



(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 I558859 B

(45) 公告日：中華民國 105 (2016) 年 11 月 21 日

(21) 申請案號：101117463

(22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 05 月 16 日

(51) Int. Cl. : C25D5/08 (2006.01)

(30) 優先權：2011/05/17 美國 61/487,207

2012/04/30 美國 13/460,423

(71) 申請人：諾菲勒斯系統公司 (美國) NOVELLUS SYSTEMS, INC. (US)

美國

(72) 發明人：瑞珍 馬尼希 RANJAN, MANISH (IN)；崗蓋迪 山提娜斯 GHONGADI, SHANTINATH (IN)；威蒙特 法德瑞克 狄恩 WILMOT, FREDERICK DEAN (US)；希爾 道格拉斯 HILL, DOUGLAS (US)；巴卡魯 布萊恩 L BUCKALEW, BRYAN L. (US)

(74) 代理人：陳長文

(56) 參考文獻：

US 2008/0149489A1

審查人員：林涼

申請專利範圍項數：47 項 圖式數：10 共 58 頁

(54) 名稱

於晶圓進入電鍍浴期間用於減少空氣滯留之濕化波前控制

WETTING WAVE FRONT CONTROL FOR REDUCED AIR ENTRAPMENT DURING WAFER ENTRY INTO ELECTROPLATING BATH

(57) 摘要

本文中所闡述之方法管理晶圓進入一電解液以便減少由於該晶圓及/或晶圓固持器與該電解液之初始撞擊所致之空氣滯留，且以使得在該晶圓之整個浸沒中維持一電解液濕化波前從而亦最小化空氣滯留之一方式使該晶圓移動。

Methods described herein manage wafer entry into an electrolyte so that air entrapment due to initial impact of the wafer and/or wafer holder with the electrolyte is reduced and the wafer is moved in such a way that an electrolyte wetting wave front is maintained throughout immersion of the wafer also minimizing air entrapment.

指定代表圖：

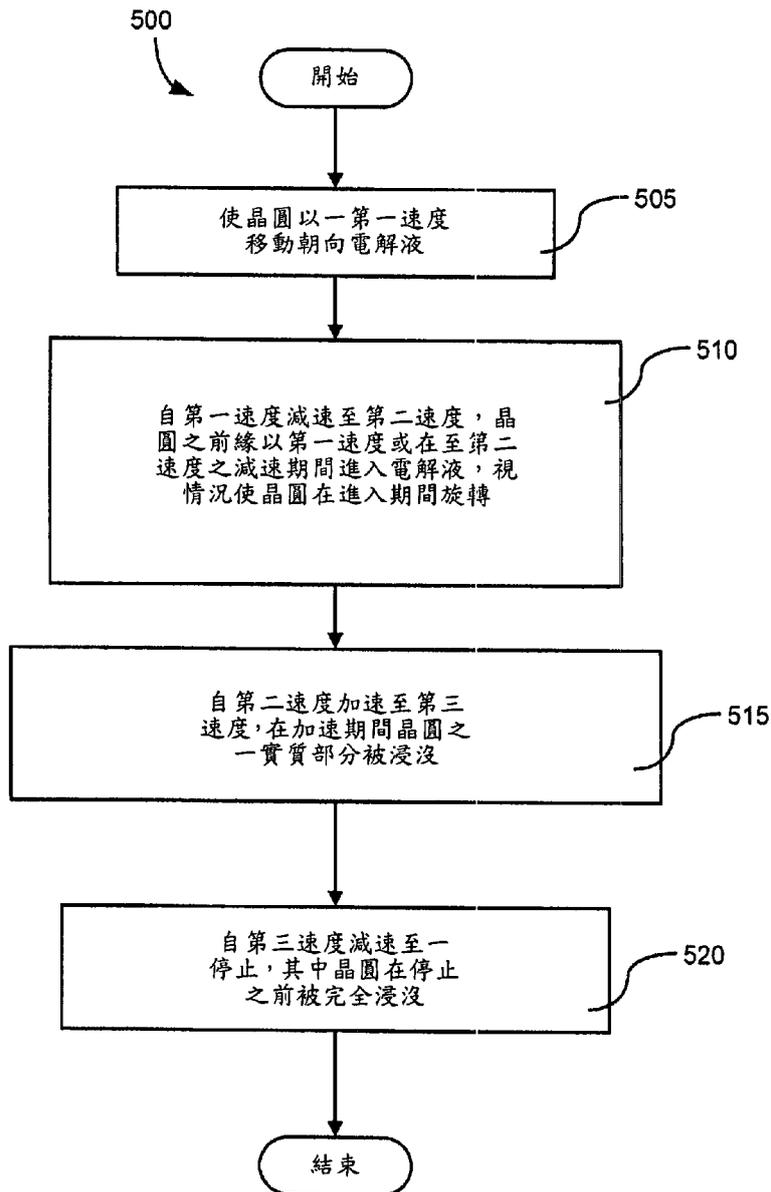


圖 5A

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：101117463

※ 申請日：101.5.16

※IPC 分類：C25D 5/08 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

於晶圓進入電鍍浴期間用於減少空氣滯留之濕化波前控制  
WETTING WAVE FRONT CONTROL FOR REDUCED AIR  
ENTRAPMENT DURING WAFER ENTRY INTO ELECTROPLATING  
BATH

## 二、中文發明摘要：

本文中所闡述之方法管理晶圓進入一電解液以便減少由於該晶圓及/或晶圓固持器與該電解液之初始撞擊所致之空氣滯留，且以使得在該晶圓之整個浸沒中維持一電解液濕化波前從而亦最小化空氣滯留之一方式使該晶圓移動。

## 三、英文發明摘要：

Methods described herein manage wafer entry into an electrolyte so that air entrapment due to initial impact of the wafer and/or wafer holder with the electrolyte is reduced and the wafer is moved in such a way that an electrolyte wetting wave front is maintained throughout immersion of the wafer also minimizing air entrapment.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 5A ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

(無元件符號說明)

10.00037

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明大體而言係關於電鍍。更特定而言，本文中揭示用於在晶圓進入一電解液期間減少空氣滯留之方法及設備。

本申請案依據35 U.S.C. § 119(e)主張以下申請案之權益：2011年5月17日提出申請之標題為「Wetting Wave Front Control for Reduced Air Entrapment during Wafer Entry into Electroplating Bath」、將Ranjan等人提名為發明人之美國臨時專利申請案61/487,207號，該美國臨時專利申請案以全文引用之方式且出於所有目的而併入本文中。

### 【先前技術】

電鍍具有諸多應用。一個極重要的應用係將銅電鍍至半導體晶圓上以形成用於對積體電路之個別裝置進行「佈線」之導電銅線。通常，此電鍍程序用作(舉例而言)一鑲嵌製作程序中之一步驟。

現代晶圓電鍍處理中之一持續問題係所沈積之金屬膜之品質。假定金屬線寬度達到深亞微米範圍中且假定鑲嵌溝槽通常具有極高縱橫比，則經電鍍膜必須為極其同質的(在化學上及物理上)。其在一晶圓之面上必須具有均勻厚度且跨越眾多晶圓批次必須具有一致品質。

某些晶圓處理設備經設計以提供必要均勻度。一個實例係可自加利福尼亞州聖何塞之諾發系統公司(Novellus Systems, Inc. of San Jose, California)以SABRE™電鍍工具

購得且闡述於美國專利 6,156,167、6,159,354 及 6,139,712 中之蛤殼設備，該專利以全文引用之方式併入本文中。除高晶圓通過量及均勻度以外，該蛤殼設備還提供諸多優點；例如晶圓背側保護以免在電鍍期間受污染、電鍍程序期間之晶圓旋轉及用於將晶圓遞送至電鍍浴之相對小的佔用面積(垂直浸沒路徑)。

存在可影響一電鍍程序之品質之諸多因素。在本發明之上下文中特別值得注意的是，在將晶圓浸沒至一電鍍浴中之程序中產生之問題。在至一電鍍電解液中之晶圓浸沒期間，可在晶圓之電鍍底側(作用側或電鍍表面)上滯留氣泡。當使晶圓沿著一垂直浸沒軌跡以一水平定向(平行於由該電解液之該表面界定之一平面)浸沒時，尤其如此。

在一晶圓之電鍍表面上陷獲之氣泡可引起諸多問題。氣泡遮蔽一晶圓之電鍍表面之一區域使其不曝露於電解液且因此產生其中不發生電鍍之一區域。所產生之電鍍缺陷可表現為無電鍍或電鍍厚度減小之一區域，此取決於氣泡被滯留在晶圓上之時間及該氣泡保持滯留在該晶圓上之時間長度。

與一經水平定向晶圓之垂直浸沒相關聯之另一問題係多個濕化波前。當使一晶圓以此方式浸沒時，電解液在一個以上點處接觸晶圓，從而在晶圓浸入於該電解液中時形成多個濕化波前。在個別濕化波前會聚之情況下，可陷獲氣泡。此外，電鍍層成品中之缺陷可自沿著多個濕化波前之會聚線形成之微觀未潤濕區域傳播。

因此，需要一種用以改良經電鍍金屬品質之方式。經改良方法及設備應減少可能在晶圓浸沒期間由氣泡形成及多個濕化波前引起之問題。

### 【發明內容】

本文中所闡述之方法管理晶圓進入一電解液以便減少由於晶圓及/或晶圓固持器之初始撞擊所致之空氣滯留，且以使得在該晶圓之整個浸沒中維持一電解液濕化波前從而亦最小化空氣滯留（亦即，波前在跨越晶圓電鍍表面傳播期間不崩塌）之方式使該晶圓移動。

一項實施例係一種使一晶圓浸沒至一電鍍浴之一電解液中之方法，該方法包含：(a)將該晶圓水平定位於該電解液上方一第一高度處，其中該晶圓之一平面電鍍表面平行於由該電解液之該表面界定之一平面；(b)使該晶圓傾斜成一角度使得該晶圓之該平面電鍍表面不再平行於由該電解液之該表面界定之該平面；及(c)使該晶圓移動至該電解液中，以便在該晶圓之整個浸沒中維持電解液濕化波前。

一項實施例係一種使一晶圓浸沒至一電鍍浴之一電解液中之方法，該方法包含：(a)將該晶圓水平定位於該電解液上方一第一高度處，其中該晶圓之平面電鍍表面平行於由該電解液之表面界定之一平面；(b)使該晶圓傾斜成一角度使得該晶圓之該平面電鍍表面不再平行於由該電解液之該表面界定之該平面；(c)使該晶圓沿著實質上法向於由該電解液之該表面界定之該平面之一軌跡以一第一速度移動朝向該電解液；(d)自該第一速度減速至一第二速度，該晶圓

之前緣以該第一速度或在自該第一速度至該第二速度之該減速期間進入該電解液；(e)使該晶圓自該第二速度加速至一第三速度，其中使該加速繼續直至該晶圓之該平面電鍍表面之一實質部分浸沒於該電解液中；及(f)使該晶圓自該第三速度減速至一第二高度處之一停止；其中該晶圓之該平面電鍍表面以該第三速度或在自該第三速度至該停止之該減速期間完全浸沒於該電解液中。此等速度亦將稱為平移晶圓速度或Z速度。

本文中所闡述之方法可包含使該晶圓沿著法向於該晶圓之該平面電鍍表面且穿過該晶圓之中心之一軸旋轉。在某些實施例中，使自該第一速度至該第二速度之該減速繼續直至該晶圓之介於約25%與約75%之間的該平面電鍍表面浸沒於該電解液中，在某些實施例中直至該晶圓之約50%之該平面電鍍表面浸沒於該電解液中。該晶圓之該前緣可在至該第一速度之加速期間、以該第一速度或在自該第一速度至該第二速度之該減速期間進入該電解液。在一項實施例中，該晶圓在自該第三速度至該停止之減速期間完全浸沒於該電解液中。在某些實施例中，自該晶圓之該前緣進入該電解液之時間直至該晶圓完全浸沒於該電解液中之浸沒總時間小於300毫秒，在其他實施例中小於200毫秒。

在一項實施例中，該第一速度介於約120 mm/s與約300 mm/s之間，例如介於約120 mm/s與200 mm/s之間。在某些實施例中，使用介於約200 mm/s至300 mm/s之間的高速。在一項實施例中，該第二速度介於約40 mm/s與約80

mm/s之間。在一項實施例中，該第三速度小於該第一速度。在一項實施例中，該第三速度介於約100 mm/s與約140 mm/s之間。下文更詳細地論述該第一速度、第二速度及第三速度之其他態樣。在一項實施例中，使該晶圓傾斜成5度或小於5度(不包含零)之一角度。可在浸沒期間與在電鍍期間採用不同的旋轉速度。在某些實施例中，在浸沒期間，針對一200 mm晶圓使用介於約10 rpm與180 rpm之間、針對一300 mm晶圓使用介於約5 rpm與180 rpm之間且針對一450 mm晶圓使用介於約5 rpm與150 rpm之間的旋轉速度。

另一實施例係一種使一晶圓浸沒至一電鍍浴之電解液中方法，該方法包含：(a)將該晶圓水平定位於該電解液上方一第一高度處，其中該晶圓之一平面電鍍表面平行於由該電解液之表面界定之一平面；(b)使該晶圓傾斜成介於約1度與約5度之間的一角度，使得該晶圓之該平面電鍍表面不再平行於由該電解液之該表面界定之該平面；(c)使該晶圓沿著法向於該晶圓之該平面電鍍表面且穿過該晶圓之中心之一軸旋轉；(d)使該晶圓沿著實質上法向於由該電解液之該表面界定之該平面之一軌跡以介於約120 mm/s與約300 mm/s之間的一第一速度移動朝向該電解液；(e)使該晶圓減速至介於約40 mm/s與約80 mm/s之間的一第二速度，該晶圓之前緣以該第一速度或在自該第一速度至該第二速度之該減速期間進入該電解液；且其中介於約40%與約60%之間的該平面電鍍表面在自該第一速度至該第二速度

之該減速期間被浸沒；(f)使該晶圓自該第二速度加速至介於約100 mm/s與約140 mm/s之間的一第三速度，其中使該加速繼續直至該晶圓之至少約75%之該平面電鍍表面浸沒於該電解液中；及(g)自該第三速度減速至一第二高度處之一停止；其中該晶圓之該平面電鍍表面以該第三速度或在自該第三速度至該停止之該減速期間完全浸沒於該電解液中。在一項實施例中，使自該第一速度至該第二速度之該減速繼續直至該晶圓之約50%之該平面電鍍表面浸沒於該電解液中。

在某些實施例中，本文中所闡述之方法中之任一者與主動角度進入組合。在主動角度進入中，在晶圓浸沒期間改變該晶圓之傾斜角度以便進一步最小化氣泡滯留。在一項實施方案中，該晶圓之前緣以一第一角度接觸該電解液，接著隨著正使該晶圓浸沒而將傾斜角度增加至一較大之第二傾斜角度，後續接著減小傾斜角度，通常減小至零(平行於電解液)。傾斜角度之改變可在第一、第二或第三Z速度中之任一者期間發生。在主動傾斜控制之其他實施例中，傾斜角度之改變包括該傾斜角度自第一角度至一較小角度及接著至零之一減小。

一般而言，主動傾斜角度控制可不僅在與Z速度變化結合時為有利的而且甚至在以習用方式改變Z速度(加速至一恆定速度，後續接著減速至一停止)時亦為有利的。在一個態樣中，一種使晶圓浸沒之方法包含：在使該晶圓相對於水平線傾斜成一第一角度之同時使該晶圓之前緣與一電

鍍溶液接觸，後續接著將傾斜角度增加至一第二角度，且最終後續接著減小該傾斜角度，通常減小至零。在某些實施例中，該第一及第二傾斜角度介於約1度至5度之間。

在一項實施例中，一種使一晶圓浸沒至一電鍍溶液中之方法包含：在使該晶圓相對於水平線傾斜之同時，使該晶圓之一前緣以一第一平移速度與該電鍍溶液接觸，後續接著在該晶圓部分地浸沒於該電鍍溶液中之同時，將該晶圓減慢至一第二平移速度；及接著在該晶圓完全浸沒於該電鍍溶液中之前將該晶圓加快至第三速度。

在某些實施例中，用於晶圓浸沒之該方法包含使該晶圓以異常高的Z速度浸沒。在一項實施例中，一種使一晶圓浸沒至一電鍍溶液中之方法包含：在使該晶圓相對於水平線傾斜之同時，使該晶圓之一前緣沿朝向該電鍍溶液之一方向以至少約120 mm/s之一第一平移速度與一電鍍溶液接觸。舉例而言，在某些實施例中，該第一平移速度介於約120 mm/s至300 mm/s之間，例如介於約140 mm/s至300 mm/s之間，且在某些情況下介於約200 mm/s至300 mm/s之間。

本文中所闡述之所有方法可在光微影處理之背景中使用，可在電鍍之前或之後執行該光微影處理。在該等實施例中之一者中，本文中所闡述之任一方法可進一步包含以下步驟：將光阻劑施加至該晶圓；將該光阻劑曝露於光；圖案化該抗蝕劑並將圖案轉印至該晶圓；及自該晶圓選擇性地移除該光阻劑。在某些實施例中，該光阻劑在電鍍之

前施加及圖案化，且在電鍍之後移除。

在另一態樣中，提供一種電鍍設備。該設備包含：一晶圓固持器，其經組態以使一晶圓在浸沒至一電鍍溶液中期間傾斜；一室，其用於固持該電鍍溶液；及一控制器，其經組態或經設計以執行本文中所揭示之晶圓浸沒方法中之任一者。舉例而言，該控制器可包含用以執行所闡述方法之步驟之程式指令。在一項實施例中，該控制器包含在一傾斜之晶圓進入該電鍍溶液時沿朝向該溶液之一方向以至少約 120 mm/s 之一速度遞送該晶圓之指令。在一項實施例中，該控制器包含用以在使傾斜之晶圓浸沒於該電鍍溶液中時沿朝向該溶液之方向以可變速度遞送該晶圓之指令。在一項實施例中，該控制器包含用於以下各項之指令：(i) 將該晶圓水平定位於該電解液上方一第一高度處，其中該晶圓之一平面電鍍表面平行於由該電解液之表面界定之平面；(ii) 使該晶圓傾斜成一角度使得該晶圓之該平面電鍍表面不再平行於由該電解液之該表面界定之該平面；(iii) 使該晶圓沿著實質上法向於由該電解液之該表面界定之該平面之一軌跡以一第一速度移動朝向該電解液；(iv) 自該第一速度減速至一第二速度，該晶圓之前緣以該第一速度或在自該第一速度至該第二速度之該減速期間進入該電解液；(v) 使該晶圓自該第二速度加速至一第三速度，其中使該加速繼續直至該晶圓之該平面電鍍表面之一實質部分浸沒於該電解液中；及(vi) 使該晶圓自該第三速度減速至一第二高度處之一停止；其中該晶圓之該平面電鍍表面以該

第三速度或在自該第三速度至該停止之該減速期間完全浸沒於該電解液中。在一項實施例中，該控制器包含用於以下各項之程式指令：(i)在使該晶圓相對於水平線傾斜至一第一角度之同時，使該晶圓之前緣與該電鍍溶液接觸，後續接著(ii)將該晶圓之該傾斜增加至一第二角度；及接著(iii)將該晶圓之該傾斜角度減小至0度。

在另一態樣中，提供一種包含本文中所闡述之電鍍設備中之任一者及一步進器之系統。

在另一態樣中，提供一種包括用於控制電鍍設備之程式指令之非暫時電腦機器可讀媒體。其可包含包括用於執行本文中所闡述之方法中之任一者之步驟之程式碼之程式指令。舉例而言，在一項實施例中，程式指令包含用於以下操作之程式碼：(i)將該晶圓水平定位於該電解液上方一第一高度處，其中該晶圓之一平面電鍍表面平行於由該電解液之表面界定之一平面；(ii)使該晶圓傾斜成一角度使得該晶圓之該平面電鍍表面不再平行於由該電解液之該表面界定之該平面；(iii)使該晶圓沿著實質上法向於由該電解液之該表面界定之該平面之一軌跡以一第一速度移動朝向該電解液；(iv)自該第一速度減速至一第二速度，該晶圓之前緣以該第一速度或在自該第一速度至該第二速度之該減速期間進入該電解液；(v)使該晶圓自該第二速度加速至一第三速度，其中使該加速繼續直至該晶圓之該平面電鍍表面之一實質部分浸沒於該電解液中；及(vi)使該晶圓自該第三速度減速至一第二高度處之一停止；其中該晶圓之

該平面電鍍表面以該第三速度或在自該第三速度至該停止之該減速期間完全浸沒於該電解液中。

在某些實施例中，該等程式指令包含用於以下操作之程式碼：(i)在使該晶圓相對於水平線傾斜至一第一角度之同時，使該晶圓之該前緣與該電鍍溶液接觸，後續接著(ii)將該晶圓之該傾斜增加至一第二角度；及接著(iii)將該晶圓之該傾斜角度減小至0度。

雖然適用於除半導體晶圓以外的其他基板且不限於任一特定大小之基板，但若使用晶圓，則本文中所闡述之某些參數取決於正被浸沒於該電解液中之晶圓之大小。本文中所闡述之方法與(舉例而言)200 mm、300 mm及450 mm直徑之晶圓一起工作。

下文將參考相關聯圖式更詳細地闡述本發明之此等及其他特徵以及優點。

### 【實施方式】

#### 概述

如在以上背景技術章節中所概述，在至一電鍍電解液中之晶圓浸沒期間，可能在晶圓之電鍍底側(電鍍表面)上滯留氣泡。當使晶圓沿著一垂直浸沒軌跡以一水平定向(平行於由電解液之表面界定之一平面)浸沒時，尤其如此。圖1A中繪示在一電鍍系統101中出現之一典型氣泡滯留情形之一剖面圖。一經水平定向之晶圓103沿著一垂直Z軸朝向一容器105中之一電解液107降低且最終浸沒於該電解液中。一經水平定向晶圓103之垂直浸沒導致在晶圓103之底

側(電鍍表面)上陷獲氣泡109。

在一晶圓之電鍍表面上陷獲之氣泡可引起諸多問題。氣泡遮蔽一晶圓之電鍍表面之一區域使其不曝露於電解液且因此產生其中不發生電鍍之一區域。所產生之電鍍缺陷可表現為無電鍍或電鍍厚度減小之一區域，此取決於氣泡被滯留在晶圓上之時間及該氣泡保持滯留在該晶圓上之時間長度。在一倒置(面向下)組態中，浮力傾向於向上推動氣泡且將該氣泡推動至該晶圓之作用表面上。難以自晶圓表面移除該等氣泡，此乃因電鍍池不具有將氣泡驅趕至晶圓邊緣周圍(離開晶圓表面之唯一路徑)之固有機構。通常，使晶圓103繞穿過其中心且垂直於其電鍍表面之一軸旋轉。此亦有助於透過離心力驅逐氣泡，但諸多較小氣泡會強韌地附著至晶圓。此外，此離心作用不能解決關於多個電解液濕化波前在晶圓上形成缺陷之前述問題。

因此，儘管自一硬體組態及通過量觀點看水平晶圓定向(尤其係與一垂直浸沒軌跡耦合)具有眾多優點，但其導致與氣體滯留及多個濕化波前以及後續缺陷形成相關聯之在技術上具挑戰性之問題。

一種用以促進移除經滯留氣泡之方式係使用瞄準於晶圓之電鍍表面處之一經垂直引導電解液流。此可幫助驅逐氣泡。如圖1B(情形102)中所繪示，自法向於晶圓之電鍍表面之一導管111以足以驅逐經滯留氣泡之一速度引導電鍍溶液。如自111發散之箭頭所指示，該流之大部分被引導於晶圓103之中心處。在該流遇到晶圓之表面時，其跨越

該晶圓表面轉向以推動該等氣泡朝向晶圓103之側面，如虛線箭頭所指示。此不僅幫助移除在浸沒之後即刻產生之氣泡，而且幫助移除在電鍍期間形成或到達表面之此等氣泡。遺憾地，此等系統之壓送對流之徑向不均勻度可導致不均勻之電鍍量變曲線。此乃因電鍍速率係局部流體速度之一函數，且例如圖1B中所繪示之系統之壓送對流跨越晶圓表面引入不均勻速度量變曲線。

一種用以解決若干個上述問題之方式係使用成角度晶圓浸沒。亦即，在沿著一垂直路徑(沿著一Z軸)將晶圓引入至電解液中之同時，使其相對於由電解液之表面界定之一平面傾斜。圖1C繪示此一浸沒情形112，其中使晶圓103沿著一Z軸浸沒於電解液107中，同時還使該晶圓相對於電解液之表面傾斜，在此實例中，傾斜成一角度 $\theta$ 。使用成角度浸沒，原本將陷獲在晶圓表面上之氣泡在浮力之輔助下不再被陷獲，而是可由於晶圓傾斜而逃逸至大氣。此外，建立一單個濕化波前，因此不存在關於會聚濕化波前之問題。成角度晶圓浸沒更詳細地闡述於由Jonathan Reid等人在2001年5月31日提出申請且標題為「Methods and Apparatus for Controlled-Angle Wafer Immersion」之美國專利6,551,487中，該專利以全文引用之方式併入本文中。旋轉速度可對成角度浸沒進行補充以減少氣泡形成。

另一問題係一典型的晶圓固持器具有用於通常沿著晶圓之外圍固持晶圓以及使該晶圓定位及旋轉之某一機構及相關聯硬體。如圖1D中之剖面圖150所繪示，當使用一垂直

浸沒路徑時，晶圓固持器170之組件(特別係前緣)先於晶圓自身與電解液接觸，此乃因該晶圓固持器之至少某一部分存在於晶圓之圓周之外且自晶圓電鍍表面懸垂。當晶圓固持器之此前緣撞擊電解液時，因晶圓固持器之在晶圓圓周周圍且延伸超出電鍍表面之該部分之幾何形狀而陷獲氣泡。某些晶圓固持器(舉例而言，上文所闡述之蛤殼設備)經塑形及經組態以最小化此問題，但該問題至少在某一程度上仍存在。

可使用音波處理(sonication)來輔助使氣泡破碎，如Bryan Buckalew等人之標題為「Sonic Irradiation During Wafer Immersion」之美國專利7,727,863中所闡述，該專利以全文引用之方式併入本文中。在一項實施例中，例如在美國專利7,727,863中所闡述之音波處理結合本文中所闡述之方法使用。在一項實施例中，至少在晶圓與電解液撞擊之後之前50 ms(毫秒)期間使用音波處理。在一項實施例中，至少在晶圓與電解液撞擊之後之前100 ms期間使用音波處理。在一項實施例中，至少在晶圓與電解液撞擊之後之前150 ms期間使用音波處理。在一項實施例中，在將整個晶圓浸沒於電解液中期間使用音波處理。

又，由於電鍍規範變得進一步精細化，例如需要更薄且更高品質之經電鍍層，因此空氣滯留可成為甚至關於(舉例而言)成角度晶圓浸沒之一問題。舉例而言，使用習用浸沒程序，在裝載有一晶圓之傾斜晶圓固持器進入電鍍溶液時，由於晶圓下方空氣之不良排出而發生至少某些空氣

滯留。在晶圓進入時因晶圓表面上之空氣滯留而對晶圓之不完全初始濕化導致電鍍添加劑分子在晶圓表面上之不良吸附。均勻添加劑吸附之不足及不良濕化特性引起不良填充行為，從而在晶圓之表面上坑蝕出或遺漏掉金屬缺陷。發明人已發現，新穎之浸沒程序藉由(舉例而言)與結合習用浸沒方法使用之成角度浸沒相比進一步減少空氣滯留之量而在晶圓之經電鍍層中導致減小之缺陷率。

圖2A至圖2D繪示概述關於本文中所闡述之浸沒方法所論述之參數之透視圖。圖2A展示，取決於所使用之設備，晶圓240在進入一電鍍浴242中之一電鍍電解液244之前必須行進一線性距離246。圖2B展示晶圓240與水平線(平行於電解液表面)傾斜成一角度。已發現，一合意角度介於約1度與約5度之間，在某些實施例中介於約3度與約5度之間。此等範圍允許如所論述之成角度浸沒之益處，同時使設備之佔用面積保持為一最小值。可在沿著晶圓至電解液之垂直軌跡之任一時間使其傾斜，只要該晶圓在進入電解液之後即傾斜即可。在水平引入晶圓時，該晶圓之進入電解液之一前緣形成一單個濕化波前而非多個濕化波前。在某些實施例中，在浸沒協定期間改變使晶圓傾斜之角度。在此等實施例中，「擺動速度」(其為使晶圓自水平線傾斜至 $\theta$ 之速度)可經控制以便不形成湍流且因此不會引入不想要之空氣滯留。與在一高通過量環境中之所有事件一樣，若擺動速度太慢，則通過量受損失，若擺動速度太快，則可能產生湍流。在一項實施例中，晶圓之擺動速度介於約

每秒0.25度與10度之間。在另一實施例中，擺動速度介於約每秒0.25度與1.5度之間。在又一實施例中，擺動速度介於約每秒0.5度與1度之間。

在一項實施例中，在浸沒之前建立傾斜角度且在浸沒程序期間使其保持恆定。本文中所闡述之方法包含將一晶圓水平定位於一電解液上方及使該晶圓自水平線傾斜之步驟；可以任一次序執行此等步驟，只要晶圓在進入電解液之後即傾斜即可。可在晶圓沿著其Z軸軌跡移動時或在沿著Z軸移動之前執行使晶圓傾斜。

在某些實施例中，在晶圓之浸沒期間主動地改變傾斜角度。此可導致減少之氣泡滯留。可與Z速度變化無關地或結合Z速度變化使用主動傾斜角度控制以實現減少之氣泡滯留。在某些實施例中，在晶圓與水平線傾斜成一第一角度之同時，晶圓之前緣接觸電鍍溶液；接著將晶圓之傾斜增加至一第二角度，後續接著減小至(舉例而言)零度角度。在其他實施例中，在晶圓與水平線傾斜成一第一角度之同時，晶圓之前緣接觸電鍍溶液，接著將傾斜角度減小至一較小傾斜角度，之後最終將傾斜角度減小至零度。

圖2C繪示亦可使晶圓在浸沒期間旋轉。類似於傾斜，可在沿著晶圓至電解液之垂直軌跡之任一時間實施晶圓旋轉，只要該晶圓在進入電解液之後即為旋轉的即可。圖2D繪示在正將其浸沒於電解液244中時傾斜且旋轉之晶圓240。為了使該晶圓浸沒，在一項實施例中，旋轉速度針對一200 mm直徑之晶圓介於約10 rpm與180 rpm之間、針

對一300 mm晶圓介於約5 rpm與180 rpm之間且針對一450 mm晶圓介於約5 rpm與約150 rpm之間。可將不同的旋轉速度用於浸沒(一第一旋轉速度)對電鍍(一第二旋轉速度)以及後電鍍(其他電鍍速度)。舉例而言，可在自浴移除晶圓之後及(舉例而言)在自經電鍍晶圓沖洗電解液時使晶圓以特定速度自旋以自該晶圓回收電解液。此等硬體連同用於實施成角度浸沒方法之實例性硬體更詳細地闡述於美國專利6,551,487(上文所引用)中。

圖3係一習用成角度浸沒協定之一曲線圖，其中垂直軌跡速度「Z速度」為y軸，且晶圓固持器位置沿著x軸表示。在x軸上，晶圓固持器位置係相對於電解液表面來報告的，其中正距離(以毫米為單位)為電解液上方之位置，0為電解液表面，且負距離為電解液之表面下方之位置。此量變曲線反映使用一蛤殼晶圓固持器之晶圓浸沒，該蛤殼晶圓固持器具有沿著晶圓之外圍之某一相關聯硬體，該硬體先於晶圓自身與電解液接觸。

在圖3中之浸沒協定中，假設晶圓已自水平線傾斜且在浸沒期間保持成彼角度，使該晶圓自電解液上方之一擱置位置沿著Z軸移動朝向電解液。在此實例中，還使該晶圓在浸沒期間旋轉。晶圓固持器自電鍍溶液之表面上方之進入位置開始且在其位於電解液之表面上方並移動朝向電解液之同時加速至(舉例而言)在70 mm/s至110 mm/s之範圍中之一恆定Z速度。該晶圓以此Z速度撞擊溶液，且在晶圓浸沒之大部分期間Z速度保持恆定，直至最終(電鍍)位置上

方約 4 mm 至 7 mm 處，其中晶圓固持器開始減速且停止在電鍍位置處。此浸沒 Z 速度量變曲線呈現一梯形之近似形狀且有時稱為「梯形」Z 速度曲線。

在圖 3 之實例中，晶圓固持器之前緣在距電解液表面 40 mm 處開始。使該晶圓沿著 Z 軸加速朝向電解液直至其在距電解液表面約 30 mm 之距離處達到約 100 mm/s 之速度。Z 速度接著保持恆定為約 100 mm/s，直至晶圓固持器之前緣觸及電解液(在 x 軸上為 0，由虛線 300 指示)。此後不久，晶圓自身之前緣觸及電解液(在 x 軸上約 -2 mm 處，由虛線 305 指示)。在 x 軸上約 -10 mm 處，晶圓之約一半浸沒於電解液中。在 x 軸上約 -15 mm 處，晶圓完全浸沒於電解液中(由虛線 310 指示)。就在此點之前，使 Z 速度自在浸沒之大部分期間使用之 100 mm/s 減速。在約 -16 mm 處晶圓固持器之後緣完全浸沒(由虛線 320 指示)。使該減速繼續直至晶圓固持器之前緣在電解液之表面下方約 18 mm 處(在 x 軸上為 -18 mm)；此為典型的電鍍深度。

存在與梯形 Z 速度浸沒協定相關聯之某些問題。圖 4 展示使用一梯形 Z 速度量變曲線之一晶圓浸沒程序 400 之一剖面圖。一晶圓固持器 420 固持一晶圓 415。使晶圓 415 旋轉且沿著一 Z 軸軌跡浸沒至保持於一電鍍浴 405 中之一電解液 410 中，如關於圖 3 所闡述。此圖表示其中晶圓約一半浸沒於電解液中之時間快照。該相關聯問題可分支成兩個主要問題。

第一問題係晶圓撞擊溶液之 Z 速度並不確保充分移除晶

圓邊緣處之經陷獲空氣，此可引起晶圓之前側處之不完全濕化，從而(最終)導致凹坑缺陷。晶圓固持器對電解液之表面之撞擊導致在晶圓邊緣處所陷獲之氣囊上之剪應力及法向(於電解液表面)應力積聚。此外，晶圓固持器之延伸超出晶圓之圓周及(舉例而言)沿Z方向超出晶圓電鍍表面之部分可增強空氣滯留。與電解液表面之撞擊致使氣囊中之壓力顯著增加。若撞擊速度不充足，則氣囊可保持在原位或破碎成較小氣囊，從而引起晶圓表面之不良濕化。已發現，在撞擊時需要約120 mm/s至約300 mm/s之範圍中之一最小Z速度以致使足夠壓力積聚吹掃該氣囊。如圖4中所繪示，當晶圓固持器撞擊電解液表面時，經排出電解液(例如)在電鍍池405中之一堰壩上方溢出(如425所指示)，同時晶圓電鍍表面下方之電解液形成一濕化波前，該濕化波前沿著晶圓之表面傳播，如圖4中之水平虛線箭頭所指示。圖4中還繪示濕化波前之前緣430。

關於當前梯形量變曲線之第二問題係孤立之濕化波前之形成及其沿著電解液之表面與晶圓電鍍表面之間的界面橫移時之最終破碎。此類似於一海灘上之一波浪達到一波峰且接著由於足以繼續使該波浪傳播之能量之損耗而使湧浪之撞擊力度減弱(崩塌)。此波浪崩塌導致電解液中之大量氣泡形成，轉而黏附至晶圓表面之氣泡導致空隙且遺漏掉金屬缺陷。因此，在梯形量變曲線中晶圓浸沒之大部分中之恆定Z速度總是引起晶圓浸沒之第一週期中之波浪積聚及浸沒之後部分中之波浪崩塌。

儘管不希望受理論約束，但拒信濕化波前傾向於在波浪速度不緊密匹配下面之體溶液之速度時破碎，該濕化波前在該體溶液上傳播。波浪在波浪速度與體溶液速度之間的差大於一截止值時崩塌，該截止值取決於液體性質及容納電鍍溶液之池之幾何形狀。因此，已發現，需要晶圓浸沒期間之可變速度晶圓進入量變曲線來控制波浪形成及傳播以防止波前崩塌。

### 方法

本文中闡述將一晶圓浸沒至一電鍍浴之一電解液中之方法。一般而言，本文中所闡述之方法包含：將該晶圓水平定位於該電解液上方一第一高度處，其中該晶圓之一平面電鍍表面平行於由該電解液之表面界定之一平面；(b)使該晶圓傾斜成一角度使得該晶圓之該平面電鍍表面不再平行於由該電解液之該表面界定之該平面；及(c)使該晶圓移動至該電解液中，以便在該晶圓之整個浸沒中維持一電解液濕化波前。在一項實施例中，使該晶圓傾斜成5度或小於5度之一角度。在一項實施例中，使該晶圓傾斜成介於約1度與約5度之間的一角度。在一項實施例中，使該晶圓傾斜成介於約3度與5度之間的一角度。在更特定實施例中，方法包含以足以最小化晶圓表面上進入該電解液之前緣附近之空氣滯留之一速度(加速、恆定或減速)將該晶圓引入至該電解液中。使晶圓Z速度以足以維持濕化波前(即，在浸沒期間使波浪不崩塌)之一速率減速。在使晶圓之一第一部分浸沒之後，在一第二速度處停止減速，再次實施加

速，以便使波前不崩塌。使加速維持至一第三速度且再次在Z速度量變曲線之最終部分上使用至一停止的減速。最終減速用於最小化晶圓之後部分浸沒時之氣泡形成，由於正在使晶圓之一逐漸更小之面積浸沒且因此濕化波前在其跨越此逐漸更小之面積朝向完全浸沒傳播時更受控制。在達到第三速度與至停止之減速期間之間的某一點處使該晶圓完全浸沒。

圖5A闡述用於實施此一浸沒之一方法500之態樣。假設將晶圓適當地定位於電解液上方且使該晶圓在進入電解液之前傾斜，使晶圓沿著一Z軸軌跡以一第一速度移動朝向電解液，參見505。亦可如本文中所闡述使該晶圓旋轉。一旦達到第一(Z)速度，就接著使晶圓自第一速度減速至一第二(Z)速度，參見510。晶圓之前緣以第一速度或在至第二速度之減速期間進入電解液，同時視情況使晶圓在進入期間旋轉。在一項實施例中，第一速度介於約120 mm/s與約300 mm/s之間，在另一實施例中，介於約120 mm/s與約175 mm/s之間，在又一實施例中，介於約120 mm/s與約160 mm/s之間。在某些實施例中，使用介於約200 mm/s至300 mm/s之間的高速度。在一項實施例中，當晶圓以第一速度進入電解液時，在晶圓之前緣與電解液之表面接觸時開始使Z速度保持恆定達介於約10 ms與約80 ms之間的時間，在一項實施例中，在至第二速度之減速之前保持第一速度達約50 ms。在一項實施例中，晶圓之前緣在自第一速度至第二速度之減速期間進入電解液。在一項實施例

中，第二速度介於約 40 mm/s 與約 110 mm/s 之間，在另一實施例中，介於約 50 mm/s 與約 70 mm/s 之間，在又一實施例中，介於約 55 mm/s 與約 65 mm/s 之間。在晶圓之前緣進入至電解液中之後，即刻使晶圓之第一部分浸沒。在一項實施例中，使自第一速度至第二速度之減速繼續直至晶圓之介於約 25% 與約 75% 之間的平面電鍍表面浸沒於電解液中，在另一實施例中，使該減速繼續直至約 50% 之晶圓電鍍表面浸沒。

在達到第二速度之後，可存在其中 Z 速度保持在第二速度之時間週期。在一項實施例中，使第二 Z 速度保持恆定達介於約 50 ms 與約 120 ms 之間的時間，在一項實施例中，達約 100 ms。在一項實施例中，不保持在第二速度，即，一旦達到第二速度，就使 Z 速度加速至一第三速度，參見 515。在一項實施例中，第三速度小於第一速度。在一項實施例中，第三速度介於約 100 mm/s 與約 140 mm/s 之間，在另一實施例中，介於約 120 mm/s 與約 140 mm/s 之間，在另一實施例中，介於約 130 mm/s 與約 140 mm/s 之間。

在一項實施例中，在自第二速度至第三速度之加速期間，使晶圓之一實質部分浸沒於電解液中。出於本發明之目的，晶圓之一「實質部分」意指晶圓電鍍表面之包含在自第一速度至第二速度之減速期間浸沒之前述第一部分及晶圓表面之在自第二速度至第三速度之加速期間浸沒之第二部分之一總面積，其高達且包含介於約 75% 與約 95% 之

間的晶圓電鍍表面。在達到第三(Z)速度之後，使Z速度自第三速度減速至停止，參見520。晶圓之平面電鍍表面以第三速度或在自第三速度至停止之減速期間完全浸沒於電解液中。在一項實施例中，在自第三速度至停止之減速期間使晶圓之平面電鍍表面完全浸沒於電解液中。在晶圓完全浸沒於電解液中之後，方法500完成。在某些實施例中，在電鍍期間使晶圓浸沒至介於約15 mm與約35 mm之間、在另一實施例中介於約15 mm與約20 mm之間、在另一實施例中介於約16 mm與約18 mm之間的一深度。如所提及，可視情況將晶圓之旋轉速度自在浸沒期間使用之速度改變為用於電鍍之一更適合速率。

舉例而言，浸沒總時間可為重要的，此乃因在浸沒期間晶圓之一部分曝露於電解液且另一部分不曝露於電解液。取決於電鍍條件、一種晶層之厚度等，儘快地使晶圓浸沒可為重要的。此必須與減少空氣滯留之需要加以平衡。在一項實施例中，浸沒之總時間(自晶圓之前緣進入電解液之時間直至晶圓完全浸沒於電解液中)小於300毫秒，在另一實施例中，小於250毫秒，在又一實施例中，小於200毫秒。在一項實施例中，加速速率與減速速率為相當的。在一項實施例中，加速速率及減速速率之範圍各自無關，介於約 $0.1 \text{ m/s}^2$ 與約 $7.5 \text{ m/s}^2$ 之間，在另一實施例中，介於約 $1.5 \text{ m/s}^2$ 與約 $6 \text{ m/s}^2$ 之間，在又一實施例中，介於約 $2.5 \text{ m/s}^2$ 與約 $4 \text{ m/s}^2$ 之間。

圖5B闡述浸沒協定之一項實施例之一程序流程501，其

使用主動傾斜角度控制來減少氣泡滯留。此協定可與圖5A中所繪示之程序組合，且亦可(例如)與習用Z速度量變曲線獨立地使用。在圖5B中所繪示之實施例中，該程序藉由使晶圓傾斜成一第一角度而在535中開始，且在操作540中，在使該晶圓傾斜成一第一角度之同時且視情況使晶圓旋轉之同時使電鍍溶液與晶圓之前緣接觸。接下來，在操作545中，在正使晶圓浸沒之同時將傾斜角度增加至一第二角度，之後減小傾斜角度，通常減小至零度，如操作550中所展示。如已提及，此序列可與圖5A中所繪示之程序序列組合。舉例而言，傾斜角度之增加可在第一、第二或第三Z速度中之任一者時發生。在某些實施例中，在將傾斜角度減小至零之前，傾斜角度介於約1度至5度之間。在一個特定說明性實例中，首先將晶圓傾斜至1.4度，且在將晶圓傾斜至1.4度之同時，晶圓之前緣接觸電鍍溶液。在此時間期間，Z速度可為第一速度，或可將晶圓減速至第二速度。接下來，將傾斜增加至4度，且可將Z速度加速至一第三速度。且最終，將晶圓傾斜減小至零，且使晶圓成水平定向。在其他實施例中，圖5B中所繪示之程序與習用梯形Z速度量變曲線一起使用。在此等實施例中，已展示減小氣泡滯留。在某些實施例中，在晶圓以一第一角度接觸電鍍溶液之後且在最終將傾斜角度減小至零度之前，將晶圓之傾斜角度減小至一較小傾斜角度(非零傾斜)。

圖6係如圖5A中所繪示之程序中所闡述之一浸沒方法之

一曲線圖。如同在圖3中，y軸繪示晶圓固持器Z速度，且x軸繪示相對於電解液表面之晶圓固持器位置。在此實例中亦使用一蛤殼晶圓固持器。將關於圖3所闡述之習用梯形Z速度量變曲線疊加至圖6上以進行比較。在此實例中，假設使晶圓傾斜成如所闡述之一角度，(蛤殼)晶圓固持器之前緣在距電解液表面約30 mm之一位置處開始。使晶圓沿著Z軸移動朝向電解液，從而加速至約150 mm/s。在此第一速度下，晶圓固持器接觸電解液(由虛線600指示)表面，且自第一速度至第二速度(在此實例中為約60 mm/s)之一減速開始。晶圓之前緣在約-2 mm處觸及電解液(由虛線605指示)。在此實例中，在第一減速階段期間，晶圓之約一半被浸沒。在一項實施例中，晶圓之約一半被浸沒與達到第二速度之時間點係同時的。一旦達到第二速度，就再一次將晶圓之Z速度自第二速度加速至一第三速度(在此實例中，為約130 mm/s)。在此加速階段期間，晶圓之剩餘未浸沒部分除一小部分外全都被浸沒。在達到第三速度之後，即刻開始一減速階段，且在約彼時間，晶圓電鍍表面完全被浸沒而晶圓固持器之一小部分保持被浸沒(由虛線610指示)。在自第三速度至停止之此最終減速期間，晶圓固持器之最終部分被浸沒(由虛線620指示)。使Z運動繼續直至晶圓到達電解液表面下方之一期望電鍍深度，在此實例中，為約18 mm(在曲線圖上為-18 mm)。

圖7係使用如本文中所闡述之一浸沒方法之成角度浸沒之一剖面圖。圖7類似於圖4，然而，在圖7中，所繪示之

浸沒700採用如本文中所述之發明性Z速度量變曲線。在此說明中，電解液濕化波前705為穩定的且不像習用浸沒方法一樣崩塌。

一項實施例係一種使一晶圓浸沒至一電鍍浴之一電解液中之方法，該方法包含：(a)將該晶圓水平定位於該電解液上方一第一高度處，其中該晶圓之平面電鍍表面平行於由該電解液之表面界定之一平面；(b)使該晶圓傾斜成介於約1度與約5度之間的一角度，使得該晶圓之該平面電鍍表面不再平行於由該電解液之該表面界定之該平面；(c)使該晶圓沿著法向於該晶圓之該平面電鍍表面且穿過該晶圓之中心之一軸旋轉；(d)使該晶圓沿著實質上法向於由該電解液之該表面界定之該平面之一軌跡以介於約120 mm/s與約300 mm/s之間的一第一速度移動朝向該電解液；(e)使該晶圓減速至介於約40 mm/s與約80 mm/s之間的一第二速度，該晶圓之前緣以該第一速度或在自該第一速度至該第二速度之該減速期間進入該電解液；且其中介於約40%與約60%之間的該平面電鍍表面在自該第一速度至該第二速度之該減速期間被浸沒；(f)使該晶圓自該第二速度加速至介於約100 mm/s與約140 mm/s之間的一第三速度，其中使該加速繼續直至該晶圓之至少約75%之該平面電鍍表面浸沒於該電解液中；及(g)自該第三速度減速至一第二高度處之一停止；其中該晶圓之該平面電鍍表面以該第三速度或在自該第三速度至該停止之該減速期間完全浸沒於該電解液中。在一項實施例中，使自該第一速度至該第二速度之該

減速繼續直至該晶圓之約50%之該平面電鍍表面浸沒於該電解液中。在一項實施例中，該晶圓之該前緣在至該第二速度之該減速期間進入該電解液。在另一實施例中，該第三速度小於該第一速度。在一項實施例中，(c)包含針對一200 mm晶圓介於約10 rpm與180 rpm之間、針對一300 mm晶圓介於約5 rpm與180 rpm之間且針對一450 mm晶圓介於約5 rpm與150 rpm之間的一旋轉速度。在一項實施例中，在自該第三速度至該停止之減速期間完全浸沒於該電解液中。在一項實施例中，自該晶圓之該前緣進入該電解液之時間直至該晶圓完全浸沒於該電解液中之浸沒總時間小於300毫秒。

一項實施例係一種使晶圓浸沒至電鍍溶液中之方法，該方法包含：(a)在使該晶圓相對於水平線傾斜之同時，使該晶圓之前緣以一第一平移速度與該電鍍溶液接觸，後續接著；(b)在該晶圓部分地浸沒於該電鍍溶液中之同時，將該晶圓減慢至一第二平移速度；及接著(c)在該晶圓完全浸沒於該電鍍溶液中之前將該晶圓加快至第三速度。

另一實施例係一種使一晶圓浸沒至一電鍍溶液中之方法，該方法包含：在使該晶圓相對於水平線傾斜之同時，使該晶圓之前緣沿朝向該電鍍溶液之方向以至少約120 mm/s之一第一平移速度與一電鍍溶液接觸。

本文中所闡述之方法管理晶圓進入一電解液以便減少由於晶圓及/或晶圓固持器之初始撞擊所致之空氣滯留，且以使得在該晶圓之整個浸沒中維持一電解液濕化波前從而

亦最小化空氣滯留(亦即，波前在跨越晶圓電鍍表面傳播期間不崩塌)之方式使該晶圓移動。

### 設備

本發明之另一態樣係一種經組態以實現本文中所闡述之方法之設備。一適合設備包含根據本發明用於實現程序操作之硬體及具有用於控制程序操作之指令之一系統控制器。

用於執行本文中所闡述之方法之適合設備應提供處於適於所闡述實施例之速度、角度、旋轉、擺動速度、加速度及減速度之晶圓移動。較佳地，此設備之旋轉驅動組件可提供範圍寬廣之晶圓固持器旋轉速度及Z速度(恆定或不恆定)，以便在300毫秒內自晶圓之前緣與電解液交會之時間直至晶圓完全浸沒使晶圓以所闡述之傾斜角度浸沒。在一項實施例中，晶圓固持器之旋轉機構可使晶圓以介於約1 rpm與約600 rpm之間的一速度旋轉。在一項實施例中，用於使晶圓固持器沿著Z軸移動之一致動器提供處於介於0毫米/秒與約300毫米/秒之間的一速度之線性雙向移動。晶圓固持器亦必須能夠如所闡述使晶圓傾斜。雖然可使用其他晶圓固持器組件來實施本文中所闡述之方法，但晶圓固持器之一良好實例為如在美國專利6,156,167及6,139,712中所闡述之蛤殼設備。若使用蛤殼作為設備之晶圓固持器組件，則其他組件包含用於該蛤殼之定位元件，此乃因該蛤殼具有必要電觸點、保持與旋轉組件及諸如此類。

一項實施例係一種電鍍設備，其包含：(a)一晶圓固持

器，其經組態以使一晶圓在浸沒至一電鍍溶液中期間自水平線傾斜；(b)一室，其用於保持該電鍍溶液；及(c)一控制器，其經組態或經設計以在一傾斜之晶圓進入該電鍍溶液時沿朝向該溶液之一方向以至少約120 mm/s之一速度遞送該晶圓。在一項實施例中，該晶圓速度介於約140 mm/s與300 mm/s之間。在一項實施例中，當晶圓前緣接觸該電鍍溶液時，該晶圓速度為至少約120 mm/s。舉例而言，該晶圓固持器可為來自加利福尼亞州聖何塞之諾發系統公司之一蛤殼晶圓固持器。舉例而言，該控制器可為經修改以適合本文中所述之方法之需要之一市售控制器。此等控制器之一個實例為加利福尼亞州托倫斯之IAI美國公司(IAI America, Inc. of Torrance, California)出售之彼等控制器。

一項實施例為一種電鍍設備，其包含：(a)一晶圓固持器，其經組態以使一晶圓在浸沒至一電鍍溶液中期間自水平線傾斜；(b)一室，其用於保持該電鍍溶液；及(c)一控制器，其經組態或經設計以在使一傾斜之晶圓浸沒於該電鍍溶液中時沿朝向該溶液之一方向以可變速度遞送該晶圓。在一項實施例中，該控制器經設計或經組態使得傾斜之晶圓前緣最初以一第一速度接觸該電鍍溶液，且接著該晶圓在其部分地浸沒於該電鍍溶液中之同時減慢至一第二速度，且最終在該晶圓完全浸沒之前該晶圓加快至第三速度。

一項實施例為一種電鍍設備，其包含：(a)一晶圓固持器，其經組態以使一晶圓在浸沒至一電鍍溶液中期間自水

平線傾斜；(b)一室，其用於保持該電鍍溶液；及(c)一控制器，其具有用於以下各項之程式指令：使該晶圓傾斜成一第一角度，後續接著在使該晶圓傾斜成該第一角度之同時，使該晶圓之前緣與該電鍍溶液接觸；將該傾斜角度增加至第二角度，及接著將該傾斜角度減小至零。

本發明之實施例可採用係涉及儲存於一或多個電腦系統中或透過該一或多個電腦系統傳輸之資料之各種程序。本文中所闡述之實施例亦係關於用於執行此等操作之設備、此等電腦及微控制器。可採用此等設備及程序來控制所闡述方法及經設計以實施該等方法之設備之晶圓定位參數。可針對所需用途來專門地構造控制設備，或其可為一通用電腦，該通用電腦由儲存於該電腦中之一電腦程式及/或資料結構選擇性地啟用或重新組態。本文中所呈現之程序並不與任一特定電腦或其他設備內在地相關。特定而言，各種通用機器可與根據本文中之教示內容撰寫之程式一起使用，或可較方便地構造一更專門化之設備來執行及/或控制所需之方法步驟。

#### 圖案化方法/設備：

本文中所闡述之設備/程序可結合微影圖案化工具或程序使用，(舉例而言)以製作或製造半導體裝置、顯示器、LED、光伏打面板及諸如此類。通常，(雖然不必)此等工具/程序將在一常見製作設施中一起使用或進行。對一膜之微影圖案化通常包括以下步驟中之某些或所有步驟，每一步驟藉助若干個可能工具來實現：(1)使用一旋塗或噴塗

工具在一工件(即，基板)上施加光阻劑；(2)使用一熱板或爐子或UV固化工具來使該光阻劑固化；(3)藉助一工具(例如，一晶圓步進器)來將該光阻劑曝露於可見光、UV光或x射線光；(4)使該抗蝕劑顯影以便使用一工具(例如，一濕蝕刻槽)來選擇性地移除抗蝕劑並藉此對其進行圖案化；(5)藉由使用一乾式或電漿輔助蝕刻工具來將抗蝕劑圖案轉印至一下伏膜或工件中；及(6)使用一工具(例如，一RF或微波電漿抗蝕劑剝離劑)來移除該抗蝕劑。在一項實施例中，一微影工具對一晶圓進行圖案化以界定使用一銅電沈積工具填充之通孔及溝槽。使用本文中之方法將(舉例而言)具有一銅種晶層之晶圓浸沒至一電解液浴中並用(舉例而言)銅填充該晶圓上之特徵。此外，該方法包含上文所闡述之一或多個步驟(1)至(6)。

### 實例

藉由參考預期為實例性之以下實例來進一步理解本發明。本發明在範疇上並不限於預期僅作為對本發明之態樣之圖解說明之實例性實施例。在功能上等效之任何方法均在本發明之範疇內。熟習此項技術者自前文闡述及附圖將明瞭除本文中所闡述以外的本發明之各種修改。此外，此等修改歸屬於隨附申請專利範圍之範疇內，舉例而言，熟習此項技術者將瞭解，雖然當前不可用，但某些材料將變得可用作本文中所闡述之材料之等效形式及/或替代方案。

### 實例 1

使用將一晶圓浸沒至一電鍍溶液中之本文中所闡述方法並使用一蛤殼(前述)晶圓固持器研究了晶圓濕化行為。在此等研究中使用了一300 mm晶圓。使用習用梯形Z速度量變曲線(舉例而言，如關於圖3及4所闡述)且亦使用根據本文中所闡述實施例之方法(舉例而言，如關於圖6及7所闡述)使晶圓浸沒於電解液中。如所闡述，使晶圓傾斜、旋轉並接著浸沒。

接著將由習用浸沒對經改良浸沒產生之晶圓表面品質進行比較。

使用梯形Z速度浸沒方法浸沒之晶圓展示相對於使用經改良方法浸沒之晶圓空氣滯留及濕化波前崩塌增加之證據。使用習用梯形Z速度浸沒方法浸沒之晶圓在電鍍表面上具有高得多之水平之未潤濕區。

圖8係當使用一習用梯形Z速度浸沒時在一晶圓最初進入至一電解液中時一晶圓電鍍表面上在一時間快照處之一濕化波前傳播(左側)以及該晶圓電鍍表面之後半部上在一稍後時間快照處之同一濕化波前傳播(右側)之表示。在圖8中，濕化波前傳播之方向係由自晶圓表面之左上側(按所繪製)朝向晶圓表面之右下側之虛線箭頭指示。在此實例中，晶圓固持器/晶圓以100 mm/s(恆定速度)進入電解液。接觸線800a指示其中電解液與晶圓交會之濕化波前。晶圓之在線800a之左側之部分為晶圓之在與電解液撞擊之後即刻浸沒之部分。在其中晶圓撞擊電解液之區域805中，觀察到空氣滯留及不良濕化之證據。舉例而言，在浸沒之後

未潤濕區805仍保持在晶圓上。可(舉例而言)藉由使晶圓轉位並追蹤哪一部分首先撞擊電解液來判定撞擊區。此外，晶圓之表面上之未潤濕區(浸沒後)為在浸沒期間隨著濕化波前800a移動之氣泡810之證據。由於速度維持在一實質上恆定之100 mm/s，因此濕化波前積聚且最終崩塌(如800b所指示)，從而形成由波前向對面(某些保持在晶圓表面後面)運載之大量氣泡。

圖9係當使用如本文中所闡述之一經改良Z速度浸沒方法時在一晶圓最初進入至一電解液中時一晶圓電鍍表面上在一時間快照處之一濕化波前傳播(左側)以及該晶圓電鍍表面之後半部上在稍後時間快照處之同一濕化波前傳播(右側)之表示。在此實例中，晶圓固持器/晶圓以150 mm/s(在此實例中，在減速之同時)進入電解液。如在濕化線900a左側之撞擊區中極少之未潤濕區所證實，使用此等方法最小化空氣滯留。此外，如跨越整個電鍍表面很少之未潤濕區(浸沒後)所證實，濕化波前905在其跨越晶圓表面傳播時隨之運載甚少(若有的話)氣泡。此等測試展示較高初始進入速度減小空氣滯留且改良濕化。

在此實例中，在晶圓以150 mm/s進入至電解液中之後，直至晶圓之約一半浸沒至溶液中時之點將Z速度逐漸減低至約60 mm/s。如所闡述之減速導致波前積聚之逐漸減少，使得濕化波前維持呈穩定形式且不會崩塌。由於晶圓固持器之浸沒至溶液中之體積大概增加垂直排量之平方，因此遠超出晶圓浸沒之第一半部來進一步減小Z速度不阻

止最終之波浪破碎。然而，波浪破碎之強度與如圖8中所展示之一典型梯形量變曲線相比仍然較低。然而，當使Z速度在達到第二速度(Z速度曲線上之一局部速度最小值，例如，如同在圖6中)之後加速時(舉例而言，在晶圓之第二半部之浸沒期間)，避免了波前崩塌。此由900b繪示。據信，在晶圓之後部分之浸沒期間之Z速度加速增加在體溶液中橫移之濕化波前下面之電鍍溶液之體速度且藉此使體溶液速度與波浪速度之間的足以避免波前崩塌之差最小化。圖9展示波前900b展現跨越晶圓少得多之氣泡形成及起泡。此等結果由在如上文所闡述之浸沒之後執行之實際電鍍研究支持。在實例2中闡述此等電鍍研究。

## 實例2

圖10係展示在使用本文中所闡述之方法時與一梯形Z速度浸沒量變曲線相比經改良之晶圓膜品質之一曲線圖。在工具上使用若干個經圖案化晶圓執行電鍍，該晶圓係使用習用梯形Z速度量變曲線(在圖10中標示為「100Z/梯形」)與根據本文中所闡述之實施例之此等量變曲線(在圖10中標示為「XL進入」)兩者浸沒的。以度量衡工具中之限度空隙(MV)之數目之計數反映與氣泡及不良濕化有關之缺陷計數。限度空隙計數自使用習用梯形Z速度量變曲線(100 mm/s)之超過19個計數減少(平均為0.55之量)至針對根據關於圖6所闡述之一Z速度量變曲線之少於一個計數。

儘管已根據幾個較佳實施例闡述了本發明，但本發明不應限於上文所呈現之細節。可採用對上文所闡述之較佳實

施例之諸多變化形式。因此，應參考以下申請專利範圍來廣泛地闡釋本發明。

### 【圖式簡單說明】

圖1A係一典型氣泡滯留情形之一剖面圖。

圖1B係採用經軸向引導電解液流之一氣泡移除情形之一剖面圖。

圖1C係沿著一垂直浸沒路徑(z軸)具有一傾斜定向(自由一電解液之該表面界定之一平面)之一晶圓之一剖面圖。

圖1D係包含一晶圓固持器之沿著一垂直浸沒路徑(z軸)具有一傾斜定向(自由一電解液之該表面界定之一平面)之一晶圓之一剖面圖。

圖2A至圖2D係一晶圓在至一電解液中的一浸沒程序期間之各種階段處之示意性圖解說明。

圖3係一習用梯形浸沒Z速度量變曲線之一曲線圖。

圖4係使用一梯形Z速度量變曲線之成角度晶圓浸沒之一剖面圖。

圖5A係闡述根據一項實施例如本文中所述之一方法之態樣之一程序流程。

圖5B係闡述根據另一實施例如本文中所述之一方法之態樣之一程序流程。

圖6係如本文中所述之一浸沒方法之一曲線圖。

圖7係使用如本文中所述之一浸沒方法之成角度浸沒之一剖面圖。

圖8係當使用一習用梯形Z速度浸沒時在一晶圓最初進入

至一電解液中時一晶圓電鍍表面上之一濕化波前傳播以及一晶圓電鍍表面之後半部上之同一濕化波前傳播之一表示。

圖9係當使用如本文中所述之一Z速度浸沒方法時在一晶圓最初進入至一電解液中時一晶圓電鍍表面上之一濕化波前傳播以及一晶圓電鍍表面之後半部上之同一濕化波前傳播之一表示。

圖10係展示在使用本文中所闡述之方法時與一習用梯形Z速度浸沒量變曲線相比經改良之晶圓膜品質之一曲線圖。

#### 【主要元件符號說明】

101	電鍍系統
103	經水平定向晶圓/晶圓
105	容器
107	電解液
109	氣泡
111	導管
112	浸沒情形
150	剖面圖
170	晶圓固持器
240	晶圓
242	電鍍浴
244	電鍍電解液
246	線性距離

- 300 晶圓固持器之前緣觸及電解液
- 305 晶圓自身之前緣觸及電解液
- 310 晶圓完全浸沒於電解液中
- 320 晶圓固持器之後緣完全浸沒
- 400 晶圓浸沒程序
- 405 電鍍浴
- 410 電解液
- 415 晶圓
- 420 晶圓固持器
- 425 溢出
- 430 濕化波前之前緣
- 600 晶圓固持器接觸電解液
- 605 晶圓之前緣在約-2 mm處觸及電解液
- 610 晶圓電鍍表面完全被浸沒而晶圓固持器之一  
小部分保持被浸沒
- 620 晶圓固持器之最終部分被浸沒
- 700 浸沒
- 705 電解液濕化波前
- 800a 濕化波前
- 800b 濕化波前積聚且最終崩塌
- 805 未濕化區
- 810 氣泡
- 900a 濕化線
- 900b 波前
- 905 濕化波前

## 七、申請專利範圍：

105年6月3日 修正頁(本)  
劃線

1. 一種將一晶圓浸沒至一電鍍浴之一電解液中之方法，該

方法包括：

- (a) 將該晶圓水平定位於該電解液上方一第一高度處，其中該晶圓之一平面電鍍表面平行於由該電解液之表面界定之一平面；
- (b) 使該晶圓傾斜成一角度使得該晶圓之該平面電鍍表面不再平行於由該電解液之該表面界定之該平面；
- (c) 使該晶圓沿著實質上法向(normal)於由該電解液之該表面界定之該平面之一軌跡以一第一速度移動朝向該電解液；
- (d) 自該第一速度減速至一第二速度，但並非減速至停止，該晶圓之前緣以該第一速度或在自該第一速度至該第二速度之該減速期間進入該電解液；
- (e) 使該晶圓自該第二速度加速至一第三速度，其中使該加速繼續直至該晶圓之該平面電鍍表面之一實質部分浸沒於該電解液中；及
- (f) 使該晶圓自該第三速度減速至一第二高度處停止；其中該晶圓之該平面電鍍表面以該第三速度或在自該第三速度至該停止之該減速期間完全浸沒於該電解液中。

2. 如請求項1之方法，其進一步包括使該晶圓沿著法向於該晶圓之該平面電鍍表面且穿過該晶圓之中心之一軸以

105年6月3日	修正頁(本)
----------	--------

一 第一旋轉速度旋轉。

3. 如請求項2之方法，其中使自該第一速度至該第二速度之該減速繼續直至該晶圓之介於約25%與約75%之間的該平面電鍍表面浸沒於該電解液中。
4. 如請求項3之方法，其中使自該第一速度至該第二速度之該減速繼續直至該晶圓之約50%之該平面電鍍表面浸沒於該電解液中。
5. 如請求項4之方法，其中該晶圓之該前緣在至該第二速度之該減速期間進入該電解液。
6. 如請求項1之方法，其中該第一速度介於約120 mm/s與約300 mm/s之間。
7. 如請求項1之方法，其中該第一速度介於約120 mm/s與約175 mm/s之間。
8. 如請求項1之方法，其中該第一速度介於約120 mm/s與約160 mm/s之間。
9. 如請求項6之方法，其中該第二速度介於約40 mm/s與約110 mm/s之間。
10. 如請求項6之方法，其中該第二速度介於約50 mm/s與約70 mm/s之間。
11. 如請求項6之方法，其中該第二速度介於約55 mm/s與約65 mm/s之間。
12. 如請求項1之方法，其中該第三速度小於該第一速度。
13. 如請求項9之方法，其中該第三速度介於約100 mm/s與約140 mm/s之間。

14. 如請求項9之方法，其中該第三速度介於約120 mm/s與約140 mm/s之間。
15. 如請求項9之方法，其中該第三速度介於約130 mm/s與約140 mm/s之間。
16. 如請求項1之方法，其中使該晶圓傾斜成5度或小於5度之一角度。
17. 如請求項1之方法，其中使該晶圓傾斜成介於約3度與約5度之間的一角度。
18. 如請求項2之方法，其中該第一旋轉速度針對一200 mm晶圓介於約10 rpm與180 rpm之間、針對一300 mm晶圓介於約5 rpm與180 rpm之間，且針對一450 mm晶圓介於約5 rpm與150 rpm之間。
19. 如請求項1之方法，其中使該晶圓在自該第三速度至該停止之減速期間完全浸沒於該電解液中。
20. 如請求項2之方法，其中使該晶圓在浸沒於該電解液中之後以一第二旋轉速度旋轉。
21. 如請求項1之方法，其中自該晶圓之該前緣進入該電解液之時間直至該晶圓完全浸沒於該電解液中之浸沒總時間小於200毫秒。
22. 如請求項1之方法，其中該第二高度在該電解液之該表面下方介於約15 mm與約25 mm之間處。
23. 如請求項1之方法，其進一步包括：在該晶圓之浸沒期間改變該晶圓傾斜之該角度。
24. 如請求項1之方法，其進一步包括在該傾斜之晶圓最初

接觸該電解液之後增加該晶圓傾斜之該角度。

25. 如請求項1之方法，其進一步包括在該傾斜之晶圓最初接觸該電解液之後將該晶圓傾斜之該角度減小至大於0度但小於5度之一角度。

26. 如請求項1之方法，其進一步包括以下步驟：

將光阻劑施加至工件；

將該光阻劑曝露於光；

圖案化抗蝕劑並將該圖案轉印至該工件；及

自該工件選擇性地移除該光阻劑。

27. 一種將一晶圓浸沒至一電鍍浴之一電解液中之方法，該方法包括：

(a) 將該晶圓水平定位於該電解液上方一第一高度處，其中該晶圓之一平面電鍍表面平行於由該電解液之表面界定之一平面；

(b) 使該晶圓傾斜成一角度使得該晶圓之該平面電鍍表面不再平行於由該電解液之該表面界定之該平面；及

(c) 使該晶圓移動至該電解液中，以便在該晶圓之整個浸沒中維持一電解液濕化波前。

28. 一種將一晶圓浸沒至一電鍍浴之一電解液中之方法，該方法包括：

(a) 將該晶圓水平定位於該電解液上方一第一高度處，其中該晶圓之一平面電鍍表面平行於由該電解液之表面界定之一平面；

- (b) 使該晶圓傾斜成介於約1度與約5度之間的一角度，使得該晶圓之該平面電鍍表面不再平行於由該電解液之該表面界定之該平面；
- (c) 使該晶圓沿著法向於該晶圓之該平面電鍍表面且穿過該晶圓之中心之一軸旋轉；
- (d) 使該晶圓沿著實質上法向於由該電解液之該表面界定之該平面之一軌跡以介於約120 mm/s與約300 mm/s之間的一第一速度移動朝向該電解液；
- (e) 使該晶圓減速至介於約40 mm/s與約80 mm/s之間的一第二速度，該晶圓之前緣以該第一速度或在自該第一速度至該第二速度之該減速期間進入該電解液；且其中介於約40%與約60%之間的該平面電鍍表面在自該第一速度至該第二速度之該減速期間被浸沒；
- (f) 使該晶圓自該第二速度加速至介於約100 mm/s與約140 mm/s之間的一第三速度，其中使該加速繼續直至該晶圓之至少約75%之該平面電鍍表面浸沒於該電解液中；及
- (g) 自該第三速度減速至一第二高度處停止；其中該晶圓之該平面電鍍表面以該第三速度或在自該第三速度至該停止之該減速期間完全浸沒於該電解液中。

29. 如請求項28之方法，其中使自該第一速度至該第二速度之該減速繼續直至該晶圓之約50%之該平面電鍍表面浸

沒於該電解液中。

30. 如請求項29之方法，其中該晶圓之該前緣在至該第二速度之該減速期間進入該電解液。
31. 如請求項28之方法，其中該第三速度小於該第一速度。
32. 如請求項28之方法，其中(c)包括針對一200 mm晶圓介於約10 rpm與180 rpm之間、針對一300 mm晶圓介於約5 rpm與180 rpm之間且針對一450 mm晶圓介於約5 rpm與150 rpm之間的一旋轉速度。
33. 如請求項28之方法，其中使該晶圓在自該第三速度至該停止之減速期間完全浸沒於該電解液中。
34. 如請求項28之方法，其中自該晶圓之該前緣進入該電解液之時間直至該晶圓完全浸沒於該電解液中之浸沒總時間小於300毫秒。
35. 一種將一晶圓浸沒至一電鍍溶液中之方法，該方法包括：
  - (a) 在使該晶圓相對於水平線傾斜之同時，使該晶圓之一前緣以一第一平移速度與該電鍍溶液接觸，後續接著；
  - (b) 在該晶圓部分地浸沒於該電鍍溶液中之同時，將該晶圓減慢至一第二平移速度但並非減速至停止；及接著
  - (c) 在該晶圓完全浸沒於該電鍍溶液中之前將該晶圓加快至第三速度。
36. 一種將一晶圓浸沒至一電鍍溶液中且在該浸沒期間並未

進行電鍍之方法，該方法包括：在使該晶圓相對於水平線傾斜之同時，使該晶圓之一前緣沿朝向該電鍍溶液之一方向以至少約120 mm/s之一第一平移速度與一電鍍溶液接觸。

37. 一種電鍍設備，其包括：

- (a) 一晶圓固持器，其經組態以使一晶圓在浸沒至一電鍍溶液中期間自水平線傾斜；
- (b) 一室，其用於固持該電鍍溶液；及
- (c) 一控制器，其經組態或經設計以在該浸沒期間並未進行電鍍之情況下在一傾斜之晶圓進入該電鍍溶液時沿朝向該溶液之一方向以至少約120 mm/s之一速度遞送該晶圓。

38. 如請求項37之電鍍設備，其中該晶圓速度介於約140 mm/s與300 mm/s之間。

39. 如請求項37之電鍍設備，其中當該晶圓前緣接觸該電鍍溶液時，該晶圓速度為至少約120 mm/s。

40. 一種電鍍設備，其包括：

- (a) 一晶圓固持器，其經組態以使一晶圓在浸沒至一電鍍溶液中期間自水平線傾斜；
- (b) 一室，其用於固持該電鍍溶液；
- (c) 一控制器，其經組態或經設計以在使一傾斜之晶圓浸沒於該電鍍溶液中時沿朝向該溶液之一方向以可變速度遞送該晶圓，其中該控制器進一步經設計或經組態使得該傾斜之晶圓前緣最初以一第

15年6月3日 修正頁(本) 對線
-------------------------

一速度接觸該電鍍溶液，且接著該晶圓在其部分地浸沒於該電鍍溶液中之同時減慢至一第二速度但並非減速至停止，且最終在該晶圓完全浸沒之前該晶圓加快至第三速度。

41. 一種將一晶圓浸沒至一電鍍溶液中之方法，該方法包括：

- (a) 在使該晶圓相對於水平線傾斜至一第一角度之同時，使該晶圓之一前緣與該電鍍溶液接觸，後續接著；
- (b) 在使該晶圓浸沒至該電鍍溶液中之同時將該晶圓之該傾斜從該第一角度增加至一第二角度；及接著
- (c) 將該晶圓之該傾斜角度減小至0度。

42. 如請求項41之方法，其進一步包括以下步驟：

- 將光阻劑施加至工件；
- 將該光阻劑曝露於光；
- 圖案化抗蝕劑並將該圖案轉印至該工件；
- 及自該工件選擇性地移除該光阻劑。

43. 一種電鍍設備，其包括：

- (a) 一晶圓固持器，其經組態以使一晶圓在浸沒至一電鍍溶液中期間自水平線傾斜；
- (b) 一室，其用於固持該電鍍溶液；及
- (c) 一控制器，其具有用以執行包括以下步驟之一方法之程式指令：

- (i) 將該晶圓水平定位於電解液上方一第一高度處，其中該晶圓之一平面電鍍表面平行於由該電解液之表面界定之一平面；
- (ii) 使該晶圓傾斜成一角度使得該晶圓之該平面電鍍表面不再平行於由該電解液之該表面界定之該平面；
- (iii) 使該晶圓沿著實質上法向於由該電解液之該表面界定之該平面之一軌跡以一第一速度移動朝向該電解液；
- (iv) 自該第一速度減速至一第二速度但並非減速至停止，該晶圓之前緣以該第一速度或在自該第一速度至該第二速度之該減速期間進入該電解液；
- (v) 使該晶圓自該第二速度加速至一第三速度，其中使該加速繼續直至該晶圓之該平面電鍍表面之一實質部分浸沒於該電解液中；及
- (vi) 使該晶圓自該第三速度減速至一第二高度處停止；其中該晶圓之該平面電鍍表面以該第三速度或在自該第三速度至該停止之該減速期間完全浸沒於該電解液中。

44. 一種電鍍設備，其包括：

- (a) 一晶圓固持器，其經組態以使一晶圓在浸沒至一電鍍溶液中期間自水平線傾斜；
- (b) 一室，其用於固持該電鍍溶液；及

(c) 一控制器，其具有用以執行包括以下步驟之一方法之程式指令：

(i) 在使該晶圓相對於該水平線傾斜至一第一角度之同時，使該晶圓之一前緣與該電鍍溶液接觸，後續接著；

(ii) 在使該晶圓浸沒至該電鍍溶液中之同時將該晶圓之該傾斜從該第一角度增加至一第二角度；及接著

(iii) 將該晶圓之該傾斜角度減小至0度。

45. 一種包括如請求項43之設備及一步進器之系統。

46. 一種包括用於控制一電鍍設備之程式指令之非暫時電腦機器可讀媒體，該等程式指令包括用於以下操作之程式碼：

(i) 將該晶圓水平定位於該電解液上方一第一高度處，其中該晶圓之一平面電鍍表面平行於由該電解液之表面界定之一平面；

(ii) 使該晶圓傾斜成一角度使得該晶圓之該平面電鍍表面不再平行於由該電解液之該表面界定之該平面；

(iii) 使該晶圓沿著實質上法向於由該電解液之該表面界定之該平面之一軌跡以一第一速度移動朝向該電解液；

(iv) 自該第一速度減速至一第二速度但並非減速至停止，該晶圓之前緣以該第一速度或在自該第一速

度至該第二速度之該減速期間進入該電解液；

- (v) 使該晶圓自該第二速度加速至一第三速度，其中使該加速繼續直至該晶圓之該平面電鍍表面之一實質部分浸沒於該電解液中；及
- (vi) 使該晶圓自該第三速度減速至一第二高度處停止；其中該晶圓之該平面電鍍表面以該第三速度或在自該第三速度至該停止之該減速期間完全浸沒於該電解液中。

47. 一種包括用於控制一電鍍設備之程式指令之非暫時電腦機器可讀媒體，該等程式指令包括用於以下操作之程式碼：

- (i) 在使晶圓相對於水平線傾斜至一第一角度之同時，使該晶圓之一前緣與電鍍溶液接觸，後續接著；
- (ii) 在使該晶圓浸沒至該電鍍溶液中之同時將該晶圓之該傾斜從該第一角度增加至一第二角度；及接著
- (iii) 將該晶圓之該傾斜角度減小至0度。

八、圖式：

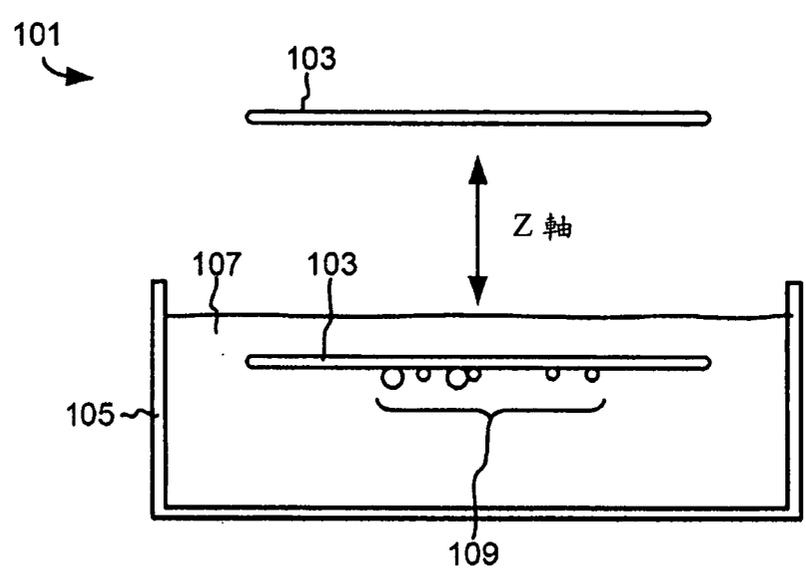


圖 1A

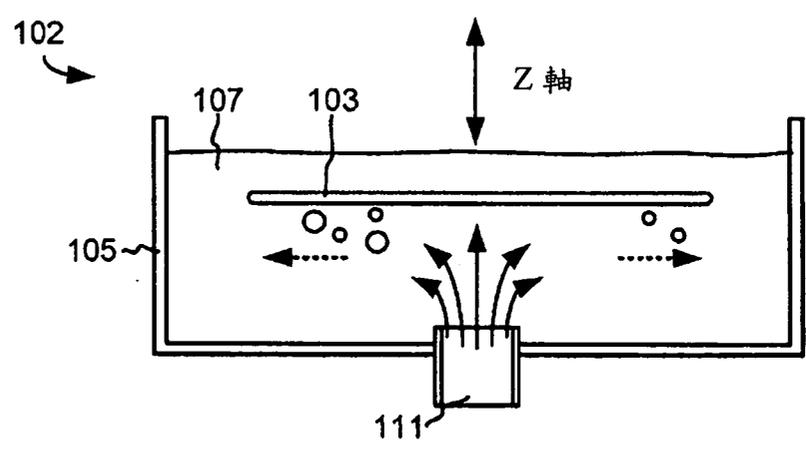


圖 1B

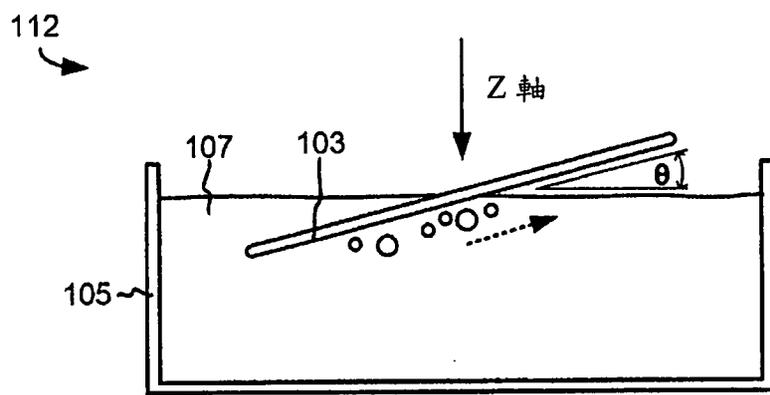


圖 1C

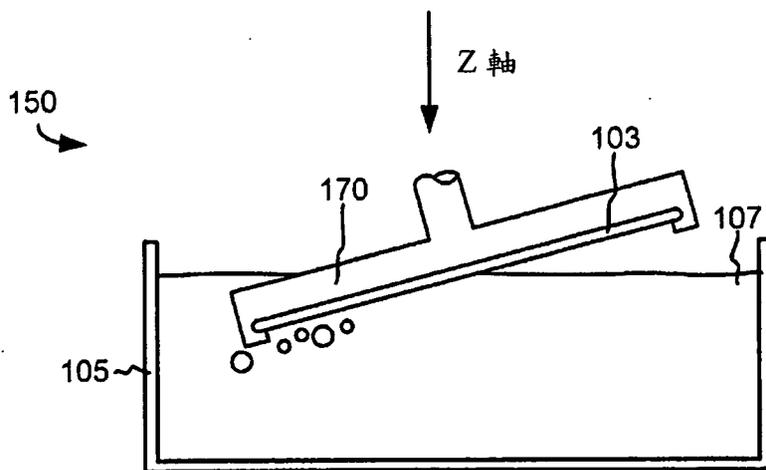


圖 1D

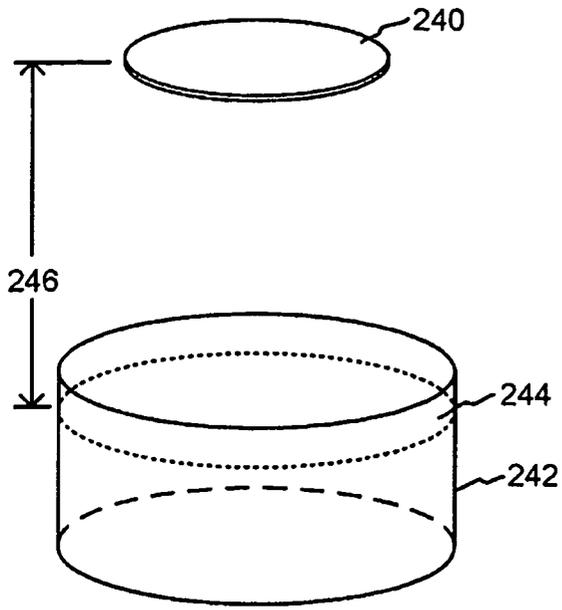


圖 2A

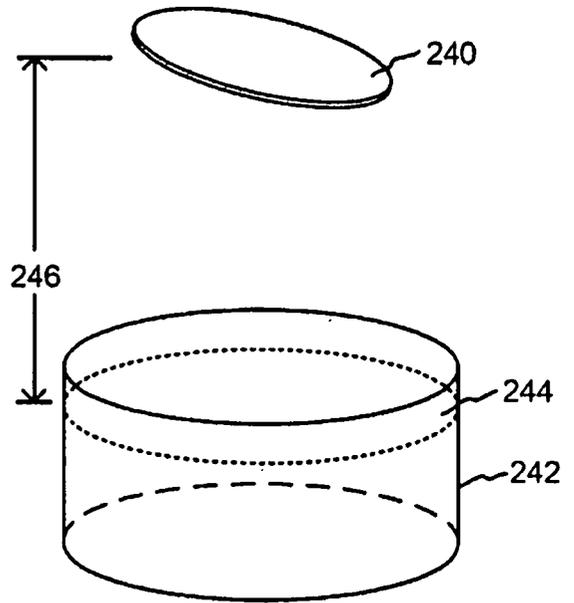


圖 2B

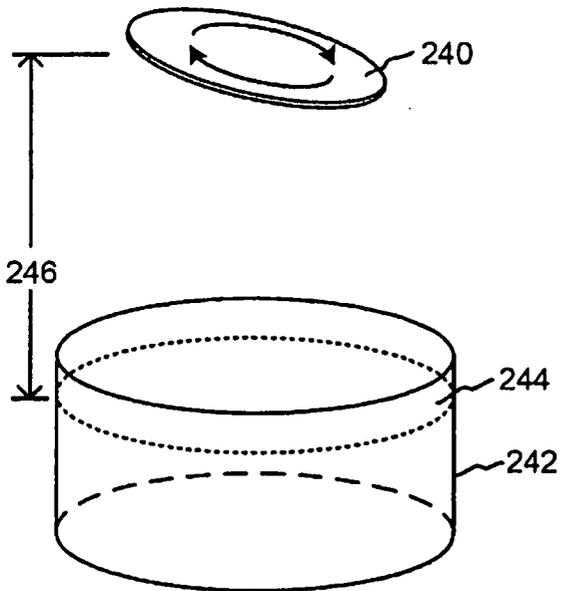


圖 2C

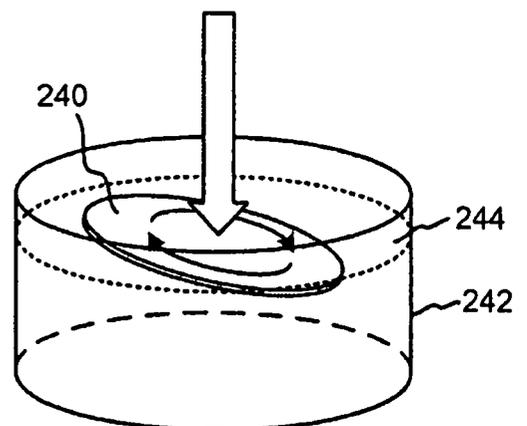


圖 2D

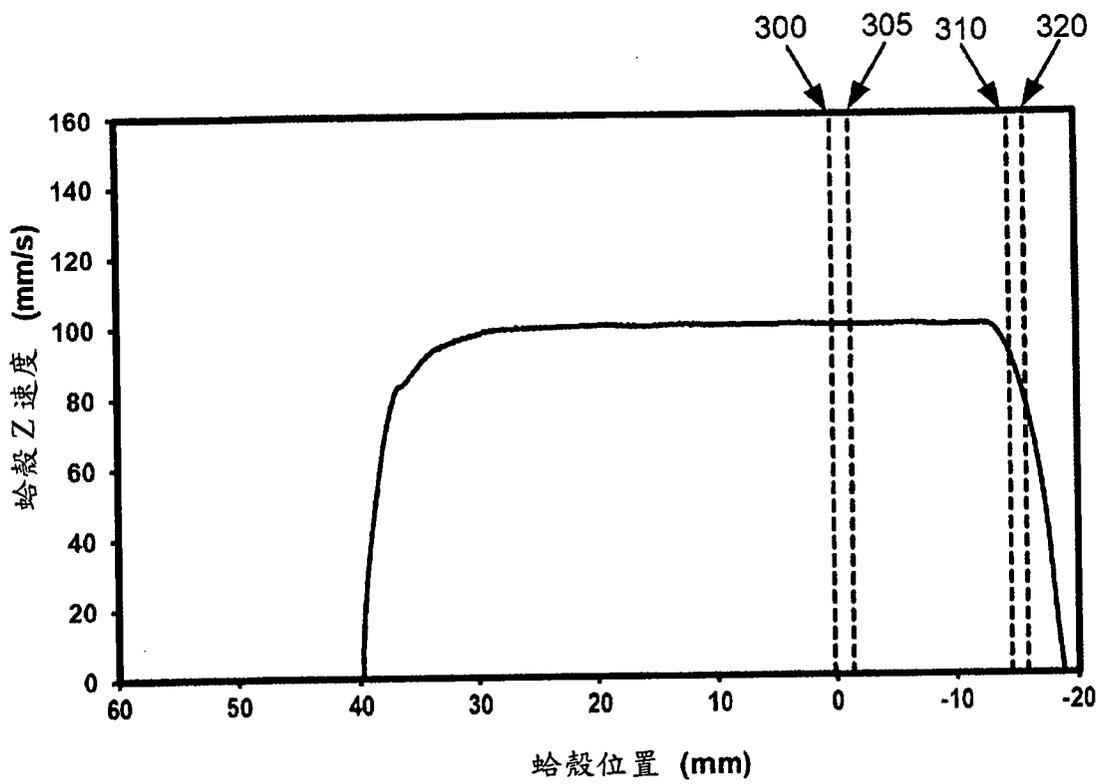


圖 3

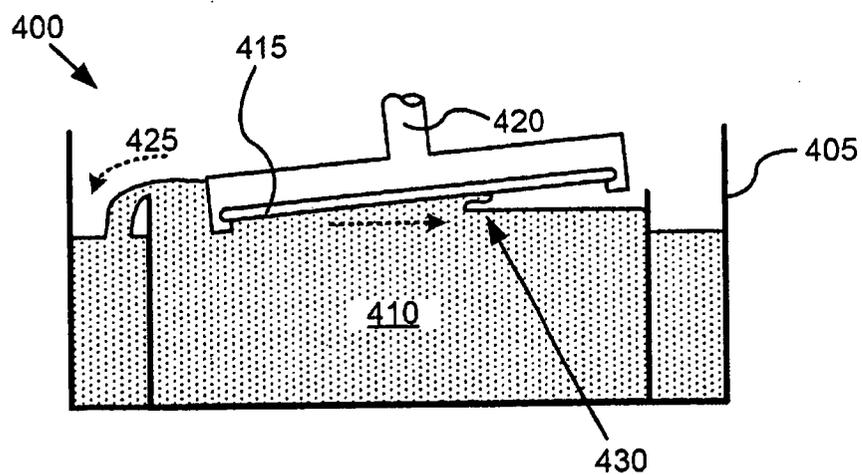


圖 4

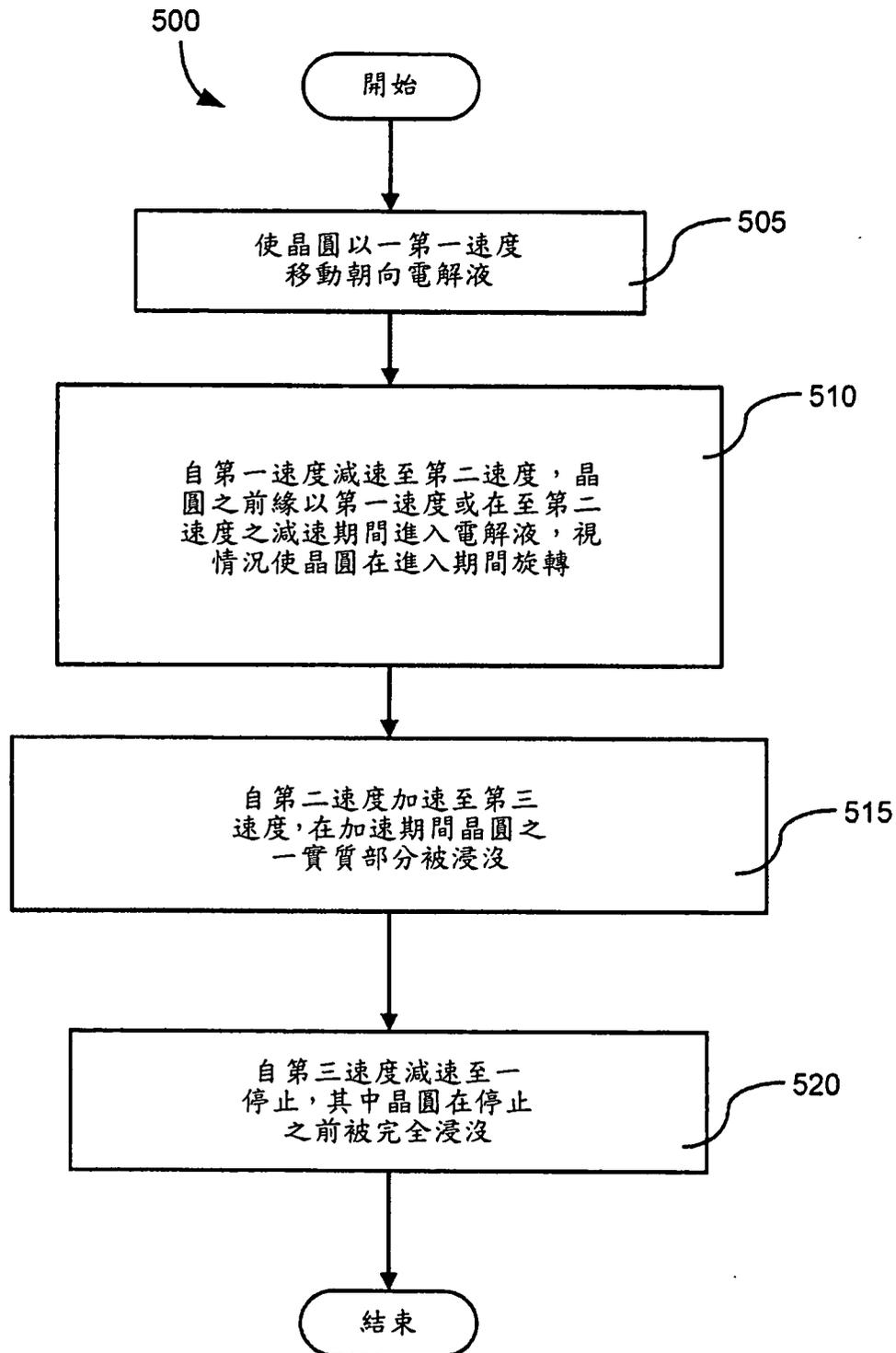


圖 5A

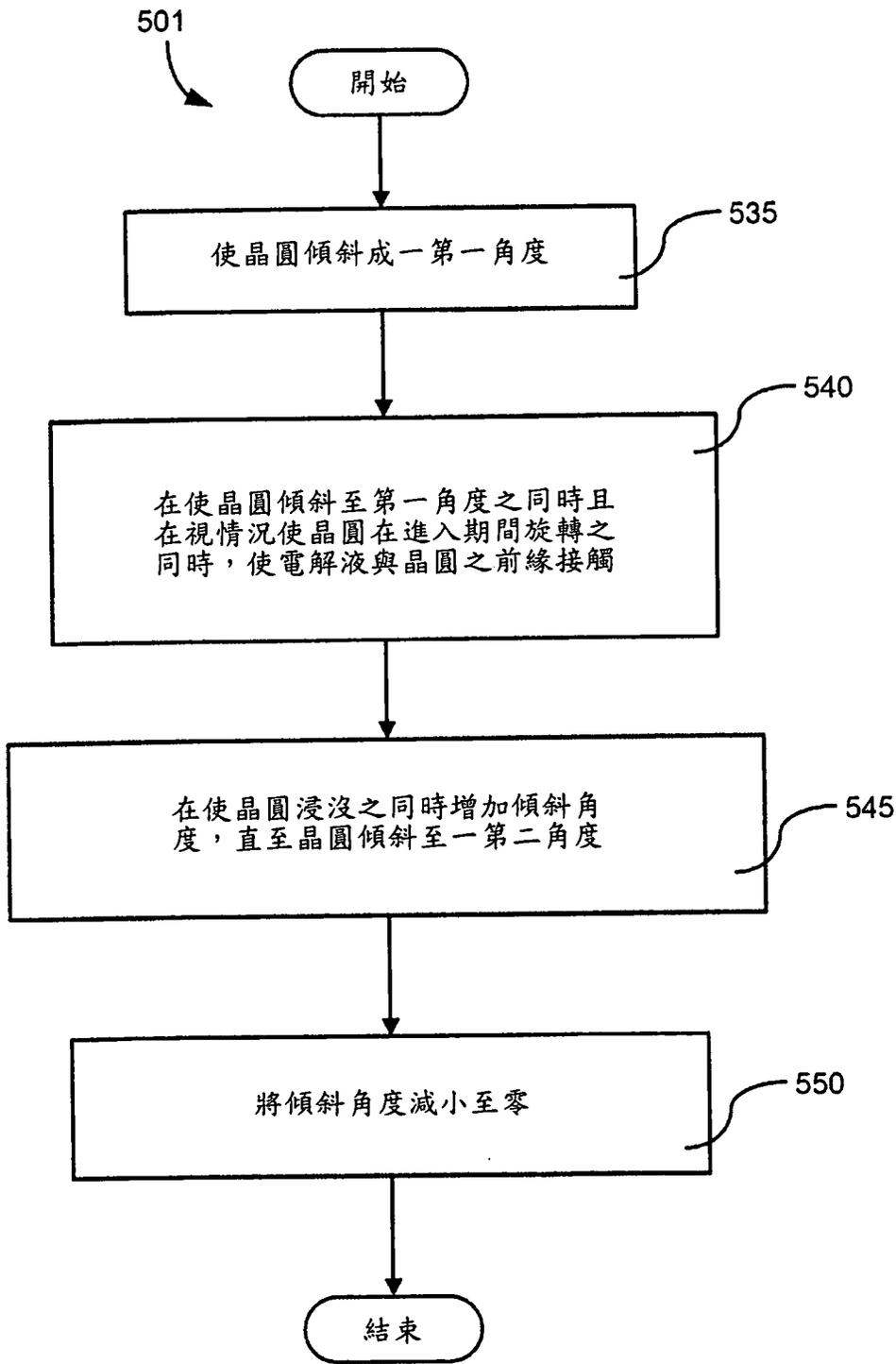


圖 5B

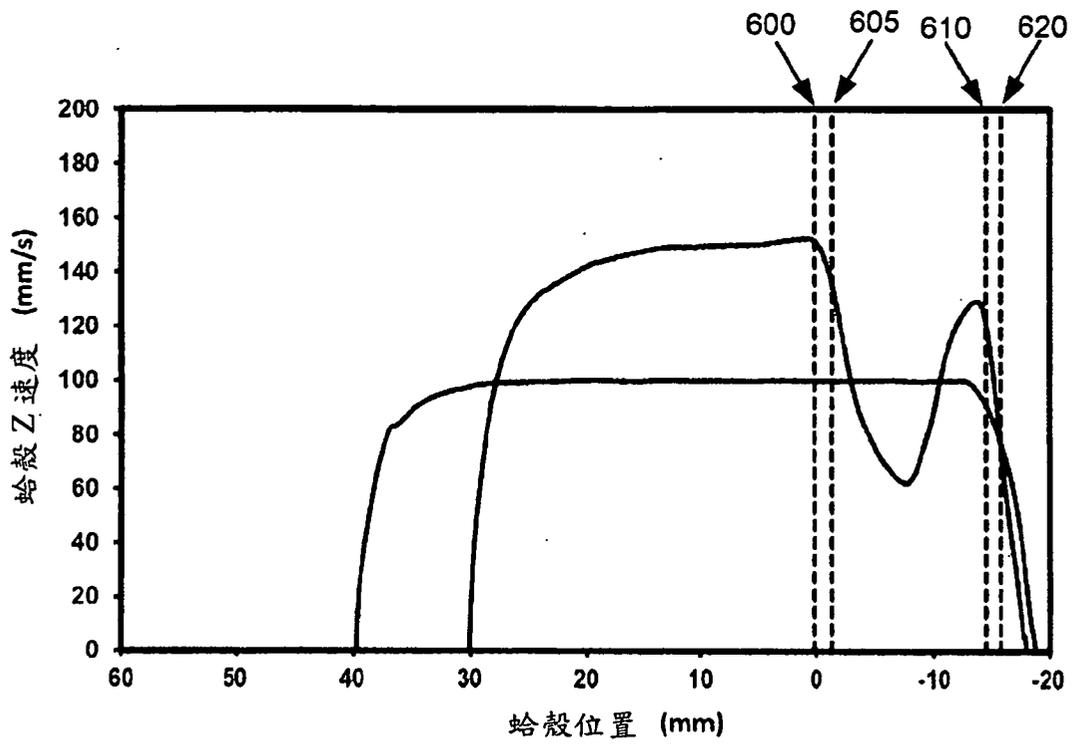


圖 6

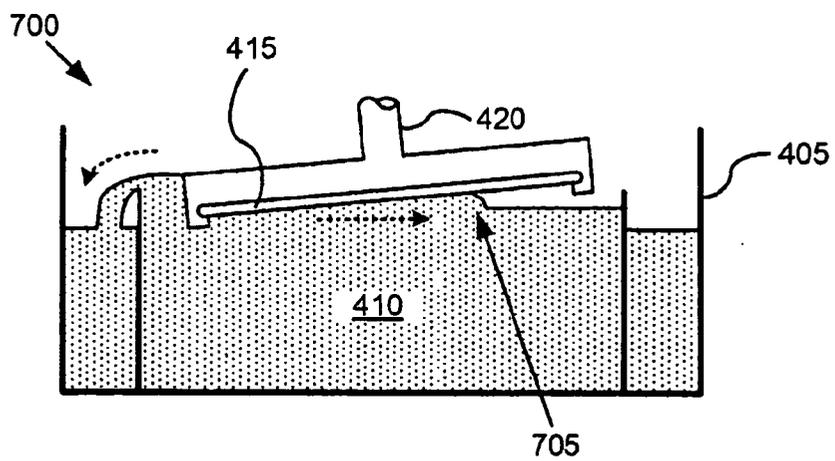


圖 7

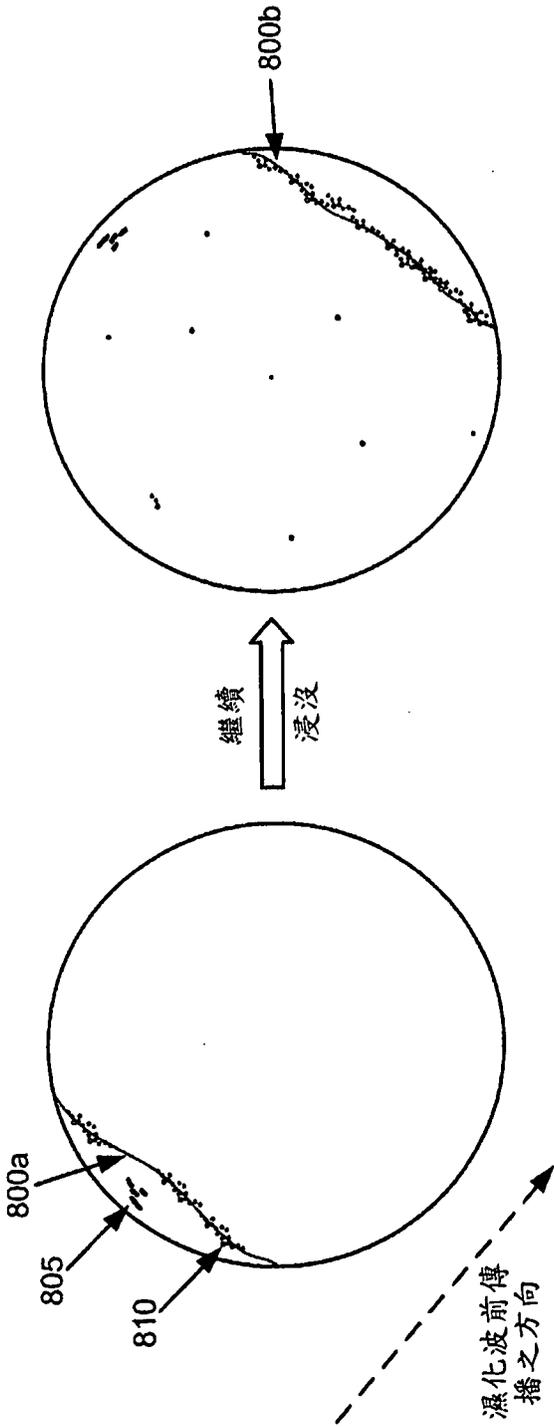


圖 8

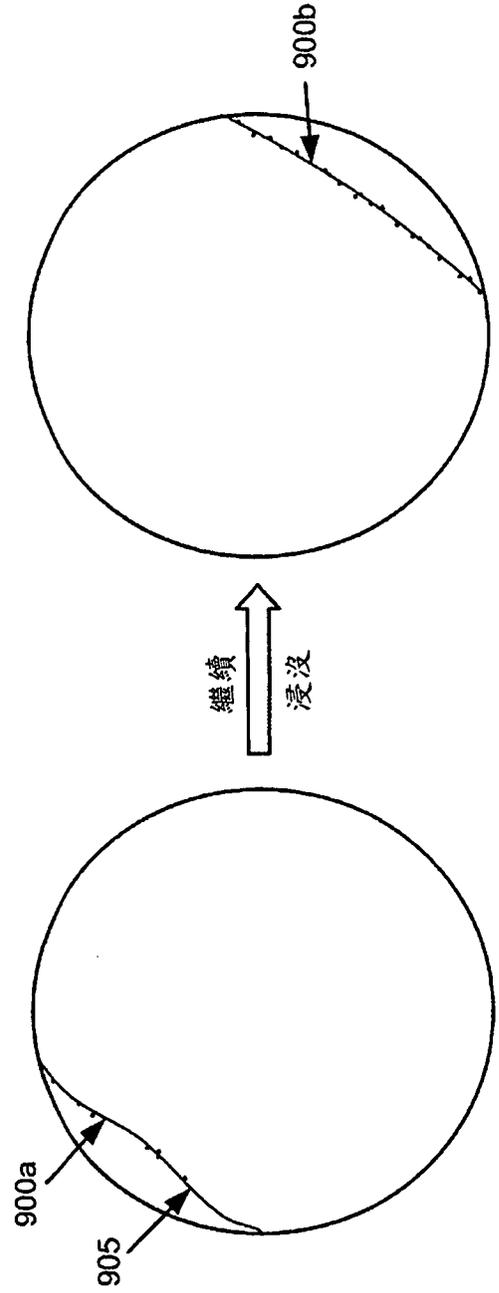


圖 9

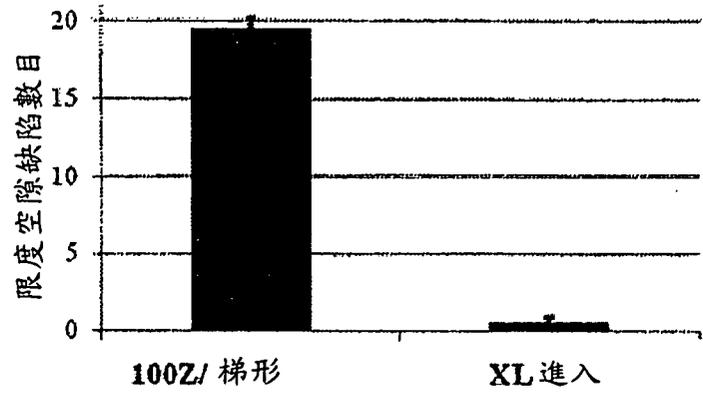


圖 10