



(21)申請案號：101144354 (22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 11 月 27 日
 (51)Int. Cl. : C25D7/12 (2006.01) C25D17/06 (2006.01)
 (30)優先權：2011/11/29 美國 13/306,527
 (71)申請人：諾發系統有限公司(美國) NOVELLUS SYSTEMS, INC. (US)
 美國
 (72)發明人：何治安 HE, ZHIAN (CN)；波特 大衛 W PORTER, DAVID W. (US)；李德 強納
 森 D REID, JONATHAN D. (US)；維莫 費德瑞克 D WILMOT, FREDERICK D.
 (US)
 (74)代理人：周良謀；周良吉
 (56)參考文獻：
 TW 201107536A1
 審查人員：吳國宇
 申請專利範圍項數：47 項 圖式數：10 共 66 頁

(54)名稱

動態電流分布控制設備及晶圓電鍍用方法

DYNAMIC CURRENT DISTRIBUTION CONTROL APPARATUS AND METHOD FOR WAFER ELECTROPLATING

(57)摘要

說明用以將一金屬電鍍至一工件之上的方法、系統及設備。於一實施樣態中，一設備包含：一電鍍室；一基板固持器；一陽極室，收容一陽極；一離子電阻式離子能滲透的元件，在電鍍期間被安置在一基板與陽極室之間；一輔助陰極，設置在陽極與離子電阻式離子能滲透的元件之間；以及一絕緣屏蔽，在中央區域中具有一開口部。絕緣屏蔽可能相對於離子電阻式離子能滲透的元件是可動的，用以在電鍍期間改變在屏蔽與離子電阻式離子能滲透的元件之間的距離。

Methods, systems, and apparatus for plating a metal onto a workpiece are described. In one aspect, an apparatus includes a plating chamber, a substrate holder, an anode chamber housing an anode, an ionically resistive ionically permeable element positioned between a substrate and the anode chamber during electroplating, an auxiliary cathode located between the anode and the ionically resistive ionically permeable element, and an insulating shield with an opening in its central region. The insulating shield may be movable with respect to the ionically resistive ionically permeable element to vary a distance between the shield and the ionically resistive ionically permeable element during electroplating.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 100 . . . 電鍍設備
- 105 . . . 腔室
- 107 . . . 第一電解質溶液
- 110 . . . 基板支撐部
- 115 . . . 陽極室
- 117 . . . 第二電解質溶液
- 120 . . . 陽極
- 125 . . . 陽離子薄膜
- 130 . . . 基板
- 135 . . . 離子電阻式離子能滲透元件/離子導電離子阻抗元件
- 145 . . . 距離
- 150 . . . 絕緣屏蔽

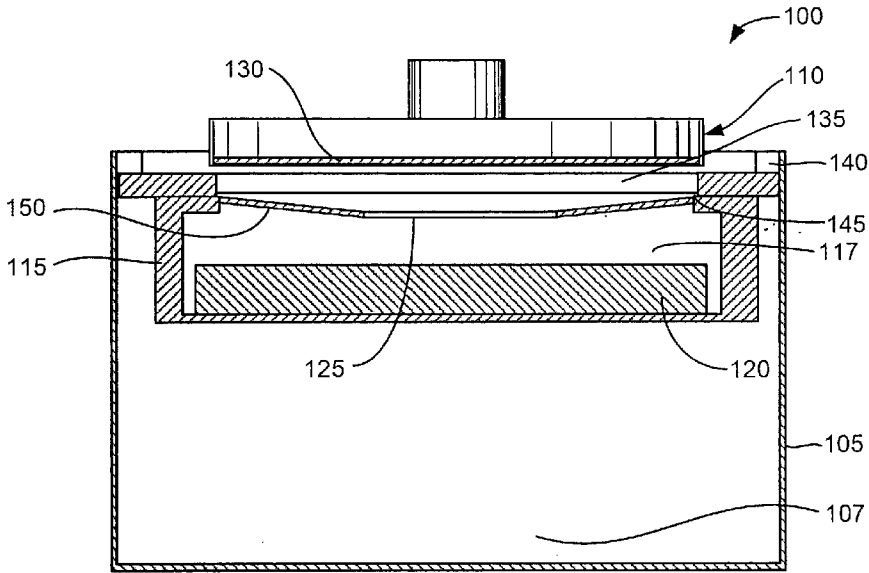


圖 1A

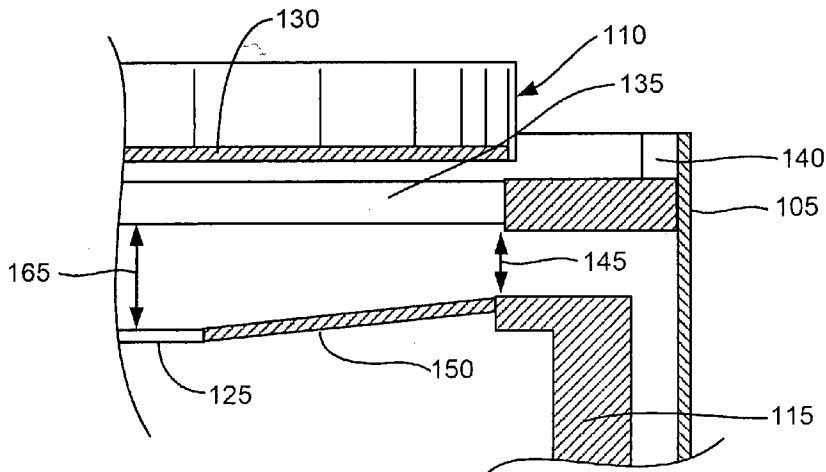


圖 1B

發明摘要

※ 申請案號：101144354

※ 申請日：101.11.27

※IPC 分類：

C25D 7/12 (2006.01)

C25D 17/06 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

動態電流分布控制設備及晶圓電鍍用方法

DYNAMIC CURRENT DISTRIBUTION CONTROL APPARATUS AND

METHOD FOR WAFER ELECTROPLATING

【中文】

說明用以將一金屬電鍍至一工件之上的方法、系統及設備。於一實施樣態中，一設備包含：一電鍍室；一基板固持器；一陽極室，收容一陽極；一離子電阻式離子能滲透的元件，在電鍍期間被安置在一基板與陽極室之間；一輔助陰極，設置在陽極與離子電阻式離子能滲透的元件之間；以及一絕緣屏蔽，在其中央區域中具有一開口部。絕緣屏蔽可能相對於離子電阻式離子能滲透的元件是可動的，用以在電鍍期間改變在屏蔽與離子電阻式離子能滲透的元件之間的距離。

【英文】

Methods, systems, and apparatus for plating a metal onto a work piece are described. In one aspect, an apparatus includes a plating chamber, a substrate holder, an anode chamber housing an anode, an ionically resistive ionically permeable element positioned between a substrate and the anode chamber during electroplating, an auxiliary cathode located between the anode and the ionically resistive ionically permeable element, and an insulating shield with an opening in its central region. The insulating shield may be movable with respect to the ionically resistive ionically permeable element to vary a distance between the shield and the ionically resistive ionically permeable element during electroplating.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

100：電鍍設備

105：腔室

107：第一電解質溶液

110：基板支撐部

115：陽極室

117：第二電解質溶液

120：陽極

125：陽離子薄膜

130：基板

135：離子電阻式離子能滲透元件/離子導電離子阻抗元件

145：距離

150：絕緣屏蔽

【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)

動態電流分布控制設備及晶圓電鍍用方法

DYNAMIC CURRENT DISTRIBUTION CONTROL APPARATUS AND
METHOD FOR WAFER ELECTROPLATING

【技術領域】

【0001】本發明是有關於一種動態電流分布控制設備及晶圓電鍍用方法。

【先前技術】

【0002】使用於銅金屬鑲嵌處理以供積體電路之製造用之一個製程步驟係為一"種子(seed-)或"打底(strike-)"層之形成，其接著被使用作為一基底層，讓銅電鍍(電鍍填充)至其上。種子層將電鍍電流從晶圓基板之邊緣區域(於此達成電性接觸)傳送至設置橫越過晶圓基板表面之所有溝槽及通道孔(via)構造。種子薄膜一般為一種薄導電銅層。其係與一絕緣二氧化矽或其他介電材料隔開了一阻障層。亦已調查研究薄種子層(其亦可同時充當銅擴散阻障層)之使用，其係為銅之合金或其他金屬(例如鈦或鉭)。種子層沈積製程理想上會產生一種具有良好整體附著性、良好階梯覆蓋率(更特別是，沈積至一嵌入構造之側壁之上之保形/連續數量之金屬)以及嵌入特徵部之上端之最小的閉合(closure)或"縮頸(necking)"之層。

【0003】為了有效地電鍍一大的表面積，一電鍍工具達成電性接觸至晶圓基板之邊緣區域中的導電種子層(conductive seed layer)。一般而言不存在直接接觸至晶圓基板之中央區域。因此，對高度電阻式種子層而言，位於種子層之邊緣之電位係大幅地大於位於種子層之中央區域之電位，其被稱為"終端效應(terminal effect)"。在沒有電阻及電壓補償之適當手段的情況下，這種大的邊緣至中心壓降導致一不均勻的電鍍厚度分布，其主要特徵為在晶圓基板邊緣有較厚的電鍍。當產業從 300 mm 晶圓過渡到 450 mm 晶

圓時，這種不均勻的電鍍厚度甚至將更顯著。

【發明內容】

【0004】本發明提供用以電鍍金屬之方法、設備及系統。依據各種實施例，一電鍍設備可包含收容一可動陽極室或一可動屏蔽之一腔室。當一電鍍製程開始時，可動陽極室或可動屏蔽可能用於減輕終端效應。當電鍍製程繼續時，可能使可動陽極室或可動屏蔽移動遠離基板，所以可獲得橫越過基板之表面之一均勻電流密度。

【0005】依據一實施例，一種設備包含一電鍍室、一基板固持器、一離子電阻式離子能滲透的元件以及收容一陽極之一陽極室。電鍍室係被設計成用以在將金屬電鍍至一基板之上時包含一電解質。基板固持器係被設計成用以固定基板，並具有一個或多個電源接點，其被配置以接觸基板之一邊緣並在電鍍期間提供電流給基板。離子電阻式離子能滲透的元件係在電鍍期間被安置在基板與陽極室之間。離子電阻式離子能滲透的元件具有一平坦表面，其實質上平行於基板之一電鍍面並與基板之電鍍面隔開。陽極室係可相對於離子電阻式離子能滲透的元件移動，用以在電鍍期間改變在陽極室與離子電阻式離子能滲透的元件之間的一距離。陽極室包含配向在陽極與離子電阻式離子能滲透的元件之間的一絕緣屏蔽，而在絕緣屏蔽之一中央區域中具有一開口部。

【0006】依據另一實施例，一種設備包含一電鍍室、一基板固持器、一離子電阻式離子能滲透的元件、一輔助陰極以及一絕緣屏蔽。電鍍室係被設計成用以在將金屬電鍍至一基板之上時包含一電解質及一陽極。基板固持器係被設計成用以固定基板，以使基板之一電鍍面係在電鍍期間被安置於離陽極一段距離。基板固持器具有一個或多個電源接點，其被配置以接觸基板之一邊緣並在電鍍期間提供電流給基板。離子電阻式離子能滲透的元件係被安置在基板與陽極之間。在操作上，離子電阻式離子能滲透的元件具有一平坦表面，其實質上平行於基板之電鍍面並與基板之電鍍面隔開。絕緣屏蔽係被安置在離子電阻式離子能滲透的元件與陽極之間。輔助陰極係被安置在陽極與離子電阻式離子能滲透的元件之間。絕緣屏蔽係可相對於離子電阻式離子能滲透的元件移動，用以在電鍍期間改變在圓盤與

離子電阻式離子能滲透的元件之間的一距離。絕緣屏蔽在屏蔽之中央區域中包含一開口部。本發明之某些實施例更包含一個二次輔助陰極，其實質上被設置在與基板之相同平面中，周圍地被配向在電鍍室之周邊周圍。

【0007】依據另一實施例，一種方法包含將一基板固定在一設備之一基板固持器中，此基板具有配置於其表面上之一導電種子及/或阻障層。此設備包含一電鍍室及收容一陽極之一陽極室，電鍍室包含陽極室。陽極室包含配向在陽極與一離子電阻式離子能滲透的元件之間的一絕緣屏蔽，而絕緣屏蔽在絕緣屏蔽之一中央區域中具有一開口部。基板之表面被浸泡在一電解質溶液中並接近安置在表面與陽極室之間的離子電阻式離子能滲透的元件。離子電阻式離子能滲透的元件具有平行於基板之表面並與基板之表面隔開之一平坦表面。一電流係被供應給基板以將一金屬層電鍍至種子及/或阻障層之上。陽極室係從一第一位置被移動至一第二位置，第二位置係被設置於一段比第一位置更進一步遠離離子電阻式離子能滲透的元件之距離。

【0008】依據另一實施例，一種非暫時性電腦機器可讀取媒體包含多個程式指令以供一設備之控制用。這些程式指令包含用以將一基板固定在一設備之一基板固持器中的碼，此基板具有配置在其表面上之一導電種子及/或阻障層。此設備包含一電鍍室及收容一陽極之一陽極室，電鍍室包含陽極室。陽極室包含配向在陽極與一離子電阻式離子能滲透的元件之間的一絕緣屏蔽，絕緣屏蔽在絕緣屏蔽之一中央區域中具有一開口部。基板之表面被浸泡在一電解質溶液中並接近安置在表面與陽極室之間的離子電阻式離子能滲透的元件。離子電阻式離子能滲透的元件具有平行於基板之表面並與基板之表面隔開之一平坦表面。一電流係被供應給基板以將一金屬層電鍍至種子及/或阻障層之上。陽極室係從一第一位置被移動至一第二位置，第二位置係被設置於一段比第一位置更進一步遠離離子電阻式離子能滲透的元件之距離。

【0009】於本說明書中所說明之主題之實施例之這些及其他實施樣態係在附圖與下述說明中被提出。

【圖式簡單說明】

【0010】

圖 1A 與 1B 顯示具有位於一個位置之一可動陽極室之一電鍍設備之剖面示意圖之一例子。

圖 2 顯示具有位於另一位置之一可動陽極室之一電鍍設備之剖面示意圖之一例子。

圖 3A 與 3B 顯示具有位於一個位置之一可動屏蔽之一電鍍室之剖面示意圖之例子。

圖 3C-3F 係為依據於此所提出的實施例強調一代表電鍍設備之不同元件之剖面概要視圖。

圖 4A 與 4B 顯示一可動屏蔽之等角投影之例子。

圖 5 與 6A-6B 顯示說明用以將一金屬電鍍至一晶圓基板之上的製程之流程圖之例子。

圖 7-10 顯示關於不同電鍍室配置之電流密度對一晶圓上之徑向位置之數值模擬之例子。

【實施方式】

【0011】 在下述詳細說明中，提出許多特定實施例以便提供對所揭露的方法及設備之徹底理解。然而，如熟習本項技藝者將明白的，在沒有這些特定細節或藉由使用替代元件或製程的情況下，可能實行所揭露的方法及設備。在其他實例中，並未詳細描述熟知之製程、程序及元件，以便不必要地模糊化所揭露的方法及設備之實施樣態。

【0012】 於本申請案中，可交換使用專門用語 "半導體晶圓"、"晶圓"、"基板"、"晶圓基板"以及"部分製造的積體電路"。熟習本項技藝者將理解到，這些專門用語可表示一個多數階段之積體電路製造之任何一個期間之矽晶圓。下述詳細說明假設揭露的實施例係在一晶圓基板上實施。然而，揭露的實施例並未受限於此。工件可能是具有各種形狀、尺寸及材料。除了半導體晶圓以外，其他可利用揭露的實施例之工件包含各種物件，例如印刷電路板等等。

【0013】 又，於本申請案中，可交換使用專門用語"電鍍溶液"、"鍍浴(plating bath)"、"電解液(bath)"、"電解質溶液"以及"電解質"。熟習本項技藝

者將理解到，這些專門用語可表示一種包含金屬離子以及或許其他用以將一金屬鍍或電鍍至一工件之上的添加物之溶液。

【0014】於此所揭露的實施例係關於使用電鍍工具硬體以供具有高薄片電阻表面之晶圓基板上的電鍍電流分布之控制用之配置及方法。於此所揭露的實施例係適合於譬如 450 公厘(mm)晶圓，其係以薄且電阻式種子層(例如每平方(歐姆/平方)薄片電阻具有大約 50 歐姆之 5 毫微米(nm)厚的銅種子層)作為種子。所揭露的實施例之一項特質係為在將金屬電鍍至薄電阻式種子層之上時以及在沈積至厚金屬膜之上期間兩者，達到均勻的厚度分布之能力。

【0015】在鑲嵌銅電鍍之初始階段期間，達到橫越過 450 mm 晶圓基板之均勻電流密度是具挑戰性的。這種挑戰係藉由"終端效應"而產生，終端效應表示在與晶圓基板(例如，一般而言是晶圓基板之邊緣)完成接觸的一點與晶圓基板表面上之電鍍的場地(location)之間的歐姆電阻降低。離接觸點之距離越大，經由種子層之壓降就越大，其中較低的電壓導致較慢的電鍍。在 450 mm 晶圓的情況下，由於在與一種子層達成電性接觸之晶圓邊緣與晶圓之中心之間的距離增加，相較於例如 300 mm 晶圓，終端效應被增加。因為期望 450 mm 晶圓之種子層厚度減少至大約 5 nm(具有大約 50 歐姆/平方之薄片電阻)，所以可能更進一步增加終端效應。這兩個因素將導致晶圓邊緣與晶圓中心之間的大壓降，以及於晶圓邊緣與晶圓中心之相應不同的電鍍速率。

【0016】更進一步使關於電鍍金屬之厚度控制之問題複雜的是當金屬被電鍍至一種子層之上時，電鍍金屬可能增加此層(亦即，種子層上之電鍍金屬)之導電性高達大約 1000 倍(1000x)。因此，終端效應減少，而電鍍係因為被電鍍的金屬層產生橫越過晶圓之更均勻的電壓而被執行。這會在大(例如，於電鍍製程之初期)與小(例如，在金屬已被電鍍至種子層上之後)邊緣兩者至中心電壓從晶圓邊緣減少降至晶圓中心的情況下，對於產生一均勻電鍍金屬厚度輪廓之電鍍硬體產生需求。

【0017】控制具有高薄片電阻表面之晶圓基板上的電鍍電流分布，可藉由使用多數不同的技術而被執行。首先，合併具有電解質能滲透的毛細孔或開孔之一離子阻抗元件之一電鍍室(於此元件存在極靠近晶圓基板)可

能有助於減輕終端效應。於此所說明的某些離子電阻式離子能滲透的元件在晶圓基板附近可能呈現均勻電流密度，因而作為虛擬陽極。因此，一離子電阻式離子能滲透的元件之某些配置亦可被稱為一高電阻虛擬陽極 (HRVA)。

【0018】在電鍍在薄種子層及電鍍在厚薄膜兩者期間，HRVA 在獲得均勻性改善方面是有效的。然而，在電鍍在具有很薄的種子層之 450 mm 晶圓的情況下，HRVA 電阻可能急遽地增加以產生一均勻的厚度分布。當使用一高電流時，在電鍍之後來的部分期間，這可能需要幾百伏特之電力且可能導致顯著的電鍍溶液加熱。

【0019】第二，合併動態屏蔽及氣囊之一電鍍室可能有助於減輕終端效應。當種子層是薄的時，動態屏蔽可選擇性地減少靠近晶圓基板邊緣之電流密度。然後，增加橫越過晶圓基板之表面之電流密度以允許均勻的電鍍在較厚金屬膜上。然而，動態屏蔽可能難以使用在小電鍍槽(plating cell)中。又，在某些條件之下，動態屏蔽可集中靠近屏蔽開口部之邊緣之電流。此屏蔽亦可被稱為動態屏蔽、可動屏蔽或絕緣屏蔽。

【0020】第三，合併輔助陰極之一電鍍室可能有助於減輕終端效應。置放在陽極與離子電阻式離子能滲透的元件之間的一輔助陰極，在從陽極塑形電流分布上可能是有用的。再者，實質上設置在與基板相同之平面中且安置在電鍍室之外周邊周圍的二次輔助陰極，在從晶圓基板邊緣轉移電流上可能是有用的。然而，這種效果無法延伸進入一晶圓基板之更多中央區域中。在電鍍室中更深的輔助陰極可將電流從大部分晶圓基板轉移至更大的程度。然而，當晶圓直徑增加至 450 mm 時，其在可能需要高電流時，可能變成無效，以將電流從大部分晶圓轉移至輔助陰極。又，將輔助陰極直接置放在晶圓基板之表面以下，可能由於必須選擇性地從晶圓基板邊緣轉移電流之很高的電流而變成無效。

【0021】第四，合併多重陽極之一電鍍室可能有助於減輕終端效應。同心的陽極可被使用以選擇性地指示電流至一晶圓基板上之特定徑向位置(position)。然而，這種硬體配置可因缺點而蒙受損害。舉例而言，可能需要許多電源供應部，陽極侵蝕可能橫越過晶圓基板改變，藉以使維修更頻繁，晶圓基板上的電流之急遽轉變可能易於發生於從一個陽極到另一個陽極之

過渡點，且終端效應最大的晶圓基板之外側部上的厚度輪廓之控制可能較差。

【0022】設備

【0023】所有的上述技術可能用於幫助減輕終端效應。又，在多數情況下，上述技術可彼此結合及與其他技術結合以幫助減輕終端效應。舉例而言，在某些實施例中，一電鍍設備可包含三個特徵部以減輕終端效應。第一特徵部可能是一輔助陰極，被設計成用以從陽極塑形電流分布並控制於晶圓基板之外周邊之電流密度。第二特徵部可能是一離子導電離子阻抗元件。第三特徵部可能是一可動陽極室或一可動屏蔽。

【0024】舉例而言，一可動陽極室可包含由例如塑膠之絕緣材料所構成之一向上傾斜的頂端部分，其中這個頂端部分包含一小開口部(例如，對450 mm 晶圓而言，直徑大約是200 mm)，如於此更進一步說明的。可動陽極室可在電鍍期間，從當種子層是薄的時靠近晶圓基板之一位置，移動至當金屬已被電鍍至晶圓基板之上時遠離晶圓基板之一位置。藉由這個動作，當可動陽極室之傾斜的絕緣頂端部分移動遠離晶圓基板時，晶圓基板之邊緣可能漸進地不被屏蔽。

【0025】圖1A及1B顯示具有位於一個位置之一可動陽極室之一電鍍設備之剖面示意圖之一例子。圖1B係為圖1A所顯示之電鍍設備之右上角部分之放大圖。圖2顯示具有位於另一位置之一可動陽極室之一電鍍設備之剖面示意圖之一例子。舉例而言，如圖1A及1B所示之可動陽極室係位於其上部位置。如圖2所示之可動陽極室係位於其下部位置。在一電鍍製程期間，可動陽極室可從其上部位置移動至其下部位置。

【0026】電鍍設備100包含一腔室105以及含有一陽極120之可動陽極室115。在某些實施例中，腔室105與可動陽極室115可能是圓柱狀以容納一圓形晶圓基板130。亦即，在電鍍設備100之俯視圖(top-down view)中，腔室105與可動陽極室115可具有圓形剖面。電鍍設備100更包含一個被設計成用以固定晶圓基板130之基板支撐部110，以及一個設置在陽極室115與基板支撐部110之間的離子導電離子阻抗元件135。

【0027】如圖1所示，晶圓基板130被浸入電解質溶液(例如，陰極電解液)。在某些實施例中，基板支撐部110係為一翻蓋設備(clamshell

apparatus)，其經由一些儲藏在一彈性"唇形密封(lip seal)"後方之接觸手指來與晶圓基板 130 之周邊接觸。彈性唇形密封用以密封翻蓋並用以維持實質上免除於電解質之邊緣接觸區域及晶圓背面，並避免任何電鍍至接點之上。

【0028】一翻蓋設備係由兩個主部件所構成。翻蓋之第一部件係為圓錐體。圓錐體可打開，藉以允許晶圓之插入與取出。圓錐體亦施加壓力至接點與密封。翻蓋之第二部件係為晶圓固持杯。杯之底部一般係由一絕緣體所構成(以絕緣體塗佈)，用以避免將譬如發生在一種被置於具有一側向改變的電位之電解質溶液中之金屬之任何耦合的腐蝕及電解反應，於此通常就是這樣。然而，同時，杯底部必須是機械強固的(例如，用以將杯向上壓著晶圓及圓錐體並避免彎曲)及薄的(例如，避免電解質流動擾動靠近晶圓邊緣)。因此，在某些實施例中，杯底部係為一種以一絕緣材料(例如玻璃或塑膠)塗佈之金屬。具有適合與於此所揭露的實施例一起使用之實施樣態之一翻蓋型式之電鍍設備之一般說明，係更進一步詳細說明於美國專利第 6,156,167 號及美國專利第 6,800,187 號中，兩者係於此併入作參考。

【0029】在某些實施例中，離子導電離子阻抗元件 135 係為一高電阻虛擬陽極(HRVA)。HRVA 可能是大約 0.25 吋至 1 吋厚，或大約 0.5 吋厚。HRVA 之開放面積可能是大約 1%至 2%。一種具有這樣的開放面積及大約 0.5 吋厚度之 HRVA 可增加橫越過 HRVA 佔據了大約 5 倍至 100 倍(50x至 100x)之容積之電解質電阻。以下提供離子導電離子阻抗元件 135 之實施例之更進一步的細節。

【0030】一輔助陰極 350 係安置在陽極 120 與離子電阻式離子能滲透元件 135 之間。在某些實施例中，輔助陰極一般而言是具有環狀或被塑形成環狀以對於位於工件之周邊區域之電流密度分布提供一顯著的衝擊。於某些實施例中，輔助陰極 350 亦被稱為一分流陰極(thief cathode)。輔助陰極 350 可在一電鍍製程期間從晶圓基板 130 之鄰近邊緣引出電鍍電流。舉例而言，輔助陰極在與長電阻式路徑之衝擊結合時，經由在可動陽極室開口部與 HRVA 板(以下進一步說明的)之間的狹小通道所產生之電解質，可減少於晶圓基板之邊緣(例如，大約 10 mm 至 20 mm)之電鍍電流。在某些實施例中，可能利用一獨立電源供應部控制輔助陰極 350。以下提供一輔助陰極之實施例之更進一步的細節。

【0031】舉例而言，可動陽極室 115 可以由一絕緣材料(例如一聚合物或一塑膠)所製造。舉例而言，這種材料包含聚丙烯、高密度聚乙烯(HDPE)及聚偏二氟乙烯(PVDF)。在某些實施例中，陽極室或多部件之陽極室可能由一聚合物或一塑膠機械加工。舉例而言，當陽極室係由不同部件(一聚合物或一塑膠)所製造時，多部件之陽極室可能與一塑膠焊接製程結合。

【0032】可動陽極室 115 可更包含一絕緣屏蔽 150。舉例而言，絕緣屏蔽 150 亦可能由一絕緣材料所製造，例如一聚合物或一塑膠(例如聚丙烯、高密度聚乙烯(HDPE)及聚偏二氟乙烯 (PVDF))。在某些實施例中，絕緣屏蔽 150 中之開口部可能是大約一晶圓基板 130 之表面面積之 15%至 80%，其中開口部包含一陽離子薄膜 125。舉例而言，對 450 mm 直徑晶圓基板而言，絕緣屏蔽 150 中之開口部可能是大約 140 mm 至 250 mm 之直徑，大約 200 mm 至 320 mm 之直徑，大約 240 mm 至 300 mm 之直徑，或大約 200 mm 之直徑。對 300 mm 直徑晶圓基板而言，絕緣屏蔽中之開口部可能是大約 200 mm 至 270 mm 之直徑。絕緣屏蔽中之開口部之尺寸部分決定由可動陽極室 115 所提供之終端效應補償之程度。舉例而言，由於朝向晶圓邊緣之較長的電阻式路徑，絕緣屏蔽 150 中之小開口部將導致終端效應補償橫越過晶圓基板之一較大部分。絕緣屏蔽中之較小開口部允許製程以對輔助陰極較少負擔的方式運行。然而，如果開口部太小，則終端效應將會過度補償，且一中心厚的輪廓(center-thick profile)將發生。

【0033】在某些實施例中，腔室 105 在包含可動陽極室 115 時，可包含一不同於可動陽極室 115 之電解質溶液。舉例而言，腔室 105 可包含一第一電解質溶液 107，有時被稱為一陰極電解液。可動陽極室 115 可包含一第二電解質溶液 117，有時被稱為陽極電解液。舉例而言，在某些實施例中，陽極電解液可具有與陰極電解液類似的組成物，但除了例如促進劑、整平劑及/或抑制劑之添加物之外。兩個電解質溶液可能被與可動陽極室 115 相關的陽離子薄膜 125 隔開。在某些其他實施例中，腔室 105 與可動陽極室 115 可包含相同的電解質溶液。

【0034】陽離子薄膜 125 允許可動陽極室 115 與腔室 105 之間的離子連通，同時避免於陽極 120 所產生之微粒進入晶圓基板 130 的附近並污染它。陽離子薄膜 125 在下述方面亦是有益的：禁止非離子及陰離子物質(例如浴

添加物)通過薄膜方面及於陽極表面被減少，且在電鍍製程期間重新分布電流流動到達一較低程度，藉以改善電鍍均勻性。適當的離子薄膜之詳細說明係提供於美國專利第 6,126,798 及 6,569,299 號中，兩者於此併入作參考。適當的陽離子薄膜之更進一步的說明係提供於美國專利申請號 12/337,147 中，標題為"具有通風的電解質歧管之電鍍設備(Electroplating apparatus With Vented Electrolyte Manifold)"，申請日為 2008 年 12 月 17 日，於此併入作參考。適當的陽離子薄膜之又更進一步的詳細說明係提供於美國專利申請號 12/640,992 中，標題為"具有多重內部洗淨腔室之電鍍方法及設備(PLATING METHOD AND APPARATUS WITH MULTIPLE INTERNALLY IRRIGATED CHAMBERS)"，申請日為 2009 年 12 月 17 日，於此併入作參考。

【0035】在某些實施例中，陽極 120 可能是一種圓盤材料，其具有類似於晶圓基板 130 之直徑之直徑。舉例而言，當晶圓基板 130 具有大約 450 mm 之直徑時，陽極 120 之直徑可能是大約 450 mm。陽極 120 之厚度可能是大約 4 cm 至 8 cm，或大約 6 cm。在某些實施例中，陽極可包含多個部件之一圓盤材料，以使此圓盤可以容易被置換。在某些其他實施例中，陽極可能是小球體或多個部件之材料，其填充一圓盤所將填充之類似空間。舉例而言，陽極可能是具有大約 0.5 cm 至 2.5 cm，或大約 1.5 cm 之直徑之球體材料。

【0036】如上所述，在一電鍍製程期間，可動陽極室 115 可從一上部位置(例如，如圖 1A 及 1B 所示)移動至一下部位置(例如，如圖 2 所示)。在某些實施例中，在上部位置與下部位置之間的距離可能大約 2 公分(cm)至 20 cm。舉例而言，可動陽極室 115 可能在腔室 105 中移動大約 2 cm 至 20 cm 以改變可動陽極室 115 與離子導電離子阻抗元件 135 之間的距離。在某些其他實施例中，在上部位置與下部位置之間的距離可能大約 2 cm，大約 10 cm 或大約 8 cm 至 20 cm。

【0037】當可動陽極室 115 位於其上部位置時，其可能接近晶圓基板 130，而可能直接在晶圓基板 130 下方之離子導電離子阻抗元件 135 係位在晶圓基板 130 與可動陽極室 115 之間。在某些實施例中，在面向晶圓基板 130 之離子導電離子阻抗元件 135 之表面與晶圓基板 130 之表面之間的距離，可能是大約 1 mm 至 8 mm。在某些實施例中，較小的距離可能難以控

制。

【0038】在某些實施例中，絕緣屏蔽 150 可能實質上是平坦的且實質上平行於其所面向之離子導電離子阻抗元件 135 之表面。在某些其他實施例中，絕緣屏蔽 150 可能從其外周邊至其內周邊朝下成某角度，而內周邊界定此開口部。在某些實施例中，舉例而言，絕緣屏蔽 150 與一水平平面形成的角度 160 可能是大約 0 度至 30 度，或大約 15 度。亦即，在某些實施例中，絕緣屏蔽 150 可形成一截頭圓錐體(一截頭圓錐體係為藉由一平行於基底之平面切斷一圓錐體並移除包含頂點之部分的結果)。在某些實施例中，被彎曲或傾斜之絕緣屏蔽可能有助於補償關於種子層電阻之終端效應。在某些實施例中，相對於一水平平面(與一更接近離子導電離子阻抗元件 135 之間距結合)具有較低角度之一絕緣屏蔽 150，經由種子層產生歐姆壓降之一較強補償。在某些其他實施例中，絕緣屏蔽 150 可具有複雜形狀，例如靠近晶圓中心之一起始高角度與靠近晶圓邊緣之一更緩斜坡。

【0039】在某些實施例中，當陽極室 115 係位於其上部位置時，在離子導電離子阻抗元件 135 與陽極室 115 邊緣(例如，或絕緣屏蔽 150 之外周邊)之間的距離 145 可能大約幾公厘。在某些其他實施例中，距離 145 可能是大約 1 mm 至 10 mm。在某些實施例中，當絕緣屏蔽 150 實質上是平坦的且實質上平行於離子導電離子阻抗元件 135 之表面時且當陽極室 115 係位於其上部位置時，在離子導電離子阻抗元件 135 與陽極室 115(例如，或絕緣屏蔽 150 或陽離子薄膜 125 之內周邊)之間的一距離 165 可能大約幾公厘或大約 1 mm 至 10 mm。在某些其他實施例中，當絕緣屏蔽 150 包含一傾斜部分或多個部分時，距離 165 可能是大約 3 mm 至 50 mm 或大約 20 mm 至 30 mm。

【0040】關於在中心具有一開口部之可動陽極室 115，如由具有陽離子薄膜 125 之絕緣屏蔽 150 所定義的，存在有一條經由電解質到達靠近晶圓基板 130 之邊緣之離子導電離子阻抗元件 135 之長路徑。這條長路徑具有相當高的電阻，藉以抑制電流流至晶圓基板 130 之邊緣。實際上，經由在可動陽極室 115 中之開口部(當可動陽極室係位於其上部位置時)與離子導電離子阻抗元件 135 之間的電解質之高電阻，抵消經由種子層從晶圓基板邊緣至晶圓基板中心之高電阻。在某些實施例中，當陽極室 115 係位於其上部位置時，輔助陰極 350 亦可能在電鍍在一電阻式種子層上時被使用，用以更

進一步幫助減輕終端效應。然而，當面向晶圓基板 130 之離子導電離子阻抗元件 135 之表面與晶圓基板 130 之表面之間的距離是大的(例如，大於大約 8 mm)時，可能減少離子導電離子阻抗元件 135 與位於其上部位置之陽極室 115 之衝擊。

【0041】因此，利用如圖 1A 及 1B 所示之位於其上部位置之可動陽極室 115，可能抵消由於電阻式種子層之終端效應。然而，當金屬厚度在一電鍍製程期間增加時，終端效應減少。關於終端效應減少，位於其上部位置之可動陽極室 115 可能導致位於晶圓基板之中心之一厚的金屬層，但這是不被期望的。

【0042】因此，當由於一薄電阻式種子層之終端效應開始由於被電鍍至種子層之上的一金屬而減少時，陽極室 115 可能移動遠離離子導電離子阻抗元件 135。當電鍍至種子層之上進行時，陽極室 115 可能更進一步移動且更進一步遠離離子導電離子阻抗元件 135，直到陽極室 115 係位於其下部位置為止，如圖 2 所示。當陽極室 115 係位於其下部位置時，經由電解質而從絕緣屏蔽 150 中之開口部至晶圓基板邊緣與晶圓基板中心兩者之路徑將接近相同的數值。舉例而言，由於離子導電離子阻抗元件 135 之電阻，於此路徑中的小差異可能變成可忽略的。任何型式之機構可能用於使可動陽極室 115 移動至腔室 105 中之不同位置。在某些實施例中，可能使用一氣動機構或一機械機構。

【0043】在某些實施例中，陽極室 115 之移動速率於一電鍍製程之開始可能比於電鍍製程中之後續階段更快。這可能是由於種子層導電性於電鍍製程之初期之大改變。亦即，當一電鍍製程開始時，種子層導電性可能在金屬被電鍍至種子層之上時最初急速地增加，然後在額外金屬被電鍍時以一較慢速率增加。舉例而言，在某些實施例中，陽極室 115 可能在電鍍之最初幾秒中以每秒大約 0.5 公分(cm/s)至 2 cm/s 之速率移動。在某些實施例中，陽極室 115 可能在最初幾秒之後或在電鍍之最初 5 秒之後，以大約 0.1 cm/s 至 0.5 cm/s 之速率移動。

【0044】在某些實施例中，當金屬被電鍍至晶圓基板 130 之上時，被施加至輔助陰極 350 之電流可能與陽極室 115 之移動協調，俾能維持橫越過晶圓基板 130 之一均勻電流密度。一般而言，施加至輔助陰極 350 之電流與陽

極室 115 之遠離離子導電離子阻抗元件 135 之移動相關聯地減少。在某些實施例中，當陽極室 115 係位於其下部位置時，輔助陰極 350 無法在電鍍在厚金屬膜上時被使用。然而，當陽極室 115 係位於其下部位置時，當期望位於晶圓基板邊緣之一薄層之金屬時，可能使用輔助陰極 350。

【0045】舉例而言，在某些實施例中，當將銅電鍍至 0 nm 至 5 nm 厚的銅種子層之上或至銅種子層及銅電鍍層之組合之上時，陽極室可能位於其上部位置。0 nm 至 5 nm 厚的銅層可具有大約 50 歐姆/平方至 5 歐姆/平方或大約 50 歐姆/平方至 10 歐姆/平方之一薄片電阻。當銅電鍍製程進行時，陽極室可能隨著時間移動至其上部位置下方之大約 2 cm 至 4 cm 處，而使下一個大約 10 nm 之銅沈積。陽極室從上部位置之移動至上部位置下方之大約 2 cm 至 4 cm 可能發生在電鍍製程開始之後的最初幾秒。銅層之薄片電阻於製程中之這個點可能是大約 2 歐姆/平方。當銅電鍍製程繼續時，陽極室可能隨著時間移動至其上部位置下方之大約 8 cm 至 20 cm 處，而使下一個大約 30 nm 之銅沈積。銅層之薄片電阻於製程中之這個點可能是大約 0.4 歐姆/平方。當鍍銅厚度大於大約 50 nm 時，陽極室可到達其下部位置。

【0046】在某些實施例中，相較於電鍍之後續階段，在以位於其上部位置之陽極室電鍍之初始階段期間，電流密度可能較低(例如，每平方公分大約 3 至 10 毫安(mA/cm^2))。在某些實施例中，當陽極室係位於其下部位置時，電流密度在電鍍之後續階段可能是大約 30 至 50 mA/cm^2 。

【0047】概括言之，當在絕緣屏蔽中具有一開口部之一可動陽極室係位於其上部位置時，晶圓基板邊緣可能與陽極絕緣。當可動陽極室係位於其下部位置時，電鍍至一厚金屬層之上可能是均勻的而非一中心厚的輪廓。在某些實施例中，可動陽極室可能與一離子導電離子阻抗元件及一輔助陰極結合，以有效地補償終端效應。

【0048】在某些其他實施例中，一陽離子薄膜可能無法與可動陽極室相關，且可能以其他方式被設置在離子導電離子阻抗元件之下。因此，在某些實施例中，可能藉由這個陽離子薄膜部分來決定在陽極室 115 與離子導電離子阻抗元件 135 之間的距離 145。在這些實施例中，陽離子薄膜可包含斜率及/或角度以匹配絕緣屏蔽(例如，當絕緣屏蔽包含斜率及/或角度時)。又，在這些實施例中，當在陽極室之絕緣屏蔽之開口部中不存在有另

一薄膜時，在陽離子薄膜下方之電解質可能與陽極室共用。

【0049】在某些其他實施例中，一電鍍設備可包含一可動屏蔽而不是一可動陽極室。一可動屏蔽可能與其他技術結合以幫助減輕終端效應。舉例而言，在某些實施例中，一電鍍設備可包含一輔助陰極、一離子電阻式離子導電元件以及一可動屏蔽。某些實施例更包含一個二次輔助陰極 348。

【0050】圖 3A 及 3B 顯示具有一可動屏蔽之一電鍍設備之剖面示意圖之例子。類似於圖 1A、1B 及 2 所顯示之電鍍設備 100，電鍍設備 300 包含一腔室 305 以及一個被設計成用以固定一晶圓基板 130 之基板支撐部 110。一離子導電離子阻抗元件 135 可能被設置在一陽極 315 與基板支撐部 110 之間。一輔助陰極 350 可能被安置在陽極 120 與離子電阻式離子能滲透元件 135 之間。圖 3C-3F 顯示依據某些實施例之一電鍍設備之剖面示意圖之更進一步的例子，且係更詳細討論於下。

【0051】電鍍設備 300 更包含一可動屏蔽 320，安置在離子電阻式離子能滲透元件 135 與陽極 315 之間。在某些實施例中，可動屏蔽可包含兩個絕緣圓盤 325 及 330。圖 4A 及 4B 顯示可動屏蔽 320 之一個實施例之等角投影之例子。圖 4A 顯示俯視圖，而圖 4B 顯示仰視圖。在其他實施例中，可動屏蔽 320 係為單一部件。

【0052】可動屏蔽可在其中之中央區域包含一開口部。舉例而言，對 450 mm 直徑之晶圓基板而言，可動屏蔽中之開口部之直徑可能是大約 140 mm 至 250 mm，大約 200 mm 至 320 mm，大約 240 mm 至 300 mm 或大約 200 mm。對 300 mm 直徑之晶圓基板而言，絕緣屏蔽中之開口部之直徑可能是大約 200 mm 至 270 mm。

【0053】在某些實施例中，電鍍設備 300 包含一陽離子薄膜 312，其將腔室 305 分為一陰極電解液腔室及一個容納陽極 315 之陽極電解液腔室。在某些實施例中，當電鍍設備 300 中之陽離子薄膜 312 係被設置在一可動屏蔽 320 之上(亦即，可動屏蔽係位於陽極電解液腔室中)時，陽離子薄膜 312 可能被設置在可動屏蔽 320 下方(亦即，可動屏蔽係位於陰極電解液腔室中)。

【0054】在某些實施例中，陽極 315 可能是一種圓盤材料，其具有類似於晶圓基板 130 之直徑之直徑。舉例而言，當晶圓基板 130 具有大約 450 mm 之直徑時，陽極 315 之直徑可能是大約 450 mm。陽極 315 之厚度可能是大

約 4 cm 至 8 cm，或大約 6 cm。在某些實施例中，陽極可包含多個部件之一圓盤材料，以使此圓盤可以容易被置換。在某些其他實施例中，陽極可能是多個部件之小球體材料，其填充一圓盤所將填充之類似空間。舉例而言，陽極可能是具有大約 0.5 cm 至 2.5 cm，或大約 1.5 cm 之直徑之球形材料。

【0055】在某些實施例中，可動屏蔽 320 包含兩個絕緣圓盤 325 及 330。可動屏蔽 320 之第一絕緣圓盤 325 包含一開口部 326，而第二絕緣圓盤 330 包含一開口部 331。開口部 326 及 331 係分別位在絕緣圓盤 325 及 330 之中央區域中。在某些實施例中，在第一及第二絕緣圓盤 325 及 330 中之開口部 326 及 331 之面積可能是基板之電鍍面之面積之大約 15% 至 80%。第一絕緣圓盤 325 可包含一凸緣 327，其緊密裝在第二絕緣圓盤 330 之開口部 331 內。第二絕緣圓盤 330 可包含複數個脊(ridge)332 以增加絕緣圓盤之剛性。每個絕緣圓盤可能是大約 0.5 cm 至 2 cm 厚，或大約 1.3 cm 厚。可動屏蔽 320 之外徑可能略大於在電鍍設備中待被電鍍之晶圓基板之直徑。舉例而言，對 450 mm 直徑晶圓而言，可動屏蔽 320 之外徑可能是大約 460 mm 至 500 mm，或大約 480 mm。舉例而言，可動屏蔽 320 可能由一絕緣材料(例如一聚合物材料或一塑膠)製成。舉例而言，這種材料包含聚苯硫(PPS)、聚對苯二甲酸乙酯(PET)、聚碳酸酯、純粹的聚氯乙烯(PVC)、聚丙烯、聚偏二氟乙烯(PVDF)以及聚四氟乙烯(PTFE)。

【0056】第一絕緣圓盤 325 可包含複數個開孔 328，且第二絕緣圓盤 330 亦可包含複數個開孔 333。當第一絕緣圓盤 325 及第二絕緣圓盤 330 彼此接觸或被設置靠近彼此時，由於每一個圓盤中之開孔彼此偏移，所以沒有流體(例如，電解質)可能能夠流經複數個開孔 328 及 333。然而，當第一絕緣圓盤 325 及第二絕緣圓盤 330 係彼此隔開了一小段距離時，流體(例如，電解質)可能能夠流經複數個開孔 328 及 333。在某些實施例中，能夠流經複數個開孔 328 及 333 之一流體所需要的間隔之距離可能是大約 0.5 mm 至 2 mm。

【0057】在腔室 305 中，可動屏蔽 320 可具有一上部位置及一下部位置。在某些實施例中，當可動屏蔽 320 係位於其上部位置時，在離子導電離子阻抗元件 135 與可動屏蔽 320 之間的一距離 340 可能是大約幾公厘。在某些其他實施例中，距離 340 可能是大約 1 mm 至 10 mm。當可動屏蔽 320 係位於其上部位置時，可動屏蔽 320 可能是距離陽極 315 大約 12 cm 至 21 cm，

大約 15 cm 至 18 cm 或大約 7 至 14 cm。在可動屏蔽之上部位置與下部位置之間的距離可能是大約 5 cm 至 15 cm，大約 6 cm 至 12 cm 或大約 10 cm。當可動屏蔽 320 係位於其下部位置時，可動屏蔽 320 可能距離陽極 315 大約 2 cm 至 11 cm 或大約 5 cm 至 8 cm。

【0058】當可動屏蔽 320 係位於其上部位置時，第一及第二絕緣圓盤 325 及 330 可能靠近彼此，所以沒有電解質能夠流經複數個開孔 328 及 333。於此配置中，由於一晶圓基板上之一薄電阻式種子層，因為經由電解質從陽極 315 至晶圓基板 130 之邊緣之長路徑(亦即，來自陽極之路徑必須通過第一及第二絕緣圓盤 325 及 330 中之中央開口部 326 及 331)，故可能抵消終端效應。這條長路徑可具有一相當高的電阻，藉以抑制電流流動至晶圓基板 130 之邊緣。事實上，經由絕緣圓盤 325 及 330 中之中央開口部 326 及 331 與離子導電離子阻抗元件 135 之間的電解質之高電阻可能抵消經由種子層從晶圓基板邊緣至晶圓基板中心之高電阻。

【0059】然而，當金屬厚度在電鍍期間增加時，終端效應減少。關於終端效應減少，位於其上部位置之可動屏蔽 320 可能導致位於晶圓基板之中心之一厚的金屬層，但這是不希望的。

【0060】因此，當由於一薄電阻式種子層之終端效應開始由於被電鍍至種子層之上的一金屬減少時，可動屏蔽 320 可能移動遠離離子導電離子阻抗元件 135。當電鍍至種子層之上進行時，可動屏蔽 320 可能更進一步移動且更進一步遠離離子導電離子阻抗元件 135，直到可動屏蔽 320 位於其下部位置為止。當可動屏蔽 320 從其上部位置移動至其下部位置時，第一及第二絕緣圓盤 325 及 330 可能在可動屏蔽 320 向下移動時彼此隔開了一段增加的距離。當可動屏蔽 320 位於其下部位置時，第一及第二絕緣圓盤 325 及 330 可能彼此隔開了大約 0.5 mm 至 10 mm。任何型式之機構可能用於將可動屏蔽移動至腔室中之不同位置。在某些實施例中，可能使用一氣動機構或一機械機構。

【0061】因此，當可動屏蔽 320 從其上部位置移動至其下部位置，可能允許一較大數量之電解質流經每一個絕緣圓盤 325 及 330 中之複數個開孔 328 及 333。因為金屬被電鍍至晶圓基板之上且終端效應減少，所以這可允許經由電解質(亦即，經由絕緣圓盤中之複數個開孔)之替代導電路徑。藉由

可動屏蔽 320 之運動以及藉由絕緣圓盤 325 及 330 相對於彼此之運動(亦即, 用以允許電解質流經複數個開孔), 晶圓基板之邊緣可能漸進地未受屏蔽, 藉以在電鍍至一較厚金屬層之上時, 允許橫越過晶圓基板之表面之一均勻電流分布。

【0062】在某些實施例中, 可動屏蔽 320 之移動速率可能於一電鍍製程之開始比於電鍍製程中之後續階段來得更快。這可能是由於種子層導電性於電鍍製程之初期之大改變。亦即, 當一電鍍製程開始時, 種子層導電性可能在金屬被電鍍至種子層之上時最初急速地增加, 然後, 在額外金屬被電鍍時以較慢速率增加。舉例而言, 在某些實施例中, 可動屏蔽 320 可能在電鍍之最初幾秒中以每秒大約 0.4 公分(cm/s)至 2 cm/s 之速率移動。在某些實施例中, 可動屏蔽 320 可能在最初幾秒之後或在電鍍之最初 5 秒之後, 以大約 0.1 cm/s 至 0.8 cm/s 之速率移動。

【0063】舉例而言, 在某些實施例中, 當將銅電鍍至 0 nm 至 5 nm 厚的銅種子層之上或至銅種子層及銅電鍍層之組合之上時, 可動屏蔽可能位於其上部位置。0 nm 至 5 nm 厚的銅層可具有大約 50 歐姆/平方至 5 歐姆/平方或大約 50 歐姆/平方至 10 歐姆/平方之薄片電阻。當銅電鍍製程進行時, 屏蔽可能隨著時間移動至其上部位置下方之大約 0.1 cm 至 3 cm 處, 而使下一個大約 10 nm 之銅沈積。銅層之薄片電阻於製程中之這個點可能是大約 2 歐姆/平方。當銅電鍍製程繼續時, 屏蔽可能隨著時間移動至其上部位置下方之大約 3 cm 至 10 cm 處, 而使下一個大約 30 nm 之銅沈積。銅層之薄片電阻於製程中之這個點可能是大約 0.4 歐姆/平方。當鍍銅厚度大於大約 50 nm 時, 可動屏蔽可到達其下部位置。

【0064】在其他實施例中, 可能允許電鍍進行持續幾秒, 而可動屏蔽維持固定於一上部位置。舉例而言, 屏蔽可維持固定於上部位置持續電鍍之最初大約 4 至 8 秒, 或最初 6 秒。在這個階段期間, 輔助陰極及二次輔助陰極(如果使用的話)兩者可能是接收電流。接著, 可動屏蔽可能開始以大約 6 至 8 公厘/秒之速率從上部位置移動至下部位置。在某些實施例中, 輔助陰極是關閉的或在可動屏蔽開始移動之前, 開始斜降。在其他實施例中, 輔助陰極未被關閉或斜降, 直到在可動屏蔽係在運轉中之後為止。

【0065】二次輔助陰極可能是關閉或在可動屏蔽從其上部位置移動至

其下部位置之前、在其之期間或在其之後，開始斜降。在使用一種二次輔助陰極之大部分的實施例中，二次輔助陰極將繼續接收電流持續在至輔助陰極之電流已被關閉或已開始斜降之後的一段時間。舉例而言，在某些實施例中，當屏蔽仍然位於其上部位置時，輔助陰極可能是關閉的，而在屏蔽到達其下部位置之後，二次輔助陰極可能是關閉的。在輔助及二次輔助陰極兩者都是關閉的之後，可能繼續電鍍。

【0066】圖 3B 顯示用以電鍍 450 公厘晶圓之一電鍍室之一部分之剖面示意圖之另一例子。更特別是，這張圖聚焦在電鍍室的一半，從腔室之中心($r = 0$ 公厘)向外至腔室之邊緣($r = 225$ 公厘)。於此例子中，陽極 315 具有 220 公厘之半徑及大約 80 公厘之高度。屏蔽擋止(shieldstop)362(屏蔽停止移動之點)於此例子中係被設置於大約 100 公厘之高度，或在陽極之上方 20 公厘。然而，在某些實施例中，在陽極與屏蔽擋止之間的距離可能小於或大於這個距離。

【0067】於此例子中的屏蔽移動 364 係為 95 公厘，表示屏蔽 320 遍及電鍍製程之過程所運行之距離。在其他實施例中，屏蔽移動 364 係在大約 75 與 120 公厘之間。於此例子中的屏蔽開口部 366 具有 150 公厘之半徑。在其他實施例中，屏蔽開口部 366 之半徑範圍在大約 100 至 160 公厘之間，或在大約 120 至 150 公厘之間。對 300 公厘晶圓而言，屏蔽開口部 366 可能在大約 100 與 135 公厘之間。

【0068】於此例子中的輔助陰極環 350 係為 $\frac{1}{2}$ 吋高。在其他實施例中，輔助陰極 350 可能在大約 0.25 與 1 吋高之間。一般而言，較高的輔助陰極能夠更佳地塑造來自陽極之電流，因為它們可使更多電流移動。然而，輔助陰極 350 之高度係受限於期望的屏蔽移動 364。換言之，因為在多數實施例中，可動屏蔽 320 在運作期間總是在輔助陰極 350 下方，所以一較高的輔助陰極 350 導致較小可獲得的距離以供屏蔽 320 移動用。在大部分的實施例中，輔助陰極 350 被設置在離子電阻式離子能滲透的元件 301 下方大約 20 至 40 公厘處，譬如在 30 公厘以下。

【0069】於此例子中的二次輔助陰極環 350 大約是 1 吋寬，且其存在於一側通道中，如所顯示的。在本發明之某些實施例中，二次輔助陰極 350 可能在 0.25 與 1 吋寬之間。在其他實施例中，可能缺乏二次輔助陰極。虛

擬二次輔助陰極 348 係被設置於讓物理的二次輔助陰極環 360 在電鍍期間用來轉移來自基板之邊緣之電流的點。於此例子中，虛擬二次輔助陰極 348 係被設置在離子電阻式離子能滲透的元件(HRVA)301 之上，位於支持二次輔助陰極 348 之側通道符合其餘電鍍室 305 之位置。

【0070】陽離子薄膜 312 係在離子電阻式離子能滲透的元件 301 與陽極 315 之間被發現。陽離子薄膜 312 係在屏蔽 320 與輔助陰極 350 兩者之上。在大部分的實施例中，陽離子薄膜 312 係在屏蔽 320 之最上面位置上方 10 與 30 公厘之間，譬如在屏蔽上方 10 公厘處。在大部分的實施例中，在陽極 315 與基板 130 之間的距離係在大約 150 與 250 公厘之間。

【0071】在可動屏蔽 320 包含兩個絕緣圓盤之例子中，當可動屏蔽係從其上部位置被移動至其下部位置時，可能增加第一與第二絕緣圓盤之間的距離。舉例而言，於可動屏蔽之上部位置，絕緣圓盤可能相對於彼此被安置，以使電解質無法流經複數個開孔。於可動屏蔽之下部位置，絕緣圓盤可能被安置成彼此相隔一段距離，以使電解質可流經複數個開孔。在某些實施例中，在第一與第二絕緣圓盤之間的時間可能隨著時間增加。

【0072】在某些其他實施例中，當圓盤彼此隔開時，代替允許電解質流動經由複數個開孔之第一及第二絕緣圓盤的是，圓盤可能相對於彼此旋轉以允許電解質流動經由複數個開孔。舉例而言，當第一及第二絕緣圓盤係位於一個相對於彼此之位置時，第一絕緣中之複數個開孔無法與第二絕緣圓盤中之複數個開孔重疊。然而，當第一及第二絕緣圓盤係相對於彼此被旋轉至另一位置時，第一絕緣圓盤中之複數個開孔可能與第二絕緣圓盤中之複數個開孔重疊，以使一流體能夠流經複數個開孔。

【0073】在更進一步的實施例中，第一及第二絕緣圓盤可能與一可動陽極室相關。舉例而言，相關於圖 1A、1B 及 2 所說明的可動陽極室可包含相關於圖 3A、3B 及 4 所說明的第一及第二絕緣圓盤，其中絕緣圓盤置換絕緣屏蔽。在某些實施例中，具有這種陽極室之一電鍍室可提供終端效應之更進一步的減輕。

【0074】依據所揭露的實施例，於此所說明的設備可包含用以達成製程操作之硬體，如上所述，且亦包含具有用以控制製程操作之指令之一系統控制器(未顯示)。依據所揭露的實施例，系統控制器可包含一個或多個記

憶體裝置及具體形成以執行指令之一個或多個處理器，俾能使此設備可執行一方法。依據所揭露的實施例，包含用以控制製程操作之指令之機器可讀取的媒體可能耦接至系統控制器。

【0075】離子導電離子阻抗元件之構造

【0076】在某些實施例中，離子電阻式離子能滲透的元件係為一種具有一連續三維網絡之毛細孔之微多孔板或圓盤(例如，由陶瓷之燒結微粒或玻璃所構成之板)。舉例而言，一多孔板具有包含互纏的毛細孔之三維毛細孔網絡(network)，經由此網絡，離子電流可朝陽極之大方向(general direction)經由圓盤向上垂直地至晶圓基板，並側向地(例如，從圓盤之中心至邊緣)運行。關於這種板之適當設計之例子係說明於美國專利第 7,622,024 號，其係於此併入作參考。

【0077】在某些其他實施例中，貫通孔係設置於離子電阻式離子能滲透的元件中，用以形成實質上並未在元件之本體內彼此傳遞之通道，藉以使元件中之離子電流之側向移動最小化。電流以一種一維的，實質上朝正交於靠近阻抗元件之最接近的電鍍表面之向量方向的方式流動。

【0078】具有多個 1-D 貫通孔(亦被稱為 HRVA 或 1-D 多孔 HRVA)之離子電阻式離子能滲透的元件有時為一種由一離子電阻式材料所構成之圓盤(亦可使用其他形狀)，離子電阻式材料具有複數個被鑽孔(或以其他方式製作)通過它之開孔。開孔在圓盤之本體之內並未形成連接通道，且大致朝一個實質上正交於晶圓之表面之方向延伸通過圓盤。各種離子電阻式材料可供圓盤本體使用，包含但並未受限於聚碳酸酯、聚乙烯、聚丙烯、聚偏二氟乙烯(PVDF)、聚四氟乙烯、聚矽等等。圓盤材料可能抵抗在酸性電解質環境中的退化、相當硬、且易於藉由機械加工處理。

【0079】在某些實施例中，離子阻抗元件係為一種極接近工件之具有多數個絕緣且未連接的離子能滲透的貫通孔之 HRVA(例如，一種具有允許離子通過之多重穿孔或毛細孔之電阻式圓盤)，藉以支配或"淹沒"整體系統之電阻。當相對於晶圓薄片電阻有足夠電阻時，元件可被製成接近一均勻的分布電流源。藉由維持工件接近阻抗元件表面，從元件之上端至表面之離子電阻係小於從元件之上端至工件邊緣之離子路徑電阻相當多，藉以補償薄金屬膜中之薄片電阻並導引一相當數量之電流遍及工件之中心。與使

用極接近基板之一離子電阻式離子能滲透的元件相關的某些益處及細節係詳細討論於美國專利第 7,622,024 號，其係於此併入作參考。

【0080】不管離子電阻式離子能滲透的元件是否允許一維或更多維電流流動，其最好是與晶圓基板共同外延，因此具有大致接近正被電鍍之晶圓之直徑之直徑。因此，舉例而言，元件直徑可能是大約 150 mm 及 450 mm，其中 200 mm 晶圓使用大約 200 mm 之元件，300 mm 晶圓使用大約 300 mm 之元件，而 450 mm 晶圓使用大約 450 mm 之元件，等等。在晶圓具有大致圓形形狀但於邊緣具有不規則(例如，晶圓被切成一弦之缺口或平坦區域)之那些實例中，仍可使用一圓盤形元件，但針對此系統可做出其他補償調整，如說明於申請日為 2008 年 11 月 7 日之美國專利申請號 12/291,356 中。

【0081】在某些實施例中，此元件具有大於待被電鍍(例如，大於 200 mm、300 mm 或 450 mm)之晶圓之直徑之直徑，並具有無開孔之一外邊緣部分(在一維 HRVA 的情況下)。這樣的邊緣部分可被使用以建立在晶圓之周邊附近的一小間隙(在 HRVA 邊緣部分與晶圓邊緣或晶圓固持杯之底部之間的一周邊間隙)，並用以輔助將腔室內的 HRVA 安裝至例如一腔室壁面。在某些實施例中，無開孔 HRVA 邊緣之尺寸從 HRVA 之外邊緣至具有開孔之 HRVA 之部分的邊緣大約是 5 mm 至 50 mm。

【0082】在一維 HRVA 的情況下，圓盤中形成的貫通孔之數目可能相當大，但每個開孔之直徑可能相當小。一般而言，每個開孔之直徑大致小於 HRVA 至晶圓間隙之大約 $\frac{1}{4}$ 。在某些實施例中，開孔之數目大約是 6,000 至 12,000，其中每個開孔(或至少 95%之開孔)具有小於大約 1.25 mm 之直徑(或主要尺寸)。在某些實施例中，HRVA 之厚度可能是大約 5 mm 至 50 mm，例如，大約 10 mm 至 25 mm。在某些實施例中，HRVA 可能是大約 5%或更少之多孔性。

【0083】在某些其他實施例中，使用一種具有多個區域(這些區域具有不均勻分布之開孔，或具有被阻塞之開孔)之 HRVA 可能是有利的，以使晶圓經驗一不均勻的開孔分布。這樣的開孔分布可能永久地使更多電流指向晶圓之中心，以使一高電阻種子層係比如果使用一均勻的開孔分布的話更均勻地被電鍍。然而，如果使用一不均勻的開孔分布，則一厚薄膜(亦即，具有一低薄片電阻)將傾向於更不均勻地被電鍍。阻塞或失蹤的開孔在徑

向、方位角或兩個方向上可能是不均勻的。在某些實施例中，離子電阻式離子能滲透的元件實質上係被安置平行於晶圓及陽極表面，且一維的貫通孔係被配向平行於晶圓與陽極表面之間的方向。在某些其他實施例中，至少某些開孔使它們的相對角度被修正以改變相對於元件厚度之開孔長度，藉以修正開孔對電阻之局部貢獻。

【0084】重要的是，此處要注意 HRVA 係與所謂的擴散板不同；擴散板之主要功能係用以分配電解質之流量，而非提供相當的電阻。只要 1) 流量相當均勻，2) 在晶圓固持器與擴散器平面之間間隙足夠大，以及 3) 在晶圓與陽極之間間距足夠大(例如，對一不可動的陽極而言)，當電鍍一高薄片電阻晶圓時，在一低電阻擴散器與晶圓之間的相對間隙大致就將只對電流分布具有較小衝擊。

【0085】相較之下，在一維 HRVA 的情況下，藉由提供多數個小貫通孔來避免電流放射狀流動，每個貫通孔具有非常小的主要尺寸(或圓形開孔之直徑)。舉例而言，具有大約 6,000 至 12,000 穿孔之 HRVA 係為適當的阻抗元件，其中每個穿孔具有小於大約 5 mm 之直徑，例如，小於大約 4 mm，小於大約 3 mm 或小於大約 1 mm。關於適當的圓盤之孔隙率值大致是大約 1% 至 5%。依據設計及電解質導電性，這樣的圓盤使電鍍系統之電阻增加了大約 0.3 至 1.2 歐姆或更多。相較之下，擴散板大致具有構成更加大的淨孔隙率(在從 25 至 80 百分比之開放孔洞百分率(open void fraction)之範圍內)之多個開口部，只不過需要經由相當黏性的流阻來達到實質上均勻的電解質流，並對電鍍系統之電阻大致具有更加小的、通常微不足道的整體貢獻。

【0086】雖然 HRVA(不像擴散板)可具有大量的電阻率，但在某些實施例中，HRVA 係被設計成用以使其不會使系統總電阻增加了大約 5 歐姆以上。雖然可能使用較大的系統總電阻，但這種限制係因為過度的電阻而將需要增加使用的功率，藉以導致電鍍系統之不被期望的加熱。又，因為製造能力之某些實際限制(亦即，建立大數目或極度小的直徑開孔)、性能(導致個別的開孔電流"成像(imaging)"之更少開孔)以及一般製程效用之損失(例如，在沒有浪費的功率、熱及浴退化(bath degradation)的情況下不能電鍍較厚的薄膜)，大約 5 歐姆係為實際 HRVA 限制。

【0087】一維阻抗元件之另一參數係為貫通孔直徑(或其他主要尺寸)與

元件離晶圓之距離之比率。吾人藉由電腦模擬試驗，根據實驗且隨後確認而發現到這個比率可能大約是 1 或更小(例如，小於大約 0.8 或小於大約 0.25)。在某些實施例中，這個比率大約是 0.1，用以提供良好的電鍍均勻性性能。換言之，貫通孔之直徑應該等於或小於從 HRVA 元件至晶圓之距離。相較之下，如果貫通孔直徑大於晶圓至 HRVA 的距離，則貫通孔可能在其之上的電鍍層上留下其個別的電流影像或"足跡"，藉以在電鍍上導致小規模的不均勻性。上面列舉的開孔直徑值參考在最接近晶圓之 HRVA 表面上所測量之貫通孔開口之直徑。在多數實施例中，HRVA 之接近及遠端表面兩者上的貫通孔直徑是相同的，但吾人理解到開孔亦可是錐狀的。

【0088】電流於晶圓之分布亦可取決於 HRVA 上之開孔分布之均勻性。關於開孔分布，HRVA 板之開孔可能被設計成是屬於相同尺寸，且實質上均勻地被分配。然而，在某些情況下，這樣的配置會導致電鍍薄膜厚度之中心尖峰或凹陷，或皺褶(波狀)圖案。具體言之，在中心具有開孔之均勻分布之 HRVA 之使用已導致 $1\ \mu\text{m}$ 電鍍層之大約 $200\ \text{\AA}$ 至 $300\ \text{\AA}$ 之中心尖峰。

【0089】在一個實施例中，可能使用 HRVA 之中央區域中的 1-D 毛細孔/開孔之不均勻分布以避免中心尖峰。HRVA 之中央區域係由位於 HRVA 中心之圓形區域所定義，大致在離 HRVA 圓盤之中心大約 1 吋半徑之內，或在大約 15% 之晶圓半徑之內。對尖峰縮小有效的貫通孔之不均勻分布可具有各種配置，其藉由轉移開孔、添加新開孔及/或以相反的均勻圖案阻塞開孔而達成。各種不均勻中心開孔圖案可能對於避免電鍍不均勻性是有用的，且係說明於申請日為 2008 年 11 月 7 日之美國專利申請號 12/291,356 中，其係於此併入作參考。

【0090】輔助陰極之構造

【0091】輔助陰極 350 可能被設置在陽極 120 與離子電阻式離子能滲透的元件 301 之間。輔助陰極 350 可具有其本身的電解質流迴路(未顯示)及泵(未顯示)。關於輔助陰極 350 之配置之更進一步的細節係提供在申請日為 2008 年 11 月 7 日之美國專利申請號 12/291,356 中，以及申請日為 2009 年 6 月 9 日之美國專利申請號 12/481,503 中，其於此併入作參考。

【0092】在某些實施例中，輔助陰極包含多重段，於此每一段可各別地被各自的電源供應部或藉由使用一個具有適合於第二物理陰極之獨立電

源段之多重通道之電源供應部供以電源。這樣的分段輔助陰極可能對於電鍍在非圓形的或非對稱的晶圓(例如具有平坦區域之晶圓)是有用的；某些晶圓包含晶圓"平面(flats)"，譬如使用位於晶圓邊緣之晶圓之一截斷弧形以供對準。然而，一般而言，一種具有獨立供電段之分段輔助陰極可以與任何種類之工件(對稱或非對稱)一起使用，其乃因為其允許微調電鍍均勻性。具體言之，一種分段輔助陰極可被使用來提供位於晶圓之不同方位角位置之電流修正。

【0093】輔助陰極段可以於相同水平下被設置在晶圓之下，或在晶圓之上，此晶圓在與晶圓相同的電鍍室中或在與主要電鍍室離子連通之不同的電鍍室中。只要這些段與晶圓附近之不同方位角位置對準，就可使用這些段之任何配置。段數可依據製程之需要改變。在某些實施例中，係使用大約 2 至 10 段。

【0094】採用一輔助陰極以調變指向於一晶圓之電流之其中一項優點(譬如單獨透過一移動機械屏蔽或膜片)係為：施加至輔助陰極之電流之位準可以在電鍍製程期間急速且被動態控制(例如，比幾秒短之時間)，用以在金屬被沈積時，導致急速地改變金屬薄片電阻。這有助於在電鍍製程中之不同時間期間，使電鍍不均勻性維持至最小。舉例而言，施加至輔助陰極之電流位準會在此層是薄的時，以高位準開始，然後，當電鍍層之厚度增加且終端效應之嚴重性消退時，可在電鍍期間(例如，在幾秒的時間內)逐漸地或漸進式地被減少。

【0095】安置靠近工件之一 HRVA 及/或一第二輔助陰極可影響工件之電鍍表面，並藉由改變只在極接近工件之表面的一區域中之電壓及電流分布來重新修整一晶圓上之電流分布。這些元件並未大幅地衝擊在電解質之內或於離工件表面一段顯著距離之陽極之電流分布，例如在 HRVA 下方。因此，這些測量(使用 HRVA 及/或設置靠近晶圓或 HRVA 之第二輔助陰極，如於此所說明的)對於較接近存在於 HRVA 下方之陽極之電流分布較少或沒有衝擊。在多數情況下，離子電流分布在陽極與 HRVA 之間的區域中幾乎維持固定。

【0096】單獨的 HRVA 大致將改善遍及不具有 HRVA 之配置之長範圍徑向電流分布(從較不均勻至更均勻)。然而，在沒有受限於超過一厚度/薄片

電阻範圍之應用之一特定徑向孔模式或屏蔽之一機械活化動態改變的情況下，徑向電流分布大致傾向於小於完全均勻的，一般而言中心是薄的。一個安置在 HRVA 上方、在由晶圓基板與 HRVA 所建立之間隙外部且在晶圓邊緣周邊之二次輔助陰極，動態上會影響邊緣電流分布(一般受限於在距離邊緣大約 1-3 cm 之內的區域)，而非改變中央電鍍區域之電流分布。安置在陽極上方且在 HRVA 下方之可動屏蔽亦可幫助動態上影響電鍍室中之電流分布。然而，對某些應用而言，藉由使用如於此所說明的 HRVA 及/或第二輔助陰極及/或可動屏蔽，特別是薄片電阻是極度大的情況可能不足以完全克服終端效應。

【0097】可能必須於從工件充分被移除之位置(亦即，於相當接近陽極之位置)修改電解質內部之電流分布，用以在使用很高的電阻種子或種子/阻絕組合層時適當地處理終端效應。在於此所說明之某些實施例中，此乃藉由將一輔助陰極定位於在 HRVA 下方及在工件與陽極之間的場地而達成。輔助陰極被塑形並被配向，而以一种減少在工件之邊緣區域下方以及對應於工件之邊緣區域之平面之區域中的電流密度及電流向量(流動方向)的方式，在平行於晶圓、在 HRVA 下方以及被設置距離工件某些距離之一平面中，修改電解質內之電流密度分布。這類似於被置於一電鍍室中之一工件下方之一物理膜片或屏蔽之晶圓上的效果。因此，本發明之實施例之輔助電極有時被稱為"電子膜片"或"EIRIS"，其乃因為一電子輔助電極係被使用以達成一種類似於一物理膜片(例如被置於晶圓與陽極之間的電流路徑之屏蔽)之結果。然而，在 EIRIS 之情況下，電流向量軌道係放射狀向外被轉移，而非以較大半徑被阻塞以及利用一屏蔽被強迫並向內擠壓。

【0098】爲了詳細說明，在一 EIRIS 與一物理膜片或屏蔽之間的一項差異，係爲來自陽極之所有電流在其"擠壓通過"膜片或屏蔽限制時通過屏蔽中之開口部。電流係大量地或完全地被屏蔽所阻塞，且在向上通過之前從邊緣區域放射狀向內被重新安排路線。因此，在屏蔽開口部之區域中的中央電流密度大致是增加的。在 EIRIS 的情況下，並非所有從陽極發出之電流都會抵達晶圓，其乃因為某些邊緣電流大致被放射狀向外轉移至輔助電極。在輔助陰極之上，針對晶圓之電流密度向量之大小因爲轉向而易於被減少，但在 EIRIS 上方之配備 EIRIS 之電鍍設備之中央區域中的電流密度只略

被減少或可能未改變(相對於非 EIRIS 情況)。

【0099】輔助陰極作用的區域大致平行於基板表面並與其隔開。一般而言，理想上是可具有被設置相當接近 HRVA 之下表面之輔助陰極，俾能使電流在到達 HRVA 表面之前，並不具有重新分布成一更不均勻的輪廓之空間。在某些實施例中，在 HRVA 之下表面與輔助陰極之間的距離 d 大約是等於或小於其上電鍍金屬之晶圓之半徑 r (亦即， $d \sim \leq r$)。輔助陰極亦應該大幅地在陽極之平面之上方，所以在沒有過大的輔助陰極電壓或電流的情況下，來自陽極之電流具有改變方向之空間。

【0100】一般而言，在陽極室中且在晶圓及 HRVA 下方之輔助陰極(當系統具有 HRVA 時)之距離應被維持小於晶圓直徑之大約 50%。舉例而言，對 300 mm 晶圓而言，輔助陰極可能是在晶圓下方大約 0.75 至 6.5 吋之間且在 HRVA 下方大約 0.25 及 6 吋之間。相較之下，陽極相對於晶圓、HRVA (當被採用時)以及輔助陰極之場地係為在功能性能與工程浪費之間的折衷。一般而言，陽極大致應是在陽極室中且在所有這三個元件下方。但雖然電鍍設備可能具有遠低於晶圓、HRVA 及輔助電極被設置之陽極(譬如晶圓下方 40 吋)，但這種電鍍設備(雖然其可以被製造來達成此功能)將需要大量的過剩功率。

【0101】如已經注意到的，輔助陰極應該相當接近晶圓或 HRVA 之底部表面。作為進一步例子的方式，如果輔助陰極被設置在晶圓下方 39 吋處，而陽極在晶圓下方 40 吋處(亦即，合理靠近陽極之平面及遠離 HRVA 之底部)，則來自陽極之大部分電流會去 EIRIS，但離開電鍍設備陽極室之較低區域之電流在到達晶圓之前將有一段長距離來行進。超過這樣的距離，到電流到達 HRVA 及晶圓之時候為止，電流將傾向於平衡回到不同的電流分布，所以於晶圓之均勻性主要將不受 EIRIS 之存在影響。或者，如果陽極係為距離晶圓 0.75 吋，在 HRVA 下方 0.25 吋，且實質上平行於 EIRIS 或甚至在 EIRIS 之上，則電鍍設備亦將不會工作，如同當陽極係如上所述實質上在 EIRIS 下方時，其乃因為 EIRIS 在從電池之更多的中央區域移除電流上將不被視為有效。因此，於某些實施例中，最靠近晶圓之物理陽極(或虛擬陽極口)表面之距離應該至少是在最靠近晶圓之 EIRIS 電極(或虛擬 EIRIS 空穴口)之平面下方的晶圓直徑的大約 1/10。舉例而言，如果最接近 300 mm 晶圓之點之 EIRIS 電極之平面係在晶圓下方 50 mm 處且在 HRVA 下方 25 mm 處，則陽極應該至少是那個平面下大約 30mm，或晶圓下方之總數 80 mm (30 + 50

= 80)。

【0102】於圖 3C-3F 之本實施例中，輔助陰極 350 係被設置在 HRVA 之下。其係被安置在陽極室(亦即，擴散腔室或密封陽極室)中。於圖 3C-3F 所顯示之本實施例中，輔助陰極係被設置在擴散腔室 308 中之陽離子薄膜之上。於圖 3C-3F 所顯示之本實施例中，輔助陰極 350 包含物理陰極 339，被儲藏於具有其本身的電解質流電路及泵(未顯示)之一腔室 341 中。於某些實施例中，輔助陰極之尺寸(亦即，虛擬陰極腔室之開口部之高度)大約為被電鍍之晶圓之半徑的 5 至 15% (在某些實施例中，大約 10%)。於圖 3C-3F 中，電解質於 351 進入輔助陰極腔室 341 而於 352 離開。輔助陰極腔室係與擴散腔室 308 隔開了一離子能滲透的薄膜 344。一剛性架構可提供薄膜支撐。薄膜 344 允許在擴散腔室 308 與輔助陰極腔室 341 之間的離子連通，藉以允許電流被轉移至輔助陰極 350。薄膜 344 之孔隙率係以使其並不允許微粒材料從輔助陰極腔室 341 橫過至擴散腔室 308 並導致晶圓污染。於某些實施例中，離子能滲透的薄膜 344 係為一陽離子薄膜(例如 Nafion)，且次薄膜並未導致一相當的離子電阻(相較於譬如以下所說明之元件 349)。用以允許輔助陰極腔室與陽極室之間的流體及/或離子連通之其他機構係在本發明之範疇之內，其包含如上所述之離子薄膜及陽離子薄膜。這些例子包含以下設計：除了薄膜 344 以外之一防滲牆提供在陽極室中之電解質與輔助陰極腔室中之電解質之間的某些阻絕。

【0103】於某些實施例中，與輔助陰極 350 相關的物理陰極 339 係為設置在輔助陰極腔室 341 之內一環狀金屬條。物理陰極 339 係譬如藉由裝設至一電極電纜(未顯示)之一饋通連接器而連接至一電源供應部 370。構成物理陰極 339 及其表面之金屬在電鍍條件之下最好是惰性的。針對可被使用作為一物理陰極之惰性金屬之例子包含鉬、鎢、鈦、鈮或白金、一鈮或鍍鉑金屬基板，例如鈦或鎢或鉬、銻、碘化鈦(oxidized titanium)等等。於某些實施例中，使用與物理陰極材料相同的被電鍍的材料。舉例而言，當銅被電鍍時，可能使用一含銅物理陰極。

【0104】輔助陰極腔室 341 及物理陰極 339 之尺寸可依據電鍍製程之需求改變。於某些實施例中，物理陰極之寬度大約是被電鍍之晶圓之半徑之 10 至 20% (在某些實施例中，大約是 15%)。於一實施例中，物理陰極係為一金屬條，具有大約 0.1 至 2 mm 之厚度，大約 0.5 至 5 cm 之寬度，以及橫越陽極室之外周邊區域之長度。其他陰極配置之實施例包含圓形條(O 形環)、C 形條，具有圓形配置之線圈，於其中個別線圈定義一小圓圈，而整

體線圈構造包圍輔助陰極或陽極室中之主要電鍍容器(vessel)。

【0105】雖然輔助陰極腔室不需被限定為一以分數表示的容積，但其大致小於陽極室，具有陽極室之大約 1 至 20% 的容積，且於某些實施例中，在 5% 左右。如上所述，其一般期望具有設置相當接近 HRVA 之下表面之輔助陰極，俾能使電流並未具有在到達晶圓表面之前重新分布之空間。在 HRVA 之下表面與輔助陰極之間的距離 d 一般應該大約等於或小於其上電鍍金屬之晶圓之半徑 r (亦即， $d \sim \leq r$)。在並未採用 HRVA 之實施例中，在晶圓與輔助陰極之間的距離 d 一般應該大約等於或小於其上電鍍金屬之晶圓之半徑 r 的 1.3 倍 (亦即， $d \sim \leq 1.3r$)。輔助陰極亦應該大幅地在陽極之平面之上，所以在沒有過大的輔助陰極電壓或電流的情況下，來自陽極之電流具有改變方向之空間。

【0106】在更進一步的實施例中，一高離子電阻式多孔性薄膜 349 係被安置在輔助陰極腔室與陽極室之間，雖然不需要特別小或眾多的開孔，但高離子電阻式多孔性薄膜 349 在構造上大致類似於 HRVA 本身之構造。這樣的薄膜用於將電流分布塑形至電鍍槽之側面，藉以使得其變得更均勻。為了這個目的之薄膜一般具有在大約 1 至 5% 之間的孔隙率。其可能或無法包含小的一維開孔。在這個功能下之薄膜 349 之電阻大致與在晶圓前面之 HRVA 301 之電阻相當，藉以改善至輔助電極之電流分布均勻性，並使位於虛擬輔助電極口之電流變得更均勻/一致。在某些實施例中，高離子電阻式多孔性薄膜 349 小於大約 25 mm 厚，且最好是大約 12.5 mm 厚。薄膜 349 中之例示的開孔直徑尺寸係在大約 1 與 10 mm 之間。亦可使用插槽或其他開口部。

【0107】在某些情況下，當使用設置在一電鍍設備中之一電鍍基板下方之一輔助陰極時，其可能期望不要使用 HRVA。舉例而言，當晶圓之薄片電阻並未大於每平方大約 5 歐姆時，可能需要這種無 HRVA 系統。在某些情況下，輔助陰極單獨(最好是但不需要與設置在陽極室之上及晶圓固持器之周邊的一第二輔助陰極結合，以下更詳細說明)可能能夠在沒有 HRVA 之附加成本及複雜性的情況下，將晶圓所經歷的電流密度之均勻性改善至足夠水平。

【0108】第二輔助陰極 348 係被設置在陽極室之外部、HRVA 至晶圓間隙 316 之外部以及周邊間隙 317 之外部。如上所述，於圖 3B-3F 所顯示之本實施例中之第二輔助陰極係為一虛擬陰極。類似於輔助陰極之第二輔助陰極具有一相關的物理陰極 360、一腔室 343，並可包含其本身的電解質

流迴路、泵(未顯示)以及陽離子薄膜 346，如圖 3C-3F 所示。於圖 3C-3F 中，電解質於 354 進入腔室 343 而於 356 離開。陽離子薄膜 346 允許第二輔助陰極腔室與電鍍槽之間的離子連通，同時避免於第二輔助陰極所產生之任何微粒進入到電鍍室中。關於第二輔助陰極之配置之更進一步的細節係提供在申請日為 2008 年 11 月 7 日之美國申請號 12/291,356 中，以前已經併入作參考。

【0109】於某些實施例中，第二輔助陰極之第二物理陰極包含多重段，而每一段可各自被各別的電源供應部供以電源，或藉由使用一個具有適合於獨立供給第二物理陰極之複數段電源之多重通道之電源供應部被供以電源。這種分段的第二物理陰極對於電鍍在非圓形或非對稱的晶圓(例如具有平坦區域之晶圓)上特別有用。雖然今日相當少見，但某些晶圓包含晶圓"平面(flat)"，譬如使用晶圓於晶圓邊緣之一截斷弧形以供對準用。然而，一般而言，具有獨立供電段之一分段的第二物理陰極可與任何種類之工作件(對稱或不對稱)一起使用，其乃因為其允許微調電鍍均勻性。具體言之，可使用一分段的第二物理陰極，用以於晶圓之不同方位角位置提供電流修正。

【0110】因為位於晶圓平坦區域之電流密度一般將不同於位於晶圓之圓形區域之電流密度，所以不同數量之電流與從其他部分比較起來需要從晶圓平坦部分被轉移。因此，於一實施例中，第二物理陰極段係與晶圓旋轉協同地被供以電源，以使一第一位準之電流被供應給與晶圓平坦區域對準之段，而使一第二位準之電流被供應給與晶圓之圓形部分對準之第二物理陰極段。

【0111】第二物理陰極段可被設置在與晶圓相同的電鍍室中或在與主電鍍室離子連通之不同電鍍室中之晶圓之下(於相同的位準下)或晶圓之上。只要這些段係與相對於晶圓之不同方位角位置對準，就可使用這些段之任何配置。段數可依據製程之需求改變。在某些實施例中，使用在大約 2-10 段之間。

【0112】雖然一第二輔助陰極之一多分段的第二物理陰極在利用部署在極接近晶圓中的 1-D HRVA(如已經描述於上)是特別有用的，但這是可以獨立地且與於此所揭露之各種電鍍設備特徵部結合地被使用之單獨實施例。

【0113】 虛擬電極

【0114】在如於此所說明的一電鍍設備中應該認定兩種型式之電流源(或電流槽(sink))電極：一虛擬電極及一物理電極。兩種型式之電極提供電流

源(陽極)或電流槽(陰極)。

【0115】物理電極通常被稱為電化學界面，一般由例如金屬(例如銅)之導電材料所構成，電化學界面係為發生一電化學反應之固體(或者在某些情況中，當使用例如水銀之導電液體時是液體)物理構造。一物理電極之一例子係為發生銅電沈積或氧化之一塊銅。這些配置在一電鍍室之一電解質之內的物理導電陽極或陰極可具有各種尺寸，且依據電極之型式及其期望功能，可如期望地被設置在一電鍍室之內之任何地方，如於此所說明的一陽極室內部或外部、在一電鍍基板或 HRVA 板之上、之下或側邊。雖然物理電極具有有限尺寸(深度)，但當電極是非多孔性(例如一塊實心金屬)時，物理電極對反應電流分布之影響一般主要受限於暴露至腔室內之電解質之電極之表面輪廓。

【0116】一虛擬電極具有一相關的物理電極，其被設置於一位置(從虛擬電極被移除)。換言之，虛擬電極及其相關的物理電極之位置係被隔開了某些距離。然而，虛擬電極係與其相關的物理電極離子導電連通。除了其物理電極以外，一虛擬電極係由一絕緣或高度電阻式空穴構造所定義，其強迫與物理電極相關的電流及電流分布。這種構造一般係與電鍍液接觸。在沒有絕緣或高度離子電阻式構造的情況下，來自物理電極之電流分布於虛擬電極之場地可能是顯著更不均勻的。一種典型的絕緣構造係為一聚焦管或聚焦空穴，其朝除了至電鍍室之一較大區域之一開口部或口(例如，至腔室之主要部分之一開口部)以外之所有方向包圍物理電極。利用這種設計之虛擬電極之有效場地係為虛擬電極口(亦即，空穴或其他安全殼構造(containment structure)通往電鍍容器)之一較大區域(例如包含被電鍍之工件之區域)之位置)。由一絕緣構造中之一空穴所定義之一虛擬陰極之一例子係顯示為圖 3B 中之元件 348，於此相關的物理陰極係顯示為元件 360。藉由一空穴及一高度離子電阻式構造而形成之一虛擬陽極之一例子係為顯示為圖 3A 中之元件 301，並與陽極 315 相關的高電阻虛擬陽極(HRVA)。其他虛擬陽極係討論於申請日為 2005 年 1 月 20 日之美國專利申請第 11/040,359 號，其為了所有目的係於此併入作參考。

【0117】通常，一虛擬電極之特徵在於三個元件：1)一物理電極；2)一介電收容空穴，包含離子的導電電解質，其限制離子電流流入或流出物理電極之方式；以及 3)一個或多個空穴口。如所表示的，介電收容空穴構造本質上允許吾人限制、指引及/或聚焦經由虛擬電極空穴口被傳送至空穴，或從空穴發出之電流。一般而言，在虛擬電極空穴內的相關物理電極之場

地允許物理電極影響實質上從電極的物理場地被移除並被調換至虛擬電極的場地。

【0118】在某些實施例中，在一虛擬電極空穴內的物理電極係被設置在一薄膜(例如一陽離子的導電薄膜)後方或之下。這種薄膜可能適合限制物理電極暴露至鍍浴添加物，及/或避免於物理電極所產生之微粒進入主要電極腔室或運行至晶圓表面之目的。於某些實施例中，虛擬電極空穴之口包含一高電阻多孔性介電元件(一種所謂的高電阻虛擬陽極或陰極板)。包含這種板實質上增加於其中之壓降，並允許虛擬電極之口更接近一均勻電流源，其在某些情況下可增加虛擬電極之徑向效應並於一較低總輔助電極電流下建立更均勻的晶圓電流。

【0119】非導電虛擬電極空穴構造(例如塑膠壁面)指引所有或實質上所有的來自或走進物理電極之電流，其中物理電極係內部地儲藏在虛擬電極空穴中，用以從虛擬電極空穴口發出或進入虛擬電極空穴口。位於一導電物理電極之表面之電位一般大約是單一固定值。這個狀況可能但未必接近虛擬空穴口。吾人理解到對虛擬空穴口而言並不需要具有所有特性，或於虛擬陰極/陽極口場地導致相同的電流分布(如果一物理電極位於那處的話，其將會產生)。然而，來自物理電極之所有電流必須通過空穴口，且當電極、空穴、阻抗元件及其他元件被適當地設計時，可以使橫越過虛擬電極之電位及電流分布兩者變成是實質上均勻的。舉例而言，空穴之形狀可被修改以改善電鍍在物理陰極上之均勻性。虛擬電極口區雖然不需要，但一般而言是平面、環狀或圓錐形的，雖然其他形狀當然是可能的。對多數目的而言，虛擬電極口似乎扮演像一個"真正的"物理電極，其乃因為其顯現出電流通過流入或流出一主要的槽(cell)元件(例如主要的陽極室)之一表面。如所表示的，藉由以一物理電極將會產生的類似方式(如果物理電極被設置於虛擬電極口之位置)提供或消耗離子電流，這個空穴口"表面"影響電鍍狀況。

【0120】電鍍設備之電源供應部

【0121】在某些實施例中，一個或多個電源供應部係被提供給工件與一個或多個輔助陰極。在某些情況下，各別的電源供應部係被提供給每個輔助陰極與工件；這可允許彈性及獨立支配電源傳送至每個陰極。於圖 3C-3F 所描繪出之本實施例中，使用三個 DC 電源供應部來控制電流流動至晶圓 314，流動至物理陰極 339(與輔助陰極 350 相關的)，以及流動至物理陰極 360(與第二輔助陰極 348 相關)。於圖 3D 中，為了清楚起見，只顯示兩個

電源供應部，一個供晶圓 314 用而一個供物理陰極 339 用。電源供應部 380 具有一負輸出引線 382，其經由例如一個或多個滑環、電刷及/或接點(未顯示)而電連接至晶圓 314。電源供應部 380 之正輸出引線 384 係電連接至設置在分離的陽極室 304 中之一陽極 315。同樣地，一電源供應部 370 具有電連接至物理陰極 339 之一負輸出引線 372，與電連接至陽極 315 之一正輸出引線 374。或者，可以使用一個具有多重獨立可控制的電源插座之電源供應部，用以提供不同位準之電流至晶圓以及至輔助陰極。電源供應部 380 及 370 可被連接至一控制器 378，其允許被提供給晶圓及電鍍設備之輔助陰極之電流及電位之獨立控制。第二物理陰極(未顯示於圖 3D 中)係利用一種類似於物理陰極之物質而連接至一電源供應部(未顯示)。

【0122】在使用期間，電源供應部 380 及 370 分別偏壓晶圓 314 與物理陰極 339，用以具有相對於陽極 315 之一負電位。電源供應部 380 導致一電流從陽極 315 流至晶圓 314，藉以將金屬電鍍至晶圓之上。電源供應部 370 導致從陽極 315 流至晶圓 314 之電流被局部地或大幅地轉移至輔助陰極 350。上述電路亦可包含一個或數個二極體(未顯示)，當並不希望這種反轉時，其將避免電流流動之反轉。一種不期望的電流反饋可能在電鍍期間產生，其乃因為設定於接地電位之陽極 315 係為晶圓與輔助電路兩者之共同元件。一種供第二輔助陰極用之電源供應部係以一種類似方式操作。

【0123】利用供輔助陰極及第二輔助陰極兩者用之各別的電源供應部，可能動態上控制施加至每一陰極之電流。當利用金屬來電鍍一晶圓時，薄片電阻降低，且可能減少電流不均勻性，藉以在達到金屬之某個厚度之後使輔助陰極變成不必要。供應給輔助陰極之電流可能被動態控制，以導致晶圓之薄片電阻之減少及相關的更均勻電流分布，其在沒有輔助電極之活化的情況下正常得到。於某些實施例中，在晶圓之薄片電阻降至一定位準(例如大約每平方 1 歐姆或更低)之後，沒有電流被供應給輔助陰極。

【0124】良好電鍍均勻性可利用在大約每平方 $\frac{1}{2}$ 歐姆以下之薄片電阻適當設計的 HRVA 而達成。因此，EIRIS 電流本質上可被降至在這個電阻值以下接近零。更一般言之，如果電鍍製程係以具有每平方 100 歐姆或更多之一薄片電阻之一薄膜開始，舉例而言，則一旦薄片電阻降至大約每平方 20 歐姆以下，更好是或更廣泛地當電阻降至每平方 10 歐姆以下時，就可大幅地減少 EIRIS 電流。如上所述，大致上並不需於每平方 $\frac{1}{2}$ 歐姆以下之數值之 EIRIS 電流。如果被電鍍的薄膜是銅，則這些薄片電阻大概相當於小於晶圓上之銅之 15 Å(每平方 100 歐姆)、50 Å(每平方 20 歐姆)、100 Å(每平方 10

歐姆)以及 500 Å(每平方 0.5 歐姆)之厚度。

【0125】在又更進一步的實施例中，依據施加至晶圓之電流密度，因而是晶圓薄片電阻之減少速率，在金屬被電鍍至晶圓之上之後持續一段設定期間(例如大約 20 秒或更少之期間)，或在其他實施例中持續大約 5 至 6 秒或更少之期間，沒有電流或實質上沒有電流被供應給輔助陰極。

【0126】電流可能只藉由關閉供應給每個陰極之電流而降至輔助陰極及/或第二輔助陰極。電流亦可能持續一段時間是固定的，然後單調地減少，或是或者從在開始電鍍製程時，或從不久之後的一時間開始單調地減少。供應給第二輔助陰極之電流亦可以下述方式而被動態控制：被輔助陰極電流所驅動，及以遵循(例如成比例匹配)輔助陰極電流之某些方式。輔助電極電流之一者或兩者可以利用一種與總晶圓電流成比例的方式被動態限制，或以其他方式被操控。供應給輔助(及/或第二輔助陰極)之電流亦可以一種下述方式而被動態控制：藉由使用由流經晶圓、陽極或輔助陰極之電流所計算之一演算法及/或從(例如開始延遲，直到自電鍍開始以來到達一閾值觸發電流位準或時間)流經晶圓、陽極或輔助陰極之電流所轉移之時間。供應給輔助陰極及第二輔助陰極之電流並不需以相同方式或相同速率下減少。亦可使供應給晶圓、陽極、輔助及二次電極之任何一個之電流脈衝。脈衝可以是單純的電流開/關脈衝，具有對稱或不同的持續時間和關閉時間。或者，可能使用不同大小及期間之電流正向及反向脈衝。供應給一個或多個輔助電極之電流之控制係說明於發證給 Uzo 等人之美國專利第 6,168,693 號中，其全部且爲了所有目的於此併入作參考。

【0127】於一實施例中，輔助及二次陰極係在一在線 T 字形分割(in-line-tee split)之後，利用在它們其中一條之線路中的一電阻而被綁在一起，此線路來自於用以同時使兩個陰極通電之單一的電源供應部。在其他實施例中，對輔助陰極及第二輔助陰極兩者採用各別電源供應部，並允許每一陰極於不同時間有不同電流位準。在一特定實施例中，當電流首先被供應給輔助陰極時，供應給輔助陰極與供應給基板之電流之比率至少是大約 1:2(亦即，總晶圓電流之一半)，且在更進一步的特定實施例中至少是大約 5:1(亦即，總晶圓電流的 5 倍)。供應給第二輔助陰極之電流一般是供應給晶圓之電流之大約 10%(亦即，1:10)。關於第二輔助陰極之電流位準係更詳細說明於美國申請號 12/291,356 中，其已經事先併入作參考。

【0128】關於一電沈積製程之一種可能的電流時間分布圖(current-time profile)之一例子係說明於下。當首先爲 300 mm 晶圓開始電沈積製程時，可

能供應 5 A 電流給晶圓，可能供應 25 A 電流給輔助陰極，而可能供應 0.5 A 電流給第二輔助陰極。在 5 秒的時間已過去之後，供應給輔助陰極之電流係在隨後 10 秒的時間內，以一種線性方式從 25 安培劇降至 0 A，同時分別地保持供應給晶圓及第二輔助陰極之固定的 5A 電流及 0.5 A 電流。在總數 20 秒已過去之後，關閉至二次陰極之電流(設定到零)。於此情況下，關於最初 5 秒，從陽極供應 30.5 安培。從 5 至 15 秒，來自陽極之電流從 30.5 減少至 5.5 安培。在 20 秒之後，至陽極之電流降至 5 安培，且只維持從陽極至晶圓之電流。

【0129】可能藉由下述參數說明一種可能的電沈積製程之替代例子。於關於 450 mm 晶圓之電沈積製程之初始階段，基板表面之薄片電阻可能超過 3 歐姆/平方。輔助陰極與二次輔助陰極兩者係於最大電流之位準下導通。輔助陰極可能被供給以大約 1 至 40 A 之電流，而二次輔助陰極可能被供給以大約 1 至 25 A 之電流。當基板之表面變成更導電時，舉例而言，當基板表面之薄片電阻小於 3 歐姆/平方但大於 0.5 歐姆/平方時，或是或者在大約 6 秒之期間之後，關閉輔助陰極，且可動屏蔽開始以大約 6 至 8 mm/s 之速率而從其上部位置移動至其下部位置。一旦可動屏蔽到達其下部位置，基板之表面之薄片電阻就會低得多，譬如小於大約 0.5 歐姆/平方。在這一點上，關閉二次輔助陰極並完成電鍍。

【0130】吾人理解到對於一既定情況的最佳輪廓取決於許多因素，例如初始晶圓薄片電阻、電鍍的薄膜特定電阻率、鍍浴導電性、鍍浴添加物影響、鍍浴之流動以及其他與物理槽(cell)設計相關的因素，所以沒有一個電流時間分布圖適合於所有情況。因此，最佳電流時間分布圖最佳是根據實驗決定或數學地被估計(亦即，使用一電腦模型)。

【0131】與電源供應部 380 及 370 相關聯之控制器 378 允許提供至晶圓、輔助陰極與電鍍設備之第二輔助陰極，以及可動屏蔽之位置之電流及電位之獨立控制。因此，控制器 378 能夠控制電源供應部 380 及 370 以產生上述電流分布。然而，控制器一般不能夠獨立決定上述其中一個條件(例如，薄片電阻到達每平方 1 歐姆或更低的位準)是否已被滿足，雖然薄片電阻之估計可以基於在任何既定時間下經由引線 382 傳送至晶圓之電荷之一已知的總累積量而完成。因此，控制器可能與可決定一條件是否已被滿足之感測器相關聯地被使用。或者，控制器可能只利用關於晶圓、輔助陰極以及第二輔助陰極之每一個之獨立電流對時間分布圖而被程式化。控制器亦可測量供應給晶圓、輔助陰極與第二輔助陰極之電荷(庫侖=安培數*時間之積

分)，並以這些資料為電流時間分布圖的基礎。

【0132】控制器 378 可能被設計成用以在將一定義量之金屬電鍍至基板上之後或在電鍍持續一段定義時間之後，以一種從陽極產生更均勻的電流分布的方式控制傳送至輔助陰極之電力。控制器 378 亦可被設計成用以控制傳送至適合於轉移來自基板之一邊緣區域之離子電流之一部分之一第二輔助陰極之電力。再者，當使金屬沈積在基板上時，控制器 378 可能被設計成用以使傳送至輔助陰極及第二輔助陰極之電力每個都以不同的速率劇降。此外，控制器 378 可能被設計成用以在基板表面之薄片電阻到達一第一閾值位準之後，無供應電流或實質上無供應電流給輔助陰極，且在基板表面之薄片電阻到達一第二閾值位準之後，無供應電流或實質上無供應電流給二次輔助陰極。關於基板表面之薄片電阻之第一閾值位準可能在大約 2 與 5 歐姆/平方之間。第二閾值位準可能在大約 0.3 與 1 歐姆/平方之間，譬如 0.5 歐姆/平方。

【0133】控制器 378 亦可被設計成用以控制供應給輔助陰極及供應給基板之電流之位準。於一實施例中，當電流電鍍開始時，供應給輔助陰極與基板之電流之比率至少是大約 1:2。在另一實施例中，當電流電鍍開始時，供應給輔助陰極與基板之電流之比率至少是大約 5:1。

【0134】控制器 378 可能更進一步被設計或具體形成以控制可動屏蔽之位置。可動屏蔽之位置可能基於一些因素，包含但並未受限於基板表面之薄片電阻、時間(亦即，電沈積製程已經持續了多久)以及沈積至基板表面之上的金屬量而受控制。這些因素允許屏蔽位置之動態控制，藉以產生橫越過晶圓之更均勻的沈積。在某些實施例中，控制器操作以確保可動屏蔽於其上部位置開始電沈積製程，接著，允許可動屏蔽在基板表面之薄片電阻到達某個位準之後，以大約 6-8 mm/s 之速率移動至其下部位置。於一實施例中，控制器係被設計成用以在基板表面之薄片電阻到達大約 3 歐姆/平方時，導致屏蔽開始移動。在其他實施例中，控制器導致屏蔽在一段定義時間之後，譬如在電沈積之 6 秒之後開始移動。在又其他實施例中，控制器導致屏蔽在一定義量之金屬被電鍍至基板上之後開始移動。控制器可導致可動屏蔽以一固定或非固定速率移動，如上所述。

【0135】方法

【0136】圖 5 及 6A-6B 顯示說明用以將一金屬電鍍至一晶圓基板之上的製程之流程圖之例子。舉例而言，可能針對圖 1A、1B 及 2 所顯示之電鍍設備 100 執行圖 5 所顯示之製程。舉例而言，可能針對圖 3A 所顯示之電鍍

設備 300 執行圖 6A 所顯示之製程。舉例而言，可能針對圖 3B 所顯示之電鍍設備 300 執行圖 6B 所顯示之製程。

【0137】圖 5 所顯示之製程 500 於方塊 502 開始。於方塊 502，一基板被固定在一設備之一基板固持器中，此基板具有配置於其表面上之一導電種子及/或阻障層。此設備可包含一電鍍室及收容一陽極之一陽極室，其中電鍍室包含陽極室。陽極室可包含一個被配向在陽極與一離子電阻式離子能滲透的元件之間之絕緣屏蔽，而絕緣屏蔽之一中央區域中具有一開口部。

【0138】於方塊 504，將基板之表面浸入一電解質溶液中且最接近安置在表面與陽極室之間的離子電阻式離子能滲透的元件。舉例而言，電解質可能是一電鍍溶液，用以將銅電鍍至基板之上。離子電阻式離子能滲透的元件可具有平行於基板之表面並與基板之表面隔開之一平坦表面。

【0139】於方塊 506，電流被供應給基板以將一金屬層電鍍至種子及/或阻障層之上。於方塊 508，陽極室係從一第一位置被移動至一第二位置，其中第二位置係被設置於一段比第一位置更進一步遠離離子電阻式離子能滲透的元件之距離。當金屬被電鍍至種子及/或阻障層之上時，將陽極室從第一位置移動至第二位置可能有助於獲得橫越過基板之表面之一均勻電流密度。舉例而言，當陽極室位於第一位置時，具有一導電種子及/或阻絕之基板之一薄片電阻可能是大約 50 歐姆/平方至大約 5 歐姆/平方，或大約 50 歐姆/平方至 10 歐姆/平方。當金屬被電鍍至導電種子及/或阻絕之上時，陽極室可能隨著時間以一種線性方式被移動至第二位置。在某些實施例中，陽極室之位置可能在電鍍期間被動態控制，用以在金屬被電鍍至基板之上時，導致從基板之邊緣至中心之電壓降低之減少。

【0140】於此所揭露之某些操作係被某些數值之薄片電阻所觸發，或在某些數值之薄片電阻之下被執行。於某些實施例中，工作件上之導電層之薄片電阻係在沈積製程期間原處被測量。於某些實施例中，此層之薄片電阻係藉由模擬試驗或經驗技術而被預測或計算。在後者的情況下，一控制器或電源供應部可能適當地被設計成用以在一定時間或通過的庫侖數或其他與薄片電阻之一特定改變相關的獨立參數之後著手方法操作。

【0141】在某些實施例中，腔室可包含設置在陽極與離子電阻式離子能滲透的元件之間的一輔助陰極。電流可能被供應給輔助陰極，用以塑形來自陽極之電流分布並轉移來自基板之一邊緣區域之離子電流之一部分。

【0142】轉到圖 6A，圖 6A 所顯示之製程 600 於方塊 602 開始。於方塊 602，一基板係被固定在一設備之一基板固持器中，此基板具有配置在其表

面上之一導電種子及/或阻障層。此設備可包含一電鍍室及一陽極。電鍍室可包含一可動屏蔽。可動屏蔽可能被配向在陽極與一離子電阻式離子能滲透的元件之間，而在可動屏蔽之一中央區域中具有一開口部。

【0143】於方塊 604，將基板之表面浸入一電解質溶液中且最接近安置在表面與陽極室之間的離子電阻式離子能滲透的元件。舉例而言，電解質可能是一電鍍溶液，用以將銅電鍍至基板之上。離子電阻式離子能滲透的元件可具有平行於基板之表面並與基板之表面隔開之一平坦表面。

【0144】於方塊 606，電流被供應給基板以將一金屬層電鍍至種子及/或阻障層之上。於方塊 608，可動屏蔽係從一第一位置被移動至一第二位置，其中第二位置係被設置於一段比第一位置更進一步遠離離子電阻式離子能滲透的元件之距離。當金屬被電鍍至種子及/或阻障層之上時，將可動屏蔽從第一位置移動至第二位置可能有助於獲得橫越過基板之表面之一均勻電流密度。舉例而言，當可動屏蔽位於第一位置時，具有一導電種子及/或阻絕之基板之一薄片電阻可能是大約 50 歐姆/平方至 5 歐姆/平方或大約 50 歐姆/平方至 10 歐姆/平方。當金屬被電鍍至導電種子及/或阻絕之上時，可動屏蔽可能隨著時間而以一種線性方式被移動至第二位置。在某些實施例中，可動屏蔽之位置可能在電鍍期間被動態控制，用以在金屬被電鍍至基板之上時，導致從基板之邊緣至中心之電壓降低之減少。

【0145】接著，請看圖 6B，製程 650 於方塊 603 開始。可動屏蔽係被安置於最靠近工作件之一場地。可動屏蔽可能被設置在陽離子薄膜下方大約 5 公厘至 15 公厘處，舉例而言 10 公厘。於方塊 605，當最大電流被傳送至輔助陰極與二次輔助陰極時，電鍍開始。在某些實施例中，施加至輔助陰極之最大電流可能是大約 5 至 40 安培，而施加至二次輔助陰極之最大電流可能是大約 5 至 20 安培。

【0146】於方塊 607，當工作件之薄片電阻降至一第一閾值時，開始減少或關閉至輔助陰極之電流。舉例而言，在某些實施例中，當基板表面之薄片電阻到達大約 2 至 5 歐姆/平方(譬如 3 歐姆/平方)時，關閉至輔助陰極之電流。在某些情況下，輔助陰極被供給以電流持續大約 6 秒。

【0147】於方塊 609，將可動屏蔽移動遠離工作件。於某些實施例中，操作 609 可在操作 607 之前發生。可動屏蔽可能以每秒大約 5 至 10 公厘(譬如每秒 6 至 8 公厘)之速率移動遠離工作件。於方塊 611，當工作件之薄片電阻降至一第二閾值時，開始減少或關閉至二次輔助陰極之電流。舉例而言，當基板表面之薄片電阻到達 0.3 至 1 歐姆/平方時，可開始減少或關閉

至二次陰極之電流。

【0148】於方塊 613，來自輔助陰極之電流被關閉或位於一最小位準，且可動屏蔽係被安置於最遠離工作件之一場地。在某些實施例中，在減少或關閉至二次輔助陰極之電流之前，可動屏蔽到達其最後位置。在其他實施例中，在可動屏蔽到達其最後位置之前，開始減少或關閉至二次輔助陰極之電流。在某些實施例中，當基板表面之薄片電阻大約或在 0.5 歐姆/平方以下時，屏蔽到達其最後場地。方塊 613 中之可動屏蔽之場地可能是比在可動屏蔽在方塊 609 中開始移動之前更遠離基板大約 75 公厘至 120 公厘。最後，在方塊 615 中，完成電鍍製程。

【0149】在某些實施例中，可動屏蔽可包含兩個絕緣圓盤。每一個絕緣圓盤可包含在每個圓盤之一中央區域中的一開口部，且更包含在每個圓盤中之複數個開孔。當可動屏蔽係處於第一位置時，電解質可能無法流經複數個開孔。當可動屏蔽從第一位置移動至第二位置時，第一及第二圓盤之方位可能改變，以使電解質能夠流經複數個開孔。當金屬被電鍍至種子及/或阻障層之上時，依此方式運作之一可動屏蔽之第一與第二絕緣圓盤可能有助於獲得橫越過基板之表面之一均勻電流密度。

【0150】在某些實施例中，腔室可包含一個設置在陽極與離子電阻式離子能滲透的元件之間的輔助陰極。電流可能動態上被供應給輔助陰極，用以塑形來自陽極之電流分布。某些實施例可更包含一個設置於實質上與基板相同之平面中之二次輔助陰極。電流可能動態上被供應給二次輔助基板，用以轉移來自基板之一邊緣區域之離子電流之一部分。

【0151】數值模擬試驗

【0152】圖 7-10 顯示關於不同電鍍室配置之電流密度對一晶圓基板上的徑向位置之數值模擬之例子。這些數值模擬係被執行以量化並確認於此所揭露的可動陽極室相對於其他硬體配置(hardware configuration)之能力。一種有限元素模型(使用商業軟體 FlexPDE™)係用來模擬。在大部分情況下，使用此模型以預測電鍍槽之能力，用以在 450 mm 晶圓基板上之 50 歐姆/平方種子層上產生均勻的初始電流分布。

【0153】圖 7 顯示關於使用 HRVA 之一電鍍槽、一輔助陰極以及一個二次輔助陰極之電流密度對晶圓基板上之徑向位置(亦即，0 係為晶圓基板中心而 225 係為晶圓基板邊緣)。輔助及二次輔助陰極配置係更進一步說明於美國專利申請號 12/481,503 及 12/606,030 中，兩者係於此併入作參考。舉例而言，在 300 mm 晶圓基板之處理中可能使用這樣的一種電鍍槽配置。圖

7 顯示即使在使用關於塑形電流分布並減少邊緣電流之輔助陰極與二次輔助陰極元件之設定時，靠近晶圓基板邊緣之電流密度仍高於靠近晶圓基板中心之電流密度大約 600%。因為在初始電鍍期間，當小特徵部被銅(正被電解沈積)所充填時，可能需要橫越過晶圓基板之均勻電流密度，所以這種電鍍槽配置不會被使用在這樣的製程中。然而，這種電鍍槽配置可以在厚的銅薄膜上產生一均勻輪廓。

【0154】圖 8 顯示藉由使用所揭露的設備而產生之電流分布之一例子，此設備具有一可動陽極室，而可動陽極室係位於其上部位置。關於這個模型，陽極室開口部係為 210 mm。於 105 mm 徑向位置處，一絕緣屏蔽朝上延伸大約 14 mm 到達一 HRVA 板。從那個位置，絕緣屏蔽向外延伸至 HRVA 板之外周邊下方之大約 4 mm 之位置。HRVA 板係為 1.17% 多孔性的，具有 223.5 mm 之外開口直徑，且位在晶圓基板下方 5mm。

【0155】於晶圓基板中心開始，初始電流密度由於橫越過陽極室上方之晶圓基板之內 85 mm 半徑之終端效應而增加。然而，由於傾斜的絕緣屏蔽之屏蔽效應，向外到達大約距離晶圓基板中心 170 mm 之一徑向位置之電流密度下降。於從大約 170 mm 至 215 mm 之半徑，電流密度由於於晶圓基板之外側部(於此需要橫越過種子層之較高電流流動)之極強的終端效應而增加。超過 215 mm，二次輔助陰極有效地減少電流密度。整體電流分布改變了大約 25%，這比典型利用縮放至 450 mm 晶圓基板使用之既存硬體之 600% 變化來得更好(參見圖 7)。如上所述，可使用下述參數，例如絕緣屏蔽開口直徑、絕緣屏蔽之斜率、在絕緣屏蔽與 HRVA 板之間的距離、在 HRVA 板與晶圓基板之間的距離、HRVA 板百分比之開放面積或厚度以及二次輔助陰極強度，用以在開始在一薄電阻式種子層上電鍍時，調整電流分布。

【0156】圖 9 顯示藉由使用所揭露的設備之另一配置而產生之電流分布之一例子，此設備具有一可動陽極室，而可動陽極室係位於其上部位置。關於這個模型，在 HRVA 板之外部分與陽極室之外部分之間間距被增加至 8 mm，其允許一薄膜及溶液入口點被安置在 HRVA 板與陽極室之間。亦可使用一種更複雜形狀之絕緣屏蔽。如圖 9 所示，整體電流分布改變了大約 21%。

【0157】如上所述，在銅被電鍍至種子層之上且終端效應變得較不顯著之後，可能使可動陽極室移動至一下部位置，用以產生橫越過晶圓基板之表面之均勻電流分布。圖 10 顯示藉由使用一種模型而產生之電流分布之一例子，於此模型中，陽極室係位於一下部位置中(例如，距離其上部位置

大約 20 cm)，且晶圓基板上之銅層係為 $0.4 \mu\text{m}$ 厚。如所顯示，整體電流分布改變了大約 3%。

【0158】因此，如這些數值模擬所說明的，可能使用一可動陽極室(與其他技術結合)以有效地減輕終端效應。又，在一金屬被電鍍至一薄電阻式種子層上之後，一可動陽極室(被安置成以使電流流動至晶圓基板邊緣並未被阻礙)仍然可提供橫越過一晶圓基板之表面之一均勻電流密度。

【0159】更進一步的實施例

【0160】舉例而言，以上所說明之設備/方法亦可能與平版印刷圖案化工具或製程聯合使用，以供半導體裝置、顯示器、LED、光電伏特面板等等之製造或製造使用。一般而言，雖然不需要，但這種工具/製程將在共同製造設施中一起被使用或處理。一薄膜之平版印刷圖案化一般包含下述步驟之某些或全部，利用一些可能的工具啟動每個步驟：(1)藉由使用一旋塗式或噴塗式工具，將光阻塗敷在一工件(亦即基板)上；(2)藉由使用一熱墊板或爐或 UV 固化工具固化光阻；(3)利用例如一晶圓步進機之一工具而使光阻曝露至可見光或暴露至 UV 或 x 射線光；(4)使用例如一溼式清洗台(wet bench)之一工具顯影光阻，俾能選擇性地移除光阻並藉以將其圖案化；(5)藉由使用一乾燥或電漿輔助蝕刻工具將光阻圖案傳送進入一下層薄膜或工件中；以及(6)藉由使用例如一 RF 或微波電漿光阻剝離液之工具來移除光阻。

【0161】吾人理解到於此所說明之例子及實施例，係僅為了說明之目的且根據其之各種修改或改變將被提議給熟習本項技藝者。雖然為了明確起見而已省略各種細節，但可能實施各種設計替代方案。因此，本例子係被視為例示而非限制的，且所揭露的實施例並未受限於在此提出的細節，但可能在以下的申請專利範圍之範疇之內被修改。更進一步，吾人理解到於本申請案中所提供的多數特徵可以各別地與彼此利用任何適當的組合被實行，如其中一個熟習本項技藝者所將理解的。

【符號說明】

- 100：電鍍設備
- 105：腔室
- 107：第一電解質溶液
- 110：基板支撐部

- 115：陽極室
- 117：第二電解質溶液
- 120：陽極
- 125：陽離子薄膜
- 130：基板
- 135：離子電阻式離子能滲透元件/離子導電離子阻抗元件
- 145：距離
- 150：絕緣屏蔽
- 160：角度
- 165：距離
- 300：電鍍設備
- 301：離子電阻式離子能滲透的元件
- 304：陽極室
- 305：電鍍室/腔室
- 308：擴散腔室
- 312：陽離子薄膜
- 314：晶圓
- 315：陽極
- 316：間隙
- 317：周邊間隙
- 320：可動屏蔽
- 325：第一絕緣圓盤
- 326：開口部
- 327：凸緣
- 328：開孔
- 330：第二絕緣圓盤
- 331：開口部
- 332：脊
- 333：開孔
- 339：物理陰極

- 340：距離
- 341：輔助陰極腔室
- 343：腔室
- 344：離子能滲透的薄膜
- 346：陽離子薄膜
- 348：二次輔助陰極/第二輔助陰極
- 349：高離子電阻式多孔性薄膜
- 350：二次輔助陰極/二次輔助陰極環
- 351、354：進入處
- 352、356：離開處
- 360：二次輔助陰極環/物理陰極/第二物理陰極
- 362：屏蔽擋止
- 364：屏蔽移動
- 366：屏蔽開口部
- 370：電源供應部
- 372：負輸出引線
- 374：正輸出引線
- 378：控制器
- 380：電源供應部
- 382：負輸出引線
- 384：正輸出引線
- 500：製程
- 502：方塊
- 504：方塊
- 506：方塊
- 508：方塊
- 600：製程
- 602：方塊
- 603：方塊
- 604：方塊

605：方塊

606：方塊

607：方塊

607：操作

608：方塊

609：方塊

609：操作

611：方塊

613：方塊

615：方塊

650：製程

申請專利範圍

1. 一種設備，包含：
 - (a)一電鍍室，用於在將金屬電鍍至一基板上時包含一電解質及一陽極；
 - (b)一基板固持器，用於固定該基板，以使該基板之一電鍍面在電鍍期間被安置於離該陽極一距離，該基板固持器具有一或多個電源接點，該一或多個電源接點被配置以接觸該基板之一邊緣並在電鍍期間提供電流給該基板；
 - (c)一離子電阻式離子能滲透的元件，安置在該基板與該陽極之間，該離子電阻式離子能滲透的元件具有一平坦表面，該平坦表面實質上平行於該基板之該電鍍面並與該基板之該電鍍面隔開；
 - (d)一屏蔽，安置在該離子電阻式離子能滲透的元件與該陽極之間，該屏蔽在該屏蔽之中央區域中包含一開口部，其中該屏蔽包含一外周邊及一內周邊，該屏蔽之該內周邊界定該開口部，且其中該屏蔽之一表面包含一斜坡，以使該外周邊比該內周邊更接近該離子電阻式離子能滲透的元件；以及
 - (e)一輔助陰極，設置在該陽極與該離子電阻式離子能滲透的元件之間，且周圍地被配向以在該輔助陰極於電鍍期間被提供以電流時，塑形來自該陽極之電流分布。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，更包含一陽離子薄膜，將該電鍍室分成一陽極室及一陰極電解液腔室，其中該陰極電解液腔室包含未被該陽極室所佔據之該電鍍室之一容積。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該屏蔽中之該開口部之面積是該基板之該電鍍面之面積之 15%至 80%。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該屏蔽中之該開口部之半徑係在 90 至 160 公厘之間。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該屏蔽可相對於該離子電阻式離子能滲透的元件移動，以改變該屏蔽與該離子電阻式離子能滲透的元件之間的一距離。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該屏蔽可相對於該離子電阻式離子能滲透的元件移動，以在電鍍期間改變該屏蔽與該離子電阻式離子能滲透的元件之間的一距離。
7. 如申請專利範圍第 5 項所述之設備，其中在該屏蔽與該離子電阻式離子能滲透的元件之間的該距離可能改變了 75 至 120 公厘。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中在該陽極與該基板之間的該距離係在 150 至 250 公厘之間。
9. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該輔助陰極係在 6.3 與 25.4 公厘高之間。
10. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該輔助陰極係在該離子電阻式離子能滲透的元件下方之 20 至 40 公厘之間。
11. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該離子電阻式離子能滲透的元件具有一離子電阻體，該離子電阻體具有在該離子電阻體中形成的複數個穿孔，以使該等穿孔並未形成在該離子電阻體之內的連接通道，其中該等穿孔允許離子傳輸經由該元件，且其中實質上所有穿孔在面向不大於 5 公厘之該基板之該表面之該元件之該表面上具有該開口部之一主要尺寸或一直徑。
12. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該離子電阻式離子能滲透的元件係為一個具有在 6,000 至 12,000 個穿孔之間的圓盤。
13. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該離子電阻式離子能滲透的元件具有 5% 多孔性或更小之孔隙率。
14. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該離子電阻式離子能滲透的元件之該平坦表面係在電鍍期間與該基板之該電鍍面隔開了 1 至 8 公厘之間隙。
15. 如申請專利範圍第 6 項所述之設備，更包含：
 - 一控制電路，被設計或用於以一種於該基板之該電鍍面從該陽極產生一均勻電流分布的方式，控制在該屏蔽與該離子電阻式離子能滲透的元件之間的該距離。

16. 如申請專利範圍第 6 項所述之設備，更包含：

一控制電路，被設計或用於在開始電鍍該金屬時，將該屏蔽定位於離開該離子電阻式離子能滲透的元件之第一距離，且在該金屬被電鍍至該基板上時，使該屏蔽移動至離開該離子電阻式離子能滲透的元件之第二距離，該第一距離小於該第二距離。

17. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該輔助陰極係為一虛擬輔助陰極，其具有儲藏於該電鍍室之一空穴中的一相關的物理陰極，其中該空穴與該電鍍室係離子連通的。

18. 如申請專利範圍第 6 項所述之設備，更包含：

一控制電路，被設計或用於在該金屬被電鍍至該基板上時，使該屏蔽隨著時間移動。

19. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，更包含一個二次輔助陰極，其在電鍍期間被設置在實質上與該基板相同之平面中，且適合於從該基板之一邊緣區域轉移離子電流之一部分。

20. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，更包含一回授系統，藉以在電鍍期間基於該基板表面之薄片電阻，而允許被供應至該輔助陰極之該電流被控制。

21. 如申請專利範圍第 6 項所述之設備，更包含：

一控制器，包含用以實施一製程之複數個程式指令，該製程包含下述操作：

(a)將固定在該基板固持器中之該基板之該電鍍面浸泡在該電解質中，該基板具有配置在該電鍍面上之一導電種子及/或阻障層；

(b)供應電流給該基板以將該金屬電鍍至該種子及/或阻障層上；

(c)供應電流給該輔助陰極，藉以塑形來自該陽極之該電流密度；及

(d)使該屏蔽從一第一位置移動至一第二位置，該第二位置係被設置於比該第一位置更進一步遠離該離子電阻式離子能滲透的元件之距離。

22. 如申請專利範圍第 2 項所述之設備，其中該陽離子薄膜係被安置在該離子電阻式離子能滲透的元件與該屏蔽之一位置之間，於該位置處該屏蔽最為靠近該離子電阻式離子能滲透的元件。
23. 如申請專利範圍第 2 項所述之設備，其中當該屏蔽位於最靠近該離子電阻式離子能滲透的元件之一位置時，該陽離子薄膜係被設置在該屏蔽上方之 10 至 30 mm 處。
24. 如申請專利範圍第 5 項所述之設備，其中該屏蔽之該等位置包含一上部位置，且其中當該屏蔽位於該上部位置時，該外周邊距離該離子電阻式離子能滲透的元件 20 至 40 公厘，而該內周邊距離該離子電阻式離子能滲透的元件 30 至 50 公厘。
25. 如申請專利範圍第 18 項所述之設備，其中該控制電路更進一步被設計或用於在電鍍期間減少或關閉至該輔助陰極之該電流。
26. 如申請專利範圍第 18 項所述之設備，更包含：
一個二次輔助陰極，在電鍍期間實質上被設置在與該基板相同之平面，且適合於從該基板之一邊緣區域轉移離子電流之一部分，其中該控制電路更進一步被設計或用於在下述條件之後減少或關閉至該二次輔助陰極之該電流：
(a)該基板表面之電阻到達 0.3-1 歐姆/平方之一第二閾值電阻，
(b)一第二閾值數量之金屬係被電鍍至該基板上，
(c)經過一第二閾值時間期間，或
(d)該屏蔽到達一第二閾值位置。
27. 如申請專利範圍第 18 項所述之設備，其中該控制電路被設計或用於在電流電鍍開始時，以至少 4：1 之一比率供應電流給該輔助陰極與該基板。
28. 如申請專利範圍第 25 項所述之設備，其中該控制電路更進一步被設計或用於在下述條件之後減少或關閉至該輔助陰極之該電流：

(a)該基板表面之電阻到達 2-5 歐姆/平方之一第一閾值電阻，

(b)一第一閾值數量之金屬係被電鍍至該基板上，

(c)經過一第一閾值時間期間，或

(d)該屏蔽到達一第一閾值位置。

29. 一種系統，包含如申請專利範圍第 1 項所述之該設備及一步進機(stepper)。

30. 一種方法，包含：

(a)將一基板固定在一設備之一基板固持器中，該基板具有配置在其表面上之一導電種子及/或阻障層，該設備包含一電鍍室、一屏蔽以及收容一陽極之一陽極室，該電鍍室包含該陽極室，該屏蔽被配向在該陽極與一離子電阻式離子能滲透的元件之間，其中該屏蔽包含一外周邊及一內周邊，該屏蔽之該內周邊在該屏蔽之一中央區域中界定一開口部，且其中該屏蔽之一表面包含一斜坡，以使該外周邊比該內周邊更接近該離子電阻式離子能滲透的元件；

(b)將該基板之該表面浸泡在一電解質溶液中並接近安置在該表面與該陽極室之間的該離子電阻式離子能滲透的元件，該離子電阻式離子能滲透的元件具有平行於該基板之該表面並與該基板之該表面隔開之一平坦表面；

(c)供應電流給該基板以將一金屬層電鍍至該種子及/或阻障層上；及

(d)供應電流給設置在該陽極與該離子電阻式離子能滲透的元件之間的一輔助陰極，藉以塑形來自該陽極之該電流分布。

31. 如申請專利範圍第 30 項所述之方法，更包含：供應電流給一個二次輔助陰極，該二次輔助陰極被設置在實質上與該基板相同之平面中，且藉以從該基板之一邊緣區域轉移離子電流之一部分。

32. 如申請專利範圍第 30 項所述之方法，更包含：在電鍍期間動態地控制該屏蔽之一位置，以導致從該基板之該表面之一邊緣至一中心之一電壓降低之減少。
33. 如申請專利範圍第 30 項所述之方法，其中該電鍍室更包含：將該電鍍室分成一陽極電解液腔室及一陰極電解液腔室之一陽離子薄膜，其中該陽極存在於該陽極電解液腔室中。
34. 如申請專利範圍第 30 項所述之方法，其中該屏蔽中之該開口部之面積是介於該基板之該表面之面積之 15%至 80%之間。
35. 如申請專利範圍第 30 項所述之方法，更包含：
(e)使該屏蔽從一第一位置移動至一第二位置，該第二位置係被設置於比該第一位置更進一步遠離該離子電阻式離子能滲透的元件之距離，其中當該屏蔽係位於該第一位置時，具有一導電種子及/或阻障之該基板之薄片電阻是介於每平方 50 歐姆至每平方 5 歐姆之間。
36. 如申請專利範圍第 30 項所述之方法，更包含：
(e)使該屏蔽從一第一位置移動至一第二位置，該第二位置係被設置於比該第一位置更進一步遠離該離子電阻式離子能滲透的元件之距離，其中該屏蔽在一段時間內從該第一位置移動至該第二位置。
37. 如申請專利範圍第 30 項所述之方法，更包含：
將光阻塗敷至該基板；
對該光阻曝光；
圖案化該光阻並將圖案傳送至該基板；及
從該基板選擇性地移除該光阻。
38. 如申請專利範圍第 30 項所述之方法，其中該離子電阻式離子能滲透的元件具有複數個非連通穿孔，且其中該電解質中之離子通過該等穿孔。
39. 如申請專利範圍第 30 項所述之方法，其中該輔助陰極係為一虛擬輔助陰極，其具有儲藏於該電鍍室之一空穴中的一相關的物理陰極，其中該空穴與該電鍍室係離子連通的。

40. 如申請專利範圍第 30 項所述之方法，更包含在電鍍期間動態地控制供應給該輔助陰極之電流量，以導致於該基板之該作業表面之不均勻電流分布之減少。
41. 如申請專利範圍第 30 項所述之方法，其中當在步驟(d)中電流首先被供應給該輔助陰極時，供應給該輔助陰極與供應給該基板之電流之比率至少是 4 : 1。
42. 如申請專利範圍第 30 項所述之方法，其中在電鍍期間，供應給該輔助陰極之一最大電流係在 5 至 40 安培之間。
43. 如申請專利範圍第 31 項所述之方法，其中在電鍍期間，供應給該二次輔助陰極之一最大電流係在 5 至 25 安培之間。
44. 如申請專利範圍第 31 項所述之方法，其中在電鍍期間，供應給該輔助陰極與該二次輔助陰極之電流之比率的範圍在 2 : 1 與 10 : 1 之間。
45. 如申請專利範圍第 38 項所述之方法，其中實質上所有穿孔在面向不大於 5 公厘之該基板之該表面之該元件之該表面上具有該開口部之一主要尺寸或一直徑。
46. 如申請專利範圍第 40 項所述之方法，其中沒有電流或實質上沒有電流係在下述條件之後被供應給該輔助陰極：
- (i)該基板表面之該薄片電阻到達 2 至 5 歐姆/平方，
 - (ii)在步驟(c)期間，至少 100 至 250 埃之金屬被電鍍，或
 - (iii)金屬係在步驟(c)期間持續一段介於 2 至 6 秒之間的時間被電鍍。
47. 一種非暫時性電腦機器可讀取媒體，包含複數個程式指令以供一設備之控制用，該等指令包含以下碼，用以：
- (a)將一基板固定在一設備之一基板固持器中，該基板具有配置在其表面上之一導電種子及/或阻障層，該設備包含一電鍍室、一屏蔽以及收容一陽極之一陽極室，該屏蔽被配向在該陽極與一離子電阻式離子能滲透的元件之間，而在該屏蔽之一中央區域中具有一開口部，其中該屏蔽包含一外周邊及一內周邊，該屏蔽之該內周邊界定該開口部，且其中該屏蔽之一表面包含一斜

坡，以使該外周邊比該內周邊更接近該離子電阻式離子能滲透的元件；

(b)將該基板之該表面浸泡在一電解質溶液中並接近安置在該表面與該陽極室之間的該離子電阻式離子能滲透的元件，該離子電阻式離子能滲透的元件具有平行於該基板之該表面並與該基板之該表面隔開之一平坦表面；

(c)供應電流給該基板以將一金屬層電鍍至該種子及/或阻障層上；及

(d)供應電流給設置在該陽極與該離子電阻式離子能滲透的元件之間的一輔助陰極，藉以塑形來自該陽極之該電流分布。

圖式

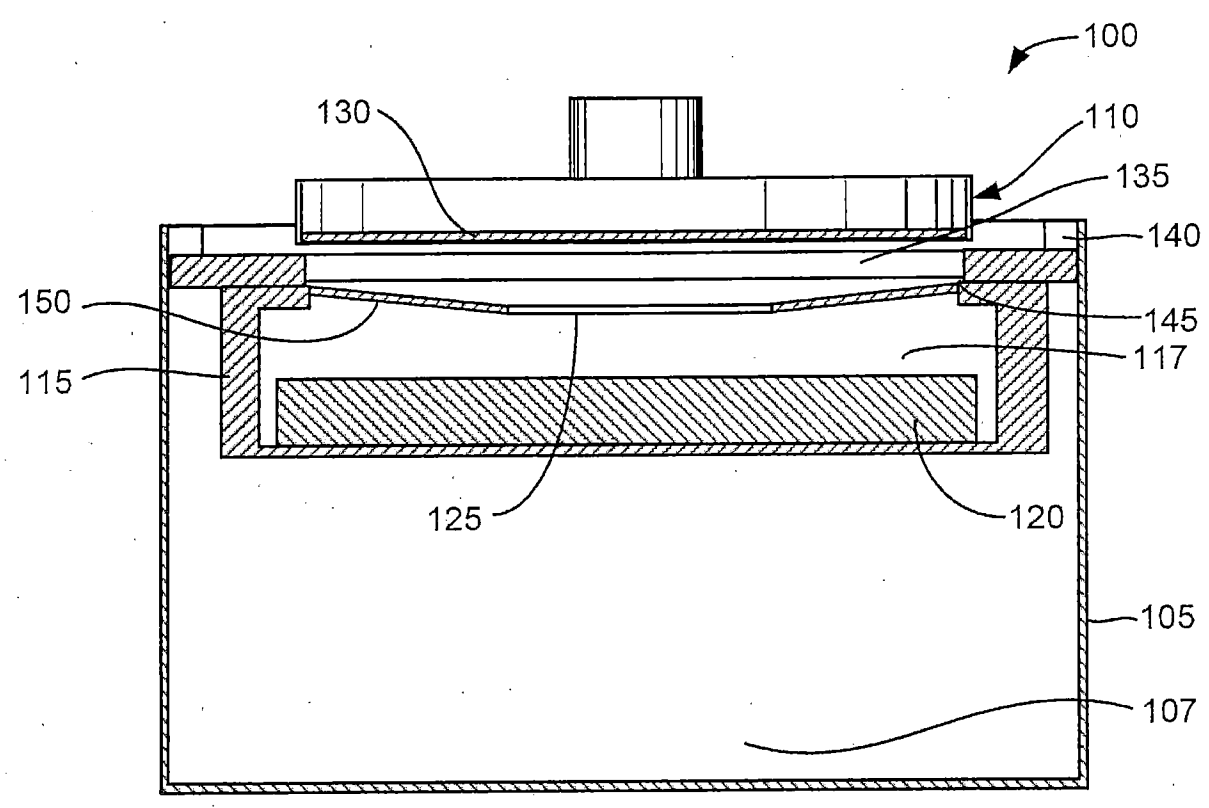


圖 1A

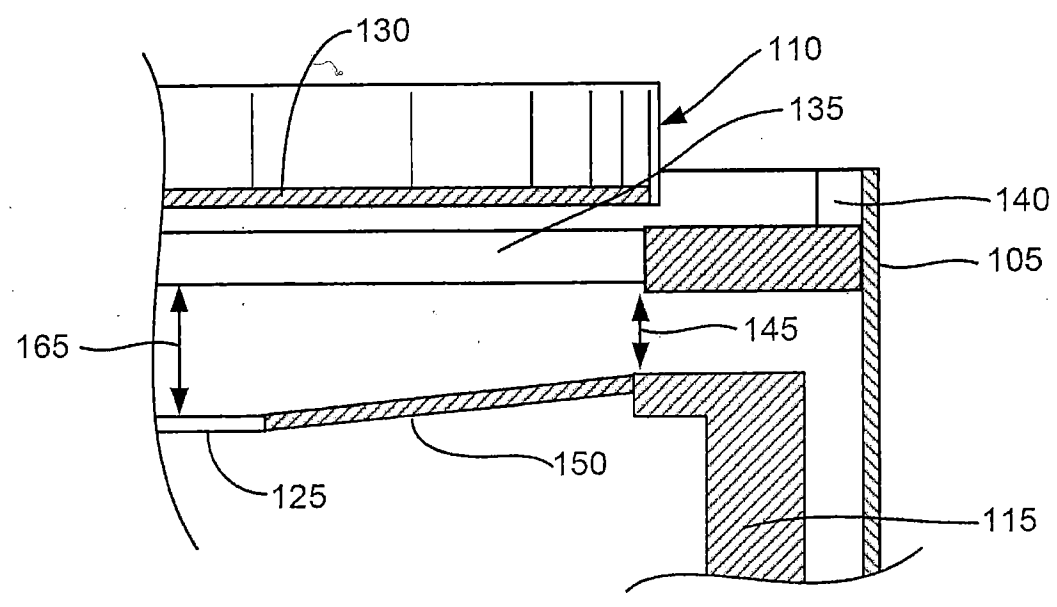


圖 1B

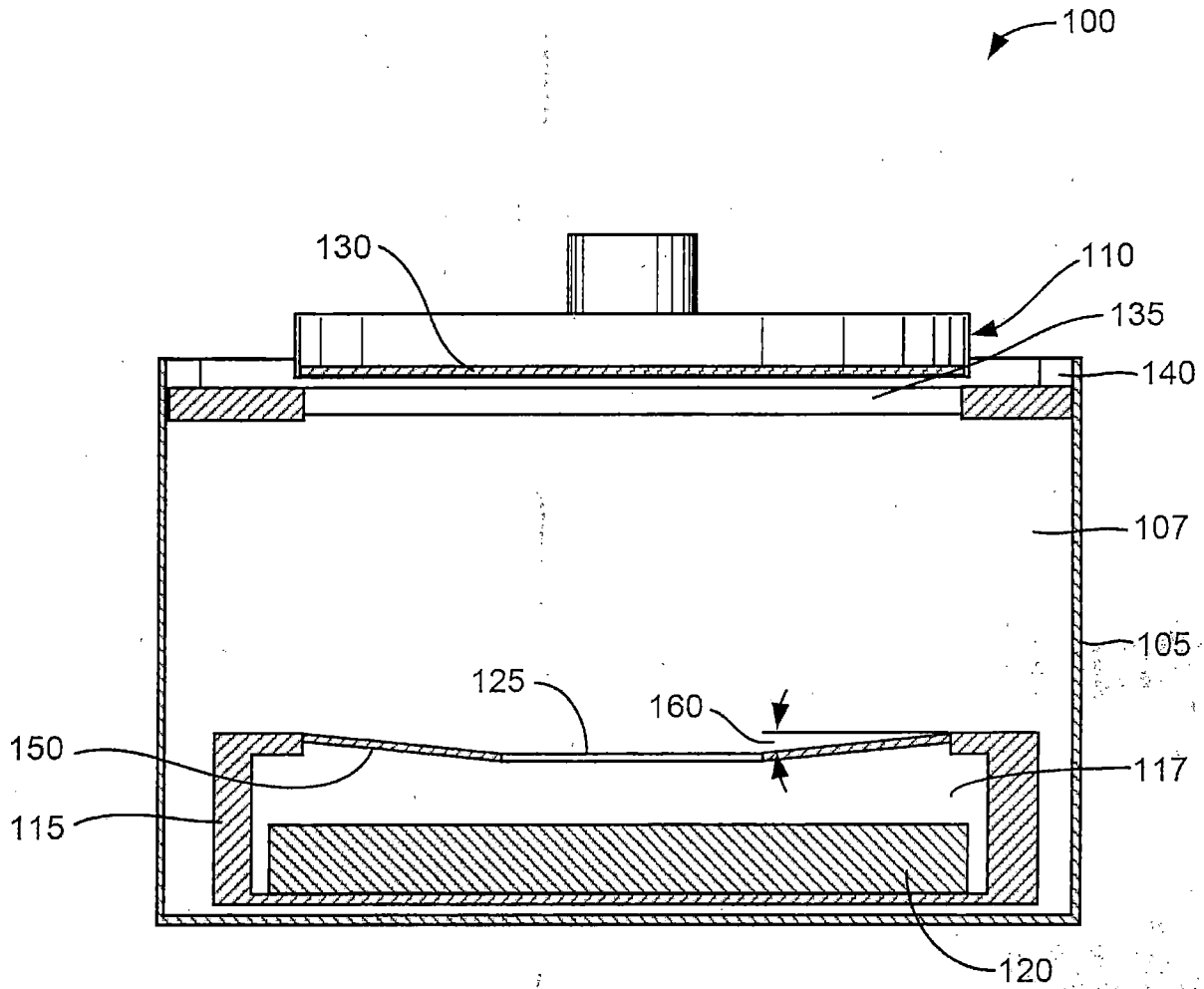


圖 2

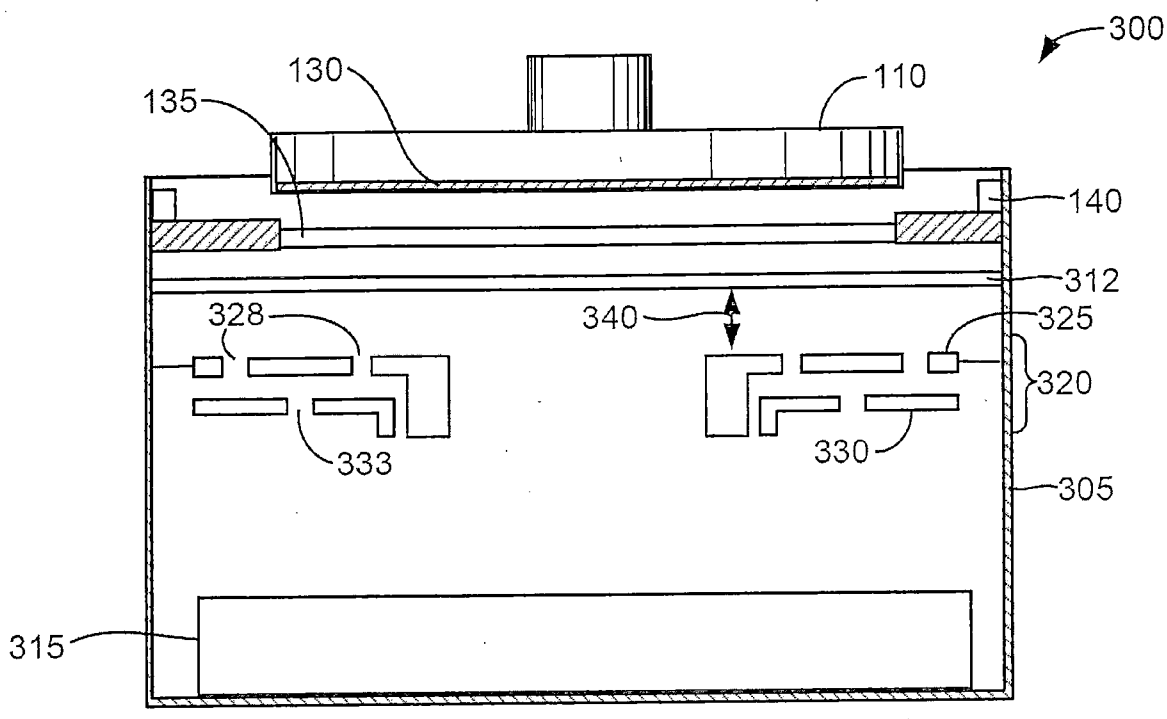


圖 3A

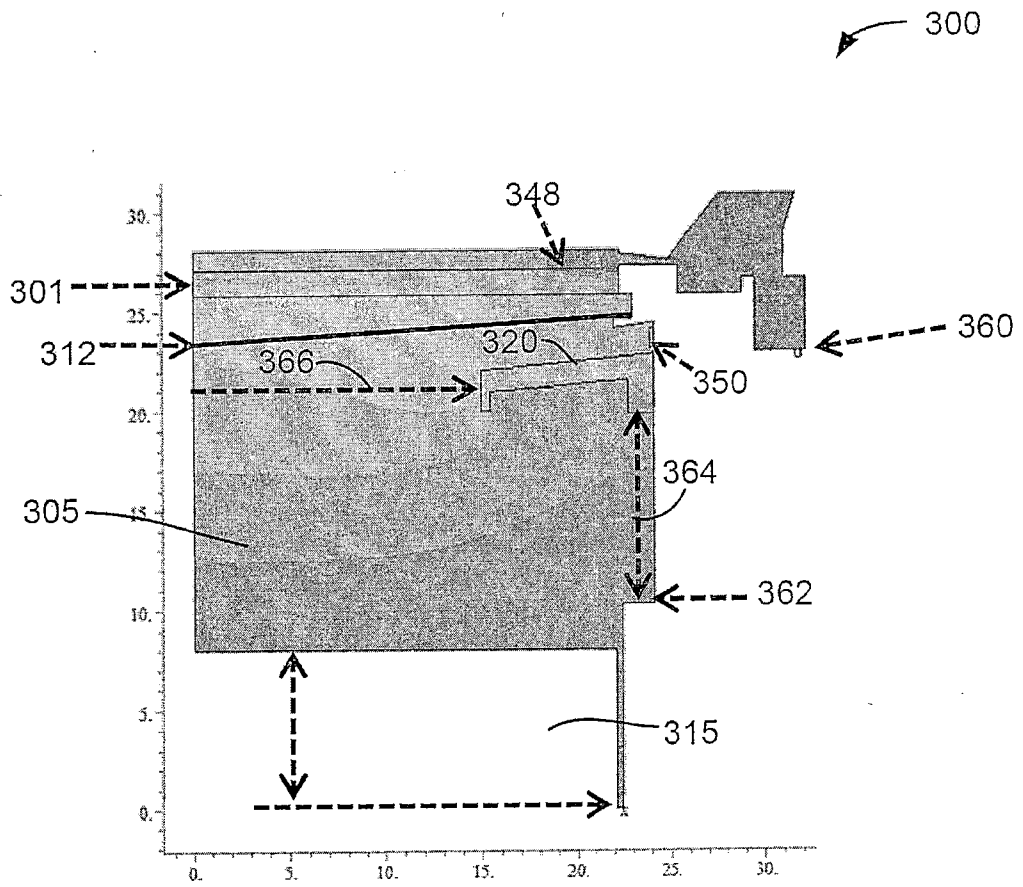


圖 3B

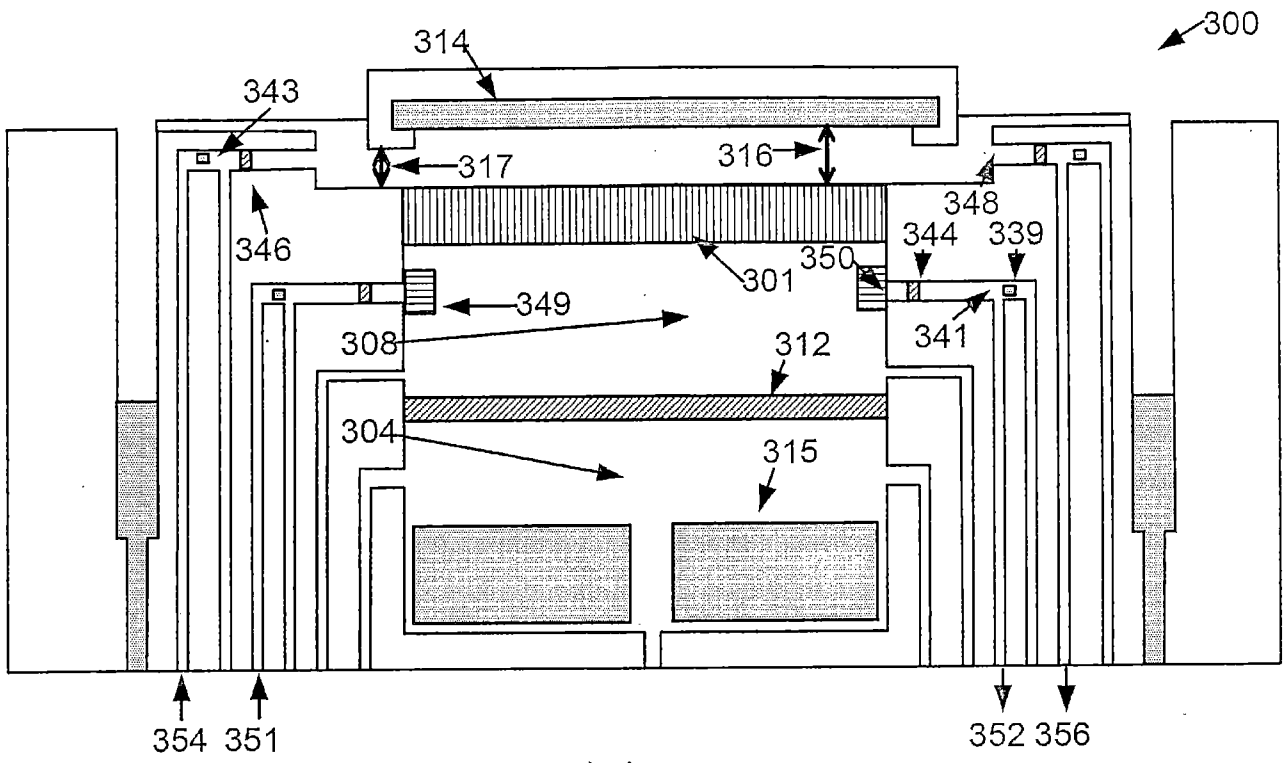


圖 3C

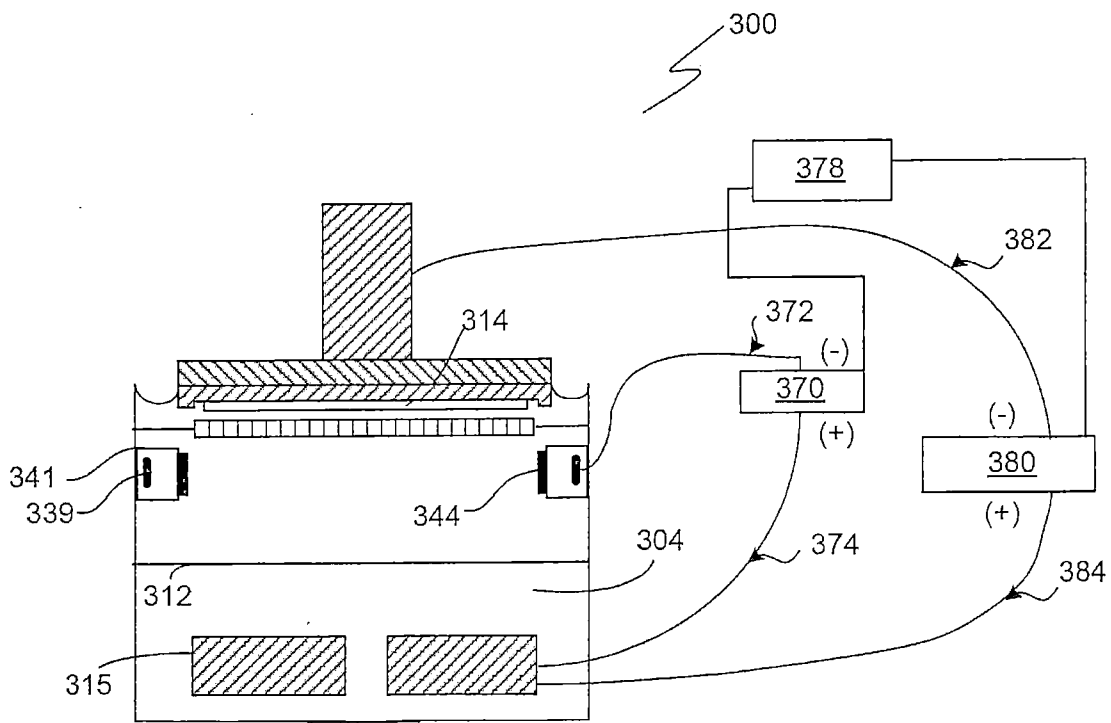


圖 3D

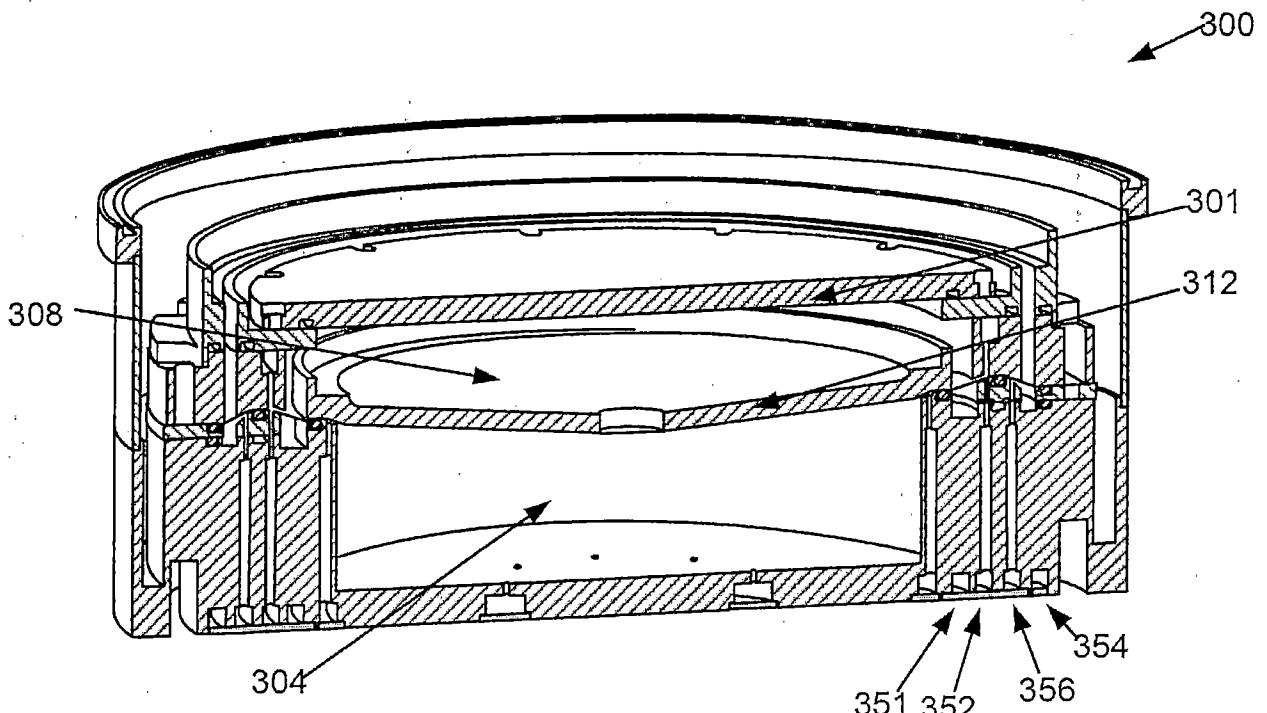


圖 3E

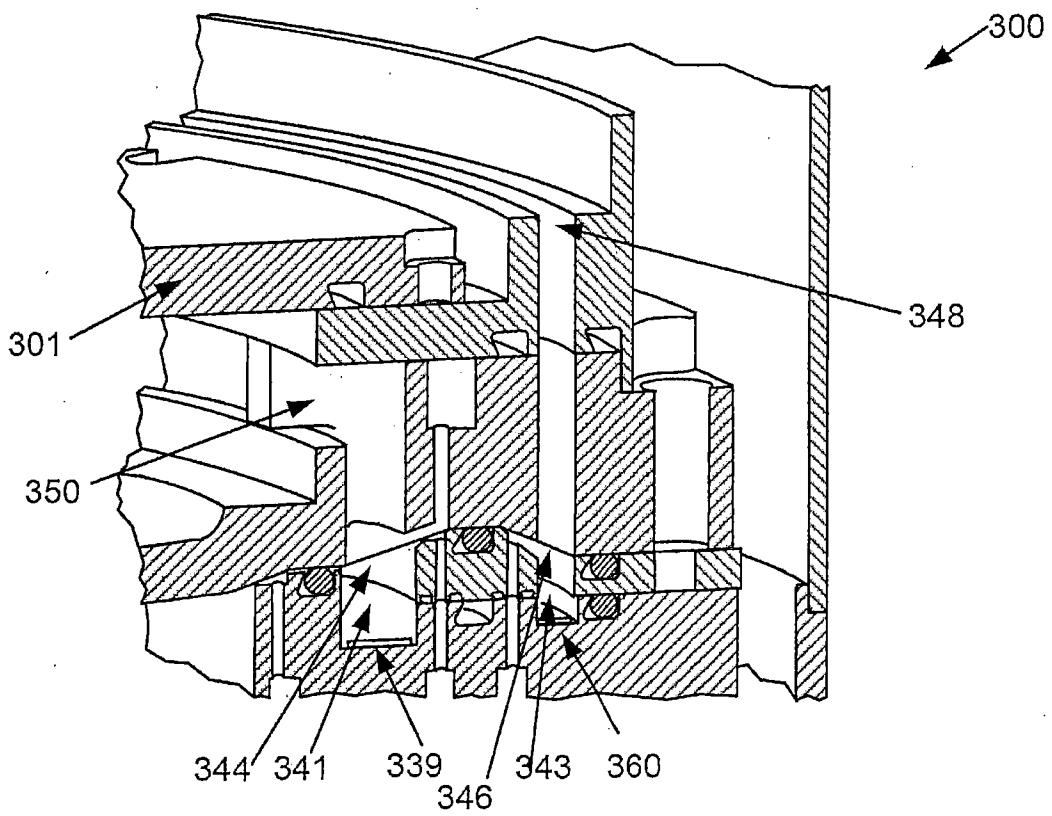


圖 3F

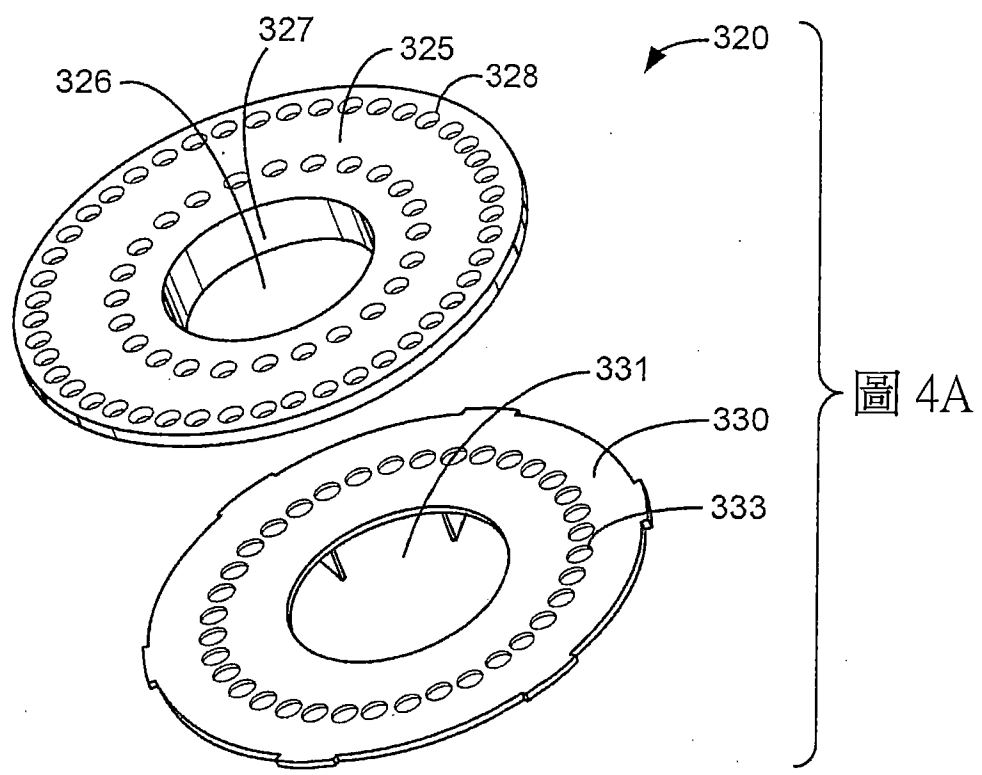


圖 4A

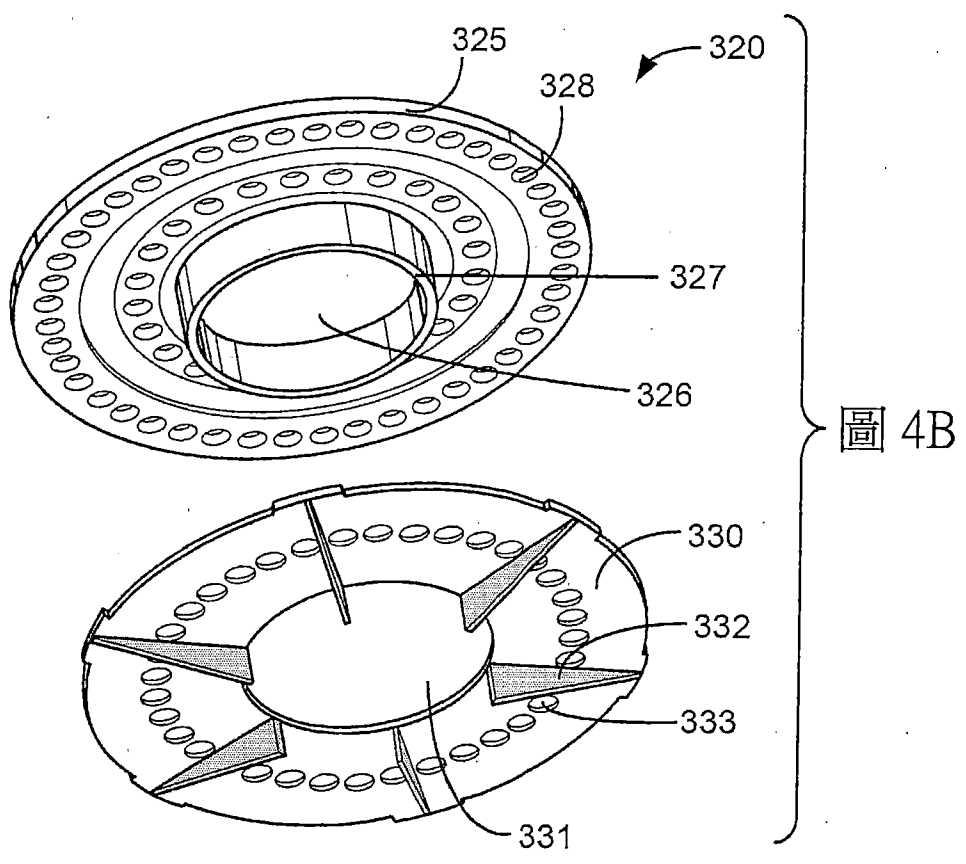


圖 4B

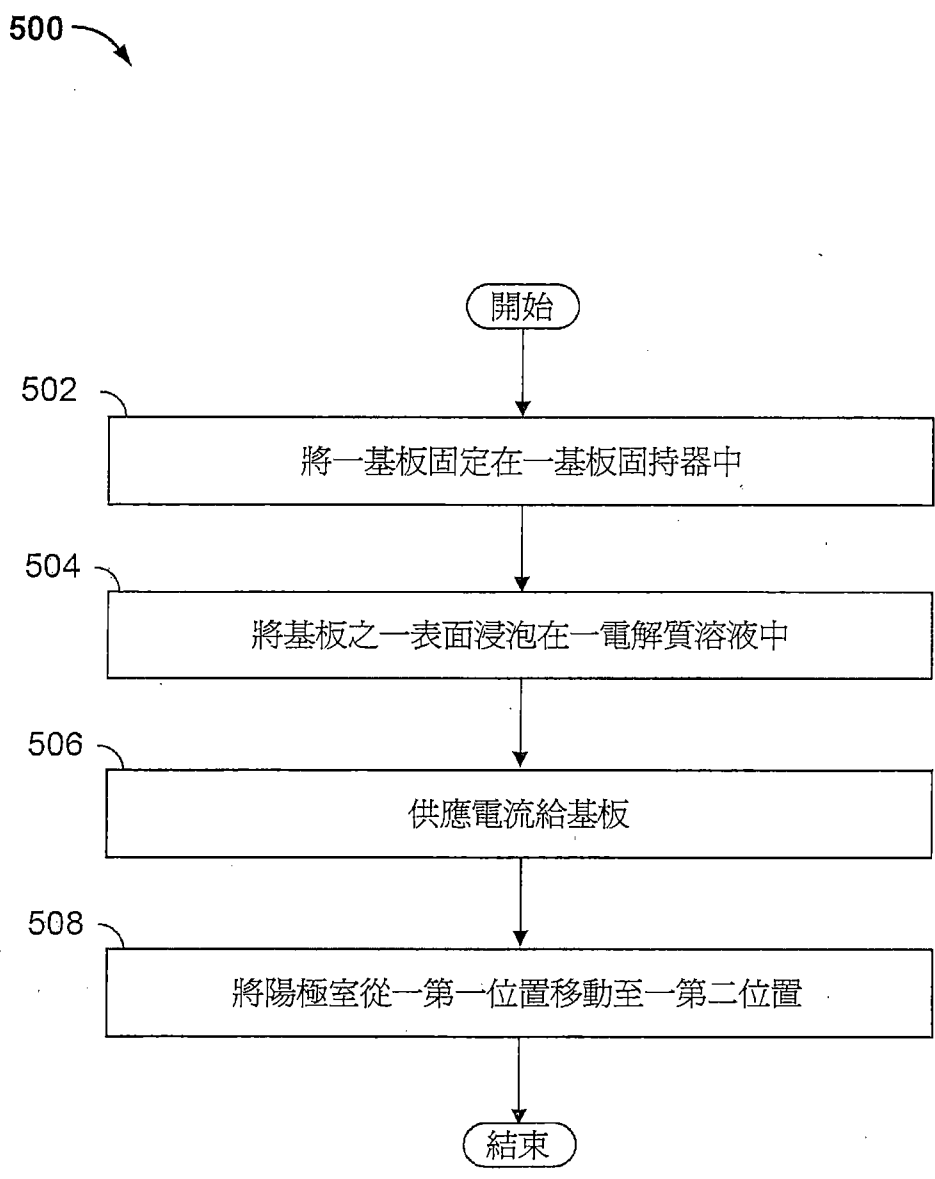


圖 5

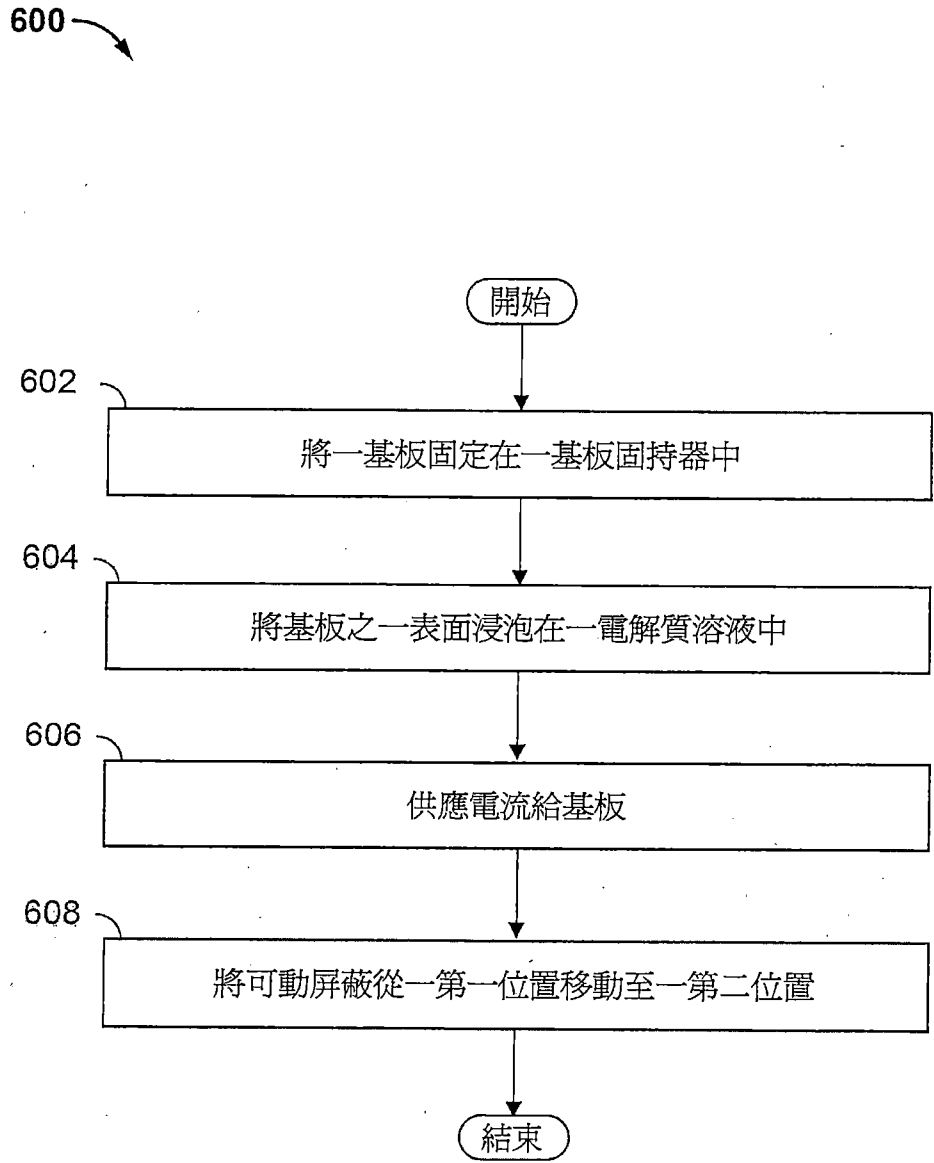


圖 6A

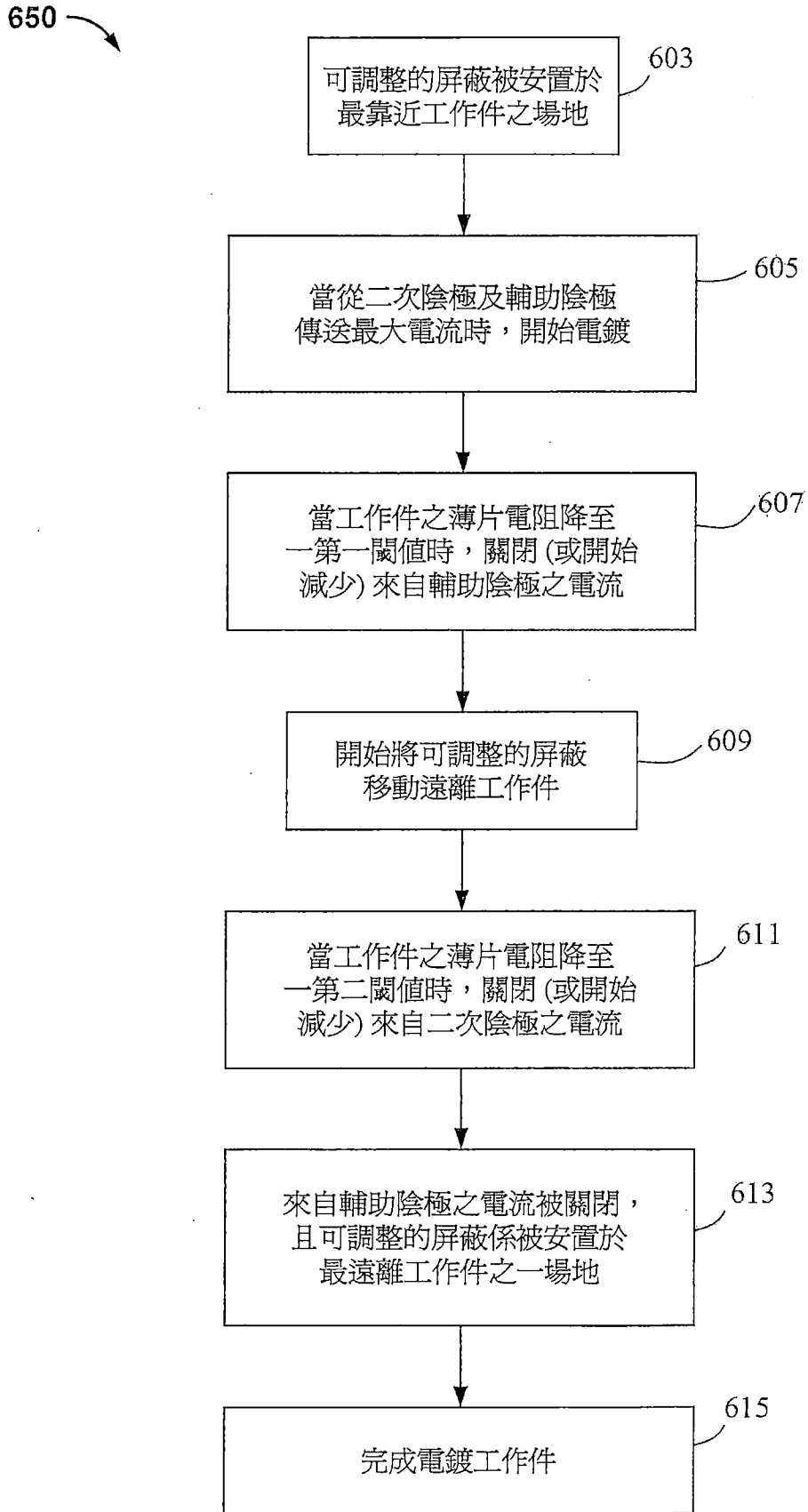


圖 6B

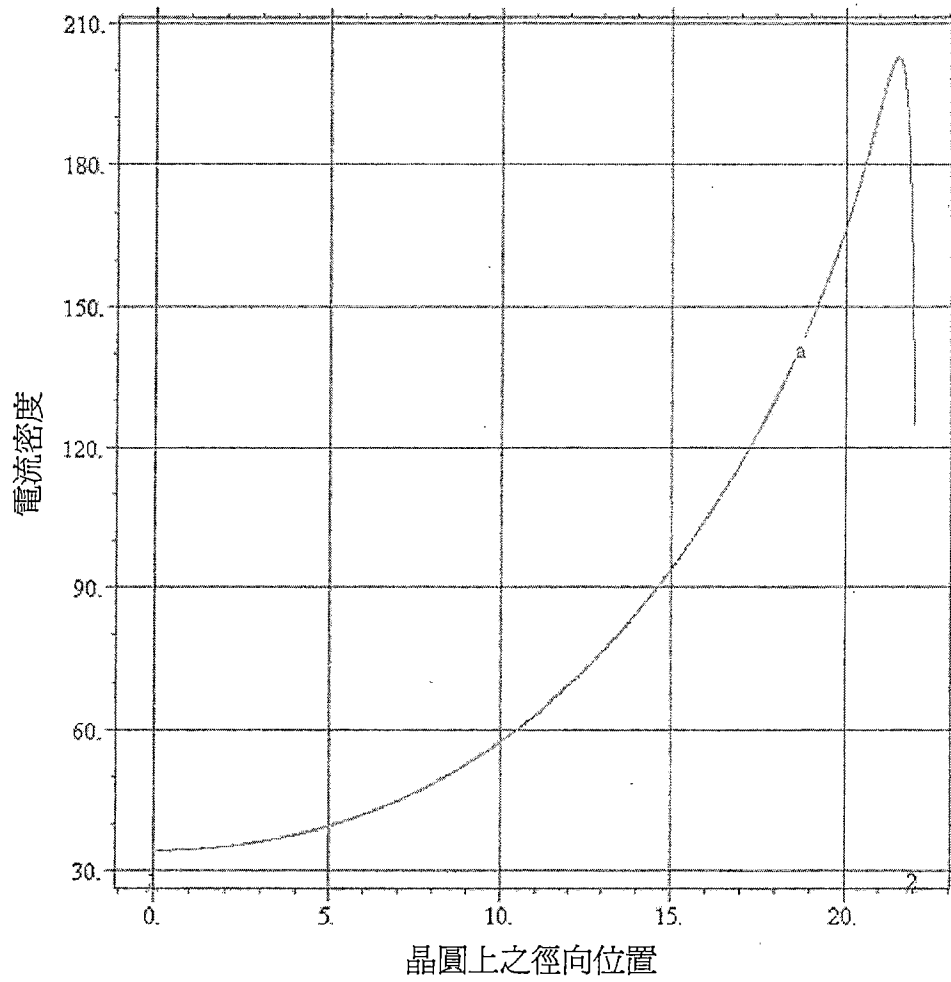


圖 7

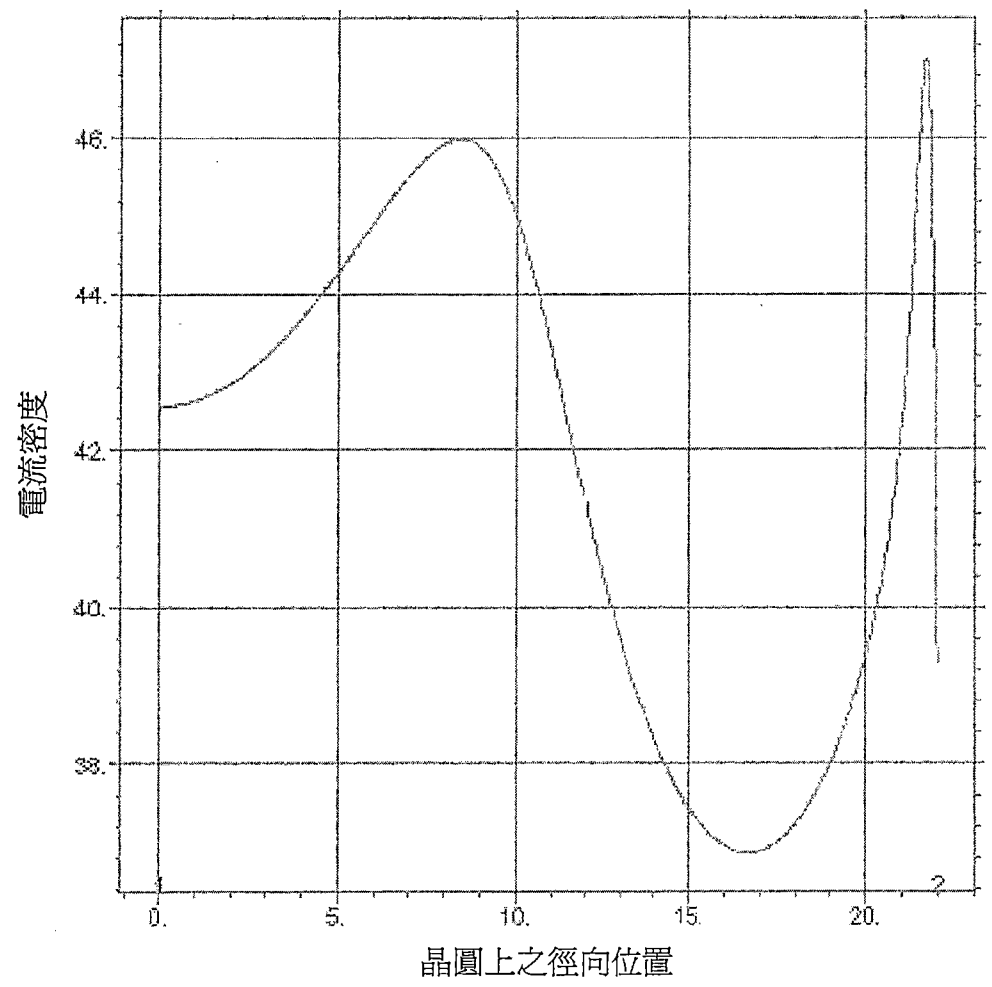


圖 8

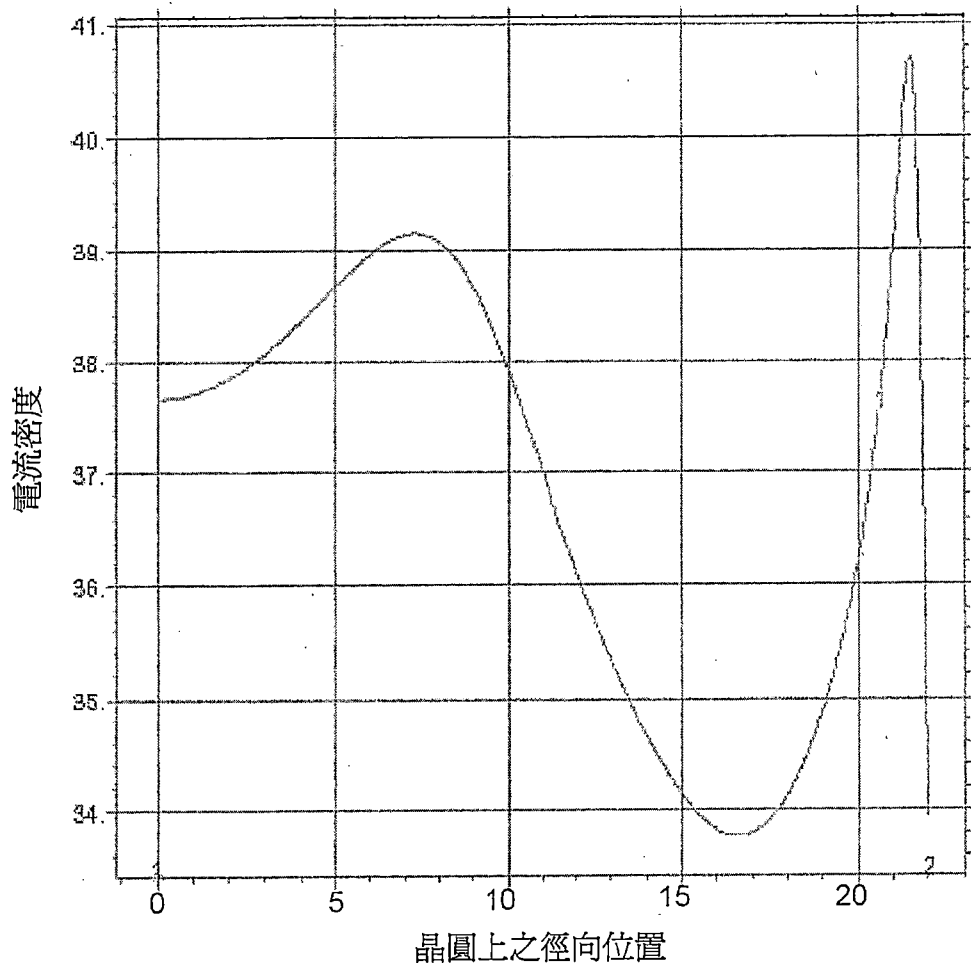


圖 9

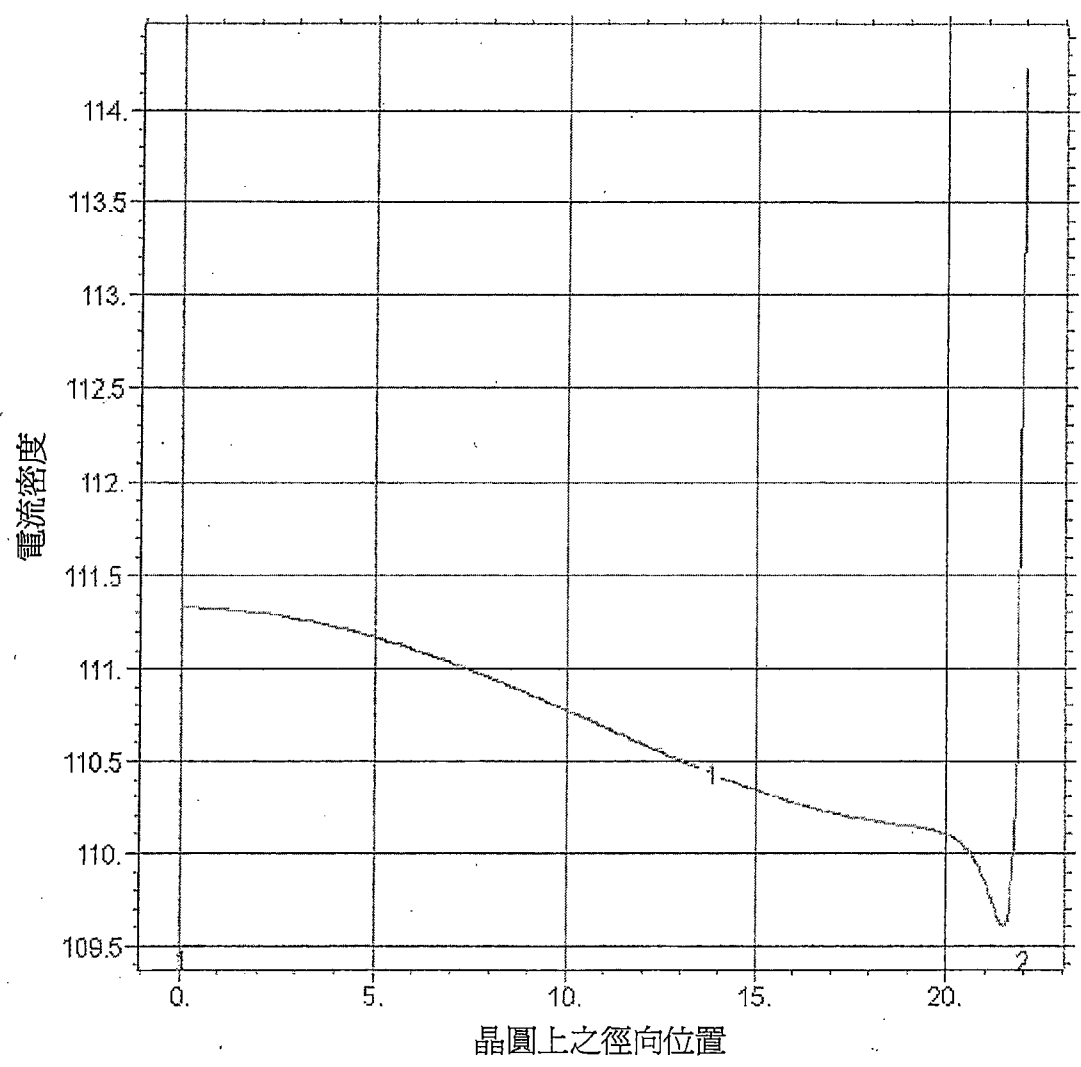


圖 10