



(21)申請案號：101114732

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 04 月 25 日

(51)Int. Cl. : **B24B37/013 (2012.01)**
B24B49/10 (2006.01)

B24B49/04 (2006.01)

(30)優先權：2011/04/27 美國

13/095,822

(71)申請人：應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)
美國

(72)發明人：依拉維尼寒森 G IRAVANI, HASSAN G. (IR) ; 許昆 XU, KUN (US) ; 史威克柏格斯勞 A SWEDEK, BOGUSLAW A. (PL) ; 卡爾森伊格馬 CARLSSON, INGEMAR (SE) ; 沈世豪 SHEN, SHIH HAUR (TW) ; 涂文強 TU, WEN-CHIANG (US) ; 蓋奇大衛麥斯威爾 GAGE, DAVID MAXWELL (US) ; 王詹姆斯 C WANG, JAMES C. (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：12 共 45 頁

(54)名稱

金屬殘留物或金屬柱之渦電流監控

EDDY CURRENT MONITORING OF METAL RESIDUE OR METAL PILLARS

(57)摘要

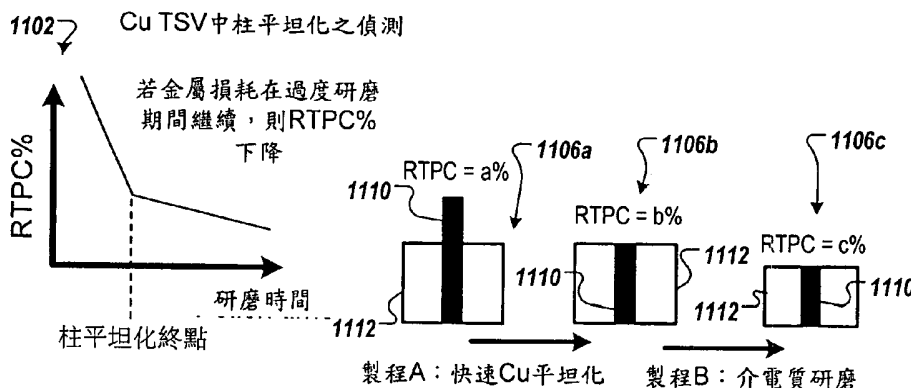
一種化學機械研磨基板之方法包括以下步驟：在研磨站處研磨基板上之金屬層；在研磨站處研磨期間用渦電流監控系統監控該金屬層之厚度；以及在渦電流監控系統指示金屬層之殘留物自下層移除且該下層之頂表面曝露時停止研磨。

1102：曲線圖

1106b：步驟

1110：柱

1112：層





(21)申請案號：101114732

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 04 月 25 日

(51)Int. Cl. : **B24B37/013 (2012.01)**
B24B49/10 (2006.01)

B24B49/04 (2006.01)

(30)優先權：2011/04/27 美國

13/095,822

(71)申請人：應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)
美國

(72)發明人：依拉維尼寒森 G IRAVANI, HASSAN G. (IR) ; 許昆 XU, KUN (US) ; 史威克柏格斯勞 A SWEDEK, BOGUSLAW A. (PL) ; 卡爾森伊格馬 CARLSSON, INGEMAR (SE) ; 沈世豪 SHEN, SHIH HAUR (TW) ; 涂文強 TU, WEN-CHIANG (US) ; 蓋奇大衛麥斯威爾 GAGE, DAVID MAXWELL (US) ; 王詹姆斯 C WANG, JAMES C. (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：12 共 45 頁

(54)名稱

金屬殘留物或金屬柱之渦電流監控

EDDY CURRENT MONITORING OF METAL RESIDUE OR METAL PILLARS

(57)摘要

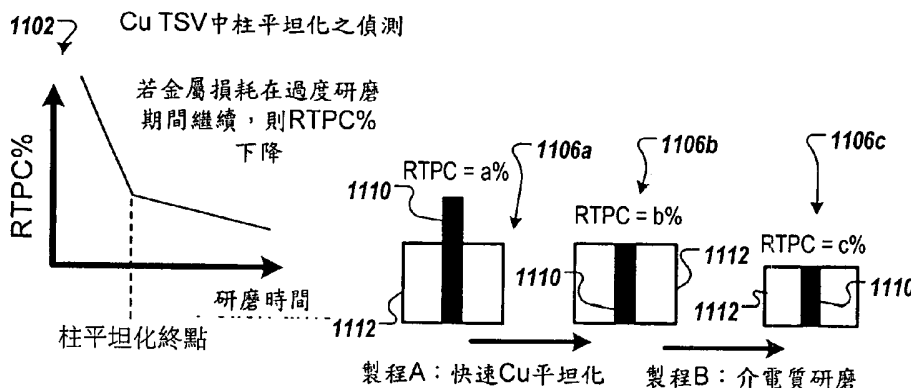
一種化學機械研磨基板之方法包括以下步驟：在研磨站處研磨基板上之金屬層；在研磨站處研磨期間用渦電流監控系統監控該金屬層之厚度；以及在渦電流監控系統指示金屬層之殘留物自下層移除且該下層之頂表面曝露時停止研磨。

1102：曲線圖

1106b：步驟

1110：柱

1112：層



六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本揭示案係關於在基板之化學機械研磨期間的渦電流監控。

【先前技術】

通常藉由在矽晶圓上導電層、半導體層或絕緣層之順序沉積且藉由該等層之後續處理，來在基板（例如，半導體晶圓）上形成積體電路。

一個製造步驟涉及以下步驟：在非平坦表面上沉積填料層，及平坦化該填料層直至該非平坦表面曝露為止。舉例而言，可在經圖案化絕緣層上沉積導電填料層，以填充絕緣層中之溝槽或孔。隨後研磨填料層，直至絕緣層之凸起圖案曝露為止。在平坦化之後，餘留在絕緣層之凸起圖案之間的導電層的部分形成通孔、插塞及接線，該等通孔、插塞及接線在基板上提供薄膜電路之間的導電路徑。此外，平坦化可用以平坦化用於微影術之基板表面。

化學機械研磨 (Chemical mechanical polishing; CMP) 為一種公認的平坦化方法。此平坦化方法通常需要將基板安裝於承載頭上。基板之經曝露表面經置放抵靠旋轉研磨墊。承載頭在基板上提供可控制負載，以推動該基板抵靠研磨墊。將研磨液體（諸如，具有磨料顆粒的漿料）供應至研磨墊之表面。

在半導體處理期間，決定基板或基板上的層的一或更多個特性可能十分重要。舉例而言，在 CMP 製程期間知道導電層之厚度可能十分重要，以便該製程可在正確時間處終止。若干方法可用以決定基板特性。舉例而言，光學感測器可在化學機械研磨期間用於基板之原位監控。或者（或此外），渦電流感測系統可用以在基板上的導電區域中感應渦電流，以決定諸如導電區域之局部厚度之參數。

【發明內容】

在一個態樣中，一種化學機械研磨基板之方法包括以下步驟：在研磨站處研磨基板上之金屬層；在研磨站處研磨期間用渦電流監控系統監控該金屬層之厚度；以及在渦電流監控系統指示金屬層之殘留物自下層移除且該下層之頂表面曝露時停止研磨。

實施可包括以下特徵結構中之一或更多個特徵結構。下層可為阻障層。下層可為介電層。渦電流監控系統可具有大於 12 MHz 之諧振頻率，例如，介於約 14 MHz 與 16 MHz 之間的諧振頻率。金屬層之金屬可具有小於 700 歐姆埃之電阻率。金屬可為銅、鋁或鎢。可在無光學監控系統的情況下監控金屬層之研磨。可藉由偵測來自渦電流監控系統的訊號之量值的變化率之變化，來決定移除金屬層之殘留物。

在另一態樣中，一種化學機械研磨基板之方法可包括

以下步驟：研磨複數個金屬柱，該複數個金屬柱自基板之大體平坦表面向上突出；在研磨站處研磨期間用渦電流監控系統監控該等柱之厚度；以及在渦電流監控系統指示該等柱與該平坦表面實質上共平面時停止研磨。

實施可包括以下特徵結構中之一或更多個特徵結構。大體平坦表面可為介電層。渦電流監控系統可具有大於 12 MHz 之諧振頻率。柱之金屬可具有小於 700 歐姆埃之電阻率。柱可為銅。可藉由偵測來自渦電流監控系統的訊號之量值的變化率之變化，來決定該等金屬柱與該平坦表面共平面。

某些實施可包括以下優點中之一或更多個優點。可在成批研磨期間感測較低電導金屬（例如，鈦或鈷）之厚度，從而容許承載頭壓力之閉環控制，因此，改良了晶圓內非均勻性 (within-wafer non-uniformity; WIWNU) 及晶圓與晶圓的非均勻性 (wafer-to-wafer non-uniformity; WTWNU)。可感測金屬殘留物之移除，例如，銅殘留物之移除，且此舉容許更準確的終點控制且降低對於審慎的過度研磨之需要。可感測金屬接線（例如，銅接線）之厚度（或電導率），從而容許承載頭壓力之閉環控制，以驅動至均勻的金屬接線厚度及電導率，該等均勻的金屬接線厚度及電導率可提供經改良良率。在研磨金屬柱（例如，銅柱）期間，可偵測柱之平坦化，從而提供平坦化製程之終點控制。

在隨附圖式及下文描述中闡述一或更多個實施之細

節。根據描述及圖式且根據申請專利範圍，其他態樣、特徵及優點將顯而易見。

【實施方式】

CMP 系統可使用渦電流監控系統來偵測基板上的頂部金屬層之厚度。在研磨頂部金屬層期間，渦電流監控系統可決定基板上之金屬層之不同區域的厚度。厚度量測可用以即時調整研磨製程之處理參數。舉例而言，基板承載頭可調整基板背側上的壓力，以增加或減小金屬層之區域之研磨速率。可調整研磨速率，以便金屬層之區域在研磨之後為實質上相同厚度。CMP 系統可調整研磨速率，以便金屬層之區域之研磨在約相同時間完成。此分佈控制可稱為即時分佈控制 (real time profile control; RTPC)。

渦電流監控存在的一個問題為用於準確決定厚度之訊號不足，此舉可導致終點決定及分佈控制之不準確。在不限於任何特定理論的情況下，造成不足訊號之因素可包括較低電導率金屬（例如，鈷、鈦或氮化鈦）之研磨。

訊號強度可藉由感測器之合適配置來改良。

藉由增加諧振頻率，訊號強度可經增加以執行用於具有大於 700 歐姆埃（例如，大於 1500 歐姆埃）之電阻率的金屬之可靠分佈控制。此等金屬可包括鈷、鈦及氮化鈦。

此外，渦電流監控系統亦可用以偵測自基板之表面移

除金屬殘留物（例如，較高電導率金屬（例如，銅、鋁或鎢）之殘留物）及曝露基板之下層中的特徵結構下層介電層。此外，渦電流監控系統亦可用以偵測基板上之金屬特徵結構之厚度。此等特徵結構可包括溝槽中及潛在地柱中之銅、鋁或鎢。此外，渦電流監控系統亦可用以偵測金屬柱（例如，較高電導率金屬（例如，銅）之柱）之平坦化。可藉由調整參數來增加諧振頻率，該等參數包括感測器磁心材料、線圈捲繞於中心叉指上的數目及置放於電路上與線圈並聯之電容器的電容。

第 1 圖圖示用於研磨一或更多個基板 10 之 CMP 設備 20。相似的研磨設備之描述可見於美國專利第 5,738,574 號中。研磨設備 20 包括一系列研磨站 22a、22b 及 22c 及移送站 23。移送站 23 在承載頭與裝載設備之間移送基板。

每一研磨站包括可旋轉平臺 24，該可旋轉平臺 24 具有頂表面 25，在該頂表面 25 上置放研磨墊 30。第一站 22a 及第二站 22b 可包括具有硬式耐用外表面之兩層研磨墊或具有嵌入的磨料顆粒之固定磨料襯墊。最終研磨站 22c 可包括相對較軟的襯墊或兩層襯墊。每一研磨站亦可包括襯墊調節設備 28，以維持研磨墊之狀態，以便該研磨墊將有效地研磨基板。

參閱第 2 圖，兩層研磨墊 30 通常具有背托層 32 及覆蓋層 34，該背托層 32 對接平臺 24 之表面，該覆蓋層 34 用以研磨基板 10。覆蓋層 34 通常比背托層 32 更堅硬。

然而，一些襯墊僅具有覆蓋層而無背托層。覆蓋層 34 可由可能具有填料（例如，中空微球體）及/或有槽表面之發泡或鑄造型聚胺酯組成。背托層 32 可由用胺基甲酸酯瀝取的經壓縮氈纖維組成。具有由 IC-1000 組成的覆蓋層及由 SUBA-4 組成的背托層之兩層研磨墊可購自 Rodel, Inc., (Newark, Delaware) (IC-1000 及 SUBA-4 為 Rodel, Inc. 之產品名稱)。

在研磨步驟期間，可將漿料 38 藉由漿料供應埠或組合漿料/沖洗臂 39 供應至研磨墊 30 之表面。若研磨墊 30 為標準襯墊，則漿料 38 亦可包括磨料顆粒（例如，用於氧化物研磨之二氧化矽）。

返回至第 1 圖，可旋轉多頭迴轉料架 60 支撐四個承載頭 70。迴轉料架由中心柱 62 圍繞迴轉料架軸 64 藉由迴轉料架馬達總成（未圖示）來旋轉，以繞承載頭系統及基板而軌道運行，該等基板在研磨站 22 與移送站 23 之間附接至該等承載頭系統。該等承載頭系統中之三個承載頭系統接收且固持基板，且藉由將該等基板按壓抵靠研磨墊來研磨該等基板。同時，承載頭系統中之一個承載頭系統自移送站 23 接收基板且將基板輸送至移送站 23。

每一承載頭 70 藉由承載驅動軸 74 連接至承載頭旋轉馬達 76（藉由移除蓋子 68 之四分之一來圖示），以便每一承載頭可圍繞該每一承載頭之自身的軸獨立地旋轉。此外，每一承載頭 70 在徑向槽 72 中獨立地側向振盪，

該徑向槽 72 形成於迴轉料架支撐板 66 中。適合的承載頭 70 之描述可見於美國專利第 7,654,888 號，該美國專利之整個揭示案以引用之方式併入本文。在操作中，平臺圍繞該平臺之中心軸 25 旋轉，且承載頭圍繞該承載頭之中心軸 71 旋轉且在研磨墊之整個表面上側向平移。

第 3 圖圖示承載頭 70 中之一個承載頭 70。承載頭 70 中之每一承載頭 70 包括外殼 102、基底總成 104、萬向節機構 106 (該萬向節機構 106 可視為基底總成 104 之部分)、裝載腔室 108、固定環 200 及基板背托總成 110，該基板背托總成 110 包括撓性膜 116，該撓性膜 116 界定多個可獨立加壓之腔室，諸如，內部腔室 230、中間腔室 232、234、236 及外部腔室 238。此等腔室控制撓性膜之同心區域上之壓力，從而提供基板之同心部分上之獨立的壓力控制。在一些實施中，承載頭 70 中之每一承載頭 70 包括五個腔室及用於該等腔室中之每一腔室的調壓器。

返回至第 2 圖，渦電流監控系統 40 包括在基板上的金屬層中感應渦電流之驅動系統及偵測藉由驅動系統在金屬層中感應的渦電流之感測系統。監控系統 40 包括磁心 42、驅動線圈 49 及感測線圈 46，該磁心 42 定位於凹部 26 中以隨著平臺旋轉，該驅動線圈 49 捲繞於磁心 42 之一個部分上，該感測線圈 46 捲繞於磁心 42 之第二部分上。對於驅動系統而言，監控系統 40 包括振盪器 50，該振盪器 50 連接至驅動線圈 49。對於感測系統而言，

監控系統 40 包括與感測線圈 46 並聯連接的電容器 52、連接至感測線圈 46 的 RF 放大器 54 及二極體 56。振盪器 50、電容器 52、RF 放大器 54 及二極體 56 可位於遠離平臺 24 且可經由旋轉電氣管套節 29 耦接至平臺中之組件。

在一些實施中，背托層 32 在凹部 26 上方包括孔隙。孔隙可具有與凹部 26 相同之寬度及深度。或者，孔隙可小於凹部 26。覆蓋層 34 之部分 36 可在背托層中之孔隙上方。覆蓋層 34 之部分 36 可防止漿料 38 進入凹部 26。磁心 42 之部分可位於孔隙中。舉例而言，磁心 42 可包括叉指，該等叉指延伸至孔隙中。在一些實施中，磁心 42 之頂部不延伸經過覆蓋層 34 之底表面。

在操作中，振盪器 50 驅動驅動線圈 49，以產生振盪磁場，該振盪磁場延伸穿過磁心 42 之主體且延伸至磁心之叉指之間間隙中。磁場之至少一部分延伸穿過研磨墊 30 之薄部分 36 且延伸至基板 10 中。若金屬層存在於基板 10 上，則振盪磁場在該金屬層中產生渦電流。渦電流使金屬層充當與感測線圈 46 及電容器 52 並聯之阻抗源。隨著金屬層之厚度改變，阻抗改變，從而導致感測機構之品質因數的變化。藉由偵測感測機構之品質因數的變化，渦電流感測器可感測渦電流之強度的變化，因此可感測金屬層之厚度的變化。

可充當反射計或干涉計之光學監控系統 140 可在凹部 26 中緊固至平臺 24，例如，鄰近渦電流監控系統 40。

因此，光學監控系統 140 可量測基板上之與正藉由渦電流監控系統 40 監控的位置實質上相同的位置之反射率。特定言之，光學監控系統 140 可經定位以在與渦電流監控系統 40 距平臺 24 之旋轉軸的徑向距離相同的徑向距離處量測基板之部分。因此，光學監控系統 140 可在與渦電流監控系統 40 之路徑相同的路徑中，在整個基板上掃掠。

光學監控系統 140 包括光源 144 及偵測器 146。光源產生光束 142，該光束 142 傳播穿過透明視窗部分 36 及漿料，以照射在基板 10 之經曝露表面上。舉例而言，光源 144 可為雷射器，且光束 142 可為準直的雷射束。明亮的雷射束 142 可自雷射器 144 以與垂直於基板 10 之表面的軸成角度 α 投射。此外，若凹部 26 及視窗 36 是狹長的，則擴束器（未圖示）可定位於光束之路徑中，以將光束沿著視窗之狹長軸擴展。通常，光學監控系統作用方式如同美國專利第 6,159,073 號及第 6,280,289 號中描述的光學監控系統，該等美國專利之整個揭示案以引用之方式併入本文。在一些實施中，渦電流監控系統 40 足夠靈敏，以致於可不包括光學監控系統 140。

CMP 設備 20 亦可包括位置感測器 80（諸如，光學斷續器），以感測何時磁心 42 及光源 44 在基板 10 下方。舉例而言，光學斷續器可安裝於與承載頭 70 相對的固定點處。旗標 82 附接至平臺之周邊。選擇旗標 82 之附接點及長度，以便該旗標 82 在透明部分 36 在基板 10 下方

掃掠時中斷感測器 80 之光學訊號。或者，CMP 設備可包括編碼器，以決定平臺之角位置。

通用可程式化數位電腦 90 自渦電流感測系統接收強度訊號且自光學監控系統接收強度訊號。由於監控系統隨著平臺之每一旋轉在基板下方掃掠，故關於金屬層厚度及下層之曝露的資訊以原位累積且以連續即時基礎（每次平臺旋轉累積一次）累積。電腦 90 可經程式化，以在基板大體覆蓋透明部分 36（如藉由位置感測器決定）時取樣來自監控系統的量測。隨著研磨進行，金屬層之反射率或厚度改變，且經取樣訊號隨時間而變化。時變經取樣訊號可稱為跡線。來自監控系統之量測可在研磨期間顯示於輸出裝置 92 上，以容許裝置之操作者目視監控研磨操作之進展。

在操作中，CMP 設備 20 使用渦電流監控系統 40 及光學監控系統 140 來決定何時已移除大部分填料層且決定何時已實質上曝露下層停止層。電腦 90 將製程控制及終點偵測邏輯應用於經取樣訊號，以決定何時改變製程參數且偵測研磨終點。用於偵測器邏輯之可能的製程控制及終點標準包括局部最小值或最大值、斜率之變化、振幅或斜率之臨限值，或上述之組合。

此外，如美國專利第 6,399,501 號中所論述的（該美國專利之全部內容以引用之方式併入本文），電腦 90 可經程式化以將自基板下方的每一掃掠自渦電流監控系統 40 與光學監控系統 140 兩者之量測劃分成複數個取樣區

域、以計算每一取樣區域之徑向位置、以將振幅量測分類為徑向範圍、以決定每一取樣區域之最小量測、最大量測及平均量測，且以使用多個徑向範圍來決定研磨終點。

電腦 90 亦可連接至控制由承載頭 70 施加的壓力之壓力機構、連接至承載頭旋轉馬達 76 以控制承載頭旋轉速率、連接至平臺旋轉馬達（未圖示）以控制平臺旋轉速率，或連接至漿料分配系統 39 以控制供應至研磨墊的漿料組合物。特定言之，如下文進一步論述的，在將量測按徑向範圍分類之後，可將關於金屬膜厚度之資訊即時饋入至閉環控制器中，以定期或連續地修正由承載頭施加的研磨壓力分佈。

第 4A 圖圖示用於量測分佈資訊之渦電流監控系統 400 之實例。渦電流監控系統 400 可用作渦電流監控系統 40。在具有渦電流感測的情況下，振盪磁場在晶圓上的導電區域中感應渦電流。在與由渦電流感測系統產生的磁通線耦合之區域中感應渦電流。渦電流監控系統 400 包括具有 E 形主體之磁心 408。磁心 408 可包括背部部分 410 及三個叉指 412a 至 412c，該三個叉指 412a 至 412c 自該背部部分 410 延伸。

磁心 408 之背部部分 410 可為大體板形或矩形方框形的主體，且磁心 408 之背部部分 410 可具有頂面，該頂面平行於平臺之頂表面，例如，在研磨操作期間平行於基板及研磨墊。在一些實施中，背部部分 410 之長軸垂

直於平臺之半徑，該平臺之該半徑自該平臺之旋轉軸延伸。背部部分 410 之長軸可垂直於背部部分 410 之前面。背部部分 410 可具有高度，該高度係垂直於平臺之頂表面而量測。

又指 412a 至 412c 自背部部分 410 沿垂直於背部部分 410 之頂表面的方向延伸，且又指 412a 至 412c 為實質上直的且平行於彼此延伸。又指 412a 至 412c 中之每一者可具有沿著平行於平臺之頂表面的方向之長軸，例如，在研磨操作期間平行於基板及研磨墊之面，且又指 412a 至 412c 中之每一者為實質上直的且平行於彼此延伸。又指 412a 至 412c 之長軸可垂直於又指 412a 至 412c 之前面。背部部分 410 之長軸可沿與又指 412a 至 412c 之長軸的方向相同的方向延伸。在一些實施中，又指 412a 至 412c 之長軸垂直於研磨墊之半徑，該研磨墊之該半徑自研磨墊之旋轉軸延伸。兩個外部又指 412a、412c 在中間又指 412b 之相對側上。外部又指（例如，412a 及 412c）中之每一者與中心又指（例如，412b）之間的間隔可相同，亦即，外部又指 412a、412c 可與中間又指 412b 等距。

渦電流感測系統 400 包括並聯的線圈 422 及電容器 424。線圈 422 可與磁心 408 耦接（例如，線圈 422 可環繞在中心線圈 412b 上）。線圈 422 與電容器 424 一起可形成 LC 諧振槽。在操作中，電流產生器 426（例如，基於邊際振盪器電路之電流產生器）在 LC 槽路之諧振頻

率下驅動系統，該 LC 槽路由線圈 422（具有電感 L）及電容器 424（具有電容 C）形成。電流產生器 426 可經設計以將正弦振盪之峰間振幅維持在恆定值。使用整流器 428 來整流具有振幅 V_0 之時間相依性電壓，且向反饋電路 430 提供具有振幅 V_0 之時間相依性電壓。反饋電路 430 決定電流產生器 426 之驅動電流，以將電壓 V_0 之振幅保持恆定。對於此系統而言，驅動電流之量值可與導電膜厚度成比例。在美國專利第 4,000,458 號及第 7,112,960 號中進一步描述邊際振盪器電路及反饋電路，該等美國專利以引用之方式併入。

電流產生器 426 可將電流饋送至 LC 諧振槽，以使頻率保持相同。線圈 422 可產生振盪磁場 432，該振盪磁場 432 可與基板（例如，基板 10）之導電區域 406 耦合。當導電區域 406 存在時，在基板中作為渦電流耗散之能量可減低振盪之振幅。電流產生器 426 可將更多電流饋送至 LC 諧振槽，以保持振幅恆定。由電流產生器 426 饋送的額外電流之量可經感測且可轉換成導電區域 406 之厚度量測。

第 4B 圖圖示渦電流監控系統 400 之另一實施。渦電流監控系統 400 可包括用於產生振盪磁場 404 之驅動線圈 402，該振盪磁場 404 可與所關注導電區域 406（例如，半導體晶圓上的金屬層之部分）耦合。驅動線圈 402 可捲繞於背部部分 410 上。振盪磁場 404 在導電區域 406 中局部產生渦電流。渦電流使導電區域 406 充當與感測

線圈 414 及電容器 416 並聯之阻抗源。感測線圈 414 可環繞於中心叉指 412b 上。感測線圈 414 可環繞於中心叉指 412b 之外部部分上，以增加渦電流監控系統 400 之靈敏度。隨著導電區域 406 之厚度改變，阻抗改變，從而導致系統之品質因數的變化。藉由偵測品質因數的變化，渦電流監控系統 400 可感測渦電流之強度的變化，因此可感測導電區域之厚度的變化。因此，渦電流監控系統 400 可用以決定導電區域之參數（諸如，導電區域之厚度），或渦電流監控系統 400 可用以決定相關參數（諸如，研磨終點）。注意，儘管以上論述特定導電區域之厚度，但磁心 408 及導電層之相對位置可改變，以便獲取若干不同導電區域之厚度資訊。

在一些實施中，品質因數之變化可藉由針對固定驅動頻率及驅動振幅，量測感測線圈中作為時間的函數之電流振幅來決定。可使用整流器 418 來對渦電流訊號整流，且振幅可經由輸出 420 來監控。或者，品質因數之變化可藉由量測驅動訊號與作為時間的函數之感測訊號之間的相位差來決定。

渦電流監控系統 400 可用以量測基板上的導電層之厚度。在一些實施中，可能希望具有較高訊號強度、較高訊雜比及/或經改良空間解析度及線性之渦電流監控系統。舉例而言，在 RTPC 應用中，獲取所要晶圓間均勻性可能需要經改良的渦電流感測系統。

渦電流監控系統 400 可提供增強的訊號強度、訊雜

比、增強的線性及增強的穩定性。額外益處可藉由提供具有經改良訊號強度之渦電流感測系統來獲取。經改良訊號強度可尤其有益於 RTPC。獲取高解析度晶圓分佈資訊允許處理參數之更準確的調整，且因此，獲取高解析度晶圓分佈資訊可實現具有較小臨界尺寸(critical dimensions; CDs)的裝置之製造。

通常，原位渦電流監控系統 400 建構有約 50 kHz 至 20 MHz 之諧振頻率，例如，該諧振頻率介於約 10 MHz 與 20 MHz 之間，例如，該諧振頻率介於約 14 MHz 與 16 MHz 之間。舉例而言，對於第 4A 圖中所示之渦電流監控系統 400 而言，線圈 422 可具有約 0.3 μH 至 30 μH (例如，0.75 μH) 之電感，且電容器 424 可具有約 70 pF 至約 0.022 μF (例如，150 pF) 之電容。

第 5A 圖圖示磁心 500 之另一實例。磁心 500 可具有 E 形主體，該 E 形主體由具有相對較高磁導率 (例如，約 2500 或 2500 以上之磁導率 μ) 之非導電材料形成。特定言之，磁心 500 可為鎳鋅鐵氧體。可塗覆磁心 500。舉例而言，磁心 500 可塗覆有諸如聚對二甲苯之材料，以防止水進入磁心 500 中的孔中且防止線圈短路。磁心 500 可與包括於渦電流監控系統 400 中之磁心 408 相同。磁心 500 可包括背部部分 502 及三個叉指 504a 至 504c，該三個叉指 504a 至 504c 自該背部部分 502 延伸。

第一叉指 504b 具有寬度 $W1$ ，第二叉指 504a 具有寬度 $W2$ ，且第三叉指 504c 具有寬度 $W3$ 。寬度 $W2$ 與 $W3$

可相同。舉例而言，叉指 504a 及 504c 可具有 0.75 mm 之寬度。叉指 504b 之寬度或 $W1$ 可為叉指 504a 或者叉指 504c 之寬度的兩倍，或叉指 504b 之寬度或 $W1$ 可為 1.5 mm。第一叉指 504b 與第二叉指 504a 分隔距離 $S1$ ，且第一叉指 504b 與第三叉指 504c 分開距離 $S2$ 。在一些實施中，距離 $S1$ 與 $S2$ 相同，且第二叉指 504a 與第三叉指 504c 距中心叉指 504b 相同距離。舉例而言，距離 $S1$ 與 $S2$ 兩者皆可為約 2 mm。

叉指 504a 至 504c 中之每一者具有高度 H_p ，該高度 H_p 為叉指 504a 至 504c 自磁心 500 之背部部分 502 延伸的距離。高度 H_p 可大於寬度 $W1$ 、 $W2$ 及 $W3$ 。在一些實施中，高度 H_p 與分隔叉指 504a 至 504c 之距離 $S1$ 及 $S2$ 相同。特定言之，高度 H_p 可為 2 mm。背部部分 502 具有高度 H_b 。高度 H_b 可與距離 $S1$ 或距離 $S2$ 或高度 H_p 相同，例如，2 mm。

線圈 506 可捲繞於中心叉指 504b 上。線圈可與電容器（諸如，電容器 416）耦接。在諸如系統 400 的渦電流監控系統之實施中，可使用單獨的感測線圈及驅動線圈。在一些實施中，諸如線圈 506 之線圈可為鉸合線（由以扭轉及紋距之均勻圖案束在一起或編織在一起的個別膜絕緣線建構之編織線），對於通常用於渦電流感測中的頻率而言，該鉸合線可比實線損耗更少。

在一些實施中，線圈 506 可環繞於中心叉指 504b 之部分上而非整個叉指 504b 上。舉例而言，線圈 506 可環繞

於中心叉指 504b 之外部部分上。線圈 506 可不接觸中心叉指 504b 之內部部分。內部部分可比外部部分更接近背部部分 502。

第 5B 圖圖示磁心 500 之透視圖。磁心 500 可具有寬度 W_t ，該寬度 W_t 為叉指 504a 至 504c 之寬度 W_1 、 W_2 及 W_3 與分隔叉指 504a 至 504c 之距離 S_1 及 S_2 的和。磁心 500 具有高度 H_t ，該高度 H_t 為叉指 504a 至 504c 之高度 H_p 與基底部分 502 之高度 H_b 之和。在一些實施中，寬度 W_t 大於高度 H_t 。磁心 500 具有長度 L_t ，該長度 L_t 大於中心叉指 504b 之寬度 W_1 且較佳地大於磁心之寬度 W_t 。長度 L_t 可介於約 10 mm 與 30 mm 之間。長度 L_t 可大於磁心 500 之寬度 W_t 。

第 6A 圖及第 6B 圖圖示基板 600 相對於磁心 602 (磁心 602 可類似於第 4 圖之磁心 408 或第 5 圖之磁心 500) 之相對位置之俯視圖及側視圖。對於掃描穿過具有半徑 R 的晶圓 600 之中心的切片 A-A' 而言，磁心 602 定向成使得該磁心 602 之長軸垂直於晶圓 600 之半徑。磁心 602 相對於如圖所示的晶圓之直徑平移。注意由捲繞於磁心 602 上的線圈產生的磁場在形狀亦為狹長即長度大於寬度的導電區域中感應渦電流。然而，長度及寬度大體與磁心 602 之長度及寬度不相同，且導電區域之深寬比及橫截面大體亦不同於磁心 602 之深寬比及橫截面。

儘管第 6A 圖及第 6B 圖之配置可為晶圓 600 之大部分切片 A-A' 提供經改良解析度，但因為磁心 602 沿著半徑

之第一區段 604 及最終區段 604 平移，所以磁心 602 之部分不緊鄰基板。因此，區段 604 之量測不太準確且可限制磁心 602 之最大理想長度 L (諸如，長度 L_t)。此外，當磁心 602 接近晶圓 600 之中心時，磁心 602 取樣較大的徑向範圍。因此，特定徑向距離 $r \approx R$ 之空間解析度比 $r \approx 0$ 之空間解析度顯著更佳。

如以上所闡釋的，磁心 602 之長度 L 大於該磁心 602 之寬度 W 。亦即，深寬比 L/W 大於一。 L 、 W 及 L/W 之不同值可用於不同實施。舉例而言， W 之範圍可為自不到一公釐至超過一公分，而 L 之範圍可為自約一公釐 (針對 W 之更小值) 至十公分或十公分以上。

在特定實施中， W 介於約一公釐與約十公釐之間，而 L 介於約一公分至約五公分之間。更特定言之，磁心 602 可為約七公釐寬，其中每一突出部為約一公釐寬，且其中鄰近突出部之間的每一間隔為約兩公釐。長度可為約二十公釐。高度可為約四公釐，且高度可在需要時增加，以允許更多線圈匝數。當然，此處給定的值為示例性的；許多其他配置是可行的。

在一些實施中，磁心之長軸可能不恰好垂直於基板之半徑。然而，磁心仍可在可用的磁心幾何結構內尤其是接近晶圓邊緣處提供經改良解析度。第 7 圖圖示 CMP 系統 700，在該 CMP 系統 700 中狹長的磁心 702 定位於平臺 704 下方。在於基板 706 下方掃掠之前，磁心 702 在位置 708 處。在位置 708 處，磁心 702 定位於近似垂

直於基板 706 之半徑 R 。因此，對於 $r \approx R$ 而言，與由捲繞於磁心 702 上的線圈產生的磁場耦合之導電層之部分大體在距晶圓之中心相同徑向距離處。注意當磁心 702 在基板 706 下方掃掠時，平臺 704 與基板 706 兩者皆旋轉。如所指示的，基板 706 亦可相對於平臺 704 掃掠。此外，旗標 710 及旗標感測器 712 可用以感測平臺 704 之旋轉位置。

最初，參閱第 4 圖及第 8A 圖，在執行研磨之前，在無任何基板存在的情況下，將振盪器 50 調諧至 LC 電路之諧振頻率。此諧振頻率產生來自 RF 放大器 54 的輸出訊號之最大振幅。

如第 8B 圖中所示，對於研磨操作而言，基板 10 置放成與研磨墊 30 接觸。基板 10 可包括矽晶圓 12 及導電層 16，該導電層 16 例如，金屬（諸如，設置於一或更多個經圖案化下層 14 上的銅、鋁、鈷、鈦或氮化鈦），該等下層 14 可為半導體層、導體層或絕緣體層。諸如鈦或氮化鈦之阻障層 18 可分隔金屬層與下層介電質。經圖案化下層 14 可包括金屬特徵結構，例如，溝槽、通孔、襯墊及銅、鋁或鎢之互連。由於在研磨之前，大部分導電層 16 最初相對較厚且連續，故該導電層 16 具有較低電阻率，且相對較強的渦電流可在導電層中產生。渦電流使金屬層充當與感測線圈 46 及電容器 52 並聯之阻抗源。因此，導電膜 16 之存在降低感測器電路之品質因數，藉此顯著地減小來自 RF 放大器 56 的訊號之振幅。

參閱第 8C 圖，當研磨基板 10 時，導電層 16 之塊部分薄化。當導電層 16 薄化時，該導電層 16 之薄片電阻率增加，且金屬層中之渦電流被衰減。因此，導電層 16 與感測器電路系統之間的耦接減少（亦即，增加虛擬阻抗源之電阻率）。當耦接減少時，感測器電路之品質因數向著該品質因數之原始值增加，從而使來自 RF 放大器 56 的訊號之振幅升高。

參閱第 8D 圖，最終移除導電層 16 之塊部分，從而在經圖案化絕緣層 14 之間的溝槽中留下導電互連 16'。此時，基板中導電部分之間的耦接大體較小且大體不連續，且感測器電路到達最小值。因此，感測器電路之品質因數到達目標值（可與完全缺少基板時的品質因數區別）。此舉引起來自感測器電路的輸出訊號之振幅之變化率顯著減小。

第 9 圖圖示用於研磨基板上的金屬層之製程 900 之示例性流程圖。金屬層可具有 700 歐姆埃或 700 歐姆埃以上之電阻率，例如，1500 歐姆埃或 1500 歐姆埃以上，例如，2500 歐姆埃或 2500 歐姆埃以上。金屬層可具有小於 10000 歐姆埃之電阻率。舉例而言，金屬層可為鈷、鈦或氮化鈦。在研磨之前，金屬層可具有介於 1000 埃至 2000 埃之間的厚度。在研磨站處研磨金屬層（步驟 902）。渦電流監控系統在研磨期間量測金屬層之厚度（步驟 904）。可將量測饋送至閉環反饋系統中，以控制基板上的承載頭 70 之不同腔室之壓力，以便均勻地研磨金屬

層（步驟 906）。渦電流監控系統可具有大於 12 MHz 之諧振頻率，例如，約 14 MHz 至 16 MHz，例如，15 MHz。對於研磨一些金屬層（例如，鈷）而言，此舉可容許 2000 埃以下（例如，下至約 200 埃）的層厚度之準確量測。因此，壓力之反饋控制可向下執行，直至金屬層具有 200 埃至 300 埃之厚度為止，在金屬層具有 200 埃至 300 埃之厚度時可停止研磨（步驟 908）。

在渦電流感測器之經改良靈敏度的情況下，所施加的壓力之閉環控制可藉由承載頭之不同腔室來執行，對於具有較低電阻率的金屬（例如，銅、鋁及鎢）而言，該閉環控制在較薄金屬層厚度處具有較大可靠性。對於此等金屬而言，預定厚度位準可低於 200 埃，例如，50 埃以下，例如，下至金屬層之清除偵測或實質移除。

此外，渦電流感測器可用以偵測是否存在金屬殘留物餘留在基板上及是否下層（例如，下層阻障層或下層介電層）已完全曝露。殘留物為在下層已實質上曝露時金屬層之仍餘留在下層上的金屬，例如，下層上（但不在溝槽中）金屬之小的未連接之斑點。此舉容許更準確的終點控制且降低對於審慎的過度研磨之需要。金屬殘留物可為具有小於 700 歐姆埃的電阻率之金屬（例如，銅、鋁或鎢）之殘留物。在一些實施中，金屬為銅且下層為阻障層，例如，Ti、TiN 或 TaN。在一些實施中，金屬為阻障層金屬，例如，Ti、TiN 或 TaN，且下層為介電層。在此情況下，金屬殘留物可為具有大於 700 歐姆的

電阻率之阻障層金屬之殘留物。

參閱第 10 圖，曲線圖 1002 圖示自渦電流感測器隨時間接收的訊號 1004。RTPC% 軸表示自渦電流感測器接收的訊號。大於空氣之臨限值的訊號指示存在導電性足以被量測到之材料。因此，在研磨製程開始時，訊號較高，因為正在研磨的材料之層 1008 較厚。如曲線圖 1002 中所指示的，隨著層 1008 經研磨且薄化，訊號下降。當如步驟 1006b 處所示，清除層 1008 時，訊號之變化率（亦即，斜率）改變，如藉由曲線圖 1002 中標記為「清除 ep」的點所指示的。可偵測斜率之變化，且斜率之變化可用以決定清除了層 1008。

當繼續研磨基板時，所接收的訊號指示下層 1012 中金屬特徵結構 1010 之厚度。渦電流監控系統可用以繼續研磨層 1012 及金屬特徵結構 1010 直至金屬特徵結構 1010 之預定厚度餘留為止。

參閱第 11 圖，類似製程可用於柱平坦化之偵測。藉由選擇渦電流感測器的適當的諧振頻率（該適當的諧振頻率可能需要高於 15 MHz），有可能獲取取決於金屬柱之厚度的訊號。曲線圖 1102 圖示自渦電流感測器隨時間接收的訊號。如步驟 1106b 中所示，柱平坦化之曲線圖之斜率變化指示柱之平坦化。此時，已將伸出超過層 1112 之柱 1110 研磨至與包圍柱 1110 的層 1112 的材料之位準相對相似之位準。在一些實施中，可以第一速率研磨基板直至柱 1110 平坦化為止，且在平坦化之後以第二速率

研磨層 1112 及柱 1110 至預定厚度。舉例而言，第一速率可比第二速率更快，因為在平坦化之前訊號之變化率比平坦化之後更大。因此，可更迅速地偵測到訊號之變化。一旦到達平坦化之點，則第二速率可相對較慢，以提供更準確的終點控制。

第 12 圖圖示用於研磨基板上的層之替代性製程 1200 之示例性流程圖。在渦電流感測器之經改良靈敏度及選擇適當諧振頻率（該適當諧振頻率可能需要高於 15 MHz）的情況下，有可能量測（例如）至少在某些類型之基板（諸如，後段製程中的基板，例如，具有金屬 6 或金屬 7 之基板）上的金屬特徵結構之厚度。此舉容許將基板研磨至金屬特徵結構之預定厚度。金屬特徵結構為分立的單獨金屬特徵結構，例如，基板上的溝槽內部之金屬，或在下層之平坦表面上方延伸的金屬柱。金屬特徵結構可為具有小於 700 歐姆埃的電阻率之金屬（例如，銅、鋁或鎢）。在研磨站處研磨基板（步驟 1202），且渦電流監控系統用以監控層中金屬特徵結構之厚度（步驟 1204）。視需要，金屬特徵結構之厚度可用以控制由承載頭施加於基板之壓力（步驟 1206）。研磨可在渦電流監控系統指示餘留金屬特徵結構之預定厚度時停止（步驟 1208）。

在一些實施中，如參閱第 10 圖所述，可在研磨具有金屬特徵結構的層之前，首先清除具有金屬特徵結構的層之頂部上的覆蓋層。舉例而言，金屬層可在經圖案化下

層上沉積，其中下層之頂部上的金屬為覆蓋層且圖案之溝槽中的金屬提供金屬特徵結構。在一些實施中，來自渦電流感測器的訊號量值之減少率的變化可指示覆蓋層之清除。

在一些實施中，如上文參閱第 11 圖所述，製程 1200 可用於柱平坦化。舉例而言，層可包括用於通孔（例如，穿過矽之通孔）之銅柱。藉由渦電流感測器監控之金屬特徵結構可為銅柱。此外，當柱經平坦化時，來自渦電流感測器的訊號量值之減少率可改變。隨後可將層及經平坦化柱進一步研磨至藉由渦電流監控系統指示的預定厚度。

渦電流及光學監控系統可用於各種研磨系統。研磨墊或承載頭中之任一者或兩者皆可移動，以提供研磨表面與基板之間的相對移動。研磨墊可為緊固至平臺的圓形（或一些其他形狀）襯墊、在供應輥及捲取輥之間延伸的帶子，或傳動皮帶。研磨墊可添加於平臺上、在研磨操作之間在平臺內遞增前進或在研磨期間在平臺內被連續驅動。在研磨期間襯墊可緊固至平臺，或在研磨期間在平臺與研磨墊之間可存在液體軸承。研磨墊可為標準（例如，具有或不具有填料之聚胺酯）粗糙襯墊、軟襯墊或固定磨料襯墊。可將振盪器之驅動頻率調諧至存在經研磨或未經研磨之基板（具有或不具有承載頭）的情況下的諧振頻率或調諧至一些其他參考，而非在不存在基板時調諧。

儘管圖示為定位於相同孔中，但光學監控系統 140 可在平臺上定位於與渦電流監控系統 40 之位置不同的位置處。舉例而言，光學監控系統 140 及渦電流監控系統 40 可定位於平臺之相對側上，以便該光學監控系統 140 及該渦電流監控系統 40 交替地掃描基板表面。

已描述本發明之若干實施例。然而，將理解，在不脫離本發明之精神及範疇的情況下可進行各種修正。因此，其他實施例在以下申請專利範圍之範疇內。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為化學機械研磨設備之示意性分解透視圖。

第 2 圖為化學機械研磨站之部分橫截面示意性側視圖，該化學機械研磨站包括渦電流監控系統及光學監控系統。

第 3 圖為承載頭之示意性橫截面圖。

第 4A 圖至第 4B 圖圖示渦電流監控系統之示意圖。

第 5A 圖及第 5B 圖圖示具有三個叉指的渦電流監控系統之側視圖及透視圖。

第 6A 圖及第 6B 圖圖示使用狹長磁心的化學機械研磨設備之俯視圖及側視圖。

第 7 圖圖示平臺之俯視圖，在該平臺之表面上具有基板。

第 8A 圖至第 8D 圖示意性地圖示使用渦電流感測器偵測研磨終點之方法。

第 9 圖為圖示研磨金屬層之方法之流程圖。

第 10 圖為研磨金屬層之方法之曲線圖及示意圖。

第 11 圖為研磨金屬層之替代性方法之曲線圖及示意圖。

第 12 圖為圖示研磨金屬層之替代性方法之流程圖。

各個圖式中之相同元件符號指示相同元件。

【主要元件符號說明】

10	基板	12	矽晶圓
14	下層	16	導電層
18	阻障層	20	化學機械研磨設備
22	研磨站	22a	第一站
23	移送站	24	平臺
26	凹部	28	襯墊調節設備
29	旋轉電氣管套節	30	研磨墊
32	背托層	34	覆蓋層
36	視窗/透明部分	38	漿料
39	漿料分配系統	40	渦電流監控系統
42	磁心	46	感測線圈
49	驅動線圈	50	振盪器
52	電容器	54	RF 放大器
56	二極體	60	可旋轉多頭迴轉料架
62	中心柱	64	迴轉料架軸
66	迴轉料架支撐板	68	蓋子
70	承載頭	72	徑向槽
74	承載驅動軸	76	承載頭旋轉馬達
80	位置感測器	82	旗標
90	通用可程式化數位電腦	92	輸出裝置
102	外殼	104	基底總成
106	萬向節機構	108	裝載腔室
110	基板背托總成	116	撓性膜
140	光學監控系統	142	光束
144	光源	146	偵測器
200	固定環	230	內部腔室
232	中間腔室	234	中間腔室

236	中間腔室	238	外部腔室
400	渦電流監控系統	402	驅動線圈
404	振盪磁場	406	導電區域
408	磁心	410	背部部分
412a	叉指	412b	叉指
412c	叉指	414	感測線圈
416	電容器	418	整流器
420	輸出	422	線圈
424	電容器	428	整流器
430	反饋電路	432	振盪磁場
500	磁心	502	背部部分
504a	叉指	504b	叉指
504c	叉指	506	線圈
600	基板	602	磁心
604	區段	700	化學機械研磨系統
702	磁心	704	平臺
706	基板	708	位置
710	旗標	712	旗標感測器
900	製程	902	步驟
904	步驟	906	步驟
908	步驟	1002	曲線圖
1006b	步驟	1008	層
1010	金屬特徵結構	1012	下層
1102	曲線圖	1106b	步驟
1110	柱	1112	層
1200	替代性製程	1202	步驟
1204	步驟	1206	步驟
1208	步驟	A-A'	切片
C	電容	Hb	高度
Hp	高度	Ht	高度
Lt	長度	L	長度
R	半徑	S1	距離
S2	距離	V ₀	振幅
W	寬度	W1	寬度
W2	寬度	W3	寬度
Wt	寬度		

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫；惟已有申請案號者請填寫)

※ 申請案號：101114732

B24B 37/013 (2012.0)

※ 申請日期：101年4月25日

※IPC 分類：B24B 49/04 (2006.01)

B24B 49/10 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

金屬殘留物或金屬柱之渦電流監控/EDDY CURRENT
MONITORING OF METAL RESIDUE OR METAL PILLARS

二、中文發明摘要：

一種化學機械研磨基板之方法包括以下步驟：在研磨站處研磨基板上之金屬層；在研磨站處研磨期間用渦電流監控系統監控該金屬層之厚度；以及在渦電流監控系統指示金屬層之殘留物自下層移除且該下層之頂表面曝露時停止研磨。

三、英文發明摘要：

A method of chemical mechanical polishing a substrate includes polishing a metal layer on the substrate at a polishing station, monitoring thickness of the metal layer during polishing at the polishing station with an eddy current monitoring system, and halting polishing when the eddy current monitoring system indicates that residue of the metal layer is removed from an underlying layer and a top surface of the underlying layer is exposed.

七、申請專利範圍：

1. 一種化學機械研磨一基板之方法，該方法包含以下步驟：
在一研磨站處研磨該基板上之一金屬層；
在該研磨站處研磨期間用一渦電流監控系統監控該金屬層之厚度；以及
在該渦電流監控系統指示該金屬層之殘留物自一下層移除且該下層之一頂表面曝露時停止研磨。
2. 如請求項 1 所述之方法，其中該下層為一阻障層。
3. 如請求項 1 所述之方法，其中該下層為一介電層。
4. 如請求項 1 所述之方法，其中該渦電流監控系統具有大於 12 MHz 之一諧振頻率。
5. 如請求項 3 所述之方法，其中該渦電流監控系統具有介於約 14 MHz 與 16 MHz 之間之一諧振頻率。
- 6 如請求項 1 所述之方法，其中該金屬層之金屬具有小於 700 歐姆埃之一電阻率。
7. 如請求項 5 所述之方法，其中該金屬為銅、鋁或鎢。

8. 如請求項 1 所述之方法，該方法進一步包含以下步驟：
在無一光學監控系統的情況下監控該金屬層之研磨。
9. 如請求項 5 所述之方法，該方法進一步包含以下步驟：
藉由偵測來自該渦電流監控系統的一訊號之量值的變化率之一變化，來決定移除該金屬層之殘留物。
10. 一種化學機械研磨一基板之方法，該方法包含以下步驟：
研磨該基板上之複數個金屬柱，該等柱自一大體平坦表面
向上突出；
在該研磨站處研磨期間用一渦電流監控系統監控該等柱之
厚度；以及
在該渦電流監控系統指示該等柱與該平坦表面大體上共平
面時停止研磨。
11. 如請求項 10 所述之方法，其中該大體平坦表面為一介
電層。
12. 如請求項 10 所述之方法，其中該渦電流監控系統具有
大於 12 MHz 之一諧振頻率。
13. 如請求項 12 所述之方法，其中該渦電流監控系統具有
介於約 14 MHz 與 16 MHz 之間之一諧振頻率。

14.如請求項 10 所述之方法，其中該金屬層之金屬具有小於 700 歐姆埃之一電阻率。

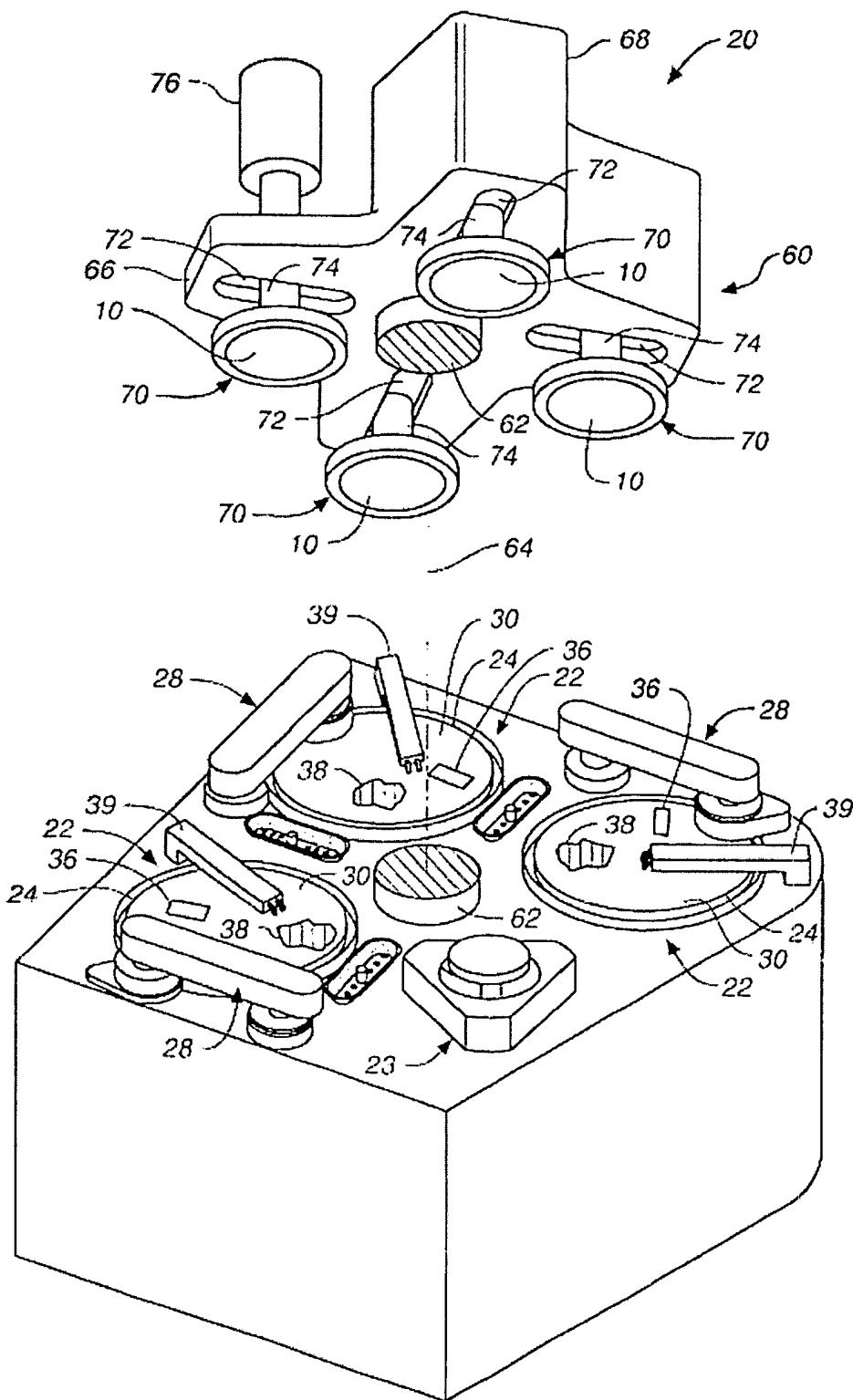
15.如請求項 14 所述之方法，其中該等柱為銅。

16.如請求項 10 所述之方法，該方法進一步包含以下步驟：
藉由偵測來自該渦電流監控系統的一訊號之量值的變化率之一變化，來決定該等金屬柱與該平坦表面共平面。

八、圖式：

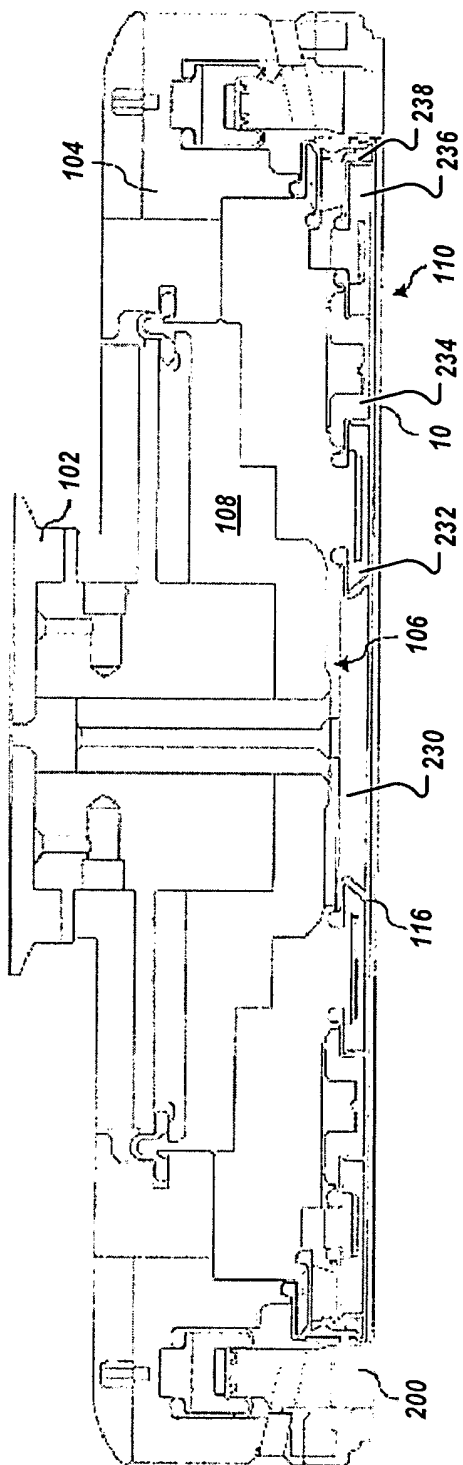
+

1/11



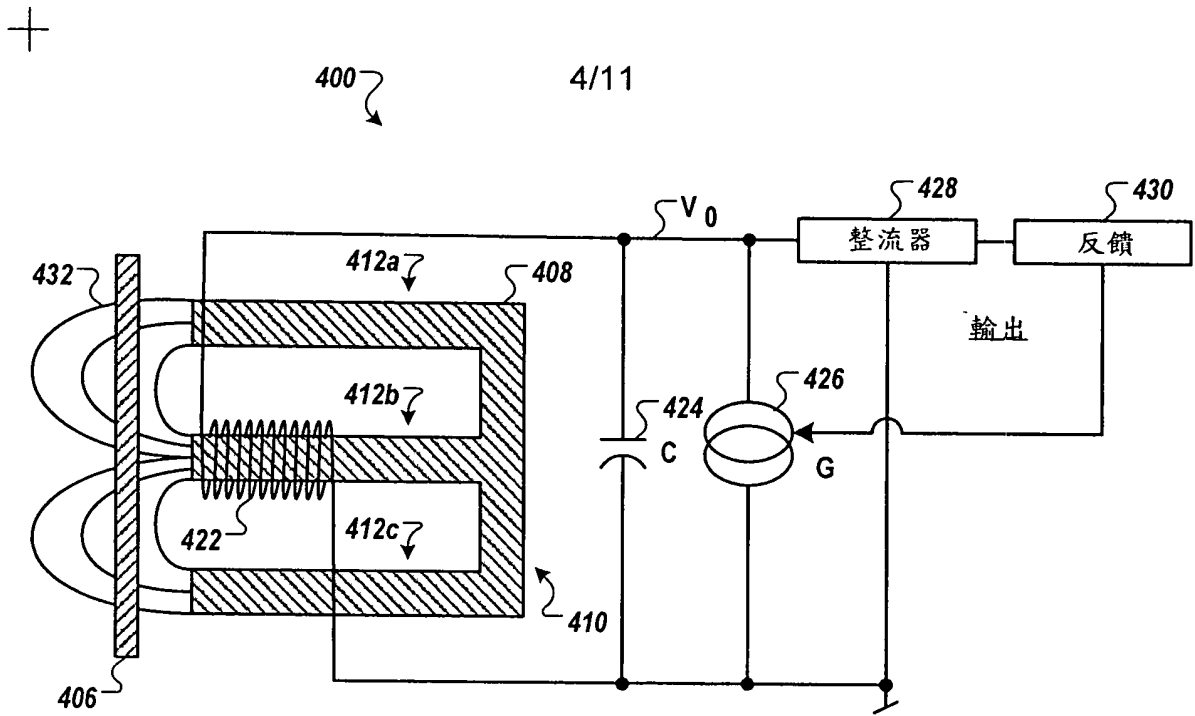
第1圖

+

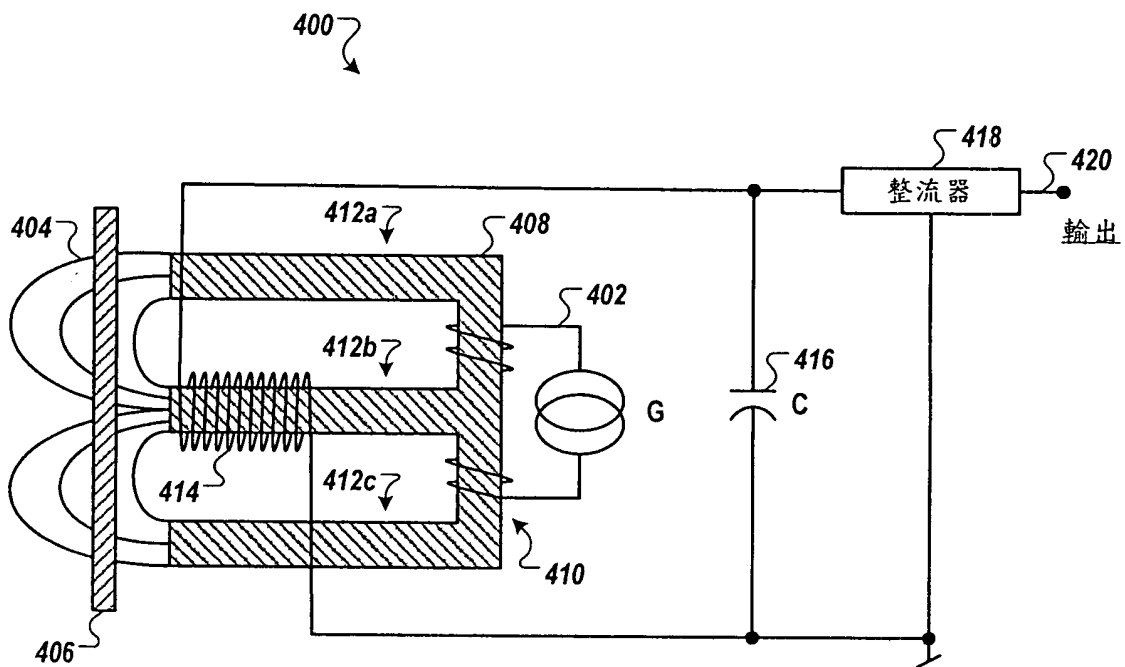


第3圖





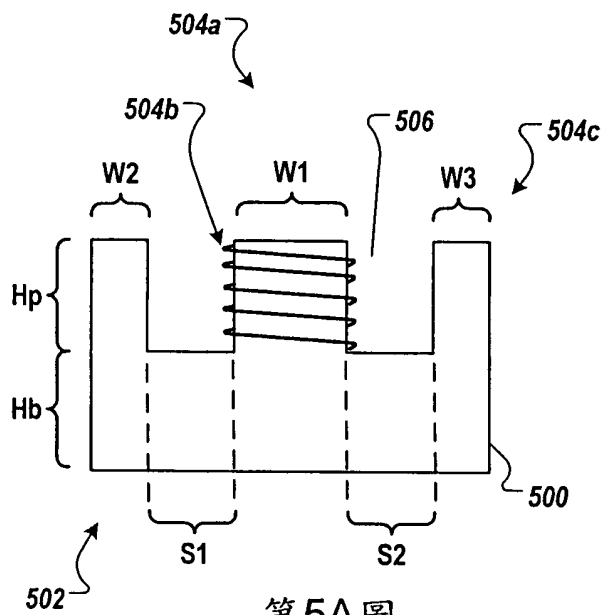
第4A圖



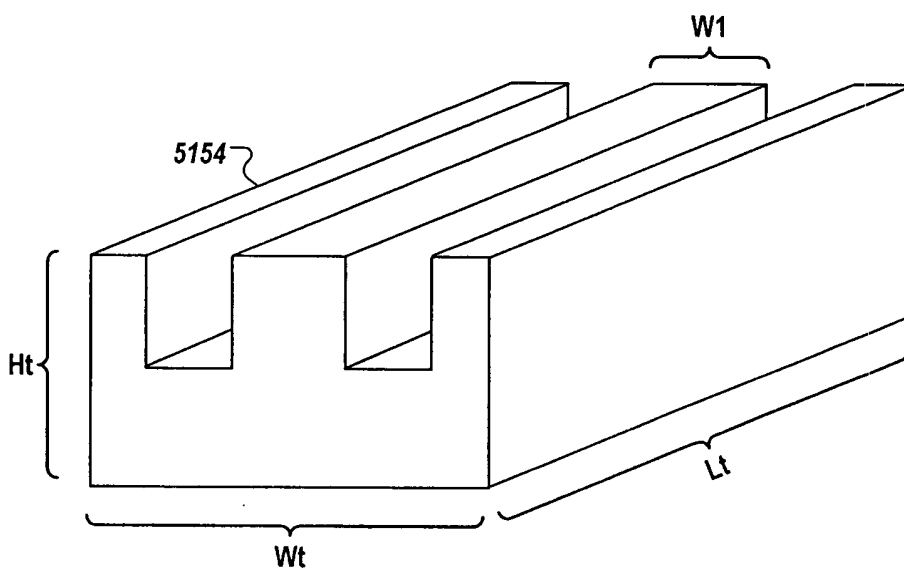
第4B圖

+

5/11



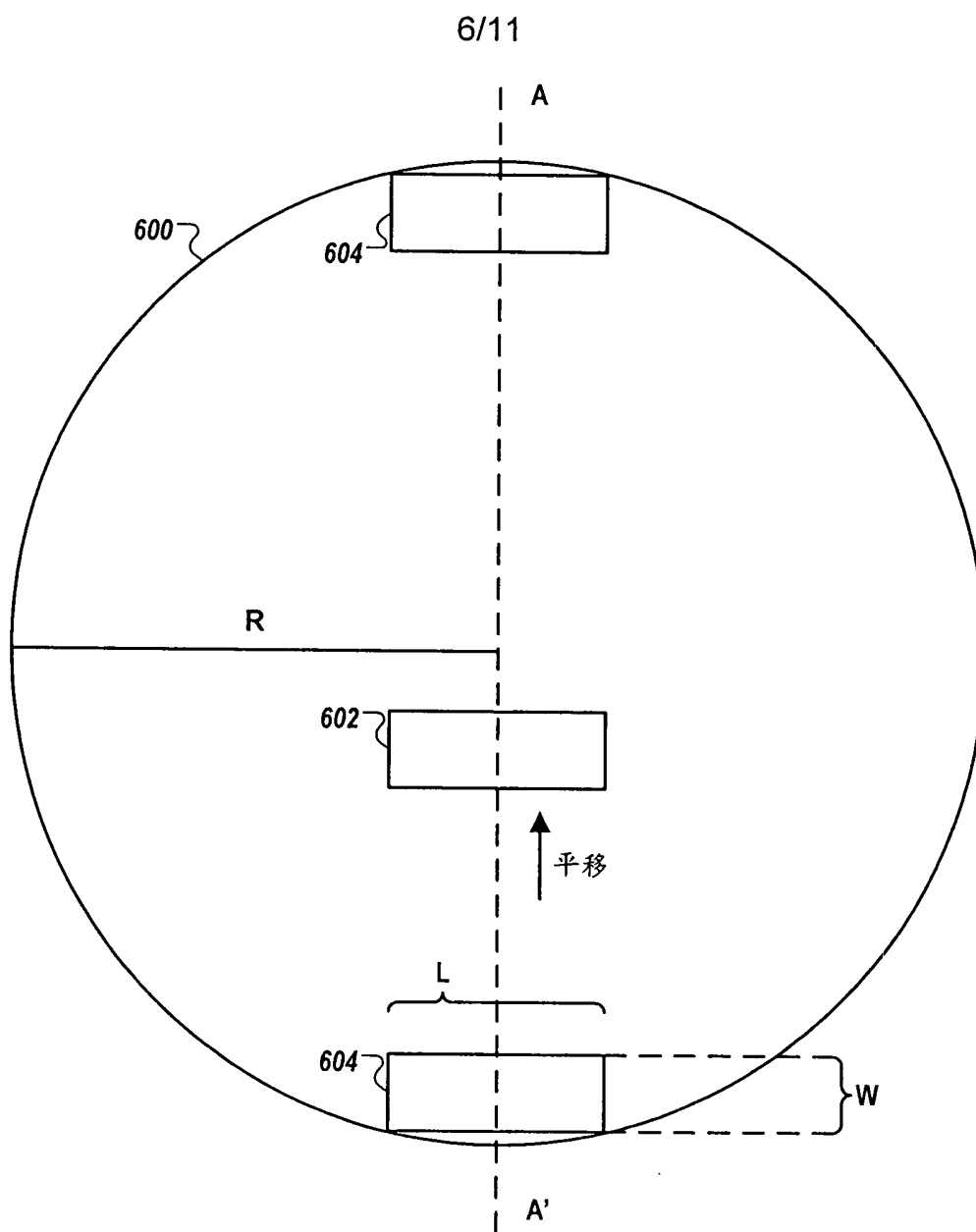
第5A圖



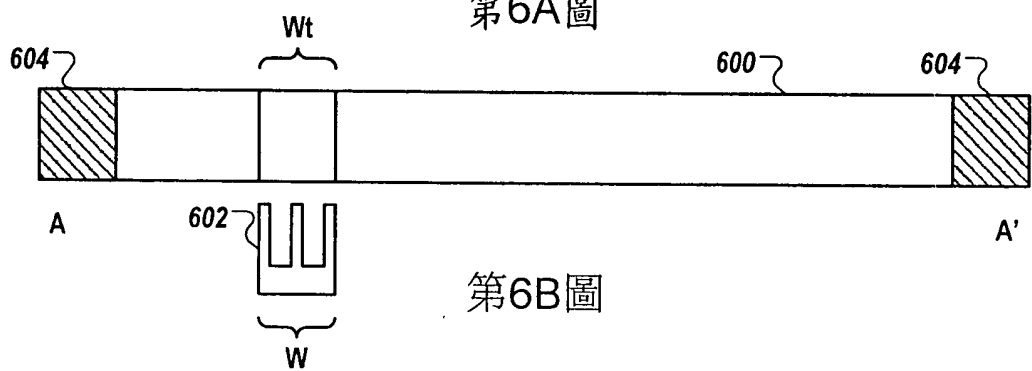
第5B圖

+

+



第6A圖

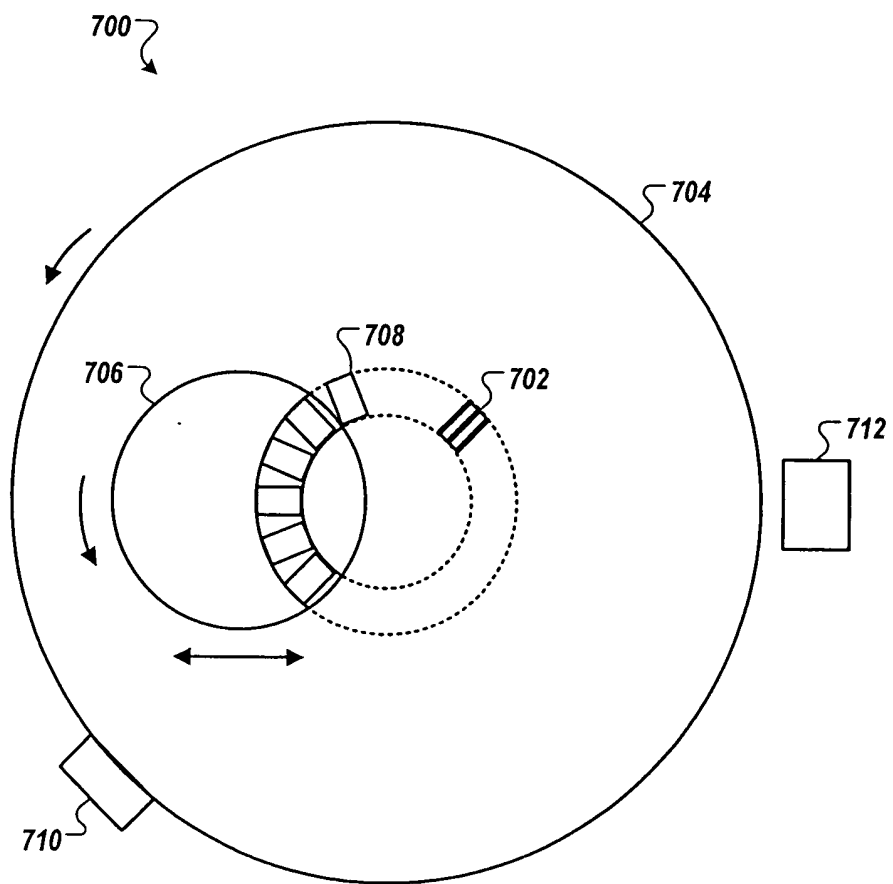


第6B圖

+

+

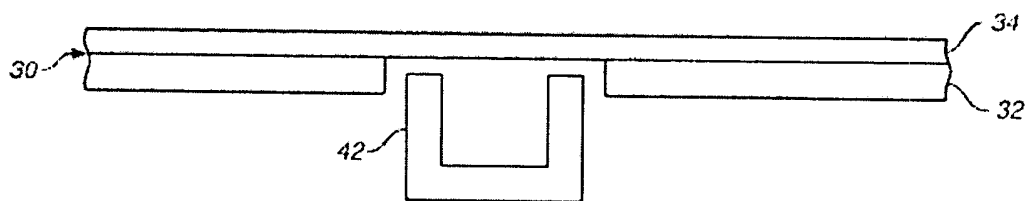
7/11



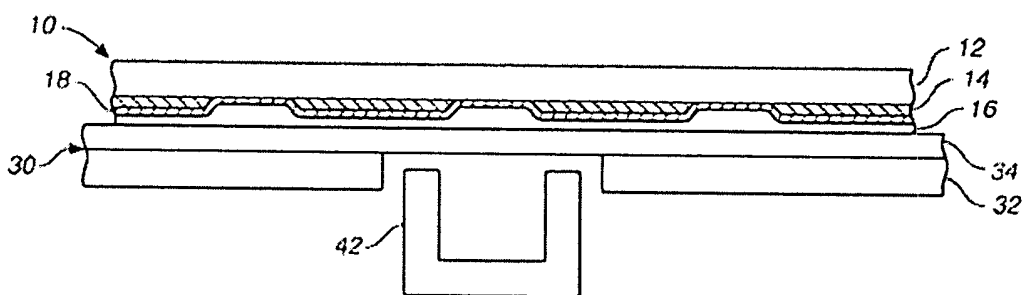
第7圖

+

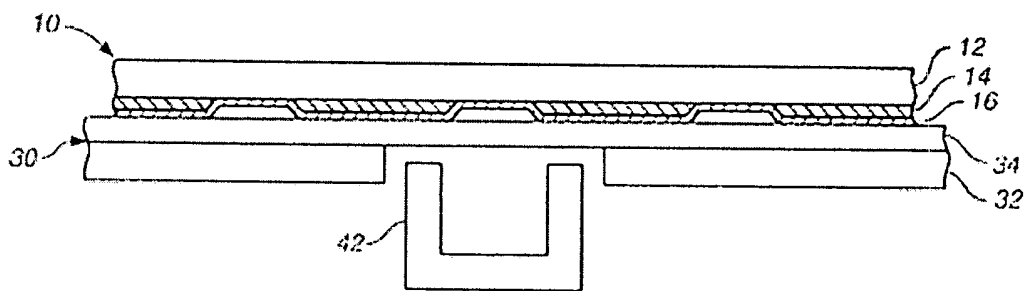
+



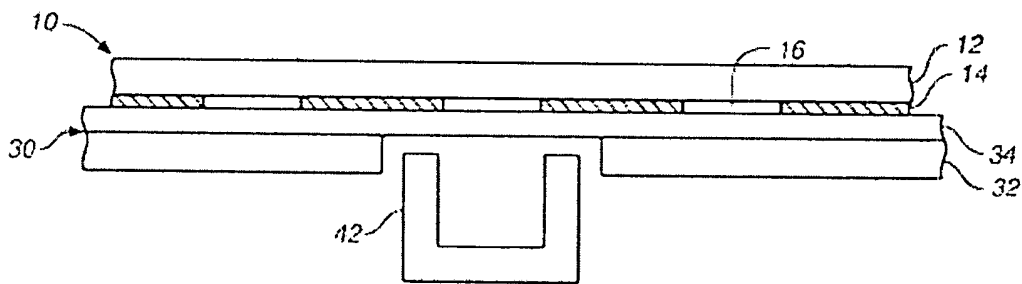
第8A圖



第8B圖



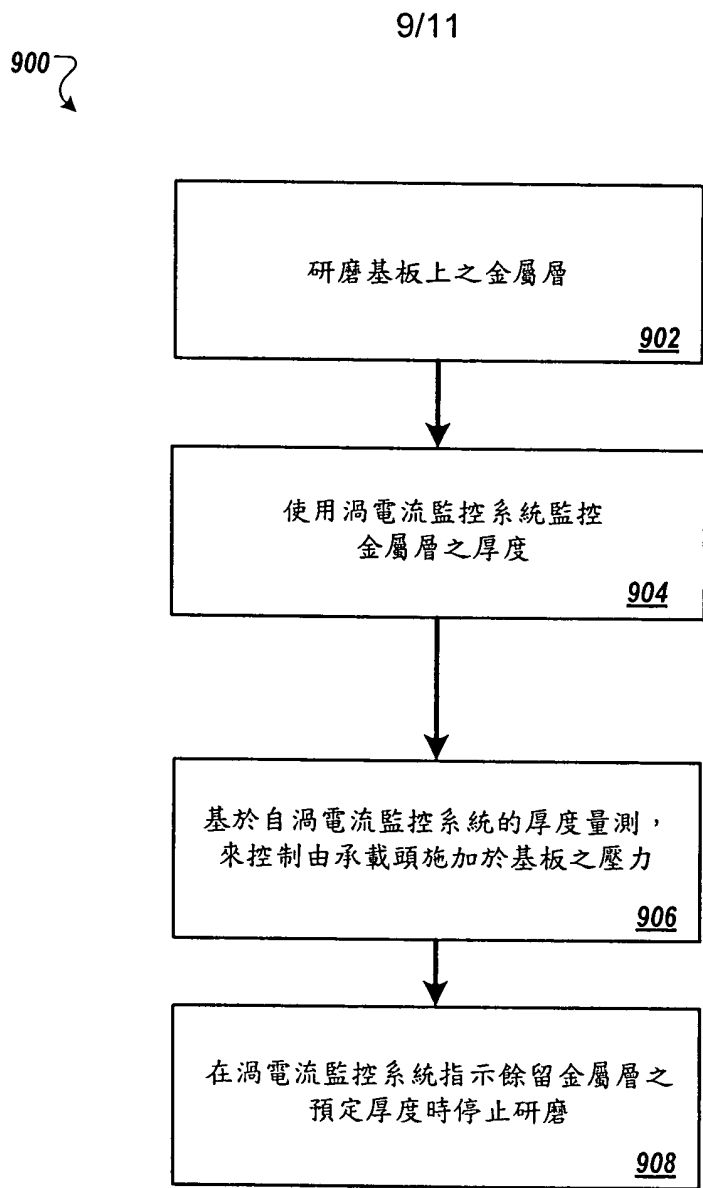
第8C圖



第8D圖

+

+

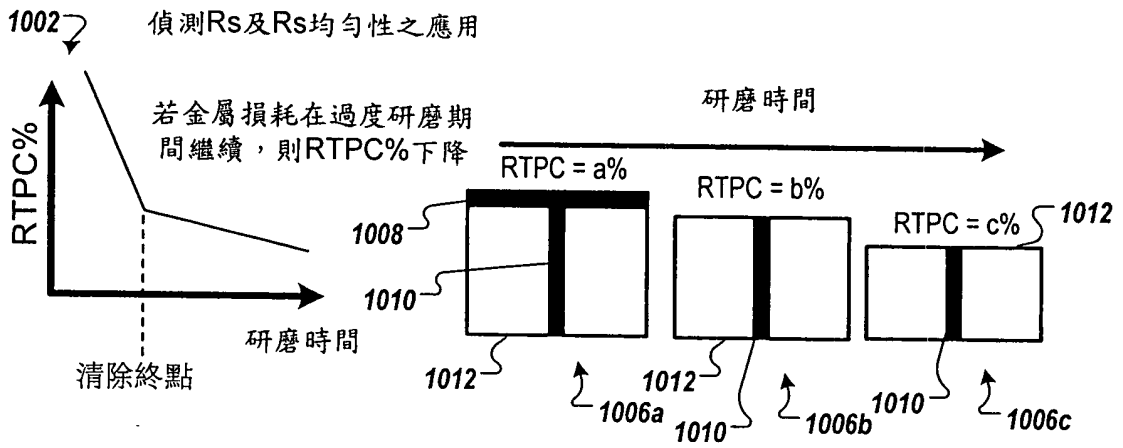


第9圖

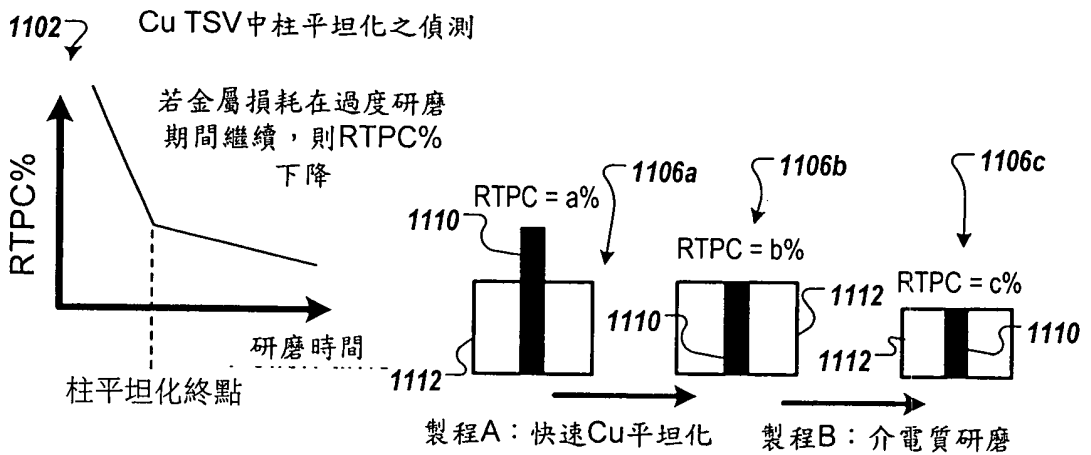
+

+

10/11



第10圖



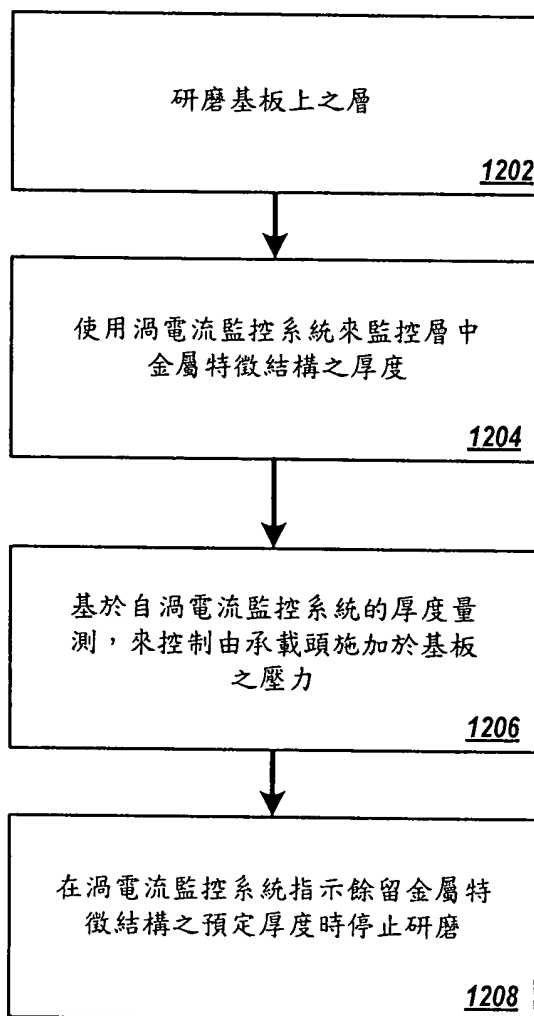
第11圖

+

+

11/11

1200 ↘



第12圖

+

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (11) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1102 曲線圖

1106b 步驟

1110 柱

1112 層

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