上述，氣泡形成導致顯著的電鍍缺陷，該缺陷包含在氣泡出現位置處之減少的鍍層或無鍍層。當沿著垂直浸入軌道將晶圓以水平或大致水平的定向（平行於以電解液表面所界定的平面）浸入時，氣泡非常可能形成。圖 1 顯示發生在電鍍系統 101 中之典型氣泡截留情境的橫剖面圖。將由晶圓夾持具 104 所固持的水平方向晶圓 103 沿著垂直的 Z 軸朝著液槽 105 中的電解液 107 下降，且最後浸入於電解液 107 中。水平方向晶圓 103 的垂直浸入產生截留於晶圓 103 底面（鍍層面）的氣泡 109。在一倒置（面向下）的配置中，浮力往往會將氣泡向上拉起而至晶圓的活性面上。因電鍍槽不具有圍繞晶圓邊緣驅動氣泡的內在機制，而晶圓周圍係唯一離開晶圓表面之路徑，故將這些氣泡從晶圓表面移除係相當困難。此外，部份實施例係在晶圓邊緣處使用一種夾持夾具（如：圖 1 的晶圓夾持具 104），該夾持夾具於浸入期間支撐晶圓，該夾持具因具有會阻礙氣泡離開晶圓表

面的垂直於晶圓表面之表面，故更加惡化氣泡的截留狀態。一般而言，晶圓 103 繞著穿過其中心且垂直於其鍍層面的軸轉動。如此的轉動透過離心力促使氣泡離開，但許多的較小氣泡對晶圓的附著係相當頑強，且無法藉由轉動移除。

有角度浸入

【0029】 處理數個上述問題的方法係使用有角度的晶圓浸入。在此方法中，將晶圓相對於電解液表面所界定之平面傾斜，且同時將晶圓沿著垂直路徑（沿著 Z 軸）引進電解液中。圖 2 描繪如此的浸入情境 112，其中將晶圓 103 沿著 Z 軸浸入電解液 107 中，且同時也將晶圓相對於電解液 107 之表面以例如角度 θ 傾斜。因使用有角度的浸入，原本可能截留於晶圓表面上的氣泡會經由浮力的幫助及被由前浸入緣朝著後浸入緣前進之波推進，且因此因為晶圓係傾斜狀態故氣泡不會再被截留而可以脫離到大氣。此外，也會建立單一濕鋒，因此不會有集合濕鋒的問題存在。在美國專利案第 6,551,487 號，及於西元 2012 年 4 月 30 日申請之美國專利申請案第 13/460,423 號，專利名稱爲” WETTING WAVE FRONT CONTROL FOR REDUCED AIR ENTRAPMENT DURING WAFER ENTRY INTO ELECTROPLATING BATH” 中，更詳細地描述「有角度的晶圓浸入」，且其內容於此藉由參照全部納入作為本案揭示內容的一部分。轉動速度可與有角度的浸入相配，以降低氣泡的形成。如上述，晶圓夾持具可使氣泡的截留加劇。

【0030】 雖然有角度的浸入於大氣壓下操作之電鍍槽中顯著地降低氣泡形成，但造成了一種難題。基板的電鍍面在一段時間期間接觸溶液，而該電鍍面的若干區域在該電鍍面的其他區域之前接觸該溶液。因此，有些區域可建立電鍍添加劑（促進劑、抑制劑和/或均勻劑）之完全發展的濃度與吸附分布，然而其他區域卻剛與添加劑接觸。當電鍍開始時，具有完全發展之添加劑分布的這些區域比不帶有完全發展之添加劑分布的其他區域電鍍進行較佳。此外，當基板於進入期間被施加電偏壓時，最初就與電鍍液接觸之基板區域在較晚接觸電鍍液的基板區域電鍍之前很久就開始電鍍。因此，在電鍍的過程中，基板前緣部份會比後緣部份更大程度的電鍍。

在大氣壓的電鍍槽中，有角度浸入所需的時間量可占電鍍期間填充凹陷特徵部所需的總時間相當顯著的比例，特別是相對較小的特徵部。所產生的不均勻度係非所期望的。

【0031】 在真空槽的若干實施方式中，於浸入期間的晶圓角度可與水平面間約小於 3 度。在部份實施例中，該角度係約 2 度以下，在一些實施例中，角度係約 1 度以下。

【0032】 在某些實施例中，晶圓傾斜的角度在浸入協議（immersion protocol）期間會改變。此可以造成氣泡截留的降低。在這些實施例中，可控制「擺動速度」，即晶圓由 θ 傾斜至水平的速度（反之亦然），以不製造出紊流而因此造成不期望的空氣截留。然而，如同高產量環境中的諸多現象，會存在著效能和產量之間的取捨。特別是，如果擺動速度過慢，產量會變差，而如果擺動速度過快，可能會造成紊流。在一實施例中，晶圓的擺動速度約介於每秒 0.25-10 度之間。在另一實施例中，擺動速度約介於每秒 0.25-1.5 度之間。在另一實施例中，擺動速度約介於每秒 0.5-1 度之間。在又一實施例中，擺動速度約係每秒 1 度以上。為降低氣泡的截留，有效傾斜角度之控制可以獨立於 Z-速度變化而使用，或與 Z-速度變化結合而使用。在一些實施例中，當晶圓以第一角度傾斜於水平面時，晶圓前緣接觸電鍍液；接著增加晶圓的傾角至第二角度，接著降低至例如 0 度。在其他實施例中，當晶圓以第一角度傾斜於水平面時，晶圓前緣會接觸到電鍍液，接著在最終將傾斜角度降低成 0 度之前，將傾斜角度降低成較小的傾斜角度。

【0033】 在某些實施方式中，傾斜角度會建立在浸入之前，且於浸入製程期間保持不變。

【0034】 晶圓也可於浸入期間轉動。如同傾斜一樣，晶圓的轉動可沿著於晶圓對電解液的垂直軌道於任何時間點實施，只要在進入電解液時晶圓為轉動狀態。在一實施例中，對浸入晶圓之步驟而言，200mm 直徑之晶圓的轉動速度約介於 10-180RPM 間，300mm 直徑之晶圓的轉動速度約介於 5-180RPM 間，及 450mm 直徑之晶圓的轉動速度約介於 5-150RPM 間。不同的轉度速度可用於浸入步驟（第一轉動速度）與電鍍步驟（第二轉度速度），以及電鍍後步驟（另外的電鍍速度）。例如：晶圓可以以特別的速度轉動，

以便自槽中移除晶圓後，及例如當由經電鍍的晶圓清洗電解液時，而由晶圓回收電解液。在美國專利案第 6,551,487 中更詳細地描述這些轉動的細節，及用於執行有角度浸入方法之例示性硬體，且其內容於此藉由參照納入本案揭示內容。

【0035】 在浸入期間，晶圓的垂直進入速度可係不變或可變。可將垂直速度改變，以提供晶圓的最佳濕分布。例如：在某些實施方式中，在至少一部份的浸入製程期間，將晶圓加速及/或減速，以控制電解液的濕波鋒。

【0036】 在一些實施例中，可以使用合適的機械控制系統同時地調整晶圓的轉動、垂直移動、及傾斜其中二或三者。調整機制可以運作於位在電鍍槽之真空元件外部的一部份的晶圓夾持具。當晶圓移動、傾斜、及/或轉動時，晶圓夾持具主軸或其他轉動/傾斜/移動元件可經由波紋管、真空軸承及/或維持真空狀態之其他合適介面而與電鍍槽上之真空密封壁或蓋嚙合。

真空下的浸入

【0037】 於本文揭露之不同的實施例中，將晶圓於真空下浸入。在習知的電鍍技術下，會存在（1）快速地浸入晶圓；與（2）降低空氣截留；二者間的取捨。然而，真空電鍍槽的使用允許快速地浸入而不帶有氣泡的形成，這是因為在晶圓浸入時實際上沒有空氣被截留在晶圓下方。因為在真空下氣泡顯著地較不可能在基板表面上形成，故本文的實施例允許較快的浸入時間，該浸入時間大約為用於添加劑吸附作用（約 100ms）及成核作用（約 50ms）的時間範圍數量級，且在許多實例中較該時間範圍為快。浸入的總時間可以係相當重要，舉例來說，這是因為在浸入期間，一部份的晶圓會接觸電解液，而另一部份沒有。根據電鍍條件、及晶種層（seed layer）厚度等，將晶圓盡可能的快速浸入通常係相當重要。快速的浸入時間將在整個基板上產生較均勻鍍層與較均勻的特徵部填充物。

【0038】 當使用大氣壓之電鍍槽與有角度的進入時，300mm 晶圓的浸入時間可以約小於 150ms。450mm 晶圓的浸入時間可以約小於 225ms。當在其中電解液上方的孔隙空間具有低壓（如：大氣壓以下的壓力）的一槽中進行浸入步驟時，氣泡形成的風險會大幅度地下降，特別是在高速進入速度下。在一些情形中，當使用次大氣壓電鍍槽時，浸入時間不超過填充

電鍍基板上之最小特徵部之總時間的約 10% (或不超過填充電鍍基板上之中尺寸特徵部之總時間的約 10%)。如上述，在一些實施例中，浸入時間可以約少於 50 ms，約少於 35 ms，約少於 20 ms，約少於 10 ms，或約介於 5-15 ms 之間。這些速度對直徑 300mm 之晶圓及/或直徑 450mm 之晶圓可以係合適的。在部份情形中，基板的垂直進入速度約介於 200-400 mm/s 之間。本文描述之原理容許比使用在習知方法中之典型進入速度還快的垂直進入速度。

【0039】 在不同的實施方式中，將帶有電鍍液及晶圓 (或其他基板) 的電鍍槽在真空下 (例如：像是約 100 Torr 以下、約介於 30-100 Torr 之間、約介於 40-80 Torr 之間、或約介於 30-50 Torr 之間的次大氣壓) 操作。至少在晶圓浸入期間，壓力應維持在次大氣壓的位準下。在一些實施例中，在電鍍製程的開始部分之期間 (如：在電鍍時間至少一開始的約 0.5% 或 1% 期間，在電鍍一開始約 10 ms 或 20ms 的期間，或當電鍍最初的約 0.5 Å 或 1 Å 的金屬時)，壓力也會維持在次大氣壓的位準下。在部份實施方式中，壓力會維持在次大氣壓的位準下，一直到電鍍停止為止。

【0040】 爲了更換晶圓、更新電鍍液等，將電鍍槽週期性地曝露至較高壓力 (如：環境壓力) 可能是必須的。在一些實施例中，全部的電鍍製程在次大氣壓下進行，且僅當無晶圓進行電鍍時才將電鍍槽曝露至環境壓力。如果使用負載鎖室 (將參照圖 10 於以下更詳細地討論)，則當以未電鍍的晶圓更換已電鍍的晶圓時，可能能夠在不破壞真空的情況下操作電鍍槽。

【0041】 通常，電鍍槽會與電鍍系統的其他元件流體連通 (fluidic communication)。此等其他的元件包含：電鍍液的貯槽、組成電鍍液的溶液來源、不同的感應器、過濾器、及在部份的實施方式中用於從電鍍液及/或預濕溶液中移除溶解氣體的脫氣器。當電鍍槽在次大氣壓下運作時，與電鍍槽直接流體接觸的其他系統元件應同樣地會於次大氣壓下運作。圖中所示之不同實施例提供諸多機構，該等機構用以在電鍍期間於與電鍍槽流體連通之全部的元件維持真空。其他的元件在電鍍期間可仍然暴露至大氣壓。這些非真空的元件僅在特定的期間會與真空元件界接，特別是當電鍍槽本身無曝露至真空時。

溶解氣體之控制

【0042】 在不同實施例中，藉由使用在真空下操作的脫氣器實質上移除電解液中之全部的溶解氣體，控制電解液中的一種以上氣體的濃度。倘若電鍍液在進入真空電鍍環境之前並無加以脫氣，溶液則容易冒泡，冒泡為一種對生產高品質鍍層無益的狀態。在一些實施例中，藉由以特定應用之預定濃度將氣體選擇性地注入回脫氣的電解液中而進一步地控制電鍍液中之溶解氣體的濃度。應以相當低的濃度添加該一種以上氣體，以避免電鍍液於真空下冒泡。在某些實施例中，以每百萬分之個位數或十億分之幾大小的濃度（如：約 10ppm 以下，或約 1ppm 以下）添加氧。分子氧被認為在有機電鍍添加劑（被稱為促進劑）的活性中發揮一定的作用。在一些實施例中，將電解液中之全部或部份氣體的濃度降低到低 ppb 的範圍或更低的大小（如：超出使用現今工具偵測的大小）。此可藉由將電解液通過在真空下操作的脫氣器來完成。在於西元 2010 年 1 月 8 日申請的美國專利申請案第 12/684,787 號及 12/684,792 號中描述脫氣器和真空技術，且其內容先前藉由參照全體納入本案揭示內容。

【0043】 在某些實施例中，吾人期望具有與陽極（陽極電解液）與陰極（陰極電解液）接觸的不同電鍍液。陽極電解液與陰極電解液可具有不同濃度的相同物種（如：不同濃度的銅離子），及/或陰極電解液與陽極電解液可具有存在溶液中的不同物種（如：可存在陰極電解液且不存在陽極電解液中的有機電鍍添加劑，例如促進劑）。因此，一些實施例利用部份或完全分隔的流體迴路於陰極電解液與陽極電解液。陰極電解液與陽極電解液以此方式可以獨立地最佳化。

【0044】 至少部份分隔的流體迴路之一個優點係當氧輸送至電鍍槽中時，氧的濃度可在陰極電解液與陽極電解液中維持不同的位準。在一些實施方式中，吾人期望陰極電解液中的氧濃度係 0 ppm，或盡可能接近 0 ppm（或 0 ppb），且同時將陽極電解液中的氧濃度維持在低、非 0（如：0.2-2 ppm）的位準。因為氧的存在於浸入期間增加晶種層溶解/氧化的程度與可能性，故在部份情形中具有存在陰極電解液中之零氧的情形係較佳。具有存在陽極電解液中之少量氧的情形可係期望的。

【0045】 具有至少部份分隔流體迴路的相關優點為消除與陰極電解液連接的氧伺服裝置 (servo) 的需求。在習知的電鍍中，可使用二個氧伺服裝置：一個為控制陰極電解液中之氧量的伺服裝置，及一個為控制陽極電解液中之氧量的伺服裝置。在本文的實施方式中，因為，脫氣器/真空槽可以降低陰極電解液中之氧位準到約零 ppm，故沒有控制陰極電解液中之氧量的伺服裝置的需求。

【0046】 在一些實施例中，吾人期望具有陰極電解液中之小的、仔細控制的氧量。此可藉由例如以一個預定的濃度將氧氣選擇性地注入回脫氣的陰極電解液中而加以達成。這樣的情形可藉由在包含一次大氣壓電鍍槽的流體迴路中將氧注入器設置於脫氣器的下游而達成。不侷限於任何特定的理論或動作機制，吾人相信少量的氧可促進某些添加劑轉換成其有用的形式（如：巰基丙烷磺酸 (mercaptopropane sulfonic acid, MPS) 轉變成二巰丙磺酸 (dimercaptopropane sulfonic acid, (SPS))。在西元 2011 年 9 月 9 日申請的美國專利申請案第 13/229,615 號，專利名稱爲” By-Product Mitigation in Through-Silicon-Via Plating” ，及在西元 2011 年 12 月 13 日申請的美國專利申請案第 13/324,890 號，專利名稱爲” Configuration and Method of Operation of an Electrodeposition System for Improved Process Stability and Performance” ，進一步地討論溶解氧之控制與其對添加劑效能的關聯，上述文獻藉由參照全體納入本案揭示內容。

【0047】 本文的實施例也允許於流體迴路中之不同位置處的不同的溶解氣體（如：氧）濃度。在電解液中之氧濃度可在例如電鍍液容納槽及電鍍槽之間變化。脫氣器、真空電鍍槽、電解液貯槽及其他元件（閥門、真空泵等）以組合的方式運作，以在裝置的不同部份提供期望的氣體含量。例如：圖 3 將描繪允許如此控制的裝置。

【0048】 圖 3 顯示能夠控制電鍍液之溶解氣體含量的真空電鍍槽設備之實作。在此實施例中，真空電鍍槽 301 包含一壓力感應器 318，且於再循環迴路 302 中，真空電鍍槽 301 係與真空電鍍液貯槽 304、泵 306、脫氣器 308 連續性的流體連通。該脫氣器可以與真空泵 310 連接。真空電鍍液貯槽 304 係維持於真空下，且進一步地與氣體控制迴路 312 連接。氣體控制迴路 312 可包含溶解氣體感應器 314、控制器 350、及氣體注入單元 355。舉例

來說，控制器 350 可為伺服裝置控制器。如上述，在部份實施方式中，吾人期望存在於電鍍液中之一個以上氣體的特定位準。氣體控制迴路 312 允許溶解氣體的量及種類依所期望地操控。首先，溶解氣體感應器 314 感應存在電鍍液中的溶解氣體量。接著，控制器 350 使用溶解氣體測量結果來決定是否應注入更多的氣體至電鍍液中。倘若一個以上溶解氣體之位準過低，控制器 350 會指示氣體注入單元 355 去注入期望的氣體於電鍍液中。控制迴路 312 使電鍍液中之溶解氣體量會隨著時間而被密切地監控及控制。因為一旦全部或接近全部的溶解氣體被移除，達成所期望的氣體含量則相對容易，故氣體控制迴路 312 在這些實施方式中係特別有利的。脫氣電鍍液提供一種「白板狀態 (blank slate)」，該白板狀態易於藉由以所期望的氣體濃度注入所期望的氣體中而加以定制。

【0049】 圖 3 的真空電鍍槽 301 顯示在陰極/晶圓 322 及陽極 323 間無分隔結構。當使用無分隔的結構時，所顯示的流體通道相當於電解液的流體通道。因為二種流體係相同而其中使用無分隔結構，故不具有陰極與陽極的分隔開的通道。然而，當將一膜或其他分隔結構設置於晶圓 322 與陽極 323 之間，分隔的流體迴路則可用於陰極電解液及陽極電解液。除非另有說明，本文揭露的流體迴路可涉及整體的電解液流體迴路、陰極電解液流體迴路、或陽極電解液流體迴路。例如：倘若圖 3 之電鍍槽 301 包含晶圓 322 與陽極 323 之間的分隔膜，於是所顯示流體通道可對應陰極電解液的流體通道。儘管在部份實施方式中陽極電解液之流體通道可較為簡單，但也可對陽極電解液設置相似或相同的流體通道。

【0050】 在一個實施例中，以相當低的位準提供氧於次大氣電鍍槽中，且以略較高的濃度提供氧於貯槽或次大氣電鍍槽外之系統的其他部份。在此情形中，電鍍添加劑可在貯槽中「重整 (reconditioned)」。基於貯槽的重整允許電鍍槽於不可能發生如此回復情形的氧濃度位準下運作，藉此最小化晶種層的溶解。

進入期間對基板的電力

【0051】 因晶圓相當快速的進入電解液中，故可顯著地降低或消除定電位 (potentiostatic) 晶圓進入的需求。在諸多習知的電鍍技術中，控制器

或其他電源供應器在浸入期間對晶圓提供電能以幫助達成均勻的鍍層。譬如：在浸入前及浸入期間，控制器可對晶圓施加恆定的陰極電位或電流，以保護晶種層免於溶解。此技術被稱作為定電位晶圓進入，且在於西元 2000 年 11 月 16 日申請的美國專利案第 6,946,065,號更進一步地對此加以討論，且其內容於此藉由參照整體納入揭示內容。定電位進入的方法需要謹慎地控制對晶圓施加的電流密度，以達成均勻的鍍層。在習知的定電位進入例子中，由於當將基板逐漸地浸入時改變的浸濕晶圓區域，故電流密度的控制係特別困難。然而，因浸入作用發生相當快速使得晶種層在浸入期間不會溶解，故本案所揭露的實施例顯著地降低或消除定電位進入的需求。因此，部份的實施例中，在浸入期間，不會對晶圓施加陰極或陽極的偏壓。因電鍍不會在浸入期間發生，故這些實施例係有利的。因此，在電鍍開始之前，有機電鍍添加劑分布可以在基板表面的全部區域中完全地建立。因為基板表面的一個區域在該基板的任何其他區域電鍍之前並無開始電鍍，故此快速的進入也係有利。此外，該電鍍控制系統較不敏感，此意味著該電鍍系統不需要如此謹慎地控制電流密度、及當使用定電位晶圓進入時的關鍵其他因子。此外，這些實施例可使用較不複雜及較不昂貴的控制器。

系統控制器

【0052】 在一些實施例中，系統控制器（其可包含一個以上的物理或邏輯控制器）控制製程工具部份或全部的操作。該控制器典型地包含一個以上的記憶裝置，及一個以上的處理器。處理器可包含一中央處理單元（CPU）或電腦、類比及/或數位輸入/輸出連接、步進馬達控制板、及其他類似的元件。用於實現合適控制操作的指令係執行於該處理器上。該等指令可儲存在與控制器有關的記憶裝置，或該等指令可通過網路提供。在部份實施例中，系統控制器係執行系統控制軟體。

【0053】 系統控制軟體可包含控制時序、電解液成份的混合物、入口壓力、電鍍槽壓力、電鍍槽溫度、晶圓溫度、施加於晶圓及任何其他電極的電流與電壓、晶圓位置、晶圓轉動、晶圓浸入速度、及由製程工具執行之特定製程的其他參數。系統控制軟體可以以任何合適的方式設定。例如：可寫入不同製程工具元件子程式或控制物件，以控制執行不同製程工具製

程所必須之製程工具元件的操作。系統控制軟體可以以任何合適的電腦可讀程式語言編碼。

【0054】 在一些實施例中，系統控制軟體包含用於控制以上所述之不同參數的輸入/輸出控制 (IOC) 序列指令。例如：電鍍製程的每個階段可包含一個以上的指令，以供系統控制器執行。設定用於浸入製程階段之製程條件的指令可包含在相對應的浸入配方階段中。在一些實施例中，電鍍配方階段可加以順序性地安排，藉以讓用於電鍍製程階段的全部指令與該製程階段同時地執行。

【0055】 其他的電腦軟體及/或程式可使用在部份的實施例中。用於此目的程式區段或程式之例子包含：基板定位程式、電解液成份控制程式、壓力控制程式、加熱器控制程式、及電位/電流電源供應器控制程式。

【0056】 在一些例子中，控制器控制一個以上的以下功能：電解液中之氣體濃度、晶圓浸入（移動、傾斜、轉動）、多個槽之間的流體轉移、及流體迴路中之槽與相關元件的真空控制。藉由例如使用由溶解氣體感應器所測得的氣體濃度，以及指示氣體注入單位如所期望地導入氣體，控制器可控制氣體濃度。藉由例如指示晶圓升降組件、晶圓傾斜組件、及晶圓轉動組件如所期望地移動，可控制晶圓浸入。控制器可藉由例如指示部分的閥門開啓或關閉及部分的泵開啓或關閉而控制多個槽之間的流體轉移。控制器可依據感應器輸出（如：當電流、電流密度、電位、壓力等達到某個閾值時）、操作時序（如：在製程中於某些時間點開啓閥門），或依據所接收來自使用者的指令而控制這些實施態樣。

應用

【0057】 本文揭露的實施例可提供優於習知電鍍技術之一個以上的優點。首先，真空電鍍槽允許基板相當快速地浸入電解液中。高速浸入可造成晶種層顯著較低的溶解，及在所產生的特徵部填充物中顯著較少的變化/缺陷。高速浸入也可降低進入的暫態時段，使得其相當於（且在部份實例中小於）吸附和成核的暫態時段。此外，在一些實施方式中，進行浸入卻不施加電偏壓至基板上，因而在浸入製程期間避免電鍍。其次，真空電鍍槽藉由在進入期間大幅降低（且在部份實例中消除）接近晶圓表面的氣

體而降低由氣泡形成所造成的缺陷數量。此外，藉由在進入期間降低或移除接近晶圓表面的 O_2 ，由 O_2 造成的侵蝕型缺陷可能會減少。同樣地，使用脫氣的預濕流體於真空下進行預濕操作的步驟也可有助於降低種晶層的侵蝕。本文的實施例也提供於降低或消除來自電鍍液中之溶解氣體，其中的一個效益係更進一步地減少由 O_2 所造成的侵蝕相關缺陷。

【0058】 由電鍍液中移除溶解氣體的步驟提供一種便利的方式去控制溶液中之溶解氣體的精確量/成份。在將溶解氣體移除到可忽略的濃度點後，可將期望的氣體量注入溶液中，以便以較佳的電解液組成達成氣體濃度。可藉由使用溶解氣體感應器及伺服裝置來加強控制溶解氣體，以維持氣體濃度於特定範圍之內。

【0059】 本文的部份實施例允許電鍍發生在與習知電鍍典型使用之溫度相比較低的溫度狀態中。例如：部份的實施方式允許電鍍發生於大氣壓狀態下之電鍍液的典型凍結溫度以下。此外，本文的實施例允許電鍍發生於降低的壓力下，在一些實施中，壓力會下降到電鍍液的沸點。在部份實施方式中，持續地維持電鍍腔室中的低壓條件，例如：使用負載鎖室設計的情形。在其他實施方式中，壓力在大氣壓和次大氣壓狀態間循環。

【0060】 真空電鍍槽可與不同的晶圓進入控制設備結合使用，如：晶圓升降機構、晶圓傾斜機構、晶圓旋轉機構、及各種的晶圓擾動機構，其包含（但不限制於此）：聲波型流體擾動作用及轉動軸的周期方向改變。這些元件的每一者可促使氣泡形成減少，且它們可同時地最佳化以儘可能產生最少氣泡。

【0061】 額外的優點係當將晶圓放置於電鍍槽上方等待浸入電鍍液之時，晶圓同時係在真空狀態中且因而不會接觸到如氧的有害的氣體。如此的情形在大氣電鍍槽中消除了可能發生於此階段之任何銅氧化的反應。

【0062】 在本文的實施方式中，用於電鍍之設備包含：能於真空狀態下（即：小於大氣壓）操作的電化學槽。在諸多情形中，該設備包含一脫氣器，能夠實質上將電解液及/或預濕溶液在接觸基板前脫氣。倘若電解液/預濕流體在進入真空腔室及於真空狀態下接觸基板前並無加以脫氣，溶解氣體則可能由進入腔室時的流體中釋出。溶解氣體的釋出可導致穿孔內及/或晶圓表面上氣泡的形成。雖然不侷限於任何特定的理論或模型，但穿孔

底部具有一個負曲率，且吾人相信此種位置特別容易形成氣泡及由電解液/預濕流體釋出氣體。倘若此釋出發生，因該流體在真空狀態下氣體過飽和，故氣泡會由該流體形成。在預濕製程之後及電鍍期間，如此形成的氣泡可以停留於該處，因而在該位置抑制電鍍及造成相關的缺陷。

【0063】 該設備可以包含一個以上的電鍍流體迴路，該電鍍流體迴路可將電化學槽與一個以上的電解液貯槽、泵、脫氣器、溶解氣體感應器、伺服裝置控制器或其他的控制裝置、氣體注入單元、及閥門連接起來。部份或全部的前述特徵可出現在部份實施例中。

【0064】 圖 4 顯示例示性真空電鍍槽。該設備包含：一晶圓升降組件 402，用以在 z 方向（上下）來移動基板；晶圓傾斜組件 404，用以將晶圓相對於水平面傾斜；及晶圓轉動組件 406，用以在電鍍期間轉動晶圓。這些元件一起運轉，以在電鍍期間控制晶圓的垂直速度、角度、及轉動速率，且它們對控制電鍍製程初期的電鍍係特別重要。其次，根據圖 4 中實施例之設備包含：帶有相對應真空頂板 408 的一真空相容電鍍槽 410。這些元件 410 和 408 提供電鍍可以發生的真空環境。電化學槽 410 也包含一晶圓夾持具 424 與錐體 422。當晶圓被支撐在基板夾持具 424 之中時，錐體 422 向下擠壓晶圓的背面。圖 5 提供額外的電鍍槽 410 之元件。

【0065】 圖 5 顯示根據一個實施例之電鍍設備 500。首先，電鍍設備 500 具有：一晶圓夾持具；一電鍍槽 530，具有用以容納電鍍浴流體 534 的容積；一陽極；及一頂帽（tophat）533，可以將電鍍設備上部圍起（例如：當基板載入時的基板夾持具）。頂帽 533 能夠在電鍍槽上維持真空狀態，且頂帽 533 對應圖 4 的真空頂板 408。基板夾持具實質上包含：一唇式密封件（lipseal）522，安裝在具有杯底 525 的杯體 524 中；一錐體 526，相對於杯體 524 及唇式密封件 522 可移動。基板夾持係用於藉由將基板（圖未顯示）壓入唇式密封件 522 中來固定基板。

【0066】 在部份實施例中，如圖 5 所示，杯體 524 係由杯柱 528 所支撐，且連接至杯部與錐體的升降部（圖未顯示，但位在錐體 526 之上）。杯柱 528 穿過一部份的錐體 526，以允許錐體藉由氣動機構（未顯示此機構）來相對於杯體 524 而上下移動。因此，可將抓斗（clamshell）組件（或基板夾持具）關閉，以在抵住唇式密封件 522 的基板周緣將基板（未顯示）密

封。當錐體 526 係在收回/上的位置中，且因此抓斗組件（或基板夾持具）係如圖 5 所顯示的開放式組態時，可將一基板載入抓斗組件中，並置於唇式密封件 522 上。一旦將基板置於唇式密封件 522 上，杯柱 528 可被壓縮（即移動通過錐體 526），使得杯體 524 與錐體 526 朝著彼此移動，以擠壓錐體 526 之底面抵住基板之背面，使得基板之另一側（即：欲電鍍側）的外周受壓迫抵住唇式密封件 522 而形成流體密封。

【0067】 基板夾持具也典型地包含複數個電接點（圖 5 未顯示），在電鍍操作期間，該等電接頭藉由電鍍設備的電源供應器（圖未顯示）供電於基板。在一些實施例中，電接頭係形成為電接點指部（electrical contact finger），但其他形狀/種類之電引線亦可用於對基板供應電流。如上述，在電鍍期間，電接頭實質上受到介於基板和唇式密封件 522 之間形成的流體密封所保護，該流體密封在電鍍期間將電鍍液隔離於基板背側並遠離電接點。在一些實施例中，噴嘴 514 係用於執行電接點的清洗，舉例來說，其係藉由改變相對於電接點之噴嘴的高度，且調整清洗流體之流量、基板夾持具的轉動速率、清洗液的化學性質、及其他合適的參數而執行電接點的清洗。

【0068】 一但將基板載入，且密封在基板夾持具中（即：由杯體 524 與錐體 526 啮合且抵住唇式密封件 522 而密封），基板夾持具（或抓斗組件）的近端則預備下降至電鍍池中（假設使用有角度的浸入）。電鍍池包含容納在電鍍設備 500 之電鍍槽 530 中的電解液，該電鍍槽 530 容納（或具有容納容積）電鍍浴流體 534。在一些實施例中，電鍍槽 530 可以包含由膜部或其他分隔結構所分隔開的一陽極腔室及一陰極腔室。此外，槽 530 可包含離子通道型電阻板（channeled ionically resistive plate），也有時稱作高電阻虛擬陽極（high resistance virtual anode，HRVA），其作為一種電流分佈控制器及流量擴散器 538，如美國專利案第 7,967,969 號、第 7,622,024 號與第 8,308,931 號所描述，其內容於此藉由參照全部納入作為本案揭示內容的一部分。

【0069】 在電鍍操作期間，將基板夾持具下降到用於容納電鍍浴流體 534 的電鍍槽容積 532 中，藉以讓基板的工作面（向下表面）降低到電鍍浴流體/溶液 534 之流體位準 535 以下，藉此將晶圓的工作面浸入電鍍液中。

【0070】 電鍍設備 500 可選擇性地包含清洗裝置 510，該清洗裝置可

包含：噴嘴 514、與該噴嘴 514 流體連接的清洗流體供應導管、及該噴嘴 514 固定於其上的噴嘴臂 513。在一些實施例中，清洗設備 510 包含一噴嘴臂致動器 512，該噴嘴臂致動器機械性地連接至噴嘴臂 513，且用以在收回位置和清洗位置間移動第一噴嘴 514 及噴嘴臂 513。沖洗遮罩 570 可用於保護設備的元件免於清洗液的噴霧。回收遮罩 560 可用於幫助回收經使用的清洗液。在部份實施例中，預濕（pre-wetting）機構（圖未顯示）可用於預濕基板的電鍍面。雖使用讓預濕流體會接觸基板電鍍面的方式設置預濕機構，但預潤機構與清洗設備 510 可為機械性相似。在部份情形中，預濕可發生在電鍍槽 530 的外部。

【0071】 圖 6 顯示與電鍍流體貯槽 604 流體連通的真空電鍍槽 601 之額外的範例。該實施例與圖 3 中的實施例相似，但卻些許簡單。將真空電鍍槽 601 內的區域維持於真空的狀態。該設備包含：一脫氣器 608，用以將溶解氣體從電鍍液中移除；及一泵 606，用以將電鍍流體移動通過電鍍流體迴路 602。在美國專利申請案第 12/684,787 號及第 12/684,792 號描述脫氣器及其使用，其先前藉由參照納入本案揭示內容。電鍍流體迴路 602 將真空電鍍槽 601 與電鍍流體貯槽 604、泵 606、及脫氣器 608 連接起來。也可具有真空泵 610 與脫氣器連接的情況。在圖 6 的實施方式中，完整的電鍍流體迴路（包含：電鍍流體貯槽 604）係維持於真空的狀態。

【0072】 在本文的實施方式中，電鍍期間與真空電鍍槽為開放流體連通的任一者於電鍍期間應維持於真空的狀態，以確保真空電鍍槽中的壓力係適當地被控制。流體感應迴路 612 將電鍍流體貯槽 604 與溶解氣體感應器 614 連接起來。溶解氣體感應器係確保溶解氣體在用於電鍍的可接受位準下。如溶解氣體的位準過高，其可能會導致電鍍液中之氣泡的形成，因而導致不均勻的鍍層。此外，因氧會氧化銅晶種層，故溶解氧的存在對於電鍍製程可能為有害的。因此，在一些實施例中，溶解氣體感應器 614 係一種氧的感應器。真空電鍍槽 601 亦可包含一壓力感應器 618。雖然熟習此技藝者能理解可使用許多類型的壓力感應器，可能使用的一種可能壓力感應器類型為 Baratron 壓力轉換器。該設備選擇性地包含一預濕器 616，該預濕器用於對浸入電鍍流體中之前真空下之基板表面提供脫氣的去離子水或其他的預濕液。預濕器可進一步地降低在沒有氣泡形成的情況下完全將基板

浸入電鍍流體中所需的浸入時間。因為基板係顯示為在電鍍位置中（即：下降的位置，下降到電解液中），預濕器係位於晶圓的平面上方。然而，吾人明白預濕器應加以配置，使得當基板在其非電鍍位置中時讓預濕器能夠對基板的電鍍面施加預濕液。

【0073】 圖 7 顯示與電鍍液貯槽 704 為流體連通的真空電鍍槽 701 之額外的實施例。在此實施方式中，電鍍迴路 702 於電鍍期間係開啓的，且將真空電鍍槽 701 與泵 706 及脫氣器 708 連接起來。電解液在電鍍期間繞過電解液貯槽，反而流過連接複數閥門 722 的導管。這些元件的每一者係維持於真空的狀態。當電鍍並無發生時，可將閥門 722 開啓，藉此開啓非電鍍流體迴路 720。非電鍍流體迴路 720 將真空電鍍槽 701 與電鍍液貯槽 704、泵 706、及脫氣器 708 連接起來。在此實施方式中，電鍍液貯槽 704 係維持於大氣壓的狀態。因此，電鍍液貯槽 704 在電鍍期間必須與真空電鍍槽流體分隔開來。為了維持電鍍液中之添加劑的足夠位準，應週期性地更換或補充電鍍液貯槽 704 中之電鍍液。在圖 7 實施方式中之電鍍液中之溶解氣體位準約為 2ppm，該位準對應在單一通過目前可用的脫氣器後可達成之溶解氣體的位準。

【0074】 圖 8 顯示帶有雙重貯槽系統之真空電鍍槽 801 的實施方式。在此實施例中，真空電鍍槽 801 與真空電鍍液貯槽 804、泵 806、及脫氣器 808 連續性地流體連通。真空電鍍液貯槽 804 係維持於真空的狀態，且與大氣壓電鍍液貯槽 825、閥門 822、及泵 824 流體連通。當電鍍沒有發生時，可將連接至大氣壓電鍍液貯槽 825 的流體迴路開啓，但當電鍍發生時，則應將該迴路關閉。大氣壓電鍍液貯槽 825 可用於介於複數電鍍操作之間對真空電鍍液貯槽 804 提供新的電鍍流體。電鍍槽 801 中之電鍍液中溶解氣體的位準可約小於 1ppm。具有雙重貯槽且其中一貯槽於真空的狀態，實質上降低電鍍流體中之溶解氣體量，且提供電鍍流體成分的額外控制。

【0075】 圖 9 顯示帶有三重貯槽系統之真空電鍍槽 901 的實施方式。在此實施例中，真空電鍍槽 901 與真空電鍍液貯槽 904、泵 906、及脫氣器 908 連續性地流體連通。將真空電鍍液貯槽 904 維持於真空的狀態，且將其進一步地與真空脫氣槽 930、泵 926、及閥門 922 連接起來。將閥門 922 在電鍍期間關閉，藉以在電鍍發生時讓真空電鍍液貯槽 904 與真空脫氣槽 930

不會流體連通。然而，當電鍍沒有發生時，可將閥門 922 開啓，且電鍍液可在真空電鍍液貯槽 904 與真空脫氣槽 930 之間流動。大氣壓電鍍液貯槽 940 可與真空脫氣槽 930 週期性地流體連通。可設置一泵 916，使得當閥門 923 開啓時電鍍液在真空脫氣槽 930 與大氣壓電鍍液貯槽 940 之間流動。應週期性地開啓閥門 923，以補充或交換電鍍液，及確保添加劑或其他電鍍液成分的濃度維持在它們所期望的範圍中。真空電鍍液貯槽 904 與真空脫氣槽 930 間的該組閥門 922 不應與真空脫氣槽 930 與大氣壓電鍍液貯槽 940 間的該組閥門 923 於相同的時間點開啓。如此的情形將允許真空電鍍槽 901 在所有時間能夠維持於真空的狀態。例如：可將此實施方式中之電鍍液中之溶解氣體控制到顯著小於 1ppm 的等級。

【0076】 圖 10 顯示配備有負載鎖室裝置之真空電鍍槽的實施例。當以未電鍍的晶圓更換已電鍍的晶圓時，負載鎖室裝置允許電鍍槽在不打破真空的情況下運作。圖 10 顯示位於二個不同位置中的真空電鍍槽（即：雖然此圖顯示二個晶圓 1062A 及 1062B，及相關的晶圓夾持具 1007A 及 1007B，但該二個晶圓意圖呈現於二個不同位置 A 及 B 中的單一晶圓 1062 及夾持具 1007）。當晶圓位在裝置 1001A 之非真空部份中的真空負載鎖室位置中時，將電鍍槽於真空狀態下密封，及可將晶圓 1062 載入。接著，將真空負載鎖室抽氣到真空狀態，且將在真空大氣界面 1044 中的狹縫閥門（圖未顯示）或其他適當的閥門開啓。晶圓 1062 於是通過維持於真空下之裝置 1001B 之真空部份中的真空電鍍槽位置，而後電鍍可發生。

【0077】 圖 11 顯示為確保低壓電鍍可以成功所進行的研究之結果。研究中所探索的二個問題為（1）是否電鍍流體的非水溶性成份在低壓下將大量蒸發，及（2）是否電鍍流體在顯著高於水的預期沸點之壓力下會沸騰。因為如果非水溶性的成分在真空壓力下蒸發，或如果電鍍液在電鍍期間開始沸騰，電鍍可能失敗，故這些問題係相當重要。為了探索這些問題，將電鍍液或去離子水溶液暴露在大氣壓及真空狀態間的壓力範圍（特別係 10、20、40、及 760 Torr）。在每個壓力下，觀察這些樣本沸騰的跡象，且由以上電鍍液中取出一氣體樣本，並以殘餘氣體分析器分析之。對水和電鍍液而言，在 10Torr 下觀察到沸騰狀態，且該二溶液在 20 Torr 下間歇性地沸騰。該二溶液在 40 或 760 Torr 下並無觀察到沸騰狀態。這樣的情形表示

電鍍應發生在約至少 20 Torr 以上。在任何測試的壓力下，去離子水的 RGA 分析與電鍍液的 RGA 分析之間並無顯著的差異。此表示電鍍流體的非水溶性成分並不會大量蒸發，使低壓電鍍成爲可行的選項。

【0078】 揭露內容之一實施態樣涉及一電鍍設備。該電鍍設備包含：一電鍍槽，連接至將電鍍槽中之壓力降低至次大氣壓位準的機構。該設備也包含：一控制器，用以在電鍍基板浸入電鍍液期間使電鍍槽中之壓力成爲次大氣壓。該設備也可包各種不同其他的特徵部，例如：具有如圖中所描述之貯槽、脫氣器、泵等的再循環迴路。這些迴路依需要可由電鍍槽次大氣壓環境中選擇性地分隔開來或是納入其中。在一些情形中，該設備係用於在約 100Torr 以下的壓力進行基板的浸入。在部份情形中，該設備係用於在一段約 50ms 以下、或約 35ms 以下、或約 25ms 以下、或約 15ms 以下的持續時間進行基板浸沒。在一些情形中，該設備係用於在一段持續時間進行基板浸入，該段持續時間指的是約不超過在基板電鍍面上完全地電填充平均或中尺寸特徵部所需總時間的約 10%。

【0079】 真空電鍍槽可整合至多重工具半導體處理設備中。該多重工具設備可以具有一個以上的真空電鍍槽、一個以上的大氣壓電鍍槽、及各種其他的元件。圖 12 顯示可用於實施本文實施例之例示性多重工具設備。電沉積設備 1200 可以包含三個分隔開的電鍍模組 1202、1204、及 1206。此外，三個分隔開的模組 1212、1214、及 1216 可以用於不同的製程操作。例如：在一些實施例中，模組 1212、1214、及 1216 中之一者以上可以係旋轉清洗乾燥 (SRD, spin rinse drying) 模組。在其他實施例中，模組 1212、1214、及 1216 中之一者以上可以係電填充後模組 (PEM, post-electrofill module,)，其中每一者係用於執行一種功能、例如：在基板經由電鍍模組 1202、1204、及 1206 中之一者處理後之基板的邊斜角移除 (edge bevel removal)、背側蝕刻 (backside etching)、及酸清洗。

【0080】 電沉積設備 1200 包含一中央電沉積腔室 1224。該中央電沉積腔室 1224 係一種容納用作電鍍模組 1202、1204、及 1206 中之電鍍液的化學溶液之腔室。該電沉積設備 1200 也包含可以儲存及輸送用於電鍍液之添加劑的給劑系統 1226。化學品稀釋模組 1222 可以儲存及混合作爲蝕刻劑使用的化學品。過濾及泵單元 1228 可過濾用於中央電沉積腔室 1224 的電鍍

液，且可將電鍍液輸送到電鍍模組。

【0081】 系統控制器 1230 提供操作電沉積設備 1200 所需的電與界面控制。系統控制器 1230 已於上述之系統控制器單元介紹，且進一步地於此描述。系統控制器 1230（其可包含一個以上的物理或邏輯控制器）控制電鍍設備 1200 部份或全部的特性。系統控制器 1230 典型地包含一個以上的記憶裝置及一個以上的處理器。該處理器可以包含中央處理單元（CPU）或電腦、類比及/或數位輸出/輸入連接、步進器馬達控制板、及其他類似的元件。用於實現如本文描述之合適控制操作的指令可於處理器上執行。該等指令可以儲存在與系統控制器 1230 相關的記憶裝置，或它們可以透過網路提供。在一些實施例中，系統控制器 1230 執行系統控制軟體。

【0082】 電沉積設備 1200 中之系統控制軟體可以包含諸多指令。該等指令用於控制時序、電解液成分混合（包含：一個以上電解液成份之濃度）、電解液氣體濃度、入口壓力、電鍍槽壓力、電鍍槽溫度、基板溫度、施加於基板與任何其他電極的電流及電位、基板位置、基板轉動、及由電沉積設備 1200 所執行之特定製程的其他參數。

【0083】 系統控制邏輯可以任何適當的方式配置。例如：可編寫各種製程工具構件副程式或控制物件，以控制執行各種製程工具處理所需之製程工具構件的操作。系統控制軟體可以任何合適的電腦可讀程式語言加以編碼。該邏輯也可實現為可編程邏輯裝置（如：FPGA）、ASIC、或其他合適載體中之硬體。

【0084】 在部份實施例中，系統控制邏輯包括用於控制以上所描述之各種參數之輸入/輸出控制(I/O)序列指令。例如：電鍍製程的每一個階段可包含由系統控制器 1230 所執行之一個以上的指令。用於設定浸入製程階段之製程條件的指令可包含於相對應之浸入配方階段。在一些實施例中，電鍍配方階段可依序地排列，使得所有用於電鍍製程階段的指令與製程階段同時地執行。

【0085】 在部份實施例中，控制邏輯可以劃分成不同的部份，如：程式或程式段。用於此目的之邏輯部份的範例包含：基板定位部份、電解液成分控制部份、剝離溶液成分控制部份、溶液流量控制部份、壓力控制部份、加熱器控制部份、及電位/電流電源供應控制部份。控制器可以藉由例

如指示基板夾持具如所期望的移動（轉動、升高、傾斜）執行基板定位部份。控制器可以藉由指示部份閥門於製程期間的不同時間點開啓或關閉而控制不同流體（包含電解液及剝離液，但非限制於此）的成分及流量。控制器可以藉由指示一些閥門、泵、及/或密封元件開啓或關閉而執行壓力控制程式。同樣地，控制器可以藉由例如指示一個以上的加熱及/或冷卻元件開啓或關閉執行溫度控制程式。控制器可以藉由指示電源供應器在整個處理期間提供所期望的電流/電位位準而控制電源供應。

【0086】 在一些實施例中，可具有與系統控制器 1230 相關的使用者介面。此使用者介面可包含顯示螢幕、設備及/或製程條件之圖形化軟體顯示器、以及使用者輸入裝置，例如：指向（pointing）裝置、鍵盤、觸控螢幕、麥克風等等。

【0087】 在部份實施例中，藉由系統控制器 1230 所調整的參數可與製程條件相關。非限制性的例子包含溶液條件（溫度、組成、及流率）、及於不同階段的基板位置（轉動速率、直線（垂直）速度、與水平面的角度）等。這些參數可以以配方型式來提供於使用者，該配方可利用使用者介面輸入。

【0088】 可以藉由系統控制器 1230 之類比及/或數位輸入連接部提供來自各種製程工具感測器的用以監視製程的信號。用以控制製程的信號可在製程工具的類比與數位輸出連接部上被輸出。可被監視之製程工具感測器的非限制性範例包含：質量流量控制器、壓力感測器（例如：壓力計）、熱電偶、光學位置感應器等等。適當程式化之反饋與控制演算法可與來自這些感測器的資料一起使用，以維持製程條件。

【0089】 在多重工具設備的實施例中，指令可以包含：將基板插入晶圓夾持具中、傾斜基板、於浸入期間施加偏壓於基板、及在基板上電沉積一含銅結構。該等指令更可以包含將基板轉移至移除槽、將基板浸入在剝離液中、轉動基板、將剝離液由內部交叉流歧管流過晶圓面（包含：調整流率、其中之全部或部份）、及移除基板、清洗基板、乾燥基板。

【0090】 移轉工具（hand-off tool）1240 可以由基板卡匣中（如：卡匣 1242 或卡匣 1244）選擇一基板。卡匣 1242 或卡匣 1244 可以為前開式晶圓傳送盒（FOUPs）。FOUP 為一種封閉容器，該封閉容器設計用來將基板

牢固及安全地容納於受控的環境中，且藉由裝配合適載入口（load port）與機器人搬運系統的工具允許移動基板以進行處理及量測。移轉工具 1240 可以使用真空附接裝置或一些其他的附接機構固持基板。

【0091】 移轉工具 1240 可與晶圓搬運站 1232、卡匣 1242 或 1244、傳送站 1250、或對準器 1248 交互作用。移轉工具 1246 可以從傳送站 1250 中取得基板。傳送站 1250 可係一種凹槽或位置，且移轉工具 1240 與 1246 可不經過對準器 1248 來回傳遞基板於該凹槽或該位置。然而，在一些實施例中，為確保基板在移轉工具 1246 上適當地對準，以精確地傳送至一電鍍模組，故移轉工具 1246 可以將基板對準對準器 1248。移轉工具 1246 也可以輸送基板到電鍍模組 1202、1204、或 1206 之一者，或用於不同製程操作之分隔開的模組 1212、1214、及 1216 之一者。

【0092】 一種用於允許高效率循環基板通過相繼的電鍍、清洗、乾燥、及 PEM 製程操作（如：剝離）之設備，對使用於製造環境中的實施方式係相當有用。為如達成如此設備，可以將模組 1212 配置成旋轉清洗乾燥室，及邊斜角移除（edge bevel removal）腔室。利用此模組 1212，基板僅需於電鍍模組 1204 與用於銅電鍍和 EBR 操作的模組 1212 之間傳送。設備 1200 之一個以上的內部部份可於次大氣壓狀態下。例如：在部份實施例中，圍繞住電鍍模組 1202、1204、及 1206 以及 PEMs 1212、1214、1216 之全部的区域可以在真空下。在其他實施例中，僅圍繞住電鍍槽之區域係在真空下。在進一步的實施方式中，個別的電鍍槽可以在真空下。雖然電解液流體迴路並未在圖 12 或 13 中顯示，但吾人能理解本文描述的流體迴路可以實現為多重工具之部份（或與其結合）。

【0093】 圖 13 顯示可使用於實施本文實施例之多重工具設備之額外的範例。在此實施例中，電沉積設備 1300 具有一組電鍍槽 1307，每組電鍍槽包含於成對或多重成對配置的電鍍池。除了電鍍本身，電沉積設備 1300 可以執行與電鍍相關的各種製程及次步驟，例如：旋轉清洗、旋轉乾燥、金屬和矽的濕蝕刻、無電鍍沉積、預濕與預化學處理、還原、退火、光阻剝離、及表面預活化。圖中電沉積設備 1300 係示意性地顯示由上往下觀察，且圖中僅顯示單一層級或「層」，但熟習此技藝者能容易地理解如此的設備（如：Lam Research Corporation of Fremont，CA 的 Sabre™ 3D 工具）可以具

有疊置於彼此頂部之二個以上的層級，每一者可有相同或不同種類的處理站。

【0094】 再次參照圖 13，欲電鍍的基板 1306 一般會經由一前端載入 FOUP 1301 饋送至電沉積設備 1300，且在此範例中，基板由前端機器人 1302 從 FOUP 中載送至電沉積設備 1300 的主要基板處理區域，該前端機器人可以取回且移動基板，且係藉由主軸 1303 以多維的形式由可接取站的一站至另一站（此範例中顯示為二個前端可接取站 1304，以及另外二個前端可接取站 1308）而加以驅動。前端可接取站 1304 及 1308 可包含例如預處理站、旋轉清洗乾燥（SRD）站。該等站 1304 及 1308 也可為本文所描述之移除站。利用機器人軌道 1302a 達成前端機器人 1302 的一側到另一側的橫向移動。每個基板 1306 可被杯狀/錐狀組件（圖未顯示）所固持，該杯狀/錐狀組件係由連接至馬達（圖未顯示）的主軸 1303 所驅動，且該馬達可連接至安裝支架 1309。此範例中也顯示四個雙重的電鍍槽 1307（即電鍍槽 1307 總數為 8 個）。電鍍槽 1307 可用於對於含銅的結構電鍍銅，及對於焊接結構電鍍焊料（以及其他可能的材料）。系統控制器（圖未顯示）可連接至電沉積設備 1300，以控制電沉積設備 1300 之部分或全部的性能。系統控制器可加以編程或以其他方式設定，以執行依據本文先前描述的製程之指令。

【0095】 描述於上文中的各種不同硬體及方法的實施例可結合如用於半導體裝置、顯示器、LEDs、太陽能板等製造或生產的微影圖案化工具或製程來使用。通常，雖然非必須，這樣的工具/製程將一起使用或實施在共同的製造設施中。

【0096】 描述於上文中的電鍍設備/方法可結合如用於半導體裝置、顯示器、LEDs、太陽能板等製造或生產的微影圖案化工具或製程來使用。通常，雖然非必須，這樣的工具/製程將一起使用或實施在共同的製造設施中。薄膜的微影圖案化通常包含部份或全部的以下步驟（使用一些可能的工具來執行每個步驟）：（1）使用旋塗或噴塗工具來將光阻塗佈在工件上（即：基板）；（2）使用加熱板、爐、或 UV 硬化工具來硬化光阻；（3）使用像是晶圓步進機的工具來將光阻曝露於可見光、或 UV 光、或 X 射線光；（4）使用像是濕台（wet bench）的工具來顯影光阻，以便選擇性地移除光阻且藉此圖案化光阻；（5）藉由使用乾式或電漿輔助蝕刻工具來轉移光阻

圖案至下層的薄膜或工件中；及（6）使用像是 RF 或微波電漿光阻去除器這類的工具來移除光阻。

【符號說明】

- 101 電鍍系統
- 103/322 晶圓
- 104 夾持具
- 105 液槽
- 107 電解液
- 109 氣泡
- 112 浸入情境
- 301/601 電鍍槽
- 304 貯槽
- 306/606/706/806/824/906/916/926 泵
- 308 脫氣器
- 302 再循環迴路
- 310 真空泵
- 312 氣體控制迴路
- 314 溶解氣體感應器
- 318 壓力感應器
- 323 陽極
- 350 控制器
- 355 氣體注入單元
- 402 晶圓升降組件
- 404 晶圓傾斜組件
- 406 晶圓轉動組件
- 410 槽
- 408 真空頂板
- 422 錐體
- 424 夾持具
- 500 電鍍設備

201439385

- 510 清洗裝置
- 512 噴嘴臂致動器
- 513 噴嘴臂
- 514 噴嘴
- 522 唇式密封件
- 524 杯體
- 525 杯底
- 526 錐體
- 528 杯柱
- 530 電鍍槽
- 532 容積
- 533 頂帽
- 534 流體
- 535 位準
- 560 回收遮罩
- 570 沖洗遮罩
- 602 電鍍流體迴路
- 604 電鍍流體貯槽
- 608/708/808/908 脫氣器
- 610 真空泵
- 612 流體感應迴路
- 614 溶解氣體感應器
- 618 壓力感應器
- 616 預濕器
- 701/801/901 真空電鍍槽
- 702 電鍍迴路
- 704 電鍍液貯槽
- 720 流體迴路
- 722/822/922/923 閥門
- 804/904 真空電鍍液貯槽

825/940 大氣壓電鍍液貯槽
930 真空脫氣槽
1001A/1001B 裝置
1062A/1062B 晶圓
1007A/1007B 晶圓夾持具
1044 真空大氣界面
1200 電沉積設備
1202/1204/1206/1212/1214/1216 模組
1222 化學品稀釋模組
1224 電沉積腔室
1226 給劑系統
1228 泵單元
1230 系統控制器
1232 搬運站
1242/1244 卡匣
1240/1246 移轉工具
1248 對準器
1250 傳送站
1300 電沉積設備
1302 機器人
1302a 機器人軌道
1303 主軸
1304/1308 可接取站
1309 安裝支架
1306 基板
1307 電鍍槽
1301 FOUP

申請專利範圍

1. 一種將金屬電鍍到基板上之方法，該方法包含：

將電解液流過一電鍍再循環迴路，該電鍍再循環迴路包含一電解液貯槽、一泵、一電鍍槽、及一脫氣器，該脫氣器在該電解液導入至該電鍍槽之前將該電解液脫氣；

將該基板浸入該電鍍槽中的電解液，其中浸入期間之該電鍍槽中之壓力係約 100 Torr 以下；

將材料電鍍到該基板上；及

將該基板由電解液中移開。

2. 如申請專利範圍第 1 項之將金屬電鍍到基板上之方法，其中浸入期間之該電鍍槽中之壓力係至少約 20 Torr。

3. 如申請專利範圍第 1 項之將金屬電鍍到基板上之方法，其中將該基板浸入電解液中之步驟發生在約 225ms 以下的時間段期間，且其中該基板具有約 150mm 以上的直徑。

4. 如申請專利範圍第 3 項之將金屬電鍍到基板上之方法，其中將該基板浸入電解液中之步驟發生在約 50ms 以下的時間段期間，且其中該基板具有約 150mm 以上的直徑。

5. 如申請專利範圍第 1 項之將金屬電鍍到基板上之方法，其中將該基板浸入電解液中之步驟發生在具有一第一持續時間的時間段期間，且將材料電鍍以填充該基板上之一特徵部的步驟發生在具有一第二持續時間的時間段期間，且其中該第一持續時間約為該第二持續時間的 10% 以下。

6. 如申請專利範圍第 5 項之將金屬電鍍到基板上之方法，其中該特徵部係以體積測量之該基板上的一最小特徵部。

7. 如申請專利範圍第 5 項之將金屬電鍍到基板上之方法，其中該特徵部係

以體積測量之該基板上的一中尺寸特徵部。

8. 如申請專利範圍第 1 項之將金屬電鍍到基板上之方法，其中以一角度將該基板浸入，且其中該基板以介於約 0.25-10 度/秒的擺動速度擺向水平方向。
9. 如申請專利範圍第 1 項之將金屬電鍍到基板上之方法，其中該電鍍槽中之壓力於電鍍的至少一開始約 10ms 期間保持於約 100Torr 以下。
10. 如申請專利範圍第 9 項之將金屬電鍍到基板上之方法，其中該電鍍槽中之壓力一直到電鍍停止後為止保持於約 100Torr 以下。
11. 如申請專利範圍第 1 項之將金屬電鍍到基板上之方法，更包含將該基板插入一負載鎖室中，且將該負載鎖室中之壓力降低到低於約 100Torr。
12. 如申請專利範圍第 1 項之將金屬電鍍到基板上之方法，更包含在該電解液脫氣後及在該電解液導入至該電鍍槽中前，將氣體注入該電解液中。
13. 如申請專利範圍第 12 項之將金屬電鍍到基板上之方法，其中該氣體係氧，且將氧注入達到約 10ppm 以下之電解液濃度。
14. 如申請專利範圍第 13 項之將金屬電鍍到基板上之方法，其中將氧注入達到約 1ppm 以下之電解液濃度。
15. 如申請專利範圍第 1 項之將金屬電鍍到基板上之方法，更包含將電解液流過一氣體控制再循環迴路，該氣體控制再循環迴路包含該電解液貯槽及一溶解氣體感應器，其中一溶解氣體控制器依據來自該溶解氣體感應器之輸入控制一氣體注入單元，以調節該電解液中之溶解氣體濃度。
16. 如申請專利範圍第 15 項之將金屬電鍍到基板上之方法，其中將該電鍍

再循環迴路與該氣體控制再循環迴路分隔開來。

17. 如申請專利範圍第 1 項之將金屬電鍍到基板上之方法，其中在電鍍期間，電解液藉由通過一旁通導管繞過該電鍍再循環迴路之該電解液貯槽。

18. 如申請專利範圍第 1 項之將金屬電鍍到基板上之方法，更包含於電鍍未發生時將電解液流過一大氣壓再循環迴路，其中該大氣壓再循環迴路包含該電解液貯槽、一大氣壓電解液貯槽、及一大氣壓迴路泵。

19. 如申請專利範圍第 1 項之將金屬電鍍到基板上之方法，更包含將電解液於一脫氣電解液貯槽中加以脫氣，以及將電解液流過一脫氣再循環迴路及一大氣壓再循環迴路，其中該脫氣再循環迴路包含該電解液貯槽、一脫氣迴路泵、及一脫氣電解液貯槽，且其中該大氣壓再循環迴路包含該脫氣電解液貯槽、一大氣壓迴路泵、及一大氣壓電解液貯槽。

20. 一種用於將金屬電鍍至基板上的設備，該設備包含：

一電鍍槽，配置成承受低於約 100Torr 之壓力，該電鍍槽包含一基板夾持具、一電解液容納槽、及一基板定位系統，該基板定位系統能夠在基板浸入該電解液容納槽之時控制該基板的方向；

一電鍍再循環迴路，該電鍍再循環迴路包含一電解液貯槽、一泵、一脫氣器、及該電鍍槽，其中將該脫氣器設置於該電鍍再循環迴路中之該電解液貯槽之後以及該電鍍槽前；及

一電鍍控制器，用以在電鍍製程期間該基板浸入該電解液容納槽之時，將壓力維持於低於約 100Torr。

21. 如申請專利範圍第 20 項之用於將金屬電鍍至基板上的設備，其中該基板定位系統能夠控制該基板的移動、傾斜、及轉動。

22. 如申請專利範圍第 20 項之用於將金屬電鍍至基板上的設備，更包含一溶解氣體感應器。

23. 如申請專利範圍第 22 項之用於將金屬電鍍至基板上的設備，更包含一溶解氣體控制器及一氣體注入器，其中該溶解氣體控制器依據來自該溶解氣體感應器的測量結果控制該氣體注入器。

24. 如申請專利範圍第 20 項之用於將金屬電鍍至基板上的設備，更包含一旁通導管，其中該電鍍控制器係用於在電鍍期間將電解液流過該旁通導管，以藉此繞過該電解液貯槽。

25. 如申請專利範圍第 20 項之用於將金屬電鍍至基板上的設備，更包含一大氣壓再循環迴路，該大氣壓再循環迴路包含該電解液貯槽、一大氣壓迴路泵，及一大氣壓電解液貯槽，其中該電鍍控制器係用於防止該大氣壓再循環迴路於電鍍期間流通。

26. 如申請專利範圍第 20 項之用於將金屬電鍍至基板上的設備，更包含一脫氣電解液再循環迴路及一大氣壓再循環迴路，其中該脫氣電解液再循環迴路包含該電解液貯槽、一泵、及一脫氣電解液貯槽，且該大氣壓再循環迴路包含該脫氣電解液貯槽、一泵、及一大氣壓電解液貯槽，其中該電鍍控制器係用於確保該脫氣再循環迴路於電鍍期間並無流通。

27. 如申請專利範圍第 20 項之用於將金屬電鍍至基板上的設備，更包含一附加的電鍍槽，將該附加的電鍍槽配置成於約 100Torr 以下運作，其中該附加的電鍍槽與該電解液貯槽流體連通。

圖式

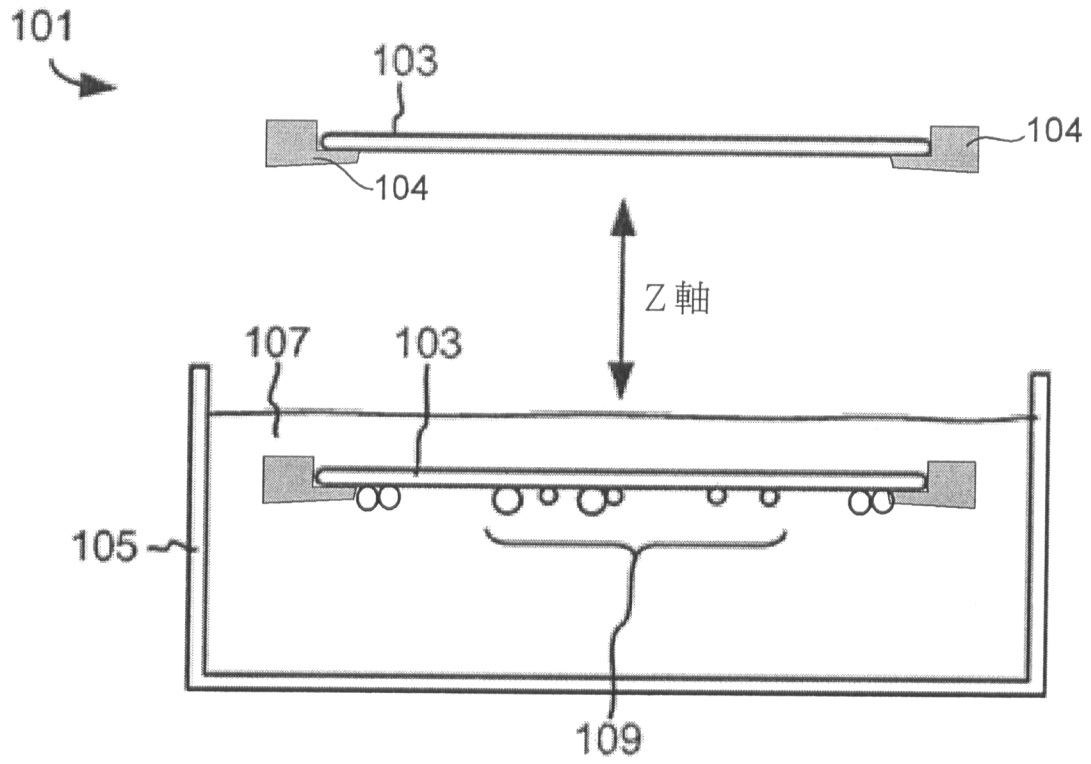


圖 1

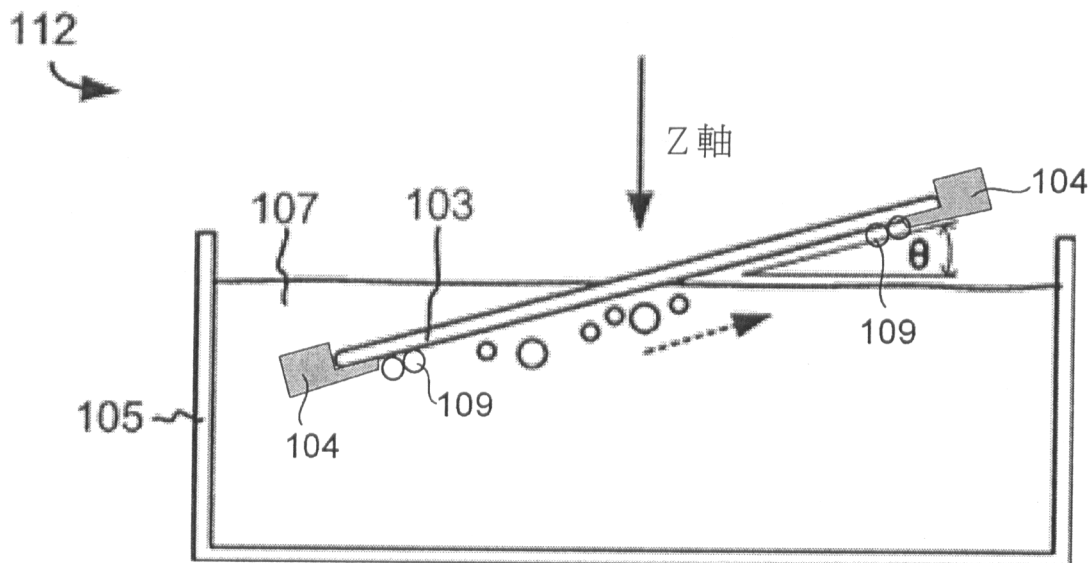


圖 2

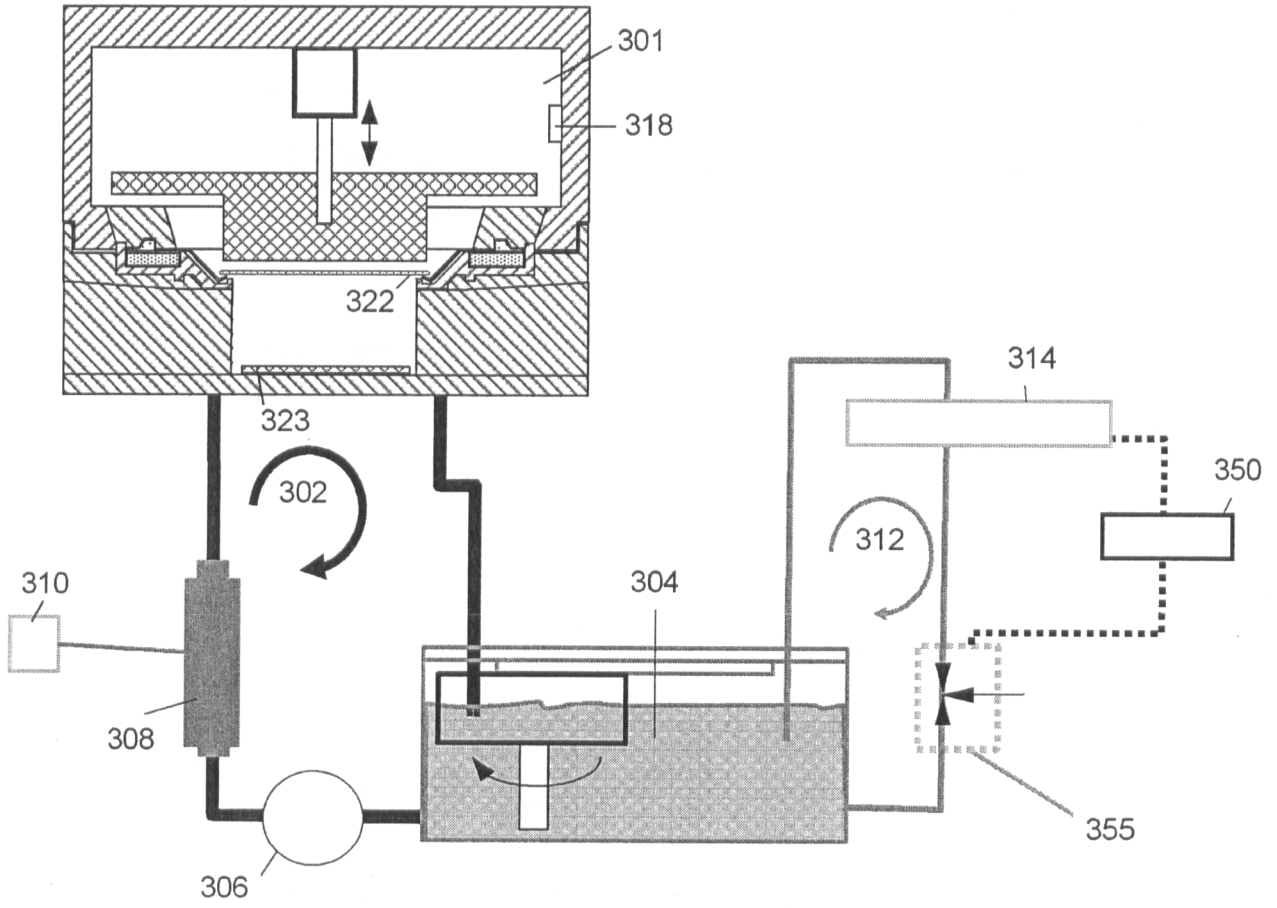


圖 3

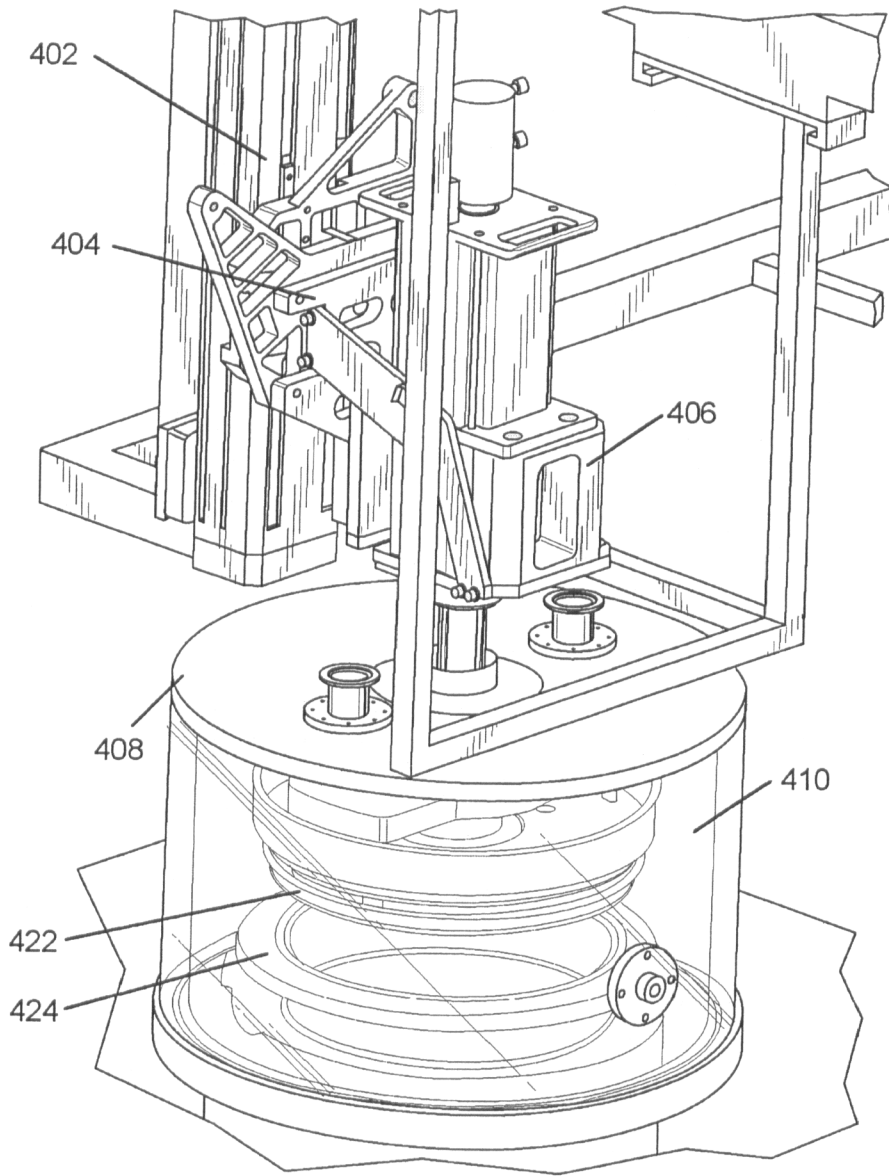


圖 4

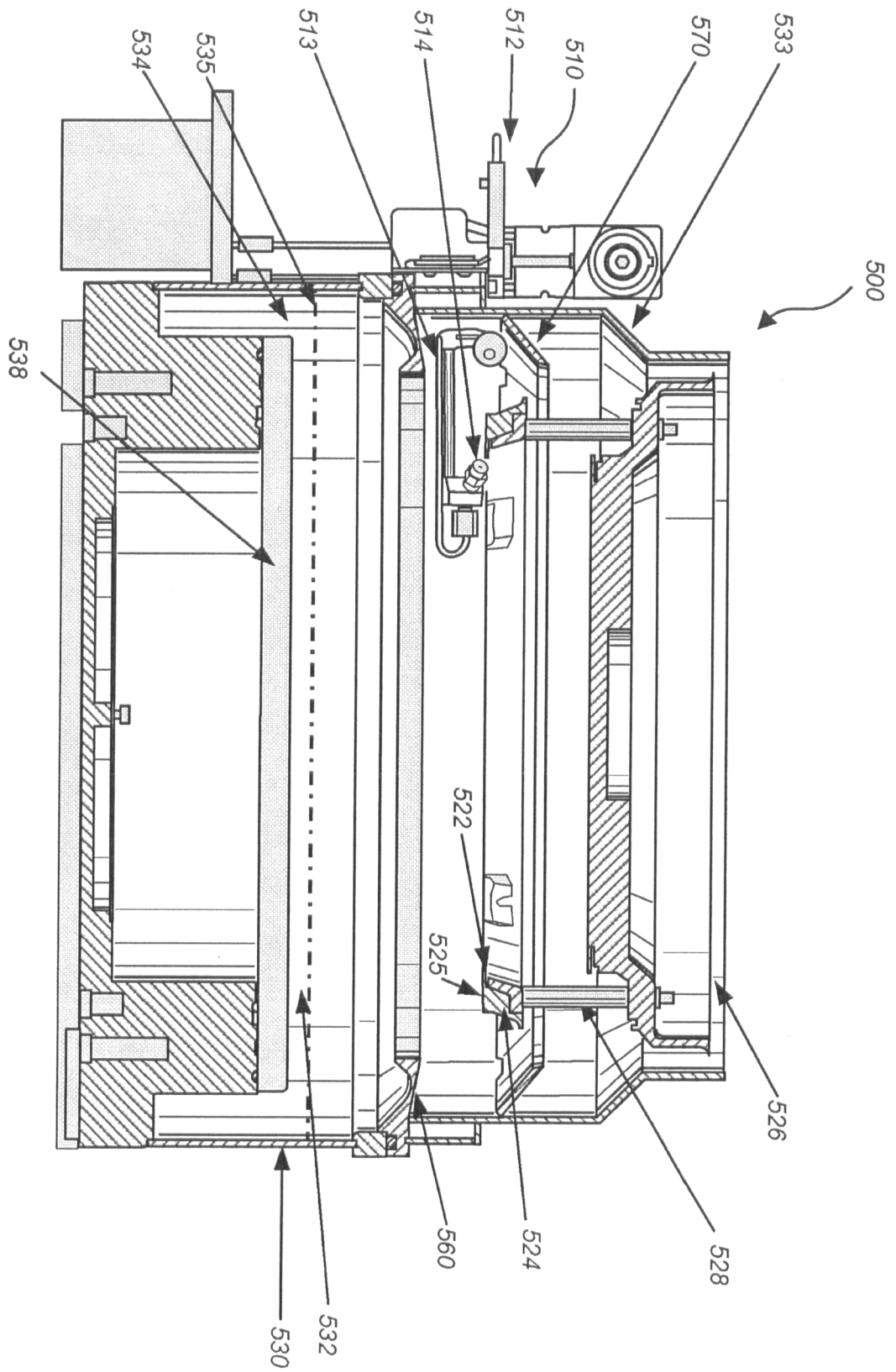


圖 5

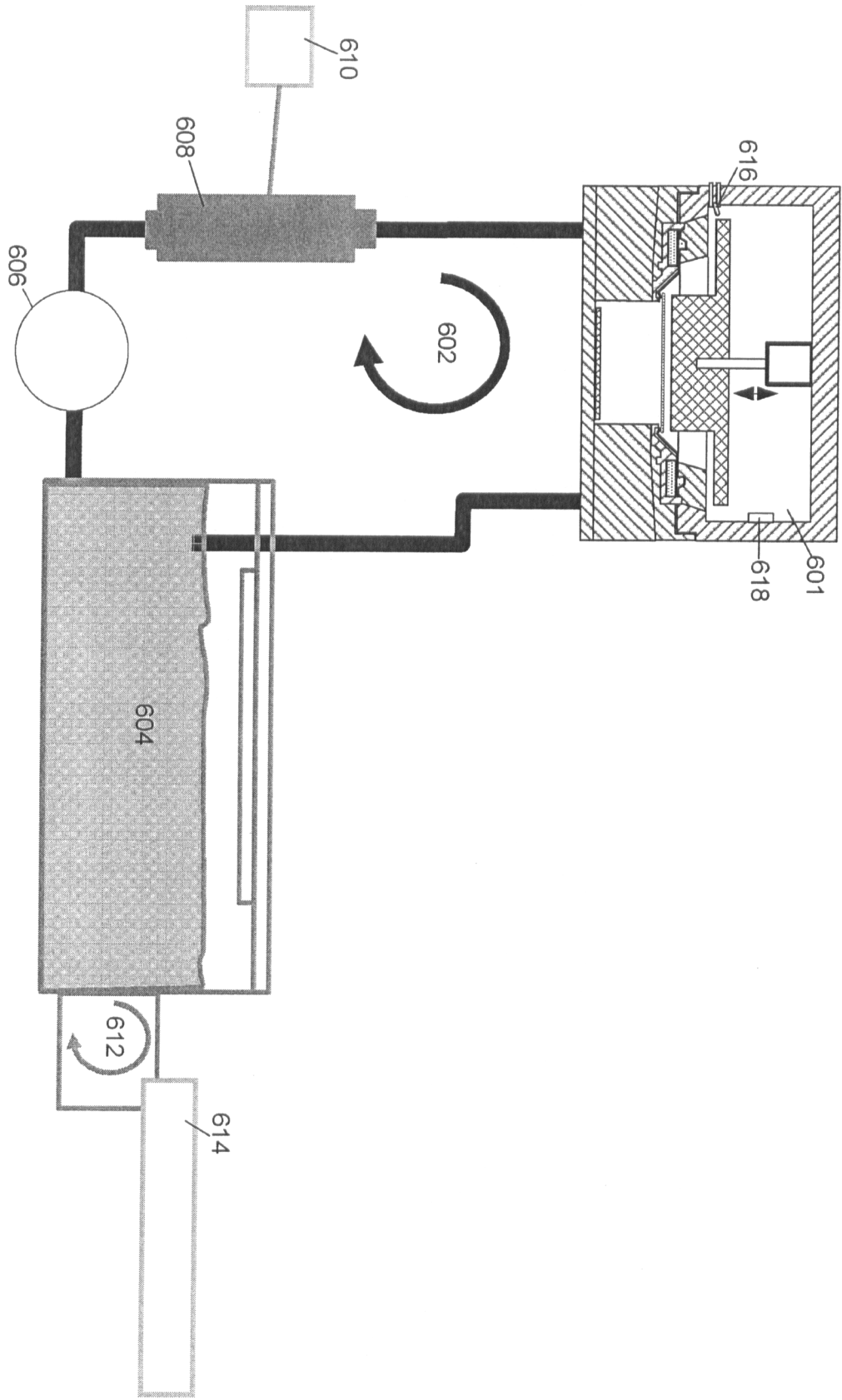


圖 6

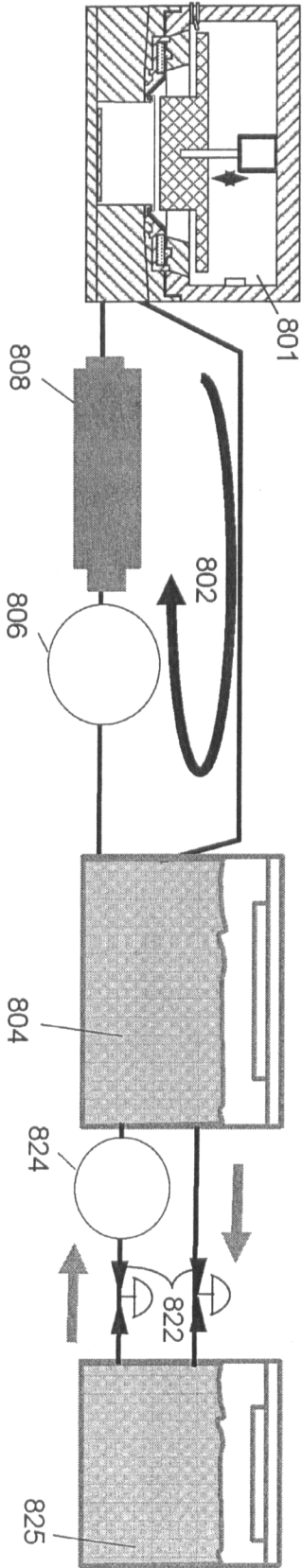


圖 8

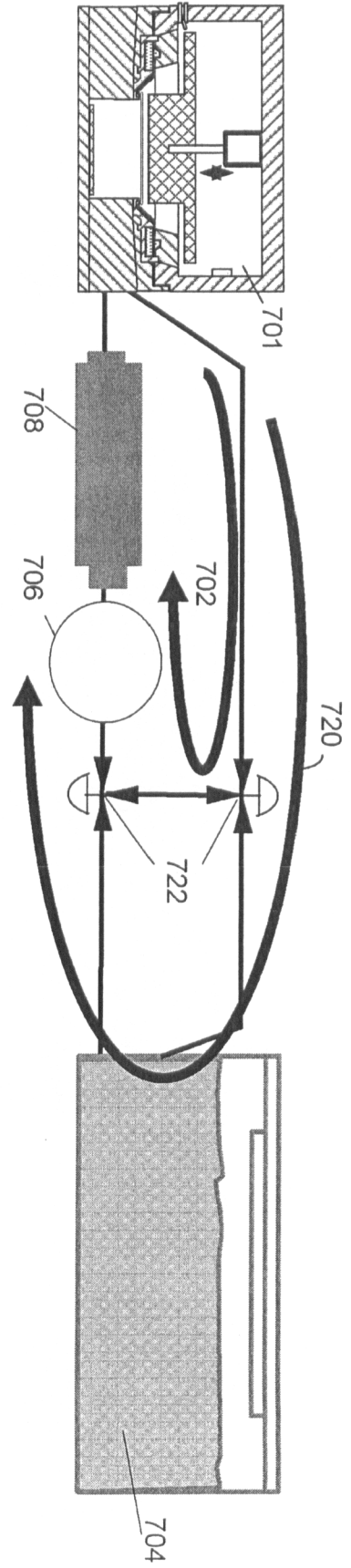


圖 7

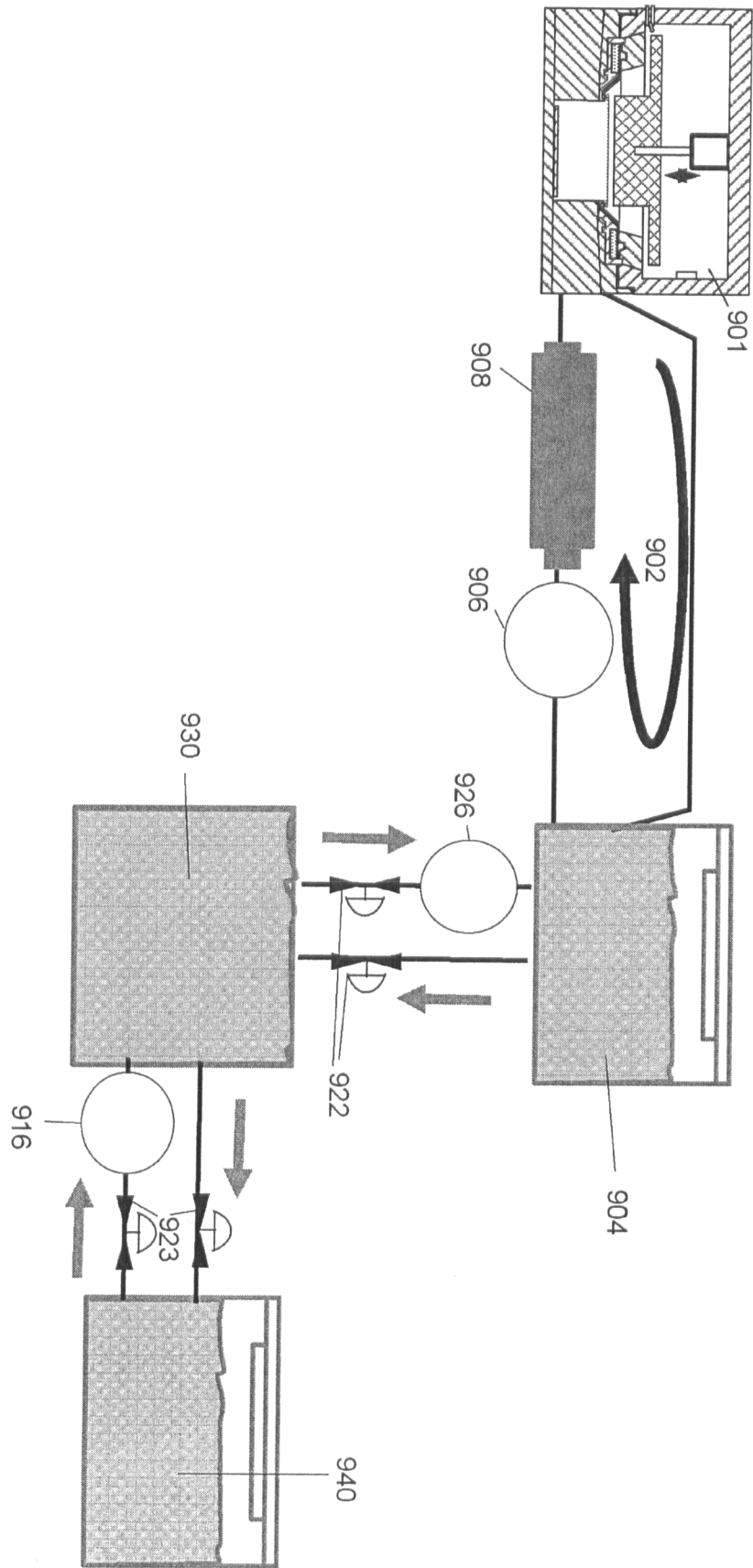


圖 9

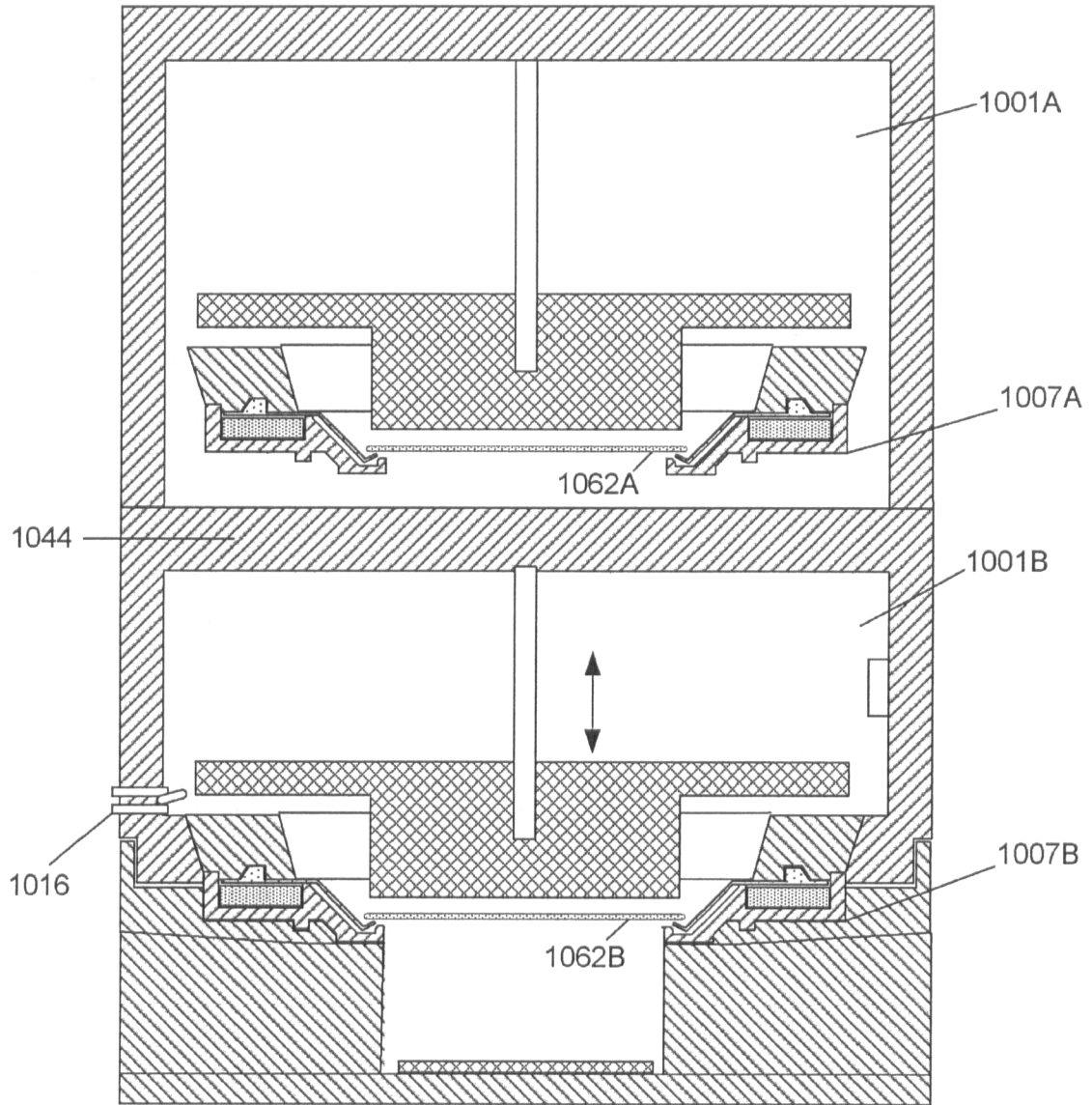


圖 10

	10 Torr	20 Torr	40 Torr	760 Torr
是否可於水 (W) 中或電鍍液 (PS) 中觀察到沸騰狀態?	W 與 PS 均沸騰	W 與 PS 間歇性地沸騰	W 與 PS 均無沸騰	W 與 PS 均無沸騰
是否存在水與電鍍液間的 RGA 結果差異?	無顯著差異	無顯著差異	無顯著差異	無顯著差異

圖 11

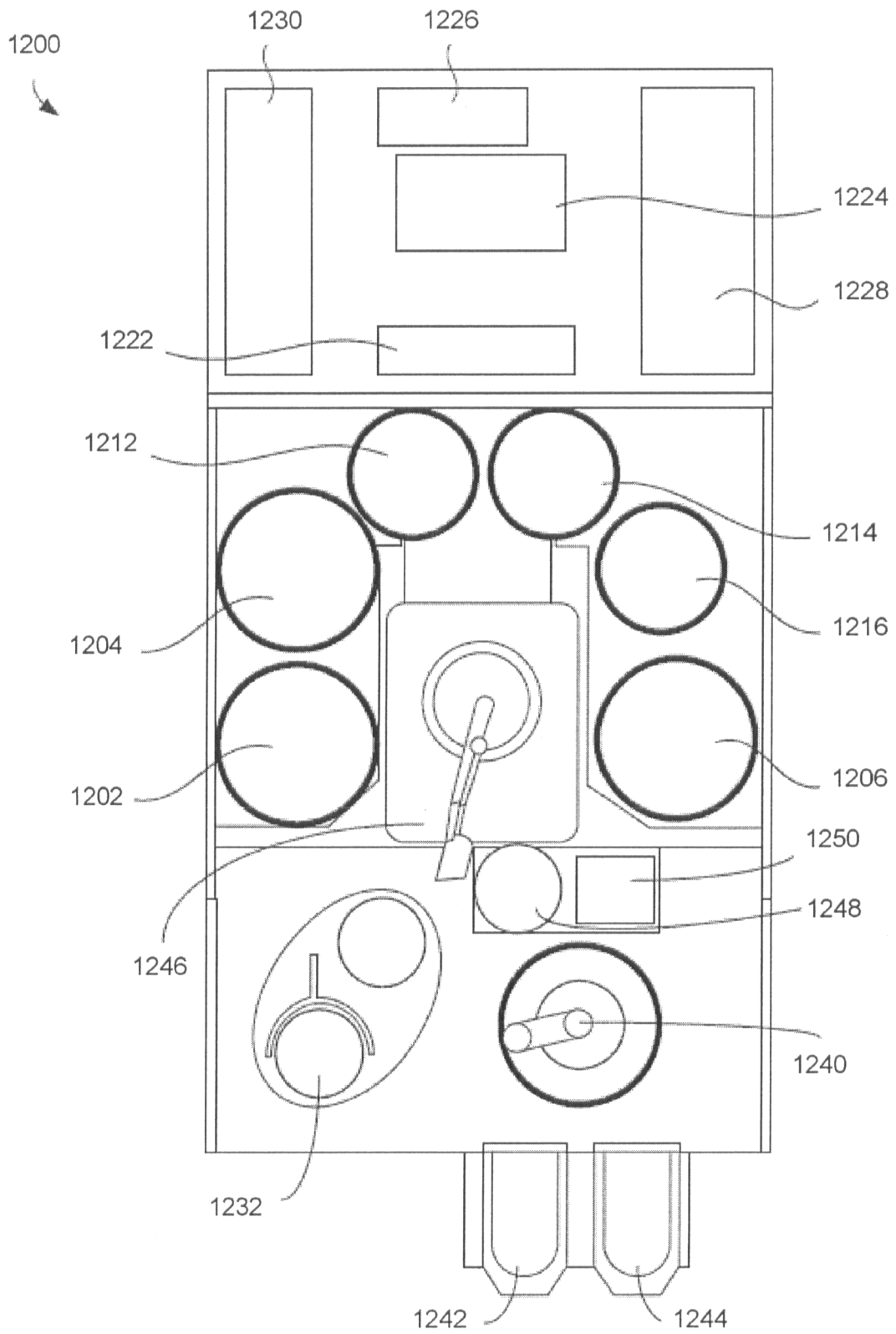


圖 12

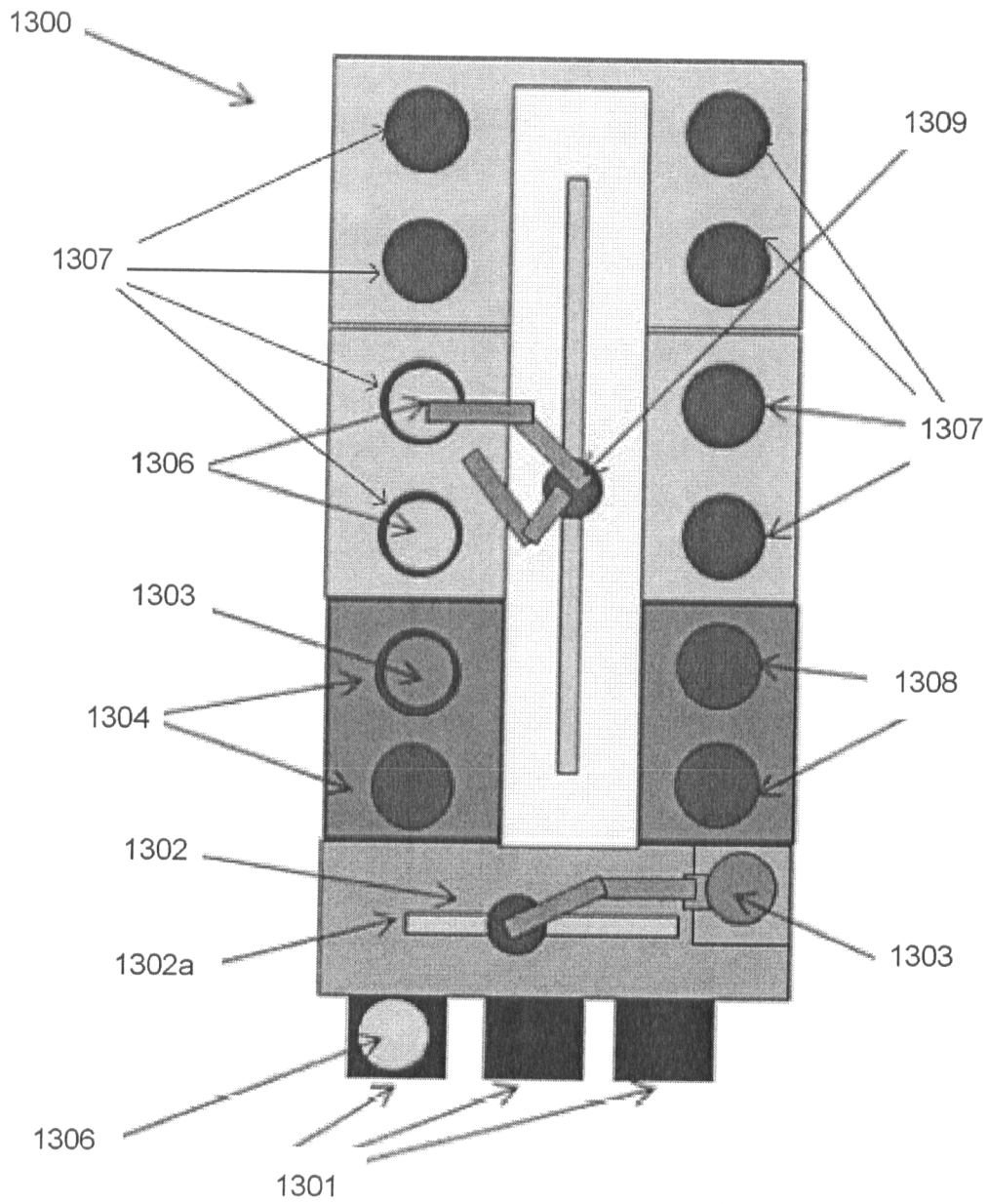


圖 13