

發明專利說明書

200409223

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：92120001

※申請日期：92年07月22日

※IPC分類：H01L 21/702 . 21/66

壹、發明名稱：

(中) 利用障壁及犧牲層之厚度測量及移除之調適性電解拋光

(外) Adaptive electropolishing using thickness measurements and removal of barrier and sacrificial layers

貳、申請人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) A C M研究股份有限公司

(外) ACM RESEARCH, INC.

代表人：(中) 1. 王暉

(外) 1. WANG, HUI

地址：(中) 美國加州夫利蒙市夫利蒙大道四六五二〇號第六一〇室

(外) 46520 Fremont Blvd., Suite 610, Fremont, CA 94538, U.S.A.

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

參、發明人：(共 5 人)

1. 姓名：(中) 王暉

(外) WANG, HUI

地址：(中) 美國加州夫利蒙市傑卡蘭大大道三四〇號

(外) 340 Jacaranda Drive, Fremont, CA 94539, USA

2. 姓名：(中) 穆罕默德 阿夫南

(外) AFNAN, MUHAMMED

地址：(中) 美國加州佛蒙特伏塔歐利弗斯一〇四八號

(外) 1048 Vuelta Olives, Fremont, CA 94539, U.S.A.

3. 姓名：(中) 易培豪

(外) YIH, PEIHAUR

地址：(中) 美國新澤西州朋頓阿爾卑斯路八號

(外) 8 Alpine Road, Boonton, NJ 07005, U.S.A.

4. 姓名：(中) 迪文 柯勒

(外) KOEHLER, DAMON L.

地 址：(中) 美國加州夫利蒙夫利蒙大道三九六〇一號

(外) 39601 Fremont Blvd., Fremont, CA 94538, U.S.A.

5. 姓 名：(中) 郁兆祺

(外) YU, CHAW-CHI

地 址：(中) 美國加州沙拉土加雷德巷二〇六二五號

(外) 20625 Reid Lane, Saratoga, CA 95070, USA

肆、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國 ; 2002/07/22 ; 60/397,941 有主張優先權

2. 美國 ; 2002/08/17 ; 60/403,996 有主張優先權

地 址：(中) 美國加州夫利蒙夫利蒙大道三九六〇一號

(外) 39601 Fremont Blvd., Fremont, CA 94538, U.S.A.

5. 姓 名：(中) 郁兆祺

(外) YU, CHAW-CHI

地 址：(中) 美國加州沙拉土加雷德巷二〇六二五號

(外) 20625 Reid Lane, Saratoga, CA 95070, USA

肆、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國 ; 2002/07/22 ; 60/397,941 有主張優先權

2. 美國 ; 2002/08/17 ; 60/403,996 有主張優先權

(1)

玖、發明說明

利用障壁及犧牲層之厚度大小及移除之調適性電解拋光法相關申請案之參照

本申請案請求於2002年7月22日所申請，標題為"基底上金屬層之電解拋光法"之早期臨時申請案美國案號60/397941，及於2002年8月17日所申請，標題為"障壁及犧牲層移除之方法"之美國案號60/403996之優先權，此處據以參考，納入其整個內容。

【發明所屬之技術領域】

本申請案是有關於將一形成在基底上之金屬膜加以電解拋光，且更尤其是關於使用金屬膜之厚度大小，將一形成在半導體晶圓上之金屬膜加以調適地電解拋光。本申請案亦有關於在拋光及電漿蝕刻程序期間移除障壁及犧牲層。

【先前技術】

半導體裝置是使用多數不同製程步驟，產生電晶體及相互連結元件加以製造的。為形成電晶體及/或相互連結元件，半導體晶圓可受到，例如，遮罩、蝕刻、及沈積程序，形成半導體裝置之預期電路。尤其是，在鑲嵌製程中，可實施多重遮罩及蝕刻步驟，在作為相互連結用之溝槽及導孔之半導體晶圓上之電介層中形成一凹陷區圖案。然後實施沈積程序，將一金屬層沈積在半導體晶圓上，因此將金

(2)

屬沈積在溝槽及導孔中且亦沈積在半導體晶圓之非凹陷區上。為隔離諸如為圖案化之溝槽及導孔之相互連結，而移除沈積在半導體晶圓之非凹陷區上之金屬層。

然而，如移除過量或不足量之金屬層，則電晶體及/或相互連結元件會功能不正常。例如，如從形成相互連結之溝槽移除過量金屬，則相互連結會無法適當地傳輸電氣訊號。

此外，已經導入使用具低電介常數（低k電介體）之電介材料，作為降低在導體相互連結處之訊號延遲之方法。然而，由於具有多孔微結構之低k電介材料，與其它電介材料比較，他們亦具有低機械完整性及熱傳導性。結果在習知鑲嵌製程期間，低k電介材料一向無法維持對他們所施加之應力及壓力。

在一習知鑲嵌製程中，可在金屬或低k電介材料上形成一障壁層。由於障壁層一向是由如TaN、Ta、Ti及TiN之硬性及化學惰性材料所形成，故除非在CMP時使用較高接墊壓或利用電解拋光法之高電壓外，使用CMP或電解拋光法難以移除障壁層。如為CMP之情況，較高之接墊壓能增加表面缺陷密度，或甚至去除低k電介體之積層。如為電解拋光法之情況，較高之拋光電壓能移除過量金屬，這能增加線性阻抗。當使用習知電漿蝕刻，移除障壁層時，為確定移除非凹陷區上之所有障壁層，過度蝕刻是必要的。然而，當沈積下一覆蓋層時，過度蝕刻能造成空洞。金屬原子能從空洞往外擴散並甚至能擴散到裝置閘極區，這會使半導

(3)

體裝置失去功能。

【發明內容】

在一典範實施例中，可對形成在半導體晶圓上之一金屬層加以調適地電解拋光。將一部份之金屬層加以電解拋光，對該金屬層部位各別加以電解拋光。對該部位加以電解拋光前，先決定要加以電解拋光之該金屬層部位之厚度大小。根據厚度大小，調整要加以電解拋光部位之量。

在另一典範實施例中，對形成在一半導體晶圓上之金屬層加以拋光，其中之金屬層是形成在一障壁層上，障壁層則形成在具有一凹陷區及非凹陷區之電介層上，且其中之金屬層覆蓋電介層之凹陷區及非凹陷區。將金屬層加以拋光，移除覆蓋非凹陷區之金屬層。將凹陷區中之金屬層加以拋光至高度低於非凹陷區，該高度大或等於障壁層之厚度。

【實施方式】

以下說明表示多數特定架構、參數等。然而，應認知的是這種說明之意不在限制本發明之範圍，而是作為典範實施例之說明。

I. 調適性電解拋光法

如稍早之說明，在一半導體晶圓上形成電晶體及相互連結元件時，使金屬沈積並將它從半導體晶圓加以移除。

(4)

更明確地說，使用如化學氣相沈積（CVD）、物理氣相沈積（PVD）、原子層沈積（ALD）、電解電鍍、非電解電鍍等之沈積程序在半導體晶圓上形成一金屬層（即金屬層）。然後，使用如化學機械拋光（CMP）、電解電鍍等之蝕刻或拋光程序加以移除金屬層。

參考第1圖，在一典範實施例中，可使用一電解拋光模組100加以移除/拋光形成在半導體晶圓102上之金屬層。在本典範實施例中，晶圓102為晶圓基座所握持，該晶圓基座繞著角 θ 旋轉晶圓102並在側面，如第1圖中所說明之X方向，使晶圓102轉移。當晶圓基座112使晶圓102旋轉並轉移時。即經由噴嘴108及/或噴嘴110將電解質施加到晶圓102上所形成之金屬層。如第1圖中之說明，將噴嘴108建置成施加比噴嘴110更窄之電解質流。照此，使用噴嘴108可比噴嘴110有更精密之拋光。例如，可使用噴嘴110為初始之粗略拋光，此處，從晶圓102表面對金屬層施以初量之拋光，然後，可使用噴嘴108為後續之較細緻拋光，此時之金屬層拋光比初始粗略拋光期間更均勻。在本典範實施例中，可使用端點檢測器106測量晶圓102表面上之金屬層厚度。在第1圖中，說明端點檢測器106，噴嘴108及噴嘴110為彼此毗鄰，配置在噴嘴板104上。然而，應該認知的是可將端點檢測器106、噴嘴108、及噴嘴110佈置成各種架構並以各種方式加以裝設。此外，應認知的是可使用包含一噴嘴之任何個數之噴嘴將晶圓102上之金屬層加以電解拋光。而且，應認知的是，端點檢測器106、噴嘴108及/或噴嘴110可使用晶

(5)

圓基座 112 取代或除使晶圓 102 轉移外加以轉移。

對於一典範電解拋光程序及系統之更詳細說明，見 1999 年 7 月 2 日所申請，標題為 "對半導體裝置上之金屬相互連結加以電解拋光之方法及設備" 之美國專利案號 6394152 B1; 標題為 "在製品之電解拋光及 / 或電解電鍍期間用以握持並使半導體製品定位之方法及設備" 之美國專利案號 6248222 B1; 以及 2002 年 4 月 14 日所申請，標題為 "用以電解拋光及 / 或電解電鍍之方法及設備" 之美國臨時申請案號 60/372, 566，此處據以參考，納入該申請案之整個內容。對於一典範端點檢測器之更詳細說明，見 2000 年 5 月 12 日所申請，標題為 "供端點檢測之方法及設備" 之美國專利案號 6447688，此處據以參考，納入該申請案之整個內容。

在本實施例中，通常使用一做法加以處理晶圓，該做法包含各種處理參數，如液體流率、電流或電壓設定點。中心至邊緣距離、起始轉速、拋光期間、中心拋光轉速、噴嘴型式、電流或電壓表、恆流容積比率表、重複設定等。因使用相同沈積程序所處理之晶圓通常具有類似之金屬層厚度連線弧度，故使用類似之拋光做法可最初將晶圓加以拋光。

然而，如上述，在將形成於一晶圓上之金屬層加以拋光時，對金屬層拋光太多或太少會造成半導體裝置失去功能。因此，在本典範實施例中，使用一晶圓上金屬層之厚度將金屬層加以調適地電解拋光。更尤其是，在將晶圓上所形成之一部份金屬層加以電解拋光前，即決定要加以電

(6)

解拋光部位之厚度，並根據所決定之厚度加以調整電解拋光部位之量。

例如，控制系統 114 能連接至晶圓基座 112 及噴嘴 108 和噴嘴 110。根據晶圓基座 112 之位置，控制系統 114 能決定晶圓 102 上要加以電解拋光之金屬層部位之位置。控制系統 114 決定要加以電解拋光之金屬層部位之厚度，並調整由噴嘴 108 及 / 或噴嘴 110 所要電解拋光部位之量。

在一典範實施例中，在拋光模組 100 中處理晶圓 102 前，使用基底厚度度量工具 116 加以測量並映射晶圓 102 上之金屬層厚度。參考第 2A 圖，度量工具 116（第 1 圖）能在晶圓 102 上之各種位置 202 提供厚度大小。注意到使用各種座標系統能映射位置 202。例如，如第 2A 圖中之說明。可使用簡單之 X 和 Y 座標軸。另外，可使用半徑及對應於晶圓 102 旋轉角之角 θ 。控制系統 114（第 1 圖）可然後使用晶圓 102 上金屬層厚度之映射，在電解拋光這部位前，取得金屬層部位之厚度。

如第 2A 中之說明，晶圓 102 上金屬層厚度之映象可包含間隙。意為不知金屬層厚度處之位置。更尤其是，如第 2A 圖中之說明，晶圓 102 之旋轉及轉移造成噴嘴 108（第 1 圖）及 / 或噴嘴 110（第 1 圖）以螺旋路徑 204 所施加之電解質流。亦如第 2A 圖中之說明，可將電解質流施加在位置 206，此處，不知金屬層之厚度。因此，在本典範實施例中，使用來自知道金屬層厚度處之兩或更多位置 202 之厚度測量加以決定位置 206 中之金屬層厚度。

(7)

例如，如第 2B 圖中之說明，根據在位置 202A、202B、202C 及 202D 之金屬層厚度加以決定在位置 206 之金屬層厚度。注意到根據第 2A 圖中所使用之 X 及 Y 座標系統，位置 206 對應於位置 (X, Y)，而位置 202A、202B、202C 及 202D 分別對應於位置 (x_i, y_{j+1})、(x_{i+1}, y_{j+1})、(x_{i+1}, y_j)、及 (x_i, y_j)。第 2C 圖以透視圖說明金屬層之厚度變化。

在本實例中，假設在位置 206 之金屬層厚度特性如以下公式：

$$T = Ax + By + Cxy + D \quad (1)$$

此外，假設在 (x_i, y_j) 之厚度 T_{i,j}，在 (x_i, y_{j+1}) 之厚度 T_{i,j+1}，和在 (x_{i+1}, y_j) 之厚度 T_{i+1,j}，及在 (x_{i+1}, y_{j+1}) 之厚度 T_{i+1,j+1} 之特性如以下公式：

$$T_{ij} = Ax_i + By_j + Cx_i y_j + D \quad (2)$$

$$T_{ij+1} = Ax_i + By_{j+1} + Cx_i y_{j+1} + D \quad (3)$$

$$T_{i+1j} = Ax_{i+1} + By_j + Cx_{i+1} y_j + D \quad (4)$$

$$T_{i,j+1} = Ax_{i+1} + By_{j+1} + C \quad (5)$$

以下列方式求解方程式 (2) - (5)，然後可得到 A、B、C 和 D 值。

(8)

$$C = (T_{i,j} - T_{i,j+1} - T_{i+1,j} + T_{i+1,j+1}) / [(x_i - x_{i+1}) * (y_j - y_{j+1})]$$

$$B = (T_{i,j} - T_{i,j+1}) / (y_j - y_{j+1}) - x_i * D$$

$$A = (T_{i,j} - T_{i+1,j}) / (x_i - x_{i+1}) - y_j * D$$

$$D = T_{i,j} - x_i * B - y_j * [(T_{i,j} - T_{i,j+1}) / (y_j - y_{j+1})]$$

應認知的是可使用已知金屬層厚度處之任何編號之位置 202 加以決定位置 206 之金屬層厚度。例如，針對較以上說明更準確之內插法，可假設位置 206 之金屬層厚度特性如以下公式：

$$T = Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F \quad (6)$$

使用最接近位置 206 之 6 個位置可以內插法得到在 (x, y) 之厚度，且可以如以上當使用 4 個位置求解常數 A、B、C 及 D 之相同方式，藉由求解 6 方程式而得到常數 A、B、C、D、E 及 F。

再次參考第 1 圖，在本典範實施例中，使用端點檢測器 106 可得到晶圓 102 上之金屬層厚度大小。更尤其是，以如當使用噴嘴 108 及 / 或噴嘴 110 將晶圓 102 加以電解拋光之相同方式，將晶圓 102 加以旋轉並轉移至毗鄰端點檢測器 106。因此，並沿著當使用噴嘴 108 及 / 或噴嘴 110 將金屬層加以電解拋光所遵循之相同路徑 204 (第 2 圖) 可得到晶圓 102 上之金屬層厚度大小。

例如，當端點檢測器 106 為一感光器時，當使晶圓

(9)

102 旋轉及轉移時可記錄毗鄰端點檢測器 106 之晶圓 102 表面之反射率。使用以下公式，然後可計算如位置 206（第 2 圖）處之金屬層厚度。

$$T(x,y)=P(T)*R(x,Y) \quad (7)$$

其中， $R(x,y)$ 為由端點檢測器 106 所測量位置 206（第 2 圖）處之金屬膜反射率，且 $P(T)$ 為反射率至厚度之轉換因子，其本身為厚度之函數。使用具已知不同厚度之一組金屬層可決定 $P(T)$ ，然後使已知厚度和金屬層反射率有相互關係。然後使用所決定之轉換因子 $P(T)$ 加以決定對應於未知厚度金屬層之反射率之厚度。

另外，在如控制系統 114 之電腦之搜尋表中可儲存已知厚度及對應之反射率。例如，搜尋表可包含儲存在電腦記憶體中之厚度矩陣如下：

$$\begin{array}{cccc} T_{1,1} & T_{1,2} & T_{1,3} \dots & T_{1,m} \\ T_{2,1} & T_{2,2} & T_{2,3} \dots & T_{2,m} \\ T_{3,1} & T_{3,2} & T_{3,3} \dots & T_{3,m} \\ & & \dots & \\ T_{n,1} & T_{n,2} & T_{n,3} \dots & T_{n,m} \end{array}$$

厚度矩陣中之各厚度有一對應之反射率。

使用端點檢測器 106 測量位置 206（第 2 圖）之反射率後

(10)

，控制系統 114 如利用一轉換因子 $P(T)$ 或搜尋表可決定厚度 $T(x, y)$ 。然後使用厚度測量可將金屬層加以電解拋光。這程序可重複，直到由端點檢測器 106 所記錄之反射率是在預設置之範圍內。應該注意的是反射率之預設置範圍依如金屬圖案密度，過度拋光範圍等之各種因子而定。通常，圖案密度愈小，預設置之反射率愈低。而且，預設置反射率根據圖案密度而變化。預設置反射率可根據充罩之圖案密度加以計算或藉由一具有最小金屬凹陷之拋光晶圓加以測量。對於計算預設置反射率之更加詳細說明，見 2000 年 5 月 12 日所申請，標題為 "端點檢測方法及設備" 之美國專利案號 6,447,668，此處據以參考，納入該申請案之整個內容。

應該認知的是，端點檢測器 106 可為各種型式之感測器。例如，端點檢測器 106 可為一渦流感測器。因此，使用端點檢測器 106 加以測量渦流電流而非反射率。並根據所測量之渦流電流而非所測量之反射率加以決定金屬層之厚度。

雖然使用端點檢測器 106 所得到之厚度大小可遵循當將金屬層加以電解拋光所遵循之相同路徑，但厚度大小中仍存在間隙。例如，為增加總處理量，可間歇性而非連續性採取厚度大小。當厚度大小中存在間隙時，可使用上述之內插程序，得到未知厚度大小處之厚度尺寸。

此外，在本典範實施例中，可使用一格一格之成像加以映射並找尋一晶圓上之任何位置。更尤其是，可將一晶圓表面映射在像素分格中，此處之各像素分格對應於可使用

(11)

端點檢測器 106 (第 1 圖) 加以測量之場界。第 3 圖說明各種典範之像素分格。端點檢測器 106 (第 1 圖) 可測量一指定位置 (x, y)。或像素之反射率，該像素大小最好為 2.5 mm × 2.5 mm，從一晶圓中心起至一晶圓邊緣或從邊緣起至中心。端點檢測器 106 (第 1 圖) 可一次從一像素加以移動並記錄各像素之反射率資料，直到記錄所有像素，如就一 200 mm 晶圓而言，多達 11,494 個像素 (即 $\pi R^2 / (2.5)^2$)。

在本典範實施例中，使用在對晶圓電解拋光前，從一基底厚度度量工具所得到之初始厚度大小加以實施初始粗略之電解拋光。完成初始粗略電解拋光後，例如，使用一端點檢測器得到金屬層之中介厚度測量法。使用中介厚度測量法，然後將金屬層再加以電解拋光。當金屬層厚度低於臨界厚度，如約 1000 Å 時，可完成初始粗略電解拋光。然而，應認知的是，可根據初始厚度大小且不用中介厚度大小，對金屬層加以電解拋光。另外，根據例如使用端點檢測器，不用初始厚度大小所得到之厚度，對金屬層加以電解拋光。

如上述，在本典範實施例中，根據所電解拋光之金屬層部位厚度大小加以調整該部位之量。藉由改變施加至塗在該部位之電解質流之電流及 / 或電壓可調整對該部位加以電解拋光之量。例如，根據如下之厚度可決定所施加之拋光電流：

$$l = kT(x, y) \quad (8)$$

(12)

其中， k 為與拋光率有關之因子。除改變施加至電解質流之電流及/或電壓外，應認知的是可根據該部位之厚度大小，調整將電解質流施加至該部位（即拋光期間）之次數。而且，根據該部位之厚度大小可調整電流、電壓、及拋光期間之任何組合。

因此，參考第1圖，在本典範實施例中，控制系統114決定要加以電解拋光之金屬層部位之厚度大小，然後根據所決定之厚度大小加以調整所電解拋光部位之量。如上述，控制系統114可調整施加至由噴嘴108及/或噴嘴110所施加之電解質流之電流及/或電壓。藉控制晶圓基座112之旋轉及/或轉移率，控制系統114亦能調整拋光期間。

在本典範實施例中，使用距離當控制系統114決定要調整時且當實施調整時之時間延遲量（即 Δt ），作為要解拋光那部位前，當控制系統114決定要調整金屬層控制系統114一部位時事先之偏置時間。例如，當要對金屬層一部位加以調整施加至由噴嘴108所施加之電解質流之電流時，控制系統114事先以至少噴嘴108觸及要加以電解拋光部位之偏置時間（即， Δt ）決定要施加之電流。

現在參考第4圖，控制系統114可連接至多數電解拋光模組100（例如，處理室1（PC1、PC2及PC3））。如第4圖中之說明，控制系統114執行各電解拋光模組100之程序控制。例如，對於各電解拋光模組100，控制系統114執行拋光做法，記錄厚度大小（即反射率資料），處理厚度大小並更新

(13)

金屬層厚度連線弧度，調整電解拋光（例如，調整施加至由一噴嘴所施加之電解質流之電流或電壓），並重複各晶圓之拋光做法加以電解拋光。控制系統 114 亦實施如圖形使用者介面、晶圓處置、警示管理等之各種額外工作。

然而，需要控制系統 114 之處理及計算負載能降低如讀取、電氣輸出、及機械運動等工作之回應時間。增加控制系統 114 需處置之負載數量可降低各負載之完成時間。因此，在本典範實施例中，控制系統 114 包含多數分散式子系統，此處將以工作為導向之功能卸載至如運動伺服器區塊控制器之個別子系統。

更尤其是，現在參考第 5 圖，一電解拋光模組 100（例如，PC1、PC2 或 PC3）有一專用之子系統 502。第 5 圖中所說明之分散式子系統降低與第 4 圖中所說明之中央系統有關之時間延遲。在第 5 圖中所說明之典範實施例中，以 PC 為主之控制系統 114 使用如 RS-485、DeviceNet 等之裝置對裝置傳輸媒體 504 加以接收並傳送資料至各子系統 502。

例如，各子系統 502 能實施各電解拋光模組 100 之同組工作。如第 5 圖中之說明，一子系統 502 可專用於操作基座、馬達驅動器、噴嘴、及端點檢測器，並處理 PC1 之數位 IO 及類比 IO 資料。同時，其它子系統 502 可專用於其各別電解拋光模組 100。例如，另一子系統 502 可專用於操作基座、馬達驅動器、噴嘴、及端點檢測器，並處理 PC2 之數位 IO 及類比 IO 資料。

在分散式佈置下，各子系統 500 能更佳運用並更細膩控

(14)

制機械及電氣表現（即記錄有剩下金屬層之晶圓之旋轉角及位置並在4ms或更小內根據對特定位置所記錄之反射率加以控制噴嘴功能）。以處理容量增加之各子系統502，本典範實施例可根據反射率資料，增加或外插做法中之其它值或表，完成更細緻之拋光控制。

而且，如分散至子系統502之晶圓電解拋光之分散式處理要求結果，控制系統114及子系統502更具有用之處理力加以運作或實施其它工作。尤其是，可將另外之工具及/或應用添加至拋光程序而不會使這種工具架構之速度或實用性消失。例如，可增加一同軸度量工具在將晶圓載入一電解拋光模組前測量各晶圓之連線弧度。同軸度量工具能測量一子系統502或控制系統114在一晶圓上之金屬層厚度，決定所需電流輸出，達成更平整均勻之金屬表面。然後，子系統502或控制系統114能產生一新資料表，如距離對電流率使用者所定義之設定點。

II 移除障壁及犧牲層

第6A-6D圖說明可用以形成一半導體裝置中相互連結之一典範程序。尤其是，參考第6A圖，半導體裝置可包含一具有凹陷區606及非凹陷區610之電介材料608，此處之凹陷區606結構可為寬溝槽，大矩形結構等。以如CVD、PVD、ALD等之任何便利沈積方法可將障壁層604沈積在電介材料608上，使得障壁層604覆蓋凹陷區606及非凹陷區610。對於電介材料及障壁層之更詳細說明，具2003年3月14日所申

(15)

請，標題為"用以整合具超低k電介體銅之方法"之美國專利案號10/380,848;2002年3月27日所申請，標題為"對晶圓上之金屬層加以電解拋光，該晶圓具有含假結構之溝槽或導孔"之美國專利案號10/108,614，該案請求對2001年4月24日所申請，標題相同之稍早所申請之臨時性美國專利案號60/286,273之優先權。此處據以參考，納入這些申請案。

參考第6B圖，在本典範程序中，藉由如PVD、CVD、ALD、電解電鍍，非電解電鍍等之任何便利方法可將一金屬層612沈積在障壁層604上。接著，參考第6C圖，使用CMP，電解電鍍法等，將金屬層612拋光回去，俾能從非凹陷區610移除金屬層612而將金屬層612留在凹陷區606。金屬層612可包含各種導電材料，如銅、鋁、鎳、鉻、鋅、鎘、銀、金、銻、鈮、鉑、錫、鉛、鐵、銮、超導體材料等。金屬層612可亦包含任何各種導電材料之合金，或超導體之混合物。最好，金屬層612包含銅及其合金。

現在，參考第6D圖，從非凹陷區610移除金屬層612後，利用如濕式蝕刻、乾式化學蝕刻、乾式電漿蝕刻等之任何便利方法可從非凹陷區610移除障壁層604。為完全移除非凹陷區610上之障壁層604，過度蝕刻是需要的。然而，如第6D圖中之說明，過度蝕刻會產生一凹溝614。當在本典範程序中沈積如SiN等之下一覆蓋層時，凹溝614會變成一導致金屬析水之空洞。析水金屬會經由電介材料608擴散並往下至裝置閘極區，造成半導體裝置失去功能。

(16)

如第 7A-7D 圖中所示，可使用利用電解拋光法之過度拋光及電漿蝕刻之組合，著手於這問題。參考第 7A 圖，在本典範程序中，使用電解拋光法、濕式蝕刻法等使凹陷區 606 中之金屬層 612 過度拋光，故凹陷區 606 內，障壁層 604 頂部與金屬層 612 表面間之高度為 h 微米，其中之高度 h 大或等於障壁層 604 厚度。應認知的是電解拋光法之控制較佳且因此與濕式蝕刻法比較，當嘗試使凹陷區 606 中之金屬層 612 過度拋光時，會形成較小之製程問題。關於電解拋光法之說明，見 1999 年 7 月 2 日所申請，標題為 "使半導體裝置上之金屬相互連結加以電解拋光之方法及設備" 之美國專利案號 6,395,152，此處據以參考而整體納入該申請案。

接著，參考第 7B 圖，新增加 CF_4/O_2 、 SF_6/O_2 等之添加物至蝕刻氣體，Ta、C 及 F，在障壁層 604 上形成殘餘物 702 及在凹陷區 606 內形成金屬層 612。如第 7C 圖中所示，當正蝕刻掉障壁層 604 時，殘餘物 702 之存在可防止凹陷區 606 中，電介材料 608 與金屬層 612 間之障壁層 604 過度被蝕刻。

下表之表 1 提供可在電漿乾式蝕刻程序中所使用之典範參數範圍加以移除障壁層 604：

(17)

表 1

電漿功率：	500至2000W
真空：	30至100mTorr
晶圓溫度：	大約20 °C
氣體流動率：	SF ₆ =50secm, CF ₄ =50secm, 或 O ₂ =10secm
氣壓：	0.1至50mTorr
TaN 移除率：	250nm /min
TiN 移除率	300nm /min
SiO ₂ 移除率：	200~400nm /min

這些參數使兩種可能為障壁層604材料之Ta₂N₅與TiN之移除率接近一為可能是電介材料608材料之SiO₂之移除率。依此方法可選定選擇率，在移除障壁層604期間，降低蝕刻或傷害下層電介材料608。然而，應注意到，改變參數可取得其它選擇率。

現在參考第7D圖，利用電漿蝕刻程序，或乾式化學清除，或任何其它便利之程序可移除約 Δd 之凹陷區606與非凹陷區610部位。為確定障壁層604高度高或等於電介材料608高度，應將障壁層604之蝕刻率設為低或等於電介材料608之蝕刻率。因此，當沈積下一頂層時不會形成空洞。

第8A至8D圖中表示另一典範程序。第8A至8D中所示之典範程序，除晶圓受到形成諸如為606之凹陷區之蝕刻及沈積程序前，將一硬式光罩層802沈積在電介材料608以外，在許多方面類似於第7A至7D中所示之程序。如所示，硬式

(18)

光罩層 802 在障壁移除程序期間可預防硬式光罩層 802 下方電介材料 608 之蝕刻，且因此避免電介體，尤其是低 k 電介體之效能降質。凹孔 h 應小於障壁層 604 厚度及硬式光罩 802 厚度之和。

第 9A 至 9B 圖中表示另一典範程序。類似於第 8A 至 8D 圖，除另有硬式光罩層 802，將犧牲層 902 沈積在硬式光罩層 802 頂部上以外，第 9A 至 9D 中所示之典範程序在許多方面類似於第 7A 至 7D 中所示之程序。雖然硬式光罩層 802 之移除率小於障壁層 604，在這典範程序中，使用移除率大或等於障壁層 604 之犧牲層 902。

在第 8A 至 8D 圖及第 9A 至 9D 圖兩者中，可從 SiN、SiC、SiO₂、SiON、鑽石膜等選定硬式光罩層 802。犧牲層 902 可從 SiN、SiO₂、SiON 等中加以選定。

雖然已經說明典範實例，只要不偏離本發明之精神及 / 或範圍，可作各種之修飾。因此，不應將本發明推斷為侷限在圖中所示及上述之特定形式。

【圖式簡單說明】

藉由參考與隨圖相關之以下說明，對本發明會有最佳之了解，其中，相同之零件可參照相同編號。

第 1 圖說明一典範之電解拋光模組；

第 2A 圖說明一形成在半導體晶圓上之金屬層之厚度映象；

第 2B 和 2C 圖說明第 2A 圖中所說明映象之一部位；

(19)

第3圖說明各種映象圖；

第4圖說明一連接至多數典範電解拋光模組之典範控制系統；

第5圖說明一經由多數子系統，連接至多數典範電解拋光模組之典範控制系統；

第6A至6D圖說明一典範鑲嵌製程；

第7A至7D圖說明另一典範之鑲嵌製程；

第8A至8D圖說明還另一典範之鑲嵌製程；以及

第9A至9D圖說明還另一典範之鑲嵌製程。

主要元件對照表

100 電解拋光模組

102 半導體晶圓

112 晶圓基座

108 噴嘴

110 噴嘴

106 端點檢測器

104 噴嘴板

114 控制系統

116 基底厚度度量工具

202 位置

204 螺旋路徑

206 位置

1 處理室

(20)

502 子系統

504 裝置對裝置傳輸媒體

500 子系統

606 凹陷區

610 非凹陷區

608 電介材料

604 障壁層

612 金屬層

614 凹溝

702 殘餘物

802 光罩層

902 犧牲層

伍、中文發明摘要

發明之名稱：利用障壁及犧牲層之厚度測量及移除之
調適性電解拋光

使形成在一半導體晶圓上之金屬層加以調適地電解拋光。將金屬層之一部位加以電解拋光，對該金屬層部位各別加以電解拋光。對該部位加以電解拋光前，先決定要加以電解拋光之該金屬層部位之厚度大小。根據厚度大小加以調整要電解拋光部位之量。

使形成在一半導體晶圓上之金屬層加以拋光，其中之金屬層是形成在一障壁層上。障壁層則形成在一具有一凹陷區及一非凹陷區之電介層上，且其中之金屬層覆蓋電介層之凹陷區及非凹陷區。將金屬層加以拋光，移除覆蓋非凹陷區之金屬層。將凹陷區中之金屬層加以拋光至高度低於非凹陷區，該高度大或等於障壁厚度。

陸、英文發明摘要

發明之名稱：Adaptive electropolishing using thickness measurements
and removal of barrier and sacrificial layers

A metal layer formed on a semiconductor wafer is adaptively electropolished. A portion of the metal layer is electropolished, where portions of the metal layer are electropolished separately. Before electropolishing the portion, a thickness measurement of the portion of the metal layer to be electropolished is determined. The amount that the portion is to be electropolished is adjusted based on the thickness measurement.

A metal layer formed on a semiconductor wafer is polished, where the metal layer is formed on a barrier layer, which is formed on a dielectric layer having a recessed area and a non-recessed area, and where the metal layer covers the recessed area and the non-recessed areas of the dielectric layer. The metal layer is polished to remove the metal layer covering the non-recessed area. The metal layer in the recessed area is polished to a height below the non-recessed area, where the height is equal to or greater than a thickness of the barrier layer.

(1)

拾、申請專利範圍

1.一種將形成在一半導體晶圓上之金屬層加以調適性電解拋光之方法，該方法包含：

將金屬層一部位加以電解拋光，其中，對該金屬層之部位各別加以電解拋光；

對該部位加以電解拋光前，先決定要加以電解拋光之金屬層部位之厚度大小；以及

根據厚度大小，調整要加以電解拋光部位之量。

2.如申請專利範圍第1項之方法，其中，使金屬層之一部位電解拋光包含：

經由毗鄰金屬層部位之一噴嘴施加一電解質流至金屬層部位。

3.如申請專利範圍第2項之方法，其中，使用一晶圓基座加以握持、旋轉，且轉移晶圓，而使噴嘴在毗鄰金屬層處保持靜止。

4.如申請專利範圍第2項之方法，其中，使用一晶圓基座加以握持並旋轉晶圓，而使噴嘴在毗鄰金屬層處加以轉移。

5.如申請專利範圍第2項之方法，其中，調整要加以電解拋光部位之量包含：

調整施加至電解質流之拋光電流或電壓。

6.如申請專利範圍第2項之方法，其中，調整要加以電解拋光部位之量包含：

調整該部位之拋光期間。

(2)

7.如申請專利範圍第1項之方法，其中，決定一厚度之大小包含：

取得金屬層厚度大小之映象，其中之金屬層是使用一厚度度量工具加以決定的。

8.如申請專利範圍第7項之方法，其中，決定一厚度大小更包含：

使用一端點檢測器加以測量金屬層之厚度大小；以及其中，調整要加以電解拋光部位之量包含：

使用金屬層厚度大小之映象，在啓始拋光期間加以調整要加以電解拋光部位之量，其中之金屬層是使用厚度度量工具加以決定的；以及

使用厚度大小加以調整在後續拋光期間要加以電解拋光部位之量，其中之厚度大小是使用端點檢測器加以測量的。

9.如申請專利範圍第7項之方法，更包含：

根據在映象上其厚度大小之金屬層部位之多數厚度大小，以內插法求得在映象上不具厚度大小之金屬層部位之厚度大小。

10.如申請專利範圍第1項之方法，其中，決定一厚度大小包含：

使用毗鄰於金屬層之一端點檢測器加以測量金屬層之厚度大小。

11.如申請專利範圍第10項之方法，其中，使用一晶圓基座將晶圓加以握持、旋轉且轉移，而將端點檢測器在毗

(3)

鄰金屬層處保持靜止。

12.如申請專利範圍第10項之方法，其中，使用多數像素分格加以映射厚度大小，其中之像素位置對應於可使用端點檢測器加以測量之一場界。

13.如申請專利範圍第10項之方法，更包含：

根據晶圓上圖案之金屬密度加以決定朝向拋光部位之端點。

14.如申請專利範圍第10項之方法，其中，端點檢測器為一感光器。

15.如申請專利範圍第10項之方法，其中，端點檢測器為一渦流電流感測器。

16.一種將形成在一半導體晶圓上之金屬層加以調適性電解拋光之系統，該方法包含：

一被建置成將金屬層部位加以各別電解拋光之電解拋光模組；以及

一控制系統，將該系統建置成：

在將該部位電解拋光前，先決定金屬層一部位之厚度大小，以及

根據厚度大小，調整所電解拋光部位之量。

17.如申請專利範圍第16項之系統，其中，電解拋光模組包含：

一噴嘴，該噴嘴被建置成施加電解質流至金屬層部位。

18.如申請專利範圍第17項之系統，更包含：

(4)

一晶圓基座，該基座被建置成加以握持、旋轉、及轉移晶圓，而使噴嘴在毗鄰噴嘴處保持靜止。

19.如申請專利範圍第17項之系統，其中，噴嘴被建置成加以轉移，且更包含：

一晶圓基座，該基座被建置成加以握持並旋轉晶圓。

20.如申請專利範圍第17項之系統，其中，將控制系統建置成加以調整施加至電解質流之拋光電流或電壓或調整該部位之拋光期間。

21.如申請專利範圍第16項之系統，其中，將控制系統建置成加以決定調整成將該部位加以電解拋光之量，該部位是以一偏置時間事先加以電解拋光的。

22.如申請專利範圍第16項之系統，更包含：

一厚度度量工具，其中，控制系統從厚度度量工具取得金屬層厚度大小之映象。

23.如申請專利範圍第16項之系統，其中，電解拋光模組包含：

一端點檢測器，該檢測器被建置成加以測量金屬層之厚度。

24.如申請專利範圍第23項之系統，其中，電解拋光模組更包含：

一晶圓基座，該基座被建置成加以握持、旋轉、及轉移晶圓，而使端點檢測器在毗鄰金屬層處保持靜止。

25.如申請專利範圍第23項之系統，其中，電解拋光模組更包含：

(5)

一晶圓基座，該基座被建置成握持並旋轉晶圓，而轉移端點檢測器。

26.如申請專利範圍第23項之系統，其中，端點檢測器為一感光器或一渦流電流感測器。

27.如申請專利範圍第23項之系統，其中，根據晶圓上圖案之金屬密度，將端點檢測器建置成決定達到拋光該部位之端點。

28.如申請專利範圍第16項之系統，其中，電解拋光模組包含：

- 第一處理室；
- 被建置成加以控制第一製程室之第一子系統；
- 第二處理室；以及
- 被建置成加以控制第二製程室之第二子系統；

其中，控制系統是連接至第一及第二子系統。

29.一種將形成在半導體晶圓上之金屬層加以拋光之方法，其中之金屬層是形成在一障壁層上，障壁層則形成在一具有凹陷區及非凹陷區之電介層上，且其中之金屬層覆蓋電介層之凹陷區及非凹陷區，該方法包含：

將金屬層加以拋光，移除覆蓋非凹陷區之金屬層；以及

將凹陷區中之金屬層加以拋光至高度低於非凹陷區，

該高度大或等於障壁層厚度。

30.如申請專利範圍第29項之方法，其中，金屬層之拋光包含金屬層之電解拋光。

31.如申請專利範圍第30項之方法，其中，金屬層之電

(6)

解拋光包含：

經由一毗鄰金屬層部位之噴嘴，施加電解質流至金屬層之一部位。

32.如申請專利範圍第31項之方法，更包含：

使用一晶圓基座加以握持、旋轉、及轉移晶圓，而使噴嘴保持靜止。

33.如申請專利範圍第31項之方法，更包含：

使用一晶圓基座加以握持及旋轉晶圓，而使噴嘴加以轉換。

34.如申請專利範圍第29項之方法，更包含：

在將金屬層加以拋光後，使用電漿蝕刻法從非凹陷區移除障壁層。

35.如申請專利範圍第34項之方法，其中，電漿蝕刻法包含使用一種蝕刻氣體，且其中，新增添加物至蝕刻氣體在凹陷區中之金屬層及障壁層上形成殘餘物。

36.如申請專利範圍第34項之方法，更包含：

使用電漿蝕刻法移除凹陷及非凹陷區之一部位，其中，凹陷區內障壁層之蝕刻率高或等於電介層之蝕刻率。

37.如申請專利範圍第29項之方法，其中，將一硬式光罩層配置在電介層及障壁層之間，且其中之高度小於障壁層厚度與硬式光罩層厚度之和。

38.如申請專利範圍第37項之方法，其中，將一犧牲層配置在硬式光罩層及障壁層之間，其中，硬式光罩層之移除率小於障壁層，且犧牲層之移除率大或等於障壁層。

(7)

39.如申請專利範圍第29項之方法，其中，電介層包含一低k之電介材料，且金屬層包含銅。

40.一種半導體晶圓層，包含：

一具有凹陷及非凹陷區之電介層；

一沈積在電介層上方之障壁層；以及

一沈積在障壁層上之金屬層，其中，從電介層之非凹陷區移除金屬層並將它在凹陷區中加以拋光至高度低於非凹陷區，其中之高度大或等於障壁層厚度。

41.如申請專利範圍第40項之半導體晶圓層，更包含：

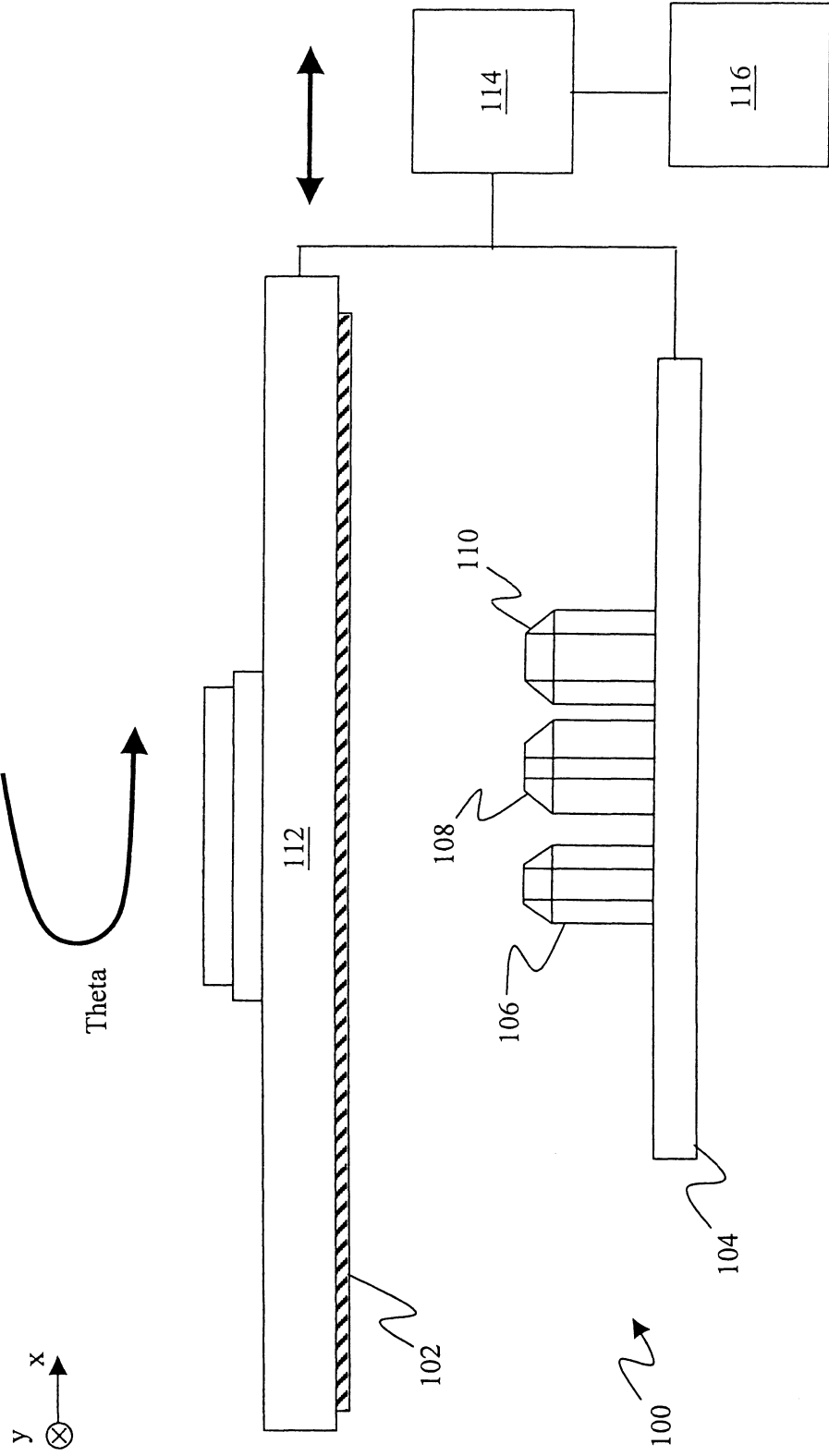
一配置在電介層及障壁層間之硬式光罩層，其中之高度小於障壁層厚度及硬式光罩層厚度之和。

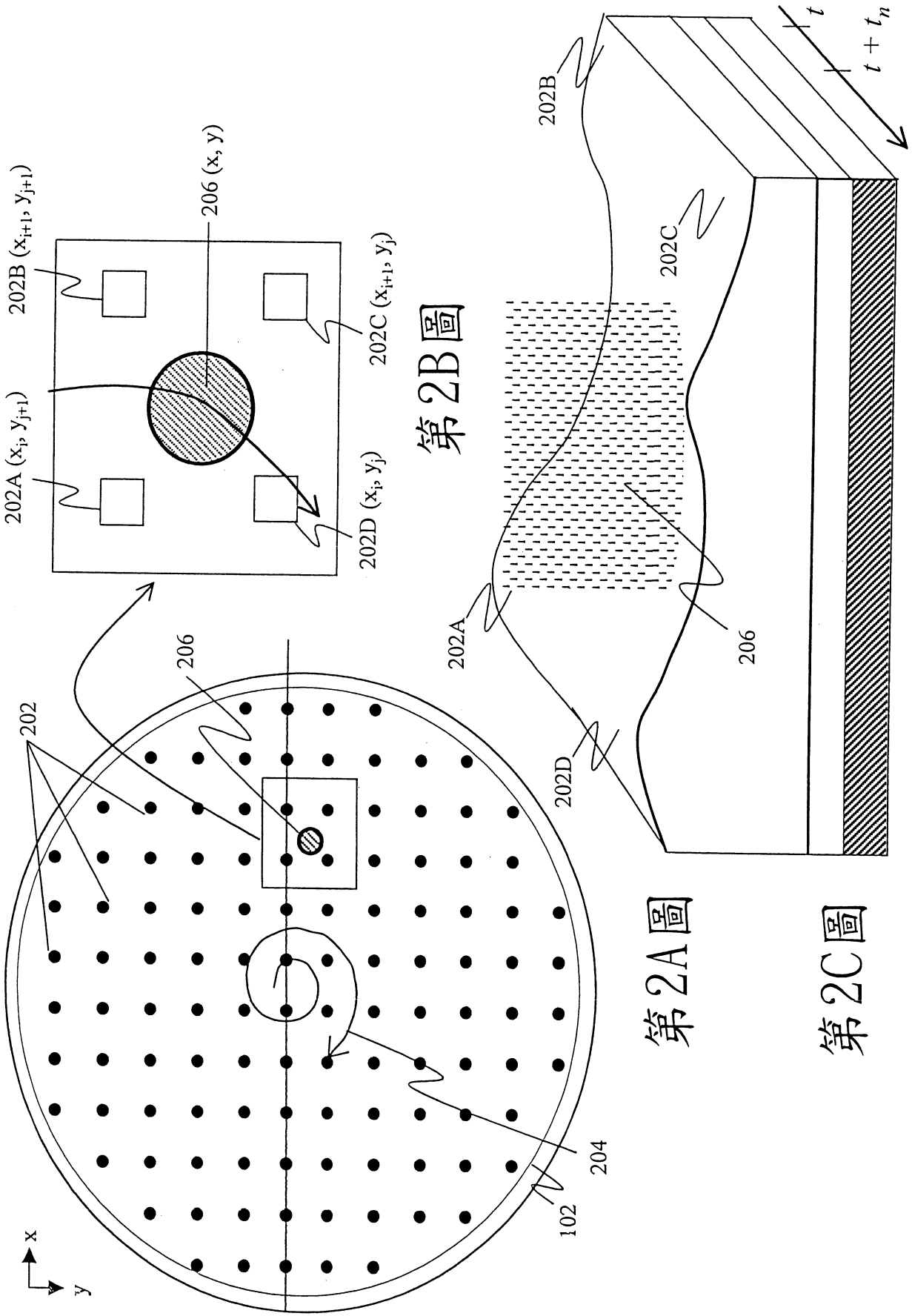
42.如申請專利範圍第41項之半導體晶圓層，更包含：

一配置在硬式光罩層及障壁層間之犧牲層，其中，硬式光罩層之移除率小於障壁層且犧牲層之移除率大或等於障壁層。

43.如申請專利範圍第40項之半導體晶圓層，其中，電介層包含一低k之電介材料，且金屬層包含銅。

第1圖



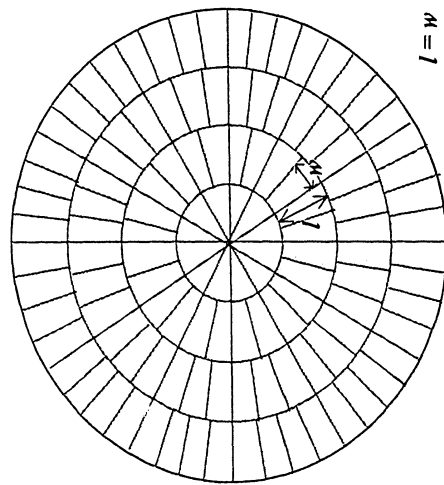
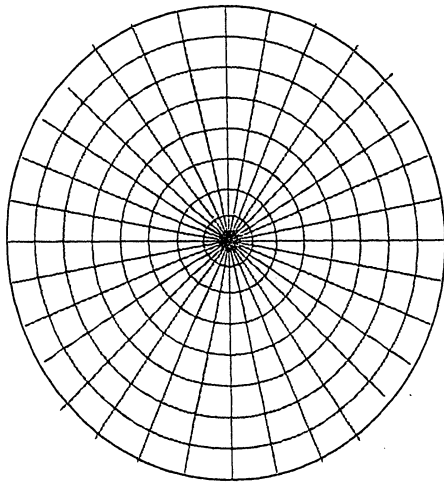
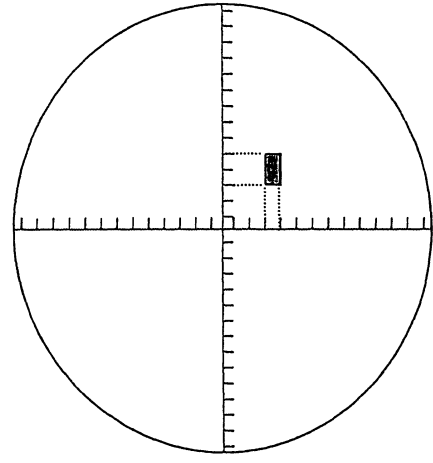
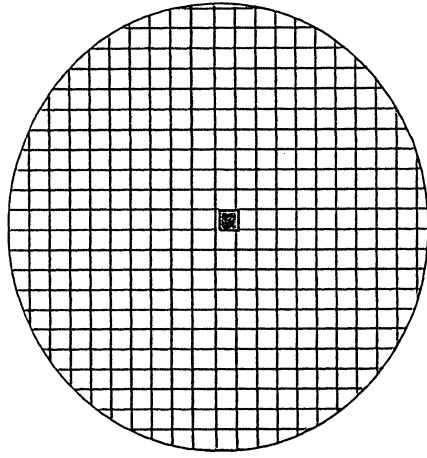
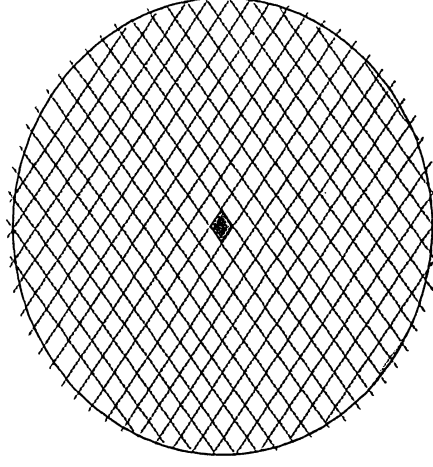
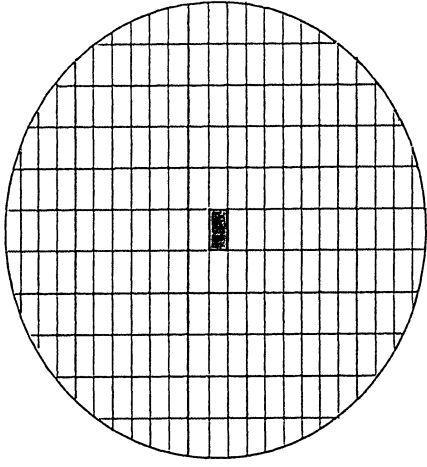


第2B圖

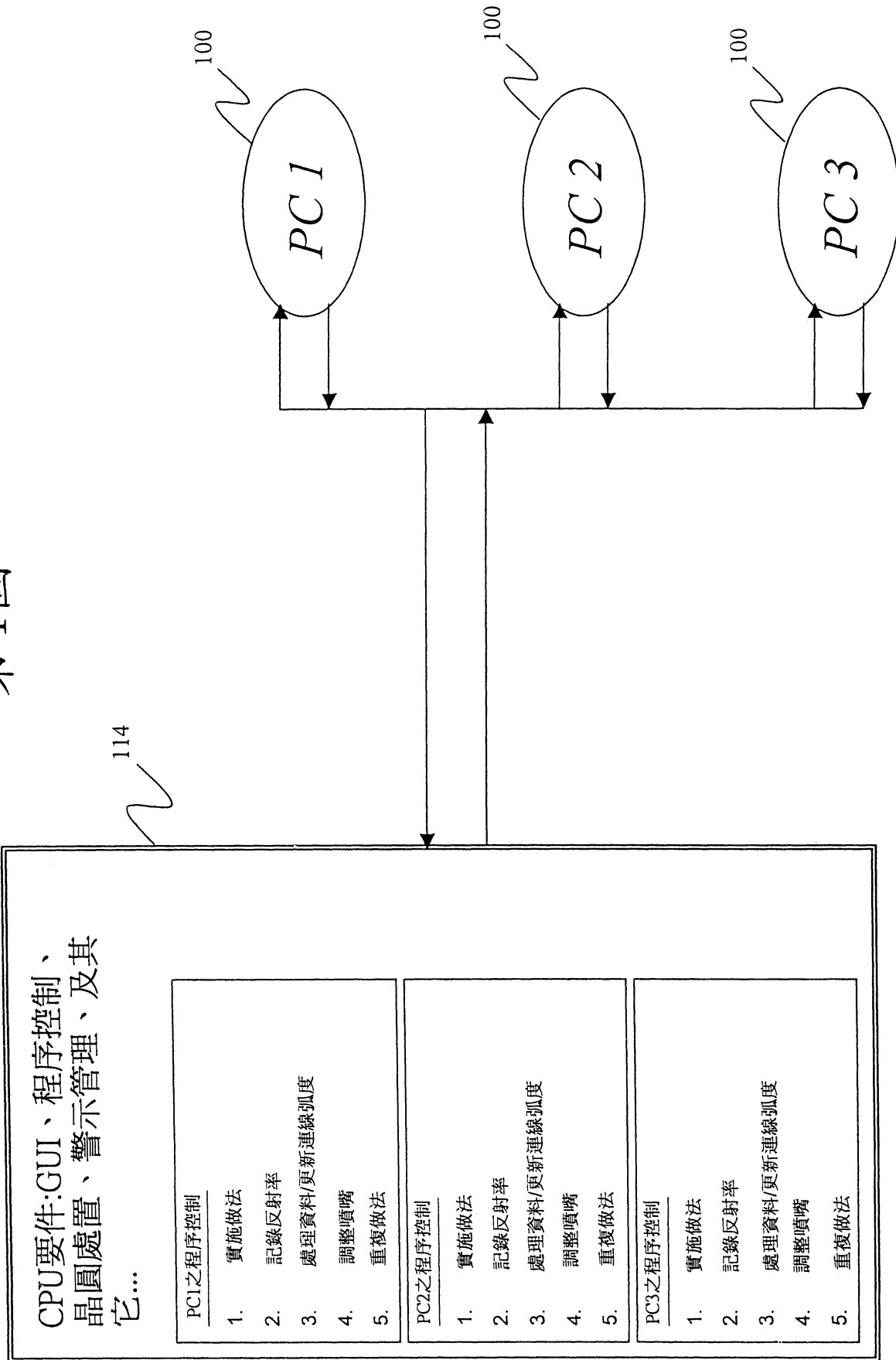
第2A圖

第2C圖

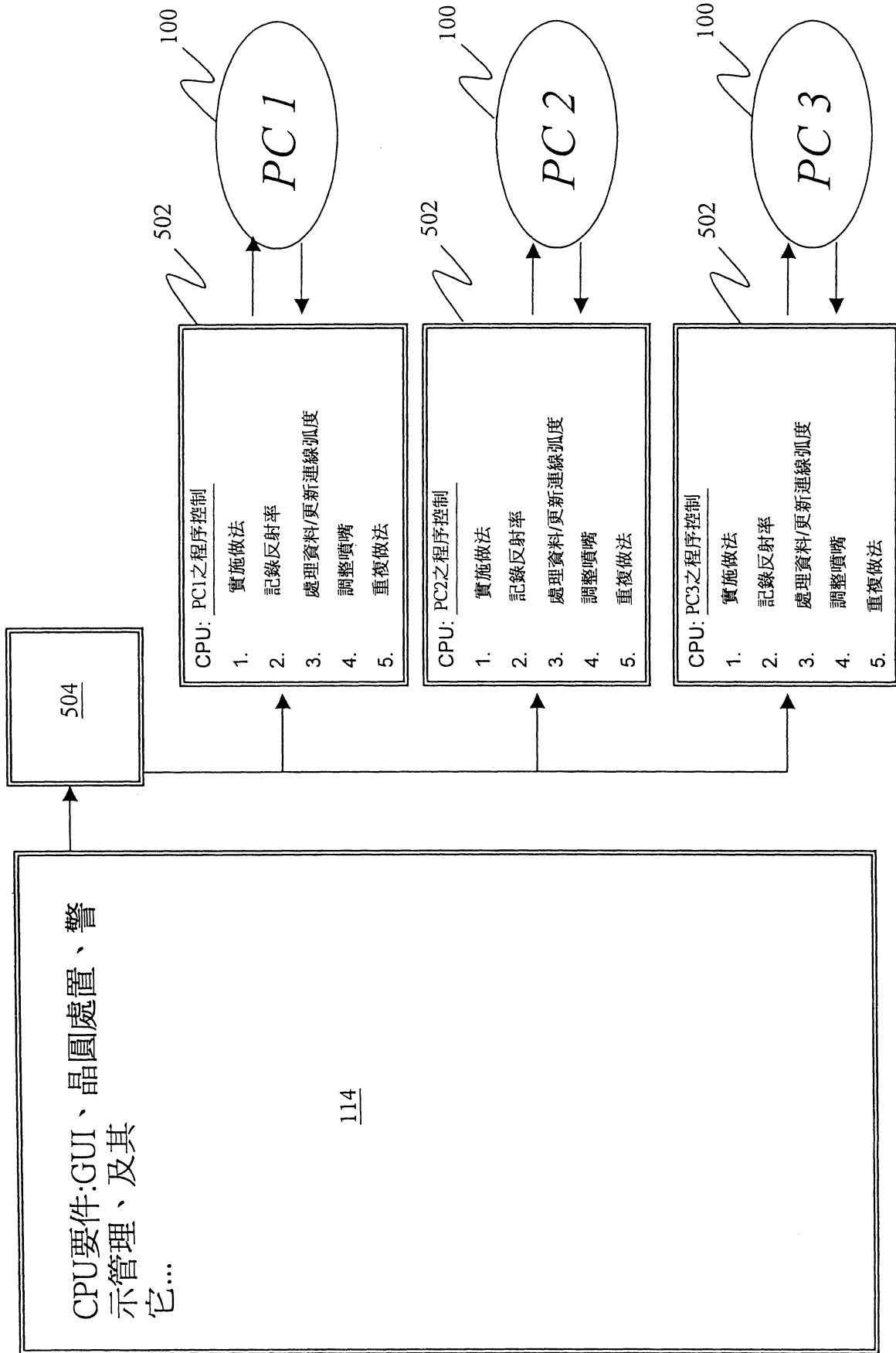
第3圖



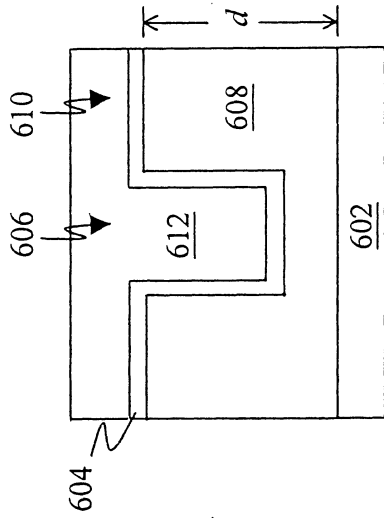
第4圖



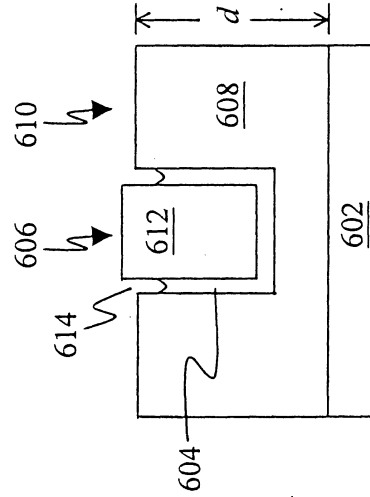
第5圖



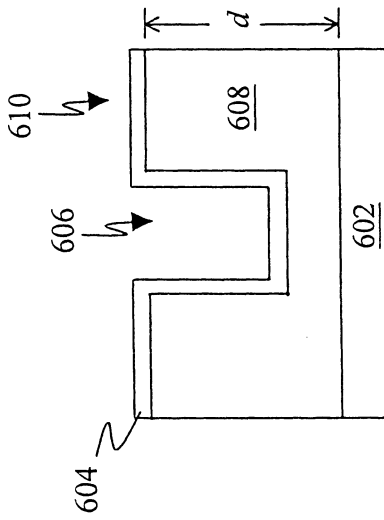
第6B圖



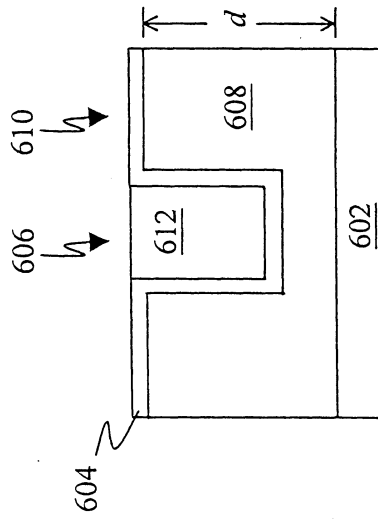
第6D圖



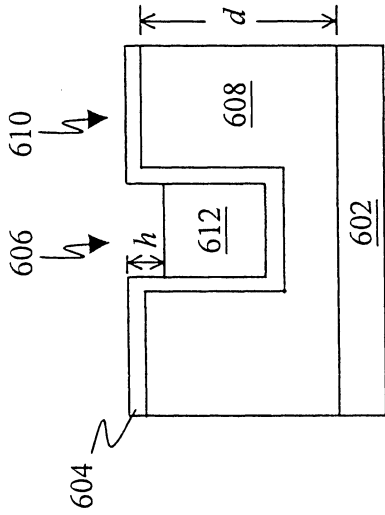
第6A圖



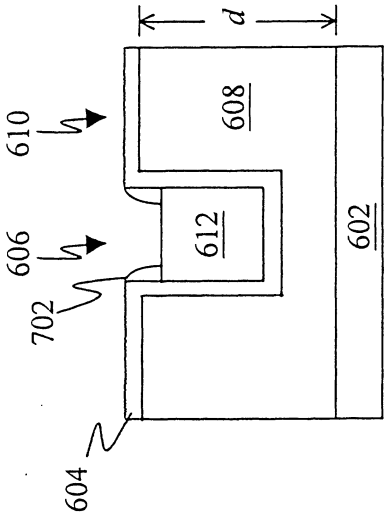
第6C圖



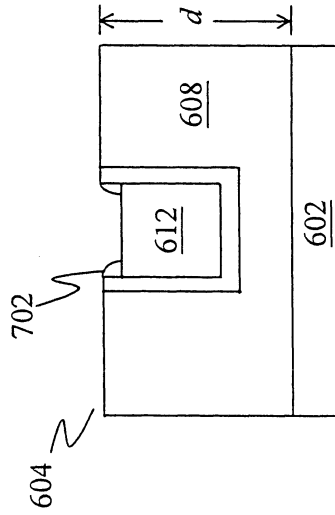
第7A圖



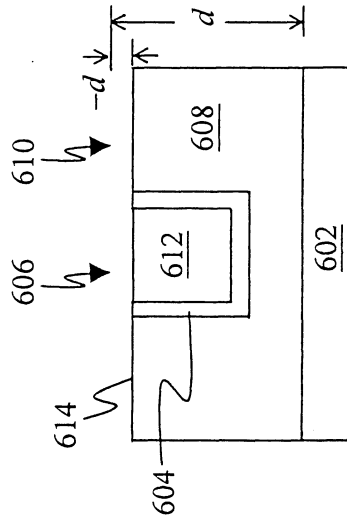
第7B圖



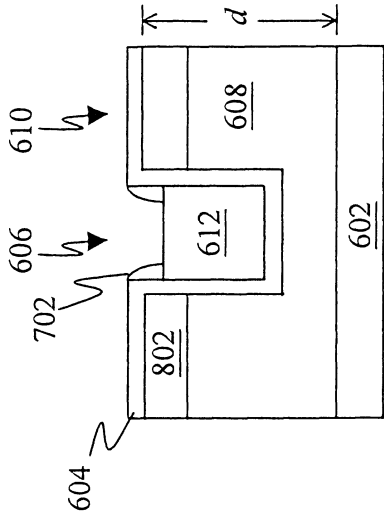
第7C圖



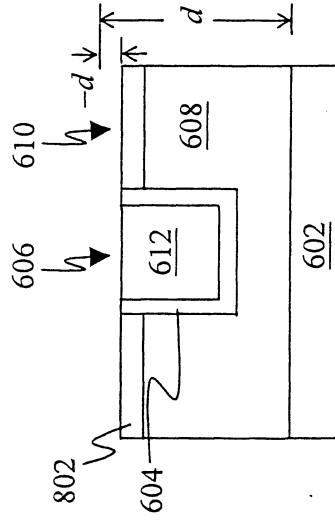
第7D圖



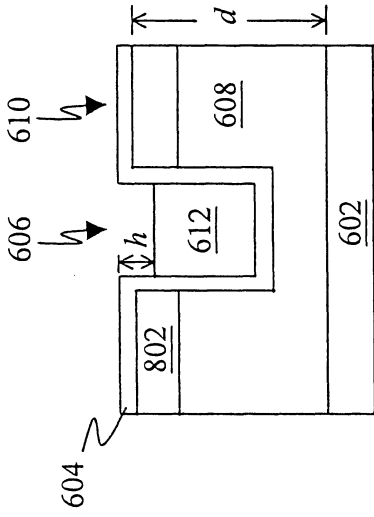
第8B圖



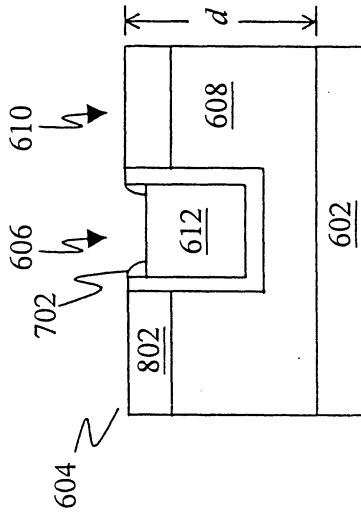
第8D圖



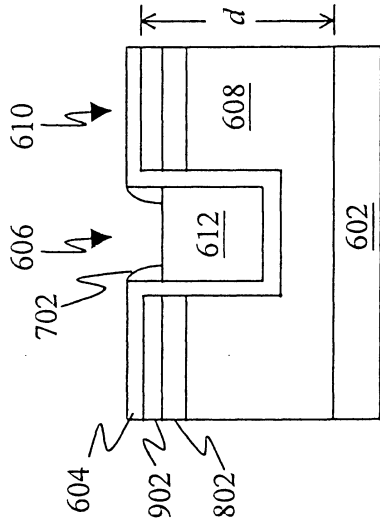
第8A圖



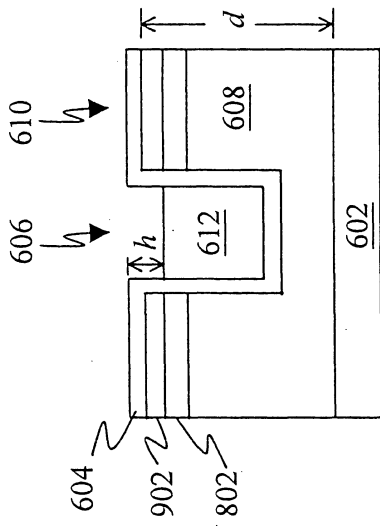
第8C圖



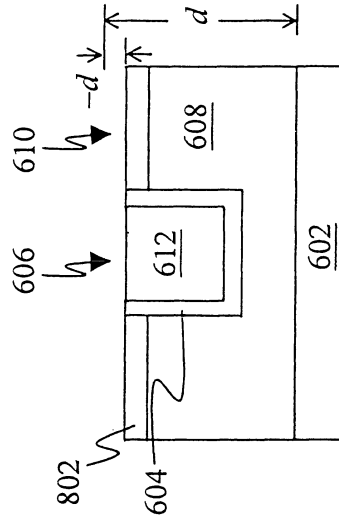
第9B圖



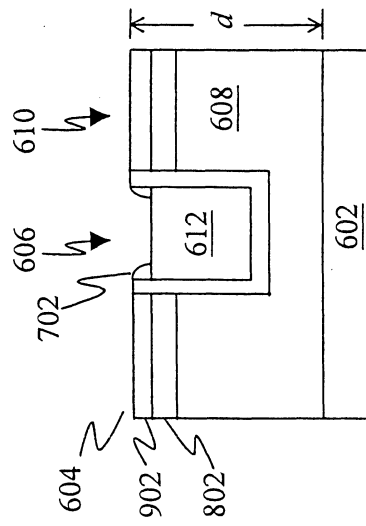
第9A圖



第9D圖



第9C圖



柒、(一)、本案指定代表圖為：第 1 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

100	電解拋光模組
102	半導體晶圓
104	噴嘴板
106	端點檢測器
108	噴嘴
110	噴嘴
112	晶圓基座
114	控制系統
116	基底厚度度量工具

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無