



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I478259 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 03 月 21 日

(21)申請案號：100123536

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 07 月 04 日

(51)Int. Cl. : H01L21/66 (2006.01)

H01L21/304 (2006.01)

(30)優先權：2010/07/23 美國

61/367,125

(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：大衛傑弗瑞杜魯 DAVID, JEFFREY DRUE (US)；胡曉源 HU, XIAOYUAN (CN)；

朱志澤 ZHU, ZHIZE (CN)；李哈利 Q LEE, HARRY Q. (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

US 6191864B1

US 6618130B2

US 2005/0026542A1

US 2007/0042675A1

US 2008/0099443A1

US 2010/0093260A1

US 2010/0124870A1

審查人員：郭德豐

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：17 共 77 頁

(54)名稱

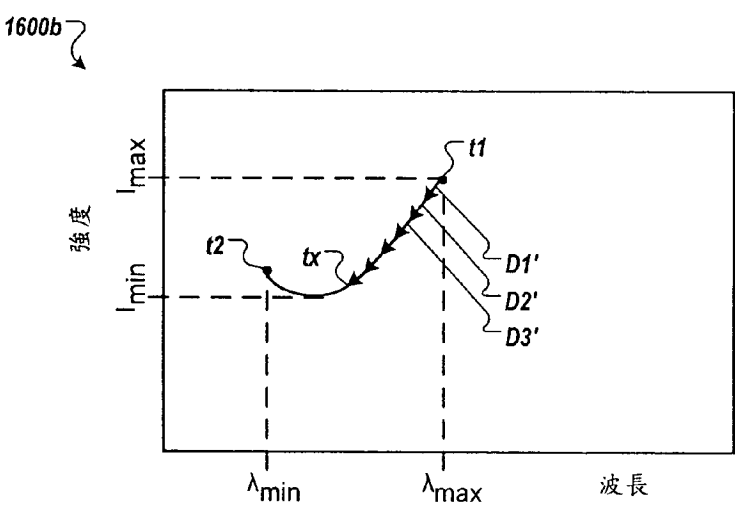
用於終點偵測之二維光譜特徵追蹤

TRACKING SPECTRUM FEATURES IN TWO DIMENSIONS FOR ENDPOINT DETECTION

(57)摘要

茲揭示一種研磨方法，包含研磨基板，接收欲在研磨期間監視之選定光譜特徵的識別，在研磨基板的同時，量測從基板反射回的光的光譜序列，對於光譜序列中的每一光譜，決定選定光譜特徵的位置值與相關強度值，以產生座標序列，以及基於座標序列，決定研磨終點或對研磨速率的調整之至少一者。因為在研磨期間所移除的材料，光譜序列中的至少一些光譜有分異，且座標為位置值與相關強度值對。

A method of polishing includes polishing a substrate, receiving an identification of a selected spectral feature to monitor during polishing, measuring a sequence of spectra of light reflected from the substrate while the substrate is being polished, determining a location value and an associated intensity value of the selected spectral feature for each of the spectra in the sequence of spectra to generate a sequence of coordinates, and determining at least one of a polishing endpoint or an adjustment for a polishing rate based on the sequence of coordinates. At least some of the spectra of the sequence differ due to material being removed during the polishing, and the coordinates are pairs of location values and associated intensity values.



第16B圖

1600b . . . 圖表

t_1 . . . 時間

t_2 . . . 時間

t_x . . . 時間

$D1'-D3'$. . . 距離
值

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本揭示係相關於在基板的化學機械研磨 (Chemical Mechanical Polishing; CMP) 期間所進行的光學監視。

【先前技術】

通常藉由在矽晶圓上循序沉積導電層、半導體層或絕緣層，以在基板上形成積體電路。一個製造步驟涉及在非平面表面上沉積填料層，並平坦化填料層。對於一些應用而言，平坦化填料層直至圖案化層的頂表面曝露出為止。可(例如)將導電填料層沉積至圖案化絕緣層上，以填滿絕緣層中的溝槽(trench)或孔洞。在平坦化之後，餘留在絕緣層突起圖案之間的導電層部分，形成的貫孔、插頭(plugs)與線，貫孔、插頭與線提供在基板上薄膜電路之間的導電路徑。對於其他應用，諸如氧化物研磨，平坦化填料層直至在非平面表面上剩下一預定厚度。此外，光蝕刻(photolithography)通常需要平坦化基板表面。

化學機械研磨為一種可接受的平坦化方法。此平坦化方法通常需要將基板安裝於承載(carrier)或研磨頭上。曝露出的基板表面通常抵靠旋轉研磨墊而置放。承載頭在基板上提供可控制式負載，以將基板推動而抵靠研磨墊。通常將研磨性研磨漿供應至研磨墊之表面。

CMP 的一個問題在於決定研磨製程是否完成（亦即，基板層是否已平坦化至所要的平度或厚度，或何時已移除了所要的材料量）。漿體分佈、研磨墊條件、研磨墊與基板之間的相對速度及基板上的負載之變化，均可引起材料移除速率之變化。此等變化及基板層之初始厚度之變化，引起達到研磨終點所需要的時間之變化。因此，研磨終點不可僅決定為對研磨時間之函數。

在一些系統中，在研磨期間（例如）經由研磨墊中之視窗以光學方式原位(in-situ)監視基板。然而，現存光學監視技術可能並不滿足半導體裝置製造商之增加的需要。

【發明內容】

在研磨期間，可監視來自基板的光的光譜的特定特徵（例如，波峰或波谷），可由兩種維度（例如，強度與波長）來追蹤特徵的座標，且研磨終點或對研磨參數的調整可基於在二維空間中座標行進的距離。

在一種態樣中，一種研磨方法包含研磨一基板，接收欲在研磨期間監視之一選定光譜特徵的一識別，在研磨該基板的同時，量測從該基板反射回的光的一光譜序列，對於該光譜序列中的每一光譜，決定該選定光譜特徵的一位置值與一相關強度值，以產生一座標序列，以及基於該座標序列，決定一研磨終點或對一研磨速率的

一調整之至少一者。因為在該研磨期間所移除的材料，該光譜序列中的至少一些光譜有分異，且該等座標為位置值與相關強度值對。

實施例可包含一或多個以下特徵。該選定光譜特徵可為一波峰或一波谷。該位置值可為該波峰之一最大值或該波谷之一最小值的一波長或一頻率。該選定光譜特徵在該光譜序列全體中維持一演變位置或強度。該座標序列包含一起始座標與一當前座標，並可決定從該起始座標至該當前座標的一距離。可在該距離超過一臨限時暫停研磨。該座標序列可界定一路徑，且決定該距離之步驟可包含以下步驟：決定沿著該路徑的距離。決定沿著該路徑的該距離之步驟可包含以下步驟：將在該序列中的連續座標之間的距離加總。在該序列中的連續座標之間的該等距離可為歐幾里得距離。從該起始座標至該當前座標的該距離可為一歐幾里得距離。光的該光譜序列可來自該基板的一第一部分，且在研磨該基板的同時，可量測從該基板的一第二部分反射的光的一第二光譜序列。對於該第二光譜序列中的每一光譜可決定該選定光譜特徵的一位置值與一相關強度值，以產生一第二座標序列。該第二座標序列可包含一第二起始座標與一第二當前座標，且可決定從該第二起始座標至該第二當前座標的一第二距離。決定對一研磨速率的一調整之步驟可包含以下步驟：比較從該起始座標至該當前座標的該距離，與從該第二起始座標至該第二當前座標的該第二距

離。該基板可具有覆蓋一第一層的一第二層。可由一原位監視系統偵測該第一層的曝露，且其中在該原位監視技術偵測到該第一層的曝露的一時間處，該起始座標可為該特徵的一座標。可將一量測位置正規化以決定該位置值，並可將一量測強度正規化以產生該強度值。在一裝設晶圓中可量測該光譜特徵的一最大位置與一最小位置，且正規化之步驟可包含將該量測位置除以在該最大位置與一最小位置之間的一差異。可在一裝設晶圓中量測該光譜特徵的一最大強度與一最小強度，且正規化之步驟可包含將該量測強度除以在該最大強度與一最小強度之間的一差異。量測光的該光譜序列之步驟可包含以下步驟：使一感測器跨該基板進行複數次拂掠。決定該位置值與該相關強度值之步驟可包含以下步驟：將來自該複數次拂掠的每一拂掠量測到的複數個光譜平均化。決定該位置值與該相關強度值之步驟可包含以下步驟：將來自該光譜序列的每一光譜濾波。

實施例可視需要包含一或多個以下優點。半導體生產者發展演算法以偵測特定產品基板之終點所需的時間可減少。能更可靠地決定研磨終點，且可減少晶圓間厚度不均勻性(Wafer-To-Wafer Non-Uniformity; WTWNU)。可精確控制所移除的基板厚度量，相對於剩餘的基板厚度量。

將於下文的實施方式以及附加圖式中，詳細說明一或多個實施例。其他的態樣、特徵與優點將顯然於說明書、

圖式以及申請專利範圍。

【實施方式】

一種光學監視技術為量測在研磨期間從基板反射出的光的光譜，並從庫中識別出匹配的參考光譜。使用光譜匹配作法的一個潛在的問題為，對於一些基板類型，在下層晶粒(die)特徵中具有顯著的基板間差異，使得從表面上具有相同外層厚度的基板，反射出的光譜之中具有變異。這些變異增加了正確光譜匹配的難度，並減少了光學監視的可靠度。

一種解決此問題的技術為量測從正被研磨的基板反射回的光的光譜，並識別光譜特徵特性的改變。追蹤光譜特徵的特性內的改變(例如，光譜波峰的波長)，可允許批次內之基板之間具有更佳的研磨均勻性。藉由決定光譜特徵特性之目標差，當特性之值已改變了目標量時，可召用終點。

基板的層堆疊可包含第一介電質材料之圖案化第一層，例如，低介電值(low-k)材料(例如，摻雜碳的二氧化矽，例如，Black DiamondTM(來自 Applied Materials, Inc.)或 CoralTM(來自 Novellus Systems, Inc.))。第二層安置在第一層上，第二層為不同於第一層的第二介電質材料，例如，阻障層，例如，氮化物，例如，氮化鉬或氮化鈦。視需要在第一層與第二層之間，安置一或多個不

同於第一層與第二層之另一介電質材料的額外層，例如，低介電值覆蓋材料，例如，四乙氧基矽烷(tetraethyl orthosilicate; TEOS)。第一層與一或多個額外層一起提供在第二層下方的層堆疊。導電材料(例如，金屬(例如，銅))安置於第二層之上(並安置於由第一層的圖案提供的溝槽中)。

化學機械研磨的一種用途為平坦化基板，直到第一介電質材料的第一層曝露為止。在平坦化之後，剩餘在第一層突起圖案之間的導電層部分形成貫孔(via)等等。此外，有時需要移除第一介電質材料直到剩餘一目標厚度為止。

一種研磨方法為在第一研磨墊上研磨導電層，至少直至第二層(例如，阻障層)曝露為止。此外，可移除第二層的部分厚度，例如於在第一研磨墊處進行的過度研磨步驟期間。隨後將基板轉移至第二研磨墊，在第二研磨墊處第二層(例如，阻障層)被完全移除，且下層第一層(例如，低介電值介電質)的部分厚度亦被移除。此外，在第一層與第二層之間若存在額外的一或多個層，則額外的一或多個層可於在第二研磨墊處的相同研磨作業中被移除。

然而，在將基板轉移至第二研磨墊時，第二層之初始厚度可能並非為已知的。如上所述，此狀況可為光學終點偵測技術帶來問題，該等光學終點偵測技術在光譜量測中追蹤選定光譜特徵特性，以在目標厚度處決定終

點。然而，若由能夠可靠地偵測第二層之移除及下層第一層或層結構之曝露的另一監視技術，來觸發光譜特徵追蹤，則可減輕此問題。此外，藉由量測第一層之初始厚度，且藉由根據第一層之初始厚度及目標厚度計算目標特徵值，便可提高第一層之厚度之基板間均勻性。

光譜特徵可包括光譜波峰、光譜波谷、光譜拐點或光譜零交越。特徵之特性可包括波長、寬度或強度。

下層的變異(例如，下層的厚度)可偶然地使正研磨之層的厚度，難以根據單一特性來決定。追蹤選定光譜特徵的兩個特性中的改變(例如，波長與相關強度值)，可提升終點控制的精確度，並可允許批次內(或批次間)之基板之間具有更佳的研磨均勻性。

第 1 圖圖示可操作以研磨基板 10 之研磨設備 20。研磨設備 20 包括可旋轉圓盤形平臺 24，研磨墊 30 定位於該平臺上。平臺係可操作以繞著軸 25 旋轉。舉例而言，馬達可轉動驅動軸 22 以旋轉平臺 24。舉例而言，可由黏著劑層將研磨墊 30 以可拆卸方式固設至平臺 24。研磨墊 30 在磨損時可拆卸並更換。研磨墊 30 可為具有外研磨層 32 及較軟背層 34 之雙層研磨墊。

以包括孔徑(亦即，貫穿墊之孔)或固體視窗之方式，來提供穿過研磨墊之光學存取點 36。固體視窗可固設至研磨墊，然而在一些實施例中固體視窗可支撐在平臺 24 上，且凸出至研磨墊中之孔徑中。研磨墊 30 通常置放於平臺 24 上，使得孔徑或視窗覆蓋定位於平臺 24 之凹槽

26 中的光學頭 53。光學頭 53 因此可經由孔徑或視窗來光學存取被研磨之基板。

舉例而言，視窗可為剛性結晶或玻璃質材料（例如，石英或玻璃），或較軟塑膠材料（例如，矽氧樹脂、聚胺甲酸酯或鹵化聚合物（例如，含氟聚合物）），或提及之材料的組合。視窗對於白光可為透明的。若固體視窗之頂表面為剛性結晶或玻璃質材料，則頂表面應自研磨表面充分凹入，以防止刮痕。若頂表面接近且可接觸到研磨表面，則視窗之頂表面應為較軟塑膠材料。在一些實施例中，固體視窗係固設於研磨墊中，且為聚胺甲酸酯視窗，或為具有石英與聚胺甲酸酯之組合的視窗。視窗對於具有特定色彩之單色光（例如，藍光或紅光）可具有高透射率，例如，大約 80% 透射率。視窗對於研磨墊 30 可為密封的，使得液體並不穿過視窗及研磨墊 30 之介面而洩漏。

在一個實施例中，視窗包括以較軟塑膠材料之外層覆蓋著的剛性結晶或玻璃質材料。較軟材料之頂表面可與研磨表面共平面。剛性材料之底表面可與研磨墊之底表面共平面，或相對於研磨墊之底表面凹入。詳言之，若研磨墊包括兩個層，則固體視窗可整合至研磨層中，且底層可具有與固體視窗對準之孔徑。

視窗之底表面可視需要包括一或多個凹槽。可成形凹槽，以容納（例如）光纖電纜之末端或渦流感應器之末端。凹槽允許使光纖電纜之末端或渦流感應器之末端，

定位於距被研磨之基板表面小於視窗之厚度的距離處。在視窗包括剛性結晶部分或玻璃狀部分，且凹槽係藉由機械加工形成於此部分中之實施例的情況下，研磨凹槽，以便移除由機械加工引起的刮痕。或者，可將溶劑及/或液體聚合物塗覆於凹槽之表面，以移除由機械加工引起的刮痕。通常移除由機械加工引起的刮痕，減少散射且可提高光穿過視窗之透射率。

可將研磨墊之背層 34 附著於研磨墊之外研磨層 32(例如，藉由黏著劑)。可將提供光學存取點 36 之孔徑形成於墊 30 中(例如，藉由切割或藉由建模墊 30，以包括孔徑)，且視窗可插入孔徑中並固設至墊 30，例如，藉由黏著劑。或者，可將視窗之液體前驅物分配至墊 30 中之孔徑中，且使液體前驅物固化以形成視窗。或者，可將固體透明元件(例如，上述結晶或玻璃狀部分)定位於液體墊材料中，且可使液體墊材料固化，以圍繞透明元件而形成墊 30。在後兩個狀況之任何一個狀況中，可形成一塊墊材料，且可自該塊割取含建模視窗之研磨墊之層。

研磨設備 20 包括組合漿體/沖洗臂 39。在研磨期間，臂 39 可操作，以分配含有液體及酸鹼值(PH)調節劑之漿體 38。或者，研磨設備包括可操作以將漿體分配至研磨墊 30 上之漿體埠。

研磨設備 20 包括可操作以固持基板 10，使基板 10 抵靠研磨墊 30 之承載頭 70。承載頭 70 自支撐結構 72(例

如，旋轉料架(carousel))懸吊下來，且由承載驅動軸 74 連接至承載頭旋轉馬達 76，使得承載頭可繞著軸 71 旋轉。另外，承載頭 70 可在形成於支撐結構 72 中之徑向槽中橫向振動。在操作中，平臺繞著平臺中心軸 25 旋轉，且承載頭繞著承載頭中心軸 71 旋轉並在研磨墊之頂表面上橫向平移。

研磨設備亦包括光學監視系統，光學監視系統可如以下所論述用於決定研磨終點。光學監視系統包括光源 51 及光偵測器 52。光自光源 51 傳遞、通過研磨墊 30 中之光學存取點 36、碰撞且穿過光學存取點 36 而自基板 10 向回反射，且行進至光偵測器 52。

分叉式光纖電纜 54 可用於將光自光源 51 傳輸至光學存取點 36，且自光學存取點 36 向回傳輸至光偵測器 52。分叉式光纖電纜 54 可包括「幹線」55 及兩個「支線」56 及 58。

如上文提及的，平臺 24 包括凹槽 26，光學頭 53 定位於凹槽 26 中。光學頭 53 固持分叉式纖維電纜 54 之幹線 55 之一個末端，分叉式纖維電纜 54 經設置以向被研磨之基板表面傳導光且自被研磨之基板表面傳導光。光學頭 53 可包括覆蓋分叉式纖維電纜 54 之末端之一或多個透鏡或視窗。或者，光學頭 53 可僅固持鄰接於研磨墊中之固體視窗之幹線 55 之末端。可根據需要自凹槽 26 移除光學頭 53，(例如)以實現預防性維護或校正性維護。

平臺包括可移除原位監視模組 50。原位監視模組 50

可包括以下一或多者：光源 51、光偵測器 52 及用於發送及接收往返於光源 51 與光偵測器 52 的訊號之電路。舉例而言，偵測器 52 之輸出可為經由驅動軸 22 中之旋轉耦合器（例如，滑環），而傳遞至光學監視系統之控制器的數位電子訊號。類似地，可回應於經由旋轉耦合器，自控制器傳遞至模組 50 之數位電子訊號中之控制命令，而開啟或關閉光源。

原位監視模組 50 亦可固持分叉式光纖 54 之支線部分 56 及 58 之各別末端。光源係可操作以傳輸光，該光係經由支線 56 而傳導，且自位於光學頭 53 中之幹線 55 之末端傳導出來，且撞擊於被研磨之基板上。自基板反射的光在位於光學頭 53 中之幹線 55 之末端處被接收，且經由支線 58 傳導至光偵測器 52。

在一個實施例中，分叉式纖維電纜 54 為一束光纖。該束包括第一組光纖及第二組光纖。連接第一組中之光纖，以將來自光源 51 之光傳導至被研磨之基板表面。連接第二組中之光纖，以接收自被研磨之基板表面反射的光，且將接收到的光傳導至光偵測器 52。可佈置光纖，使得第二組中之光纖形成定中心於分叉式光纖 54 之縱向軸上的 X 狀形狀（當在分叉式纖維電纜 54 之橫截面中觀察時）。或者，可實施其他佈置。舉例而言，第二組中之光纖可形成彼此之鏡像之 V 狀形狀。適合的分叉式光纖可購自設立於 Carrollton, Texas 的 Verity Instruments, Inc.。

在研磨墊視窗與最接近於研磨墊視窗之分叉式纖維電纜 54 之幹線 55 之末端之間，通常存在一最佳距離。該距離可憑經驗決定，且受（例如）視窗之反射性、自分叉式纖維電纜發射的光束之形狀及與被監視之基板的距離之影響。在一個實施例中，定位分叉式纖維電纜，使得最接近於視窗之末端盡可能靠近視窗之底部，而實際上並不接觸該視窗。在此實施例的情況下，研磨設備 20 可包括機構（例如，作為光學頭 53 之部分），該機構係可操作以調整分叉式纖維電纜 54 之末端與研磨墊視窗之底表面之間的距離。或者，將分叉式纖維電纜 54 之最接近的末端嵌入視窗中。

光源 51 係可操作以發射白光。在一個實施例中，發射的白光包括具有 200-800 奈米之波長的光。適合光源為氙燈或氙汞燈。

光偵測器 52 可為分光計。分光計基本上為用於在部分電磁光譜上量測光之性質（例如，強度）的光學儀器。適合的分光計為光柵分光計。分光計之典型輸出為光之強度，該光之強度係為波長之函數。

光源 51 及光偵測器 52 連接至可操作的計算裝置，以控制光源 51 及光偵測器 52 的操作，並接收光源 51 及光偵測器 52 的訊號。計算裝置可包括定位於研磨設備附近之微處理器，例如，個人電腦。關於控制，計算裝置可（例如）使光源 51 之啟動與平臺 24 之旋轉同步。如第 2 圖中所示，電腦可使光源 51 發射一系列閃光，該系列

閃光恰好在基板 10 越過原位監視模組 50 之前開始，且恰好在基板 10 越過原位監視模組 50 之後結束。點 201-211 中之每一者，皆表示來自原位監視模組 50 之光撞擊於基板 10 上，且自基板 10 反射的位點。或者，電腦可使光源 51 連續發射光，該光恰好在基板 10 越過原位監視模組 50 之前開始，且恰好在基板 10 越過原位監視模組 50 之後結束。

在研磨進行時，(例如)自平臺中之感應器在基板上之連續拂掠獲得的光譜，提供一系列光譜。在一些實施例中，光源 51 將一系列光之閃光發射至基板 10 之多個部分上。舉例而言，光源可將光之閃光發射至基板 10 之中心部分及基板 10 之外部分上。可由光偵測器 52 接收自基板 10 反射的光，以決定來自基板 10 之多個部分之多個系列光譜。在各特徵皆與基板 10 之一個部分相關聯之光譜中可識別該等特徵。舉例而言，特徵可用於決定用於基板 10 之研磨之終點條件。在一些實施例中，基板 10 之多個部分之監視允許改變基板 10 之一或多個部分上之研磨速率。

關於接收訊號，計算裝置可接收(例如)攜帶描述由光偵測器 52 接收到的光之光譜之資訊的訊號。第 3A 圖圖示從自光源之單個閃光發射，且自基板反射之光量測出的光譜之範例。光譜 302 係從自產品基板反射之光量測出的。光譜 304 係從自基材矽基板(其為僅具有矽層之晶圓)反射之光量測出的。光譜 306 係來自不存在定

位於光學頭 53 上之基板的情況下，由光學頭 53 收到的光。在此條件（在本說明書中稱為黑暗條件）下，收到的光通常為環境光。

計算裝置可處理上述訊號或上述訊號的一部分，以決定研磨步驟之終點。在不限於任何特定理論的情況下，自基板 10 反射之光的光譜隨著研磨進行而演變。第 3B 圖提供光譜隨著對感興趣的薄膜之研磨進行而演變的實例。不同光譜線表示研磨製程中的不同時間點。如可看出的，當薄膜之厚度改變時，反射光之光譜之性質改變，且特定光譜由薄膜之特定厚度展出。當薄膜之研磨進行時，觀察到反射光之光譜中之波峰（亦即，局部最大值）時，波峰之高度通常改變，且隨著材料移除，波峰傾向於變寬。除變寬之外，特定波峰所在的波長通常隨著研磨進行而增加。在一些實施例中，特定波峰所在的波長通常隨著研磨進行而減小。舉例而言，波峰 310(1)圖示在研磨期間之特定時間的光譜中之波峰，而波峰 310(2)圖示在研磨期間之稍後時間的相同波峰。波峰 310(2)位於較長波長處，且比波峰 310(1)寬。

可根據經驗公式，使用波峰之波長及/或寬度之相對變化（例如，在波峰以下固定距離處量測出的寬度，或在波峰與最近波谷之間的中間高度處量測出的寬度）、波峰之絕對波長及/或寬度、或上述兩者來決定研磨之終點。在決定終點時使用的最佳波峰（或多個波峰）取決於所研磨之材料及彼等材料之圖案而變化。

在一些實施中，波峰波長之變化可用以決定終點。舉例而言，當波峰之起始波長與波峰之當前波長之間的差達到目標差時，研磨設備 20 可停止研磨基板 10。或者，可使用除了波峰以外的特徵來決定自基板 10 反射之光的波長之差。舉例而言，可由光偵測器 52 監視波谷之波長、拐點或 x-軸或 y-軸截距，且當波長已改變預定量時，研磨設備 20 可停止研磨基板 10。

在一些實施例中，除了波長之外，所監視的特性可為特徵之寬度或強度，亦可不監視波長。特徵可偏移大約 40 nm 至 120 nm 之級數，然而其他偏移量亦為可能的。舉例而言，上限可大得多，尤其在介電質研磨的狀況下。

第 4A 圖提供從基板 10 反射之光量測出的光譜 400a 之實例。光學監視系統可使光譜 400a 通過高通濾波器，以減小光譜之整體斜率，從而產生第 4B 圖中所示之光譜 400b。舉例而言，在處理批次中之多個基板期間，在晶圓之間可存在較大的光譜差。可使用高通濾波器來正規化光譜，以減小相同批次中之基板上之光譜變化。示例性高通濾波器可具有 0.005 Hz 之截止頻率及濾波器階數(filter order) 4。高通濾波器不僅用以幫助濾出對下層變化之靈敏度，而且亦用以「平化」合法訊號，以使特徵追蹤更容易。

為了讓使用者選擇將追蹤終點之哪一個特徵以決定該終點，可產生等高線圖且向使用者顯示該等高線圖。第 5B 圖提供從在研磨期間自基板 10 反射之光的多個光譜

量測，產生之等高線圖 500b 之實例，且第 5A 圖提供來自等高線圖 500b 中之特定暫態的量測光譜 500a 之實例。等高線圖 500b 包括特徵，諸如，由光譜 500a 上的相關波峰 502 及波谷 504 產生之波峰區域 502 及波谷區域 504。隨著時間推移，基板 10 被研磨，且自基板反射之光改變，如由等高線圖 500b 中之光譜特徵之變化所圖示的。

為產生等高線圖 500b，可研磨一測試基板，且可在研磨期間由光偵測器 52 來量測自測試基板反射之光，以產生自基板 10 反射之光的系列光譜。可將系列光譜儲存（例如）於電腦系統中，該電腦系統視需要可為光學監視系統之部分。裝設基板之研磨可在時間 T1 處開始，且繼續超過估計終點時間。

當測試基板之研磨完成時，電腦（例如）在電腦螢幕上，向研磨設備 20 之操作員呈現等高線圖 500b。在一些實施例中，例如，藉由將紅色指定給光譜中之較高強度值，將藍色指定給光譜中之較低強度值，而將中間色（橙色至綠色）指定給光譜中之中間強度值，電腦彩色標記等高線圖。在其他實施例中，藉由將最暗灰色陰影指定給光譜中之較低強度值，且將最亮灰色陰影指定給光譜中之較高強度值，並且將中間陰影指定給光譜中的中間強度值，而使電腦產生灰階等高線圖。或者，電腦可產生三維等高線圖，其中用最大 z 值表示光譜中之較高強度值，且用最小 z 值表示光譜中之較低強度值，用

中間 z 值表示光譜中之中間值。舉例而言，三維等高線圖可由彩色、灰階或黑白之方式顯示。在一些實施例中，研磨設備 20 之操作員可與三維等高線圖互動，以觀察光譜之不同特徵。

舉例而言，在研磨期間自測試基板之監視產生的反射光之等高線圖 500b，可含有諸如波峰、波谷、光譜零交越點及拐點之光譜特徵。特徵可具有諸如波長、寬度及/或強度之特性。如由等高線圖 500b 所展示的，當研磨墊 30 自裝設基板之頂表面移除材料時，自裝設基板反射之光可隨時間的推移而改變，因此特徵特性隨時間的推移而改變。

在裝置基板之研磨之前，研磨設備 20 之操作員可觀察等高線圖 500b 並選擇特徵特性，以在具有與裝設基板相似晶粒特徵之一批基板之處理期間進行追蹤。舉例而言，研磨設備 20 之操作員可選擇波峰 506 之波長以進行追蹤。等高線圖 500b(尤其為彩色標記或三維等高線圖)之潛在優點在於，此種圖表顯示讓使用者能更容易選擇恰當特徵，由於特徵(例如，具有隨時間線性改變之特性之特徵)在視覺上為可容易區分的。

為選擇終點準則，可基於測試基板之研磨前厚度及研磨後厚度，藉由線性內插法來計算選定特徵之特性。舉例而言，測試基板上之層之厚度 $D1$ 及 $D2$ ，可分別在研磨前(例如，在研磨開始之時間 $T1$ 之前測試基板之厚度)與在研磨後(例如，在研磨結束之時間 $T2$ 之後測

試基板之厚度)量測，且特性之值可在達成目標厚度 D' 之時間 T' 處量測。 T' 可由 $T' = T_1 + (T_2 - T_1) * (D_2 - D') / (D_2 - D_1)$ 來計算，且特性之值 V' 可根據在時間 T' 處量測的光譜來決定。可根據 $V' - V_1$ 來決定選定特徵(諸如，波峰 506 之波長中之特定變化)之特性之目標差 δV ，其中 V_1 為初始特性值(在時間 T_1 處)。因此，目標差 δV 可為自時間 T_1 處研磨之前的初始特性值 V_1 ，至在預計完成研磨之時間 T' 處之特性之值 V' 的變化。研磨設備 20 之操作員可將欲改變之特徵特性之目標差 604 (例如， δV) 輸入與研磨設備 20 相關聯之電腦中。

為了決定值 V' ，且相應地決定點 602 之值，可使用穩健式線擬合來向量測的資料擬合線 508。可將在時間 T' 處之線 508 之值減去在 T_1 處之線 508 之值，以決定點 602。

可基於特徵特性之目標差與在研磨期間自裝設基板移除的材料量之間的相關性，來選擇諸如光譜波峰 506 之特徵。研磨設備 20 之操作員可選擇不同特徵及/或特徵特性，以找出具有特性之目標差與自裝設基板移除的材料量之間的良好相關性之特徵特性。

在其他實施例中，終點決定邏輯決定欲追蹤之光譜特徵及終點準則。

現轉向裝置基板之研磨，第 6A 圖為在裝置基板 10 之研磨期間追蹤的特徵特性之差值 602a-d 的示例性圖表

600a。基板 10 可為被研磨之一批基板中之部分，其中研磨設備 20 之操作員選擇特徵特性（諸如，波峰或波谷之波長），以根據裝設基板之等高線圖 500b 進行追蹤。

當研磨基板 10 時，光偵測器 52 量測自基板 10 反射之光的光譜。終點決定邏輯使用光之光譜來決定特徵特性之系列值。隨著自基板 10 之表面移除材料，選定特徵特性之值可改變。使用特徵特性之系列值與特徵特性之初始值 V1 之間的差來決定差值 602a-d。

當研磨基板 10 時，終點決定邏輯可決定被追蹤之特徵特性之當前值。在一些實施例中，當特徵之當前值已自初始值變化了目標差 604 時，可召用終點。在一些實施例中，（例如）使用穩健式線擬合，向差值 602a-d 擬合線 606。可基於差值 602a-d 來決定線 606 之函數，以預測研磨終點時間。在一些實施例中，該函數為時間對特性差之線性函數。當計算新差值時，線 606 之函數（例如，斜率及截距）在基板 10 之研磨期間可改變。在一些實施例中，線 606 達到目標差 604 之時間提供估計終點時間 608。當線 606 之函數變化以接納新差值時，估計終點時間 608 可改變。

在一些實施例中，使用線 606 之函數來決定自基板 10 移除之材料量，且使用由該函數決定的當前值之變化，來決定何時達到目標差及何時需要召用終點。線 606 追蹤移除之材料量。或者，當自基板 10 移除特定厚度之材料時，便可使用由函數決定的當前值之變化，來決定自

基板 10 之頂表面移除之材料量及何時召用終點。舉例而言，操作員可將目標差設定為，選定特徵之波長變化 50 奈米。舉例而言，可使用選定波峰之波長之變化來決定自基板 10 之頂層移除多少材料及何時召用終點。

在時間 T1 處，在基板 10 之研磨之前，選定特徵之特性值差為 0。當研磨墊 30 開始研磨基板 10 時，識別的特徵之特性值可隨著材料自基板 10 之頂表面研磨掉而改變。舉例而言，在研磨期間，選定特徵特性之波長可變為較高或較低的波長。排除雜訊效應，特徵之波長（且因此波長之差）傾向於單調改變，且經常線性改變。在時間 T' 處，終點決定邏輯決定識別的特徵特性已改變了目標差 δV ，且可召用終點。舉例而言，當特徵之波長已改變了目標差 50 奈米時，召用終點且研磨墊 30 停止研磨基板 10。

當處理一批基板時，光學監視系統 50 可（例如）追蹤所有基板上之相同光譜特徵。光譜特徵可與基板上之相同晶粒特徵相關聯。基於基板之下層變化，光譜特徵之起始波長可在批次中基板間改變。在一些實施例中，為了最小化多個基板上之可變性，當選定特徵特性值或擬合至特徵特性之值的函數改變了終點度量 EM（而非目標差）時，終點決定邏輯可召用終點。終點決定邏輯可使用根據裝設基板決定之預期初始值 EIV。在識別在基板 10 上被追蹤之特徵特性之時間 T1 處，終點決定邏輯決定被處理之基板之實際初始值 AIV。終點決定邏輯可

使用初始值權重 IVW，以減少實際初始值對終點決定之影響，同時慮及一批次上基板之變化。舉例而言，基板變化可包括基板厚度或下層結構之厚度。初始值權重可與基板變化相關，以增加基板間處理之間的均勻性。舉例而言，可藉由將初始值權重乘以實際初始值與預期初始值之間的差且加上目標差，來決定終點度量，例如， $EM=IVW*(AIV - EIV)+\delta V$ 。

在一些實施例中，使用加權組合來決定終點。舉例而言，終點決定邏輯可根據函數計算特性之初始值，且根據函數計算特性之當前值，並計算初始值與當前值之間的第一差。終點決定邏輯可計算初始值與目標值之間的第二差，且產生第一差與第二差之加權組合。

第 6B 圖為在基板 10 之兩個部分處取得的特性量測差對時間的示例性圖表 600b。舉例而言，光學監視系統 50 可追蹤朝向基板 10 之邊緣部分而定位之一個特徵及朝向基板 10 之中心部分而定位的另一特徵，以決定已自基板 10 移除多少材料。當測試裝設基板時，研磨設備 20 之操作員可（例如）識別相應於裝設基板之不同部分的兩個特徵以進行追蹤。在一些實施例中，光譜特徵與裝設基板上之相同類型之晶粒特徵相對應。在其他實施例中，光譜特徵與裝設基板上之不同類型之晶粒特徵相關聯。當基板 10 被研磨時，光偵測器 52 可量測來自與裝設基板之選定特徵相對應之基板 10 之兩個部分的反射光之系列光譜。可由終點決定邏輯來決定與兩個特徵之

特性相關聯之系列值。可藉由在研磨時間前進時，將當前特性值減去初始特性值，而計算基板 10 之第一部分中之特徵特性之一系列第一差值 610a-b。可類似地計算基板 10 之第二部分中之特徵特性之一系列第二差值 612a-b。

可向第一差值 610a-b 擬合第一線 614，且可向第二差值 612a-b 擬合第二線 616。可分別根據第一函數及第二函數決定第一線 614 及第二線 616，以決定估計研磨終點時間 618 或對基板 10 之研磨速率 620 之調整。

在研磨期間，使用基板 10 之第一部分之第一函數，且使用基板之第二部分之第二函數，在時間 TC 處進行基於目標差 622 之終點計算。若基板之第一部分與基板之第二部分之估計終點時間不同（例如，第一部分將在第二部分之前達到目標厚度），則可對研磨速率 620 進行調整，使得第一函數及第二函數將具有相同終點時間 618。在一些實施例中，調整基板之第一部分與第二部分之研磨速率，使得在兩個部分處同時達到終點。或者，可調整第一部分或第二部分之研磨速率。

舉例而言，可藉由增加或減少承載頭 70 之相應區域中之壓力來調整研磨速率。研磨速率之變化可假定為與壓力之變化成正比，例如，簡單葡瑞斯頓 (Prestonian) 模型。舉例而言，當基板 10 之第一區域在時間 TA 處凸出以達到目標厚度，且系統已建立目標時間 TT 時，時間 T3 之前的相應區域中之承載頭壓力可乘以 TT/TA ，以在

時間 T3 之後提供承載頭壓力。另外，可開發用於研磨基板之控制模型，該控制模型慮及平臺或頭旋轉速度之影響、不同頭壓力組合之二階效應、研磨溫度、漿料流量或影響研磨速率之其他參數。在研磨製程期間之後續時間，若適當，則可再次調整速率。

在一些實施例中，計算裝置使用波長範圍，以容易地識別自裝置基板 10 反射之光所量測出的光譜中之選定光譜特徵。計算裝置在波長範圍中搜尋選定光譜特徵，以區分選定光譜特徵與（例如）在強度、寬度或波長上類似於量測出的光譜中之選定光譜特徵之其他光譜特徵。

第 7A 圖圖示根據由光偵測器 52 收到的光量測之光譜 700a 的實例。光譜 700a 包括選定光譜特徵 702，例如，光譜波峰。選定光譜特徵 702 可由終點決定邏輯來選擇，以在基板 10 之 CMP 期間進行追蹤。選定光譜特徵 702 之特性 704（例如，波長）可由終點決定邏輯識別。當特性 704 已改變目標差時，終點決定邏輯召用終點。

在一些實施例中，終點決定邏輯決定波長範圍 706，以在該波長範圍上搜尋選定光譜特徵 702。波長範圍 706 可具有介於約 50 與約 200 奈米之間的寬度。在一些實施例中，波長範圍 706 為預定的，例如，由操作員規定（例如，藉由接收選擇波長範圍之使用者輸入），或規定為一批基板之製程參數（藉由從使波長範圍與該批基板相關聯之記憶體檢索出波長範圍）。在一些實施例中，波長範

圖 706 係基於歷史資料，例如，連序光譜量測之間的平均或最大距離。在一些實施例中，波長範圍 706 係基於關於測試基板之資訊，例如，兩倍目標差 δV 。

第 7B 圖為從由光偵測器 52 收到的光量測出之光譜 700b 的實例。舉例而言，在平臺 24 之旋轉期間緊跟著取得光譜 700a 之後，量測光譜 700b。在一些實施例中，終點決定邏輯決定先前光譜 700a 中之特性 704 之值（例如，520 nm），且調整波長範圍 706，使得波長範圍 708 之中心更靠近特性 704 而定位。

在一些實施例中，終點決定邏輯使用線 606 之函數來決定特性 704 之預期當前值。舉例而言，終點決定邏輯可使用當前研磨時間來決定預期差，且藉由將預期差加至特性 704 之初始值 $V1$ 來決定特性 704 之預期當前值。終點決定邏輯可將波長範圍 708 定中心於特性 704 之預期當前值上。

第 7C 圖為從由光偵測器 52 收到的光量測出之光譜 700c 的另一實例。舉例而言，在平臺 24 之旋轉期間緊接著取得光譜 700a 之後，量測光譜 700c。在一些實施例中，終點決定邏輯將特性 704 之先前值用於波長範圍 710 之中心。

舉例而言，終點決定邏輯決定在基板 10 下方之光學頭 53 之兩個連序傳遞期間決定的特性 704 之值之間的平均方差。終點決定邏輯可將波長範圍 710 之寬度設定為平均方差的兩倍。在一些實施例中，終點決定邏輯在決定

波長範圍 710 之寬度時，使用特性 704 之值之間的方差之標準差。

在一些實施例中，波長範圍 706 之寬度對於所有光譜量測均相同。舉例而言，波長範圍 706、波長範圍 708 及波長範圍 710 之寬度相同。在一些實施例中，波長範圍之寬度不同。舉例而言，當估計特性 704 自特性之先前量測改變 2 奈米時，波長範圍 708 之寬度為 60 奈米。當估計特性 704 自特性之先前量測改變 5 奈米時，波長範圍 708 之寬度為 80 奈米，80 奈米之波長範圍比具有較小特性變化之波長範圍大。

在一些實施例中，波長範圍 706 在基板 10 之研磨期間對於所有光譜量測均相同。舉例而言，波長範圍 706 為 475 奈米至 555 奈米，且對於基板 10 之研磨期間進行的所有光譜量測，終點決定邏輯在 475 奈米與 555 奈米之間的波長中搜尋選定光譜特徵 702，然而其他波長範圍亦為可能的。波長範圍 706 可由使用者輸入選擇為由原位監視系統量測之全光譜範圍之子集。

在一些實施例中，終點決定邏輯在一些光譜量測之修改波長範圍中，以及在用於光譜之剩餘者中的先前光譜之波長範圍中搜尋選定光譜特徵 702。舉例而言，終點決定邏輯在平臺 24 之第一旋轉期間量測到的光譜之波長範圍 706，及平臺 24 之連序旋轉期間量測到的光譜之波長範圍 708 中搜尋選定光譜特徵 702，其中兩個量測均在基板 10 之第一區域中進行。繼續該實例，終點決定

邏輯在相同平臺旋轉期間量測到的兩個光譜之波長範圍 710 中，搜尋另一選擇光譜特徵，其中兩個量測在基板 10 之不同於第一區域之第二區域中進行。

在一些實施例中，選定光譜特徵 702 為光譜波谷或光譜零交越點。在一些實施例中，特性 704 為波峰或波谷之強度或寬度（例如，在波峰下方固定距離處量測到的，或在波峰與最近波谷之間的中間高度處量測到的寬度）。

第 8 圖圖示用於選擇目標差 δV ，以在決定研磨製程之終點時使用之方法 800。量測具有與產品基板相同圖案之基板之性質（步驟 802）。被量測的基板在本說明書中稱為「裝設」基板。裝設基板可簡單地為與產品基板相類似或相同之基板，或者裝設基板可為來自一批產品基板之一個基板。量測的性質可包括基板上之興趣特定位點處之感興趣的薄膜之研磨前厚度。通常，量測多個位點處之厚度。通常選擇位點，以量測每一位點之相同類型之晶粒特徵。可在測量站執行量測。在研磨之前，原位光學監視系統可量測自基板反射之光的光譜。

根據感興趣的研磨步驟來研磨裝設基板，且收集在研磨期間獲得的光譜（步驟 804）。可在上述研磨設備處執行研磨及光譜收集。在研磨期間由原位監視系統來收集光譜。過度研磨基板（亦即，研磨超過估計終點），使得可獲得在達成目標厚度時自基板反射之光的光譜。

量測過度研磨的基板之性質（步驟 806）。性質包括在特定位點，或用於研磨前量測之位點處之感興趣的薄膜

之研磨後厚度。

使用量測到的厚度及收集的光譜來選擇（藉由檢驗收集的光譜）特定特徵（諸如，波峰或波谷），以在研磨期間進行監視（步驟 808）。可由研磨設備之操作員來選擇特徵，或者特徵之選擇可為自動的（例如，基於習知波峰尋找 (peak-finding) 演算法及經驗波峰選擇 (peak-selection) 公式）。舉例而言，如以上參閱第 5B 圖所描述的，可向研磨設備 20 之操作員呈現等高線圖 500b，且操作員可自等高線圖 500b 選擇特徵以進行追蹤。若預計特定光譜區域含有希望在研磨期間進行監視之特徵（例如，由過去經驗，或基於理論之特徵行為之計算產生的），則僅需要考慮在彼區域中之特徵。通常選擇一特徵，該特徵展出在研磨基板時自裝設基板之頂部移除之材料量之間的相關性。

可使用量測到的研磨前薄膜厚度及研磨後基板厚度來執行線性內插法，以決定達成目標薄膜厚度之大致時間。可將該大致時間與光譜等高線圖相比，以決定選定特徵特性之終點值。特徵特性之終點值與初始值之間的差可作為目標差來使用。在一些實施例中，向特徵特性之值擬合函數，以正規化特徵特性之值。函數之終點值與函數之初始值之間的差，可作為目標差來使用。在該批基板之其餘基板之研磨期間監視相同特徵。

視需要，處理光譜以提高準確度及/或精度。舉例而言，可處理光譜，以將光譜正規化為共用參考，以將光

譜平均及/或以自光譜過濾雜訊。在一個實施例中，將低通濾波器應用於光譜，以減少或消除突發尖峰。

通常憑經驗選擇對於特定終點決定邏輯，欲監視之光譜特徵，使得在電腦裝置藉由應用基於特定特徵的終點邏輯召用終點時，達成目標厚度。終點決定邏輯使用特徵特性中之目標差來決定何時應召用終點。當研磨開始時，可相對於特徵之初始特性值來量測特性之變化。或者，除目標差 δV 之外，可相對於預期初始值 EIV 及實際初始值 AIV 來召用終點。終點邏輯可將實際初始值與預期初始值之間的差，乘以起始值權重 SVW，以補償基板間下層變化。舉例而言，當終點度量 $EM = SVW * (AIV - EIV) + \delta V$ 時，終點決定邏輯可結束研磨。

在一些實施例中，使用加權組合來決定終點。舉例而言，終點決定邏輯可根據函數計算特性之初始值，且根據函數計算特性之當前值，並計算初始值與當前值之間的第一差。終點決定邏輯可計算初始值與目標值之間的第二差，且產生第一差與第二差之加權組合。可在加權值達到目標值的情況下召用終點。終點決定邏輯可藉由比較特性之監視的差（或多個差）與目標差，來決定何時應召用終點。若監視的差與目標差匹配或超過目標差，則召用終點。在一個實施例中，監視的差必須與目標差匹配或超過目標差達某一時段（例如，平臺旋轉兩次）才召用終點。

第 9 圖圖示用於選取與特定目標厚度及特定終點決定

邏輯之選定光譜特徵相關聯之特性之目標值的方法 901。如以上在步驟 802-806 中所述，量測且研磨裝設基板（步驟 903）。詳言之，收集光譜，且儲存量測各個收集的光譜之時間。

計算用於特定裝設基板之研磨設備之研磨速率（步驟 905）。可藉由使用研磨前厚度 $D1$ 與研磨後厚度 $D2$ 及實際研磨時間 PT 來計算平均研磨速率 PR ，例如， $PR=(D2-D1)/PT$ 。

計算特定裝設基板之終點時間（步驟 907），以提供校正點，以決定選定特徵之特性之目標值，如下文所論述。可基於計算的研磨速率 PR 、感興趣的薄膜之研磨前起始厚度 ST 及感興趣的興趣薄膜之目標厚度 TT 來計算終點時間。假定研磨速率在整個研磨製程期間恆定，可將終點時間計算為簡單線性內插，例如， $ET=(ST-TT)/PR$ 。

視需要，可藉由研磨該批圖案化基板中之另一基板，在計算出的終點時間停止研磨及量測感興趣的薄膜之厚度，來評估計算出的終點時間。若厚度在目標厚度之滿意範圍內，則計算出的終點時間為滿意的。否則，可重新計算所計算出的終點時間。

在計算出的終點時間，從自裝設基板處收集之光譜記錄選定特徵之目標特性值（步驟 909）。若感興趣的參數涉及選定特徵之位點或寬度之變化，則可藉由檢驗在計算出的終點時間之前的時段期間收集的光譜，來決定彼資訊。特性之初始值與目標值之間的差係記錄為特徵之

目標差。在一些實施例中，記錄單個目標差。

第 10 圖圖示用於使用基於波峰的終點決定邏輯，來決定研磨步驟之終點的方法 1000。使用上述研磨設備研磨該批圖案化基板中之另一基板（步驟 1002）。

接收選定光譜特徵之識別、波長範圍及選定光譜特徵之特性（步驟 1004）。舉例而言，終點決定邏輯自一電腦接收識別，該電腦具有對於基板之處理參數。在一些實施例中，處理參數係基於在裝設基板之處理期間決定的資訊。

最初研磨基板，量測自基板反射之光以產生光譜，且在量測的光譜之波長範圍中決定選定光譜特徵之特性值。在平臺之各旋轉期間，執行以下步驟。

量測自被研磨的基板表面反射之光的一或多個光譜，以獲得當前平臺轉之一或多個當前光譜（步驟 1006）。視需要處理當前平臺轉之量測的一或多個光譜，以如以上參閱第 8 圖所述者提高準確度及/或精度。若僅量測一個光譜，則將該一個光譜用作當前光譜。若對平臺轉量測出多於一個當前光譜，則將當前光譜分組，在各組內求平均，且平均值表示當前光譜。可依距基板之中心的徑向距離來分組光譜。

舉例而言，可從自點 202 及 210（第 2 圖）處量測到的光譜獲得第一當前光譜，可從自點 203 及 209 處量測到的光譜獲得第二當前光譜，可從自點 204 及 208 處量測到的光譜獲得第三當前光譜，等等。可決定各個當前

光譜之選定光譜波峰之特性值，且可在基板之各個區域中分別監視研磨。或者，選定光譜波峰之特性之最糟狀況值可根據當前光譜來決定，且可由終點決定邏輯來使用。

在平臺之各旋轉期間，可將額外一或多個光譜添加至當前基板之系列光譜。當研磨進行時，序列中之至少一些光譜不同，由於在研磨期間材料自基板移除。

如以上參閱第 7A-C 圖所描述的，產生當前光譜之修改波長範圍（步驟 1008）。舉例而言，終點邏輯基於先前特性值而決定當前光譜之修改波長範圍。可使修改波長範圍定中心於先前特性值上。在一些實施例中，基於預期特性值來決定修改波長範圍，例如，波長範圍之中心與預期特性值重合。

在一些實施例中，使用不同方法來決定當前光譜之一些波長範圍。舉例而言，藉由將波長範圍定中心於來自在基板之相同邊緣區域中量測到的先前光譜之特性值上，決定自在基板之邊緣區域中反射之光量測到的光譜之波長範圍。繼續該實例，藉由將波長範圍定中心於中心區域之預期特性值上，決定自在基板之中心區域中反射之光量測到的光譜之波長範圍。

在一些實施例中，當前光譜之波長範圍之寬度相同。在一些實施例中，一些當前光譜之波長範圍之寬度不同。

識別波長範圍以搜尋選定光譜特徵特性，可允許對於終點之偵測或研磨速率變化之決定的更大準確度，例

如，系統在後續光譜量測期間較不會選擇不正確的光譜特徵。在波長範圍中而不是在整個光譜上追蹤光譜特徵，允許更容易且更快速地識別光譜特徵。可減少識別選定光譜特徵所需要的處理資源。

自修改波長範圍提取選定波峰之當前特性值（步驟 1010），且使用以上在第 8 圖之內容中論述之終點決定邏輯，來比較當前特性值與目標特性值（步驟 1012）。舉例而言，根據系列光譜決定當前特徵特性之系列值，且向該系列值擬合函數。舉例而言，函數可為線性函數，該線性函數可基於當前特性值與初始特性值之間的差，來近似估計在研磨期間自基板移除之材料量。

只要終點決定邏輯決定尚未滿足終點條件（步驟 1014 之「否」分支），便允許研磨繼續，且在適當時重複步驟 1006、1008、1010、1012 及 1014。舉例而言，終點決定邏輯基於函數決定尚未達到特徵特性之目標差。

在一些實施例中，當量測到自基板之多個部分反射之光的光譜時，終點決定邏輯可決定需要調整基板之一或多個部分之研磨速率，使得在相同時間或接近相同時間完成多個部分之研磨。

當終點決定邏輯決定已滿足終點條件（步驟 1014 之分支「是」）時，召用終點，且停止研磨（步驟 1016）。

可正規化光譜，以移除或減少非所要的光反射之影響。除一或多個感興趣的薄膜以外的媒介所產生之光反射，包括來自研磨墊視窗及來自基板之基材矽層的光反

射。可藉由量測原位監視系統在黑暗條件下（亦即，當未將基板置放在原位監視系統上時）接收到的光之光譜，來估計來自視窗之光反射。可藉由量測裸露矽基板反射之光的光譜，來估計來自矽層之光反射。通常在研磨步驟之開始之前獲得該等光反射。如下為正規化量測的原始光譜：

$$\text{正規化光譜} = (A - \text{Dark}) / (Si - \text{Dark})$$

其中 A 為原始光譜，Dark 為在黑暗條件下獲得的光譜，且 Si 為自裸露矽基板獲得的光譜。

在描述的實施例中，使用光譜中之波長波峰之變化來執行終點偵測。亦可代替波峰或結合波峰使用光譜中之波長波谷（亦即，局部最小值）之變化。亦可在偵測終點時使用多個波峰（或波谷）之變化。舉例而言，可個別監視各個波峰，且當大多數波峰之變化滿足終點條件時可召用終點。在其他實施例中，可使用拐點或光譜零交越之變化來決定終點偵測。

在一些實施例中，演算法裝設製程 1100（第 11 圖）係繼之以使用觸發式特徵追蹤技術 1200（第 12 圖）之一或多個基板之研磨。

最初，（例如）使用上述技術中之一個技術，來選擇光譜中之興趣特徵之特性，以供追蹤第一層之研磨中使用（步驟 1102）。舉例而言，特徵可為波峰或波谷，且特性可為波峰或波谷之波長或頻率中之位置或寬度，或波峰或波谷之強度。若感興趣的特徵之特性可適用於具有

不同圖案之多種產品基板，則可由裝備製造商預選擇特徵及特性。

另外，決定接近研磨終點之研磨速率 dD/dt (步驟 1104)。舉例而言，可根據待用於對產品基板之研磨的研磨製程，但在接近預期終點研磨時間之不同研磨時間，來研磨複數個裝設基板。裝設基板可具有與產品基板相同的圖案。對於各個裝設基板而言，可量測層之研磨前及研磨後厚度，且可根據差來計算移除量，且儲存彼裝設基板之移除量及相關研磨時間，以提供資料集。可向該資料集擬合一移除量之線性函數，該移除量之線性函數為對時間之函數；該線性函數之斜率提供研磨速率。

演算法裝設製程包括量測裝設基板之第一層之初始厚度 $D1$ (步驟 1106)。裝設基板可具有與產品基板相同的圖案。第一層可為介電質，例如，低介電值材料，例如，摻雜碳的二氧化矽，例如，Black Diamond™ (來自 Applied Materials, Inc.) 或 Coral™ (來自 Novellus Systems, Inc.)。

視需要，視第一材料之組成物而定，在第一層上沈積不同於第一及第二材料 (例如，低介電值覆蓋材料，例如，四乙氧基矽烷 (TEOS)) 之另一材料 (例如，介電質材料) 之一或多個額外層 (步驟 1107)。第一層與該一或多個額外層一起提供層堆疊。

接下來，在第一層或層堆疊上沈積不同第二材料 (例如，氮化物，例如，氮化鉬或氮化鈦) 之第二層 (例如，

阻障層)(步驟 1108)。另外，可在第二層上(及由第一層之圖案提供之溝槽中)沈積導電層，例如，金屬層，例如，銅(步驟 1109)。

可在研磨期間使用的除光學監視系統以外的測量系統處執行量測，例如，內嵌或分離測量站，諸如，使用橢圓偏光儀之輪廓儀或光學測量站。對於一些測量技術(例如，輪廓儀)而言，在沈積第二層之前量測第一層之初始厚度，但是對於其他測量技術(例如，橢圓偏光儀)而言，可在沈積第二層之前或之後執行量測。

此後，根據感興趣的研磨製程研磨裝設基板(步驟 1110)。舉例而言，可在第一研磨站處使用第一研磨墊，來研磨且移除導電層及部分第二層(步驟 1110a)。此後，可在第二研磨站處使用第二研磨墊來研磨且移除第二層及部分第一層(步驟 1110b)。然而，應注意，對於一些實施例而言，不存在導電層，例如，第二層為研磨開始時的最外層。

至少在第二層之移除期間，且可能在第二研磨站處之整個研磨操作期間，使用上述技術收集光譜(步驟 1112)。另外，使用分離偵測技術來偵測第二層之清除及第一層之曝露(步驟 1114)。舉例而言，可由馬達扭矩或自基板反射之光的總強度之突變，來偵測第一層之曝露。在偵測到第二層之清除之時間 T_1 處，儲存在時間 T_1 處之光譜之感興趣的特徵之特性之值 V_1 。亦可儲存偵測到清除之時間 T_1 。

在清除之偵測之後，可在預設時間暫停研磨（步驟 1118）。預設時間足夠大，使得研磨在曝露第一層之後暫停。選擇預設時間，使得研磨後厚度充分接近目標厚度，使得可假定研磨速率在研磨後厚度與目標厚度之間為線性。在研磨暫停之時間處，可偵測且儲存光譜之感興趣的特徵之特性之值 V_2 ，亦可儲存研磨暫停之時間 T_2 。

例如，使用與用以量測初始厚度相同的測量系統，來量測第一層之研磨後厚度 D_2 （步驟 1120）。

計算特性之值之預設目標變化 ΔV_D （步驟 1122）。此值之預設目標變化，將使用於對於產品基板之終點偵測演算法中。可根據在第二層之清除之時間處的值，與在研磨暫停之時間處的值之間的差，來計算該預設目標變化，亦即， $\Delta V_D = V_1 - V_2$ 。

計算接近研磨操作之結束處的，作為監視的特性之函數的厚度之變化速率 dD/dV （步驟 1124）。舉例而言，假定正在監視波峰之波長位置，則變化速率可表示為對於每埃波峰之波長位置偏移，所移除之材料的埃數。作為另一實例，假定正在監視波峰之頻率寬度，則變化速率可表示為對於每赫茲波峰之寬度之頻率之偏移，所移除之材料的埃數。

在一個實施例中，可根據在第二層之曝露時間處及在研磨之結束處的值，來簡單計算作為時間之函數的值的變化速率 dV/dt ，例如， $dV/dt = (D_2 - D_1)/(T_2 - T_1)$ 。在另一實施例中，使用來自接近裝設基板之研磨之結束（例如，

最後 25% 或時間 T_1 與 T_2 之間的較小者) 處的資料，可向作為時間之函數之量測值擬合線；線的斜率提供作為時間之函數之值之變化速率 dV/dt 。在任一狀況下，此後，藉由將研磨速率除以值之變化速率，來計算作為監視的特性之函數的厚度之變化速率 dD/dV ，亦即， $dD/dV = (dD/dt)/(dV/dt)$ 。一旦計算出變化速率 dD/dV ，則變化速率對於產品應保持恆定；對於不同批次之相同產品將沒有必要重新計算 dD/dV 。

一旦已完成裝設製程，便可研磨產品基板。

視需要，量測來自一批產品基板之至少一個基板之第一層之初始厚度 d_1 (步驟 1202)。產品基板具有至少與裝設基板相同的層結構，且視需要具有與裝設基板相同的圖案。在一些實施例中，並非量測每一產品基板。舉例而言，可量測來自一批次之一個基板，且初始厚度可用於來自該批次之所有其他基板。作為另一實例，可量測來自盒之一個基板，且初始厚度可用於來自該盒之所有其他基板。在其他實施例中，量測每一產品基板。可在裝設製程完成之前或之後，執行對產品基板之第一層之厚度之量測。

如上所述，第一層可為介電質，例如，低介電值材料，例如，摻雜碳的二氧化矽，例如，Black Diamond™ (來自 Applied Materials, Inc.) 或 Coral™ (來自 Novellus Systems, Inc.)。可在研磨期間使用之除光學監視系統以外的測量系統處執行量測，例如，內嵌或分離測量站，

諸如，使用橢圓偏光儀之輪廓儀或光學測量站。

視需要，視第一材料之組成物而定，在產品基板上之第一層上沈積不同於第一及第二材料（例如，低介電值覆蓋材料，例如，四乙氧基矽烷(TEOS)）之另一材料之一或多個額外層（步驟 1203）。第一層與該一或多個額外層一起提供層堆疊。

接下來，在產品基板之第一層或層堆疊上沈積不同第二材料（例如，氮化物，例如，氮化鉬或氮化鈦）之第二層，例如，阻障層（步驟 1204）。另外，可在產品基板之第二層上（及由第一層之圖案提供之溝槽中）沈積導電層，例如，金屬層，例如，銅（步驟 1205）。

對於一些測量技術（例如，輪廓儀）而言，在沈積第二層之前量測第一層之初始厚度，但是對於其他測量技術（例如，橢圓偏光儀）而言，可在沈積第二層之前或之後執行量測。可在裝設製程完成之前或之後執行第二層及導電層之沈積。

對於各個待研磨之產品基板而言，基於第一層之初始厚度來計算目標特性差 ΔV （步驟 1206）。通常，此舉在研磨開始之前發生，但是計算有可能在研磨開始之後但是在啟動光譜特徵追蹤之前發生（在步驟 1210 中）。詳言之，舉例而言，自主電腦接收儲存的產品基板之初始厚度 d_1 及目標厚度 d_T 。另外，可接收起始厚度 D_1 及結束厚度 D_2 、作為監視的特性之函數的厚度之變化速率 dD/dV 及決定的裝設基板的值之預設目標變化 ΔV_D 。

在一個實施例中，如下計算目標特性差 ΔV ：

$$\Delta V = \Delta V_D + (d_1 - D_1)/(dD/dV) + (D_2 - d_T)/(dD/dV)$$

在一些實施例中，前厚度將不可用。在此狀況下，「 $(d_1 - D_1)/(dD/dV)$ 」將自以上方程式中省略，亦即，

$$\Delta V = \Delta V_D + (D_2 - d_T)/(dD/dV)$$

研磨產品基板（步驟 1208）。舉例而言，可在第一研磨站處使用第一研磨墊，來研磨且移除導電層及部分第二層（步驟 1208a）。此後，可在第二研磨站處使用第二研磨墊，來研磨且移除第二層及部分第一層（步驟 1208b）。然而，應注意，對於一些實施例而言，不存在導電層，例如，第二層為研磨開始時的最外層。

使用原位監視技術來偵測第二層之清除及第一層之曝露（步驟 1210）。舉例而言，可由馬達扭矩或由自基板反射之光的總強度之突變，來偵測第一層在時間 t_1 處之曝露。舉例而言，第 13 圖圖示在研磨金屬層以曝露下層阻障層期間，作為時間之函數之自基板收到的光之總強度之圖表。可根據由光譜監視系統藉由在量測的所有波長上或在預置波長範圍上，整合光譜強度所獲取之光譜訊號，來產生此總強度。或者，可使用在特定單色波長處之強度，而非總強度。如第 13 圖所示，當清除銅層時，總強度下降，且當阻障層完全曝露時，總強度呈平穩狀態。可偵測強度之平穩狀態，且強度之平穩狀態可用作觸發以啟動光譜特徵追蹤。

至少始於第二層之清除之偵測（且可能更早，例如，

自使用第二研磨墊研磨產品基板開始時)，在研磨期間使用上述原位監視技術獲得光譜（步驟 1212）。使用上述技術來分析光譜，以決定被追蹤之特徵之特性之值。舉例而言，第 14 圖圖示在研磨期間作為時間之函數之光譜波峰之波長位置的圖表。決定在偵測第二層之清除之時間 t_1 處之光譜中被追蹤的特徵之特性之值 v_1 。

現可計算特性之目標值 v_T （步驟 1214）。可藉由將目標特性差 ΔV 加至在第二層之清除之時間 t_1 處之特性之值 v_1 ，來計算目標值 v_T ，亦即， $v_T = v_1 + \Delta V$ 。

當追蹤之特徵之特性達到目標值時，暫停研磨（步驟 1216）。詳言之，對於各個量測光譜而言（例如，在各個平臺旋轉中），決定追蹤之特徵之特性之值，以產生系列值。如上文參閱第 6A 圖所描述的，可向系列值擬合函數（例如，時間之線性函數）。在一些實施例中，可向時間視窗內之值擬合函數。在函數滿足目標值的情況下提供暫停研磨之終點時間。亦可藉由向接近時間 t_1 處之系列值之部分擬合函數（例如，線性函數），來決定在偵測第二層之清除之時間 t_1 處之特性之值 v_1 。

在另一實施例中，在研磨期間追蹤選定光譜特徵的兩個特性（例如，波長（或頻率）以及相關的強度值）。兩個特性的這對值，在兩個特性的二維空間中界定出光譜特徵的座標，且研磨終點或對於研磨參數的調整，可基於二維空間中特徵的座標之路徑。例如，可基於在二維空間中座標行進的距離，來決定研磨終點。大體上，除了下

述以外，此實施例可使用上述實施例的各種技術。

第 15A 圖至第 15C 圖圖示說明從具有不同下層厚度的基板，所得出的光譜序列圖表 1500a 至 1500c。例如，在使用 1000 埃之初始厚度研磨第一層(例如，低介電值材料)的同時，量測光譜序列 1500a 至 1500c。在第一層之下沉積下層(例如，蝕刻終止層)，且對於光譜序列 1500a 至 1500c，下層各別具有(例如)50、130 與 200 埃的厚度。光譜序列 1500a 至 1500c 包含在第一層具有不同厚度時(例如，在第一層各別為 1000、750 與 500 埃厚時)，在研磨期間得出的光譜量測。

光譜序列 1500a 至 1500c 包含波峰 1502a 至 1502c，波峰 1502a 至 1502c 隨著研磨進行而演變(例如，強度(波峰最大值)與位置(在最大值的波長或頻率)的改變)。例如，隨著材料被移除，波峰移位至較高的強度與較低的波長。波峰 1502a 至 1502c 的初始強度與波長可基於下層厚度而變化，且對於每一變化下層厚度，特性值的改變係為不同。

已知的是，至少對於一些晶粒的一些製造，雖然相同量的移除可導致波峰根據下層厚度而移位不同量，對於從下層移除給定量的材料而言，座標(代表強度與波長之二維空間中的波峰)行進的距離，大體上對下層厚度不敏感。

在連續的波峰量測(亦即，在連續光譜量測(例如，來自基板下光學監視系統之連續拂掠的光譜量測)中的選

定波峰)之間的距離，如由強度與波長之二維空間中的座標所界定的，可用於決定基板上感興趣的位置的研磨速率。例如，在起始波峰座標與第二波峰座標之間(例如，在第一層為 750 埃厚時的波峰量測)，歐幾里得距離 d_1 、 d_3 與 d_5 對於所有光譜序列 1500a 至 1500c 而言為相同(或非常類似)。類似地，在第二波峰座標與第三波峰座標之間的歐幾里得距離 d_2 、 d_4 與 d_6 為相同(或非常類似)，且歐幾里得距離之各別對的和為相同(或非常類似)(例如， d_1 與 d_2 的組合，係與 d_3 與 d_4 的組合相同)。在第一層為 500 埃厚時，第三波峰座標可與波峰的量測 1502a 至 1502c 相關。

第 16A 圖圖示說明在兩個不同時間，從一裝設基板量測出的光譜圖表 1600a。例如，可在時間 t_1 處第一層研磨開始時(例如，使用上述參考第 13 圖與步驟 1114 描述的技術來偵測到的)量測第一光譜，並在時間 t_2 處第一層研磨結束時(例如，在預定研磨時間處)量測第二光譜。可在裝設基板研磨期間量測兩個光譜，以決定在關於識別光譜特徵(例如，波峰 1602)之座標之改變中的臨限距離 D_T 。

第 16B 圖圖示說明在基板(例如，裝設基板)正被研磨的同時，兩個特徵特性之改變的圖表 1600b。例如，可由二維空間中的座標序列，在圖表 1600b 中表示光譜序列中之識別光譜特徵的波長及強度量測。例如，在 x 軸上繪製位置值(例如，波長值)，並在 y 軸上繪製強度值。

圖表 1600b 包含在時間 t_1 處得出之波峰 1602 的波長與強度量測，以及所對應的波峰 1602 量測，直至對裝設基板之研磨在時間 t_2 處停止。

可決定與波峰 1602 相關的最大強度 $I_{\max}$ 與最小強度 $I_{\min}$ 。此外，可決定與波峰 1602 相關的最大波長或頻率 $\lambda_{\max}$ 以及最小波長或頻率 $\lambda_{\min}$ 。可使用最大值與最小值來正規化在研磨產品基板期間量測到的位置與強度值。在一些實施例中，將特徵特性值正規化，以使得特徵特性值之兩者皆在相同尺度上(例如，0 至 1)，且特徵特性值之一者不比另一者要具有更多權重。

可藉由(例如)加總在座標序列中連續座標之間的距離，以在研磨裝設基板之後決定臨限距離 D_T 。例如，在第一層曝露時可識別時間 t_1 (例如，使用如上文參考第 13 圖與步驟 1114 所述之技術)。與在時間 t_1 之後得出之量測到的光譜相關的連續距離值 $D1'$ 、 $D2'$ 、 $D3'$ 等等，可被計算並結合以決定總和距離與臨限距離 D_T 。可決定在時間 t_x 處餘留了第一層目標厚度，且將臨限距離 D_T 決定為從時間 t_1 至時間 t_x 之連續距離值 $D1'$ 、 $D2'$ 、 $D3'$ 等等的和。在一些實施例中，時間 t_x 與時間 t_2 相同。

在一些實施例中，將特徵特性值正規化並決定在兩個連續座標之間的歐幾里得距離 D ，如下所示：

$$D = \sqrt{\left(\frac{I_p - I_{\text{current}}}{I_{\text{normal}}}\right)^2 + \left(\frac{\lambda_p - \lambda_{\text{current}}}{\lambda_{\text{normal}}}\right)^2}$$

其中， I_p 為在先前座標中光譜特徵的強度， I_{current} 為

在當前座標中光譜特徵的強度， λ_p 為在先前座標中光譜特徵的波長或頻率， $\lambda_{current}$ 為在當前座標中光譜特徵的波長或頻率， $I_{normal} = I_{max} - I_{min}$ ，且 $\lambda_{normal} = \lambda_{max} - \lambda_{min}$ 。係可能除了歐幾里得距離以外的距離度量。例如在一些實施例中，決定在兩個連續座標之間的距離 D ，如下所示：

$$D = \left| \frac{I_p - I_{current}}{I_{normal}} \right|^{\frac{1}{p}} + \left| \frac{\lambda_p - \lambda_{current}}{\lambda_{normal}} \right|^{\frac{1}{p}}$$

此外，雖然上述用於計算距離之方程式的兩者，使用在正追蹤之兩個正規化特徵的相等權重，係可能使用不等權重計算距離。

一旦識別出臨限距離 D_T ，可研磨一或多個產品基板。在第一層(或另一正被研磨的層)曝露出時可決定時間 t_3 (例如，使用上文參考第 13 圖與步驟 1114 所描述的技術)。對於每一平臺旋轉，可量測當前光譜，並可決定與正追蹤之選定光譜特徵相關的當前特性值。在一些實施例中，可如將於下文更詳盡描述般，正規化特性值(例如，可將強度值除以 I_{normal} 或 I_{max} ，且可將波長或頻率值除以 λ_{normal} 或 λ_{max})。第 16C 圖圖示說明與特徵特性值相關之座標序列的圖表 1600c，特徵特性值係從在產品基板研磨期間得出之光譜序列決定出。

當前特性值可用以決定與選定光譜特徵相關的當前座標，且可決定在連續座標(例如， $D1'$ 、 $D2'$ 、 $D3'$ 等等)之間的距離(例如，使用如上文參考第 16B 圖所述的技術

之一者)。在起始座標(決定於時間 t_3 處)與當前座標之間的座標序列可界定出一路徑，且距離 $D1'$ 、 $D2'$ 、 $D3'$ 等等可(例如)藉由結合(例如，加總)距離以決定路徑長度。例如，路徑長度可為在起始座標與當前座標之間的距離。路徑的當前長度係與臨限距離 D_T 比較，且在路徑長度超過臨限距離 D_T 時(例如，在時間 t_4 處)，召用終點。

在一些實施例中，在起始座標與當前座標之間的歐幾里得距離，並不相同於由在起始座標與當前座標之間的連續座標所製成的路徑長度。在一些實施例中，由在起始座標與當前座標之間的一直線形成的歐幾里得距離，可用以決定研磨速率或終點。

在一些實施例中，可在產生座標序列期間正規化特徵特性值。例如，各別將特徵特性值除以 I_{normal} 或 λ_{normal} ，且正規化值用以決定圖表 1600c 中的相關座標。在這些實施例中，用以決定在連續座標之間之距離的技術，不需將座標值正規化。例如，在兩個連續座標值之間的歐幾里得距離如下所示以決定：

$$D = \sqrt{(I_p - I_{current})^2 + (\lambda_p - \lambda_{current})^2}$$

其中， I_p 為在先前座標中光譜特徵的正規化強度， $I_{current}$ 為在當前座標中光譜特徵的正規化強度， λ_p 為在先前座標中光譜特徵的正規化波長或頻率， $\lambda_{current}$ 為在當前座標中正規化光譜特徵的波長或頻率。

除了偵測研磨終點之外(或代替偵測研磨終點)，在二

維空間中座標的移動，可用以調整在基板區域之一者中的研磨速率，以減少晶圓內不均勻性 (Within-Wafer Non-Uniformity; WIWNU)。詳言之，多個光譜序列可來自基板的不同部分，例如，來自第一部分與第二部分。對於不同部分，可量測在各別光譜序列中的選定光譜特徵的位置與相關強度值，以產生多個座標序列，例如，對於基板第一部分的第一序列以及對於基板第二部分的第二序列。對於每一座標序列，可使用如上述技術之一者來決定距離，例如，第一與第二座標序列可包含第一與第二各別起始座標以及第一與第二各別當前座標，且可從第一與第二各別起始座標至第一與第二各別當前座標決定出第一與第二各別距離。

可比較第一距離與第二距離，已決定對研磨速率的調整。詳言之，可使用上述技術(例如，參考第 6B 圖)，調整在基板不同區域上的研磨壓力，但將計算距離代換為差值。

雖然上述技術使用波長，可使用諸如頻率的其他特徵位置量測。對於波峰，可將波峰位置計算為在波峰最大值處、波峰中間處、或波峰中值處的波長或頻率。此外，雖然上述技術使用位置與強度對，技術可應用至其他特徵對或三重值(triplets)，諸如特徵位置與特徵寬度、或特徵強度與特徵寬度。

在一些實施例中，研磨設備 20 對於每一平臺旋轉識別多個光譜，並將在當前旋轉期間得出的光譜平均化，以

決定與識別光譜特徵相關的兩個當前特性值。在一些實施例中，在預定數量的光譜量測之後，將光譜量測平均化以決定當前特性值。在一些實施例中，來自光譜量測序列的中值特性值或中值光譜量測，係用以決定當前特性值。在一些實施例中，決定為不相關的光譜，在決定當前特性值之前被丟棄。

第 17A 圖提供從基板 10 反射回的光的量測光譜 1700a 的範例。光學監視系統可將光譜 1700a 傳遞通過低通濾波器，以減少光譜強度中的雜訊，產生圖示於第 17B 圖中的光譜 1700b。可使用低通濾波器以平滑化光譜，以減少光譜中的震盪或突波。低通濾波器可用以使特徵追蹤更容易(例如，如上文參考第 16A 圖至第 16C 圖所述般決定多個特徵特性。低通濾波器的範例包含移動平均與巴特沃斯(Butterworth)濾波器。

如在本說明書中使用之，名詞「基板」可包含(例如)產品基板(例如，包含多個記憶體或處理器晶粒)、測試基板、裸基板與閘控基板。基板可位在積體電路生產的各種階段中，例如，基板可為裸晶圓，或可包含一或多個沉積及/或圖案化層。名詞「基板」可包含圓形碟片與方形薄板。

此說明書中描述之本發明之實施例及所有函數運算可實施於數位電子電路中，或實施於電腦軟體、韌體或硬體(包括揭示於此說明書中之結構構件及其結構等效物)中，或實施於其組合中。本發明之實施例可實施為一或

多個電腦程式產品（亦即，有形地實施於資訊載體中（例如，在機器可讀取儲存裝置中或在傳播訊號中）之一或多個電腦程式），以由資料處理設備（例如，可程式化處理器、電腦或多個處理器或電腦）執行，或控制資料處理設備（例如，可程式化處理器、電腦或多個處理器或電腦）之操作。可用任何形式之程式設計語言（包括編譯或解譯語言）來寫入電腦程式（亦稱為程式、軟體、軟體應用程式或程式碼），且可由任何形式（包括作為獨立程式或作為模組、元件、次常式或適合於在計算環境中使用之其他單元）來佈署該電腦程式。電腦程式不必一定要對應於檔案。可將程式儲存於存放其他程式或資料之檔案之部分中，儲存於該程式專用之單個檔案中或儲存於多個協調檔案（例如，儲存一或多個模組、子程式或部分程式碼之檔案）中。可佈署電腦程式，以在一個位置處之一個電腦或多個電腦上執行，或分散於多個位置而且由通訊網路互連。

在此說明書中所描述之處理及邏輯流程，可由執行一或多個電腦程式之一或多個可程式化處理器來執行，以藉由在輸入資料上操作及產生輸出來執行功能。亦可由專用邏輯電路（例如，現場可程式閘陣列 (field programmable gate array; FPGA) 或特殊應用積體電路 (application-specific integrated circuit; ASIC)) 來執行處理及邏輯流程，且設備亦可實施為該專用邏輯電路。

上述研磨設備及方法可應用於各種研磨系統中。研磨

墊或承載頭或兩者均可移動，以提供研磨表面與基板之間的相對運動。舉例而言，平臺可繞軌道運轉而非旋轉。研磨墊可為固設至平臺之圓形的（或某一其他形狀的）墊。終點偵測系統之一些態樣可適用於線型研磨系統，例如，其中研磨墊為線性移動之連續或捲盤至捲盤皮帶的系統。研磨層可為標準（例如，有或沒有填料之聚胺甲酸酯）研磨材料、軟材料或固定研磨材料。使用相對定位之術語；應理解，可將研磨表面及基板固持於垂直定向或其他定向上。

已描述本發明之特定實施例。其他實施例在以下申請專利範圍之範疇內。舉例而言，可以不同次序執行申請專利範圍中敘述之行為，且仍然可達成所要結果。

【圖式簡單說明】

第 1 圖圖示化學機械研磨設備；

第 2 圖為研磨墊之俯視圖，且圖示進行原位量測之位點；

第 3A 圖圖示由原位量測獲得的光譜；

第 3B 圖圖示在研磨進行時由原位量測獲得的光譜之演變；

第 4A 圖圖示自基板反射的光之光譜的示例性圖表；

第 4B 圖圖示通過高通濾波器之第 4A 圖的圖表；

第 5A 圖圖示自基板反射之光的光譜；

第 5B 圖圖示由自基板反射之光的原位量測獲得之光譜的等高線圖；

第 6A 圖圖示研磨進度的示例性圖表，該研磨進度是以特性差對時間之方式量測的；

第 6B 圖圖示研磨進度的示例性圖表，該研磨進度是以特性差對時間之方式量測的，其中量測兩個不同特徵之特性，以調整基板之研磨速率；

第 7A 圖圖示由原位量測獲得的光之另一光譜；

第 7B 圖圖示在第 7A 圖之光譜之後獲得的光之光譜；

第 7C 圖圖示在第 7A 圖之光譜之後獲得的光之另一光譜；

第 8 圖圖示選擇波峰以進行監視之方法；

第 9 圖圖示獲得選定波峰之目標參數之方法；

第 10 圖圖示用於終點決定之方法；

第 11 圖圖示終點偵測之設定方法；

第 12 圖圖示用於終點決定之另一方法；

第 13 圖圖示在研磨期間作為時間之函數的總反射強度的圖表；

第 14 圖圖示在研磨期間作為時間函數之光譜波峰之波長位置的圖表；

第 15A 圖至第 15C 圖圖示說明以變化下層厚度得出的光譜序列圖表；

第 16A 圖圖示說明從裝設基板在兩個不同時間處量測到的光譜圖表；

第 16B 圖圖示說明在研磨裝設基板的同時，兩個特徵特性的改變的圖表；

第 16C 圖圖示說明與特徵特性值相關的座標序列的圖表；

第 17A 圖圖示從基板反射的光的光譜的範例圖表；及
第 17B 圖圖示傳遞通過低通濾波器後的第 17A 圖之圖表。

在各圖式中，類似的元件編號與名稱指示類似的元件。

【主要元件符號說明】

10	基板	20	研磨設備
22	驅動軸	24	平臺
25	軸/中心軸	26	凹槽
30	研磨墊/墊	32	外研磨層
34	背層	36	光學存取點
38	漿體	39	漿體臂/沖洗臂/臂
50	原位監視模組	51	光源
52	光偵測器	53	光學頭
54	分叉式光纖電纜/分叉式 纖維電纜/分叉式光纖	55	幹線
		58	支線
56	支線	71	軸/中心軸
70	承載頭	74	驅動軸
72	支撐結構	201	點

76	承載頭旋轉馬達	203	點
202	點	205	點
204	點	207	點
206	點	209	點
208	點	211	點
210	點	304	光譜
302	光譜	310(1)	波峰
306	光譜	400a	光譜
310(2)	波峰	500a	光譜
400b	光譜	502	波峰區域/波峰
500b	等高線圖	506	波峰
504	波谷區域/波谷	602b	差值
508	線	602d	差值
602c	差值	700b	光譜
700a	光譜	702	選定光譜特徵
700c	光譜	706	波長範圍
704	特性	710	波長範圍
708	波長範圍	802	步驟
800	方法	806	步驟
804	步驟	901	方法
808	步驟	905	步驟
903	步驟	909	步驟
907	步驟	1002	步驟
1000	方法	1006	步驟

1004	步驟	1010	步驟
1008	步驟	1014	步驟
1012	步驟	1100	演算法裝設製程
1016	步驟	1104	步驟
1102	步驟	1107	步驟
1106	步驟	1109	步驟
1108	步驟	1110a	步驟
1110	步驟	1112	步驟
1110b	步驟	1118	步驟
1114	步驟	1122	步驟
1120	步驟	1200	觸發式特徵追蹤技
1124	步驟		術
1202	步驟	1203	步驟
1204	步驟	1205	步驟
1206	步驟	1208	步驟
1208a	步驟	1208b	步驟
1210	步驟	1212	步驟
1214	步驟	1216	步驟
T1	時間	T2	時間
T'	時間	δV	目標差
		t_1	時間
1500a	光譜	1502a	波峰
1500b	光譜	1502b	波峰
1500c	光譜	1502c	波峰

1600a 光 譜

1602a 波 峰

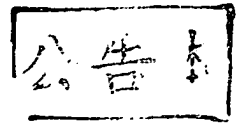
1600b 光 譜

1602b 波 峰

1600c 光 譜

1700a 光 譜

1700b 光 譜



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：100123536

※ 申請日期：100 年 7 月 4 日

※IPC 分類：H01L 21/66 · 2006.01

H01L 21/304 · 2006.01

一、發明名稱：(中文/英文)

用於終點偵測之二維光譜特徵追蹤/TRACKING
SPECTRUM FEATURES IN TWO DIMENSIONS FOR
ENDPOINT DETECTION

二、中文發明摘要：

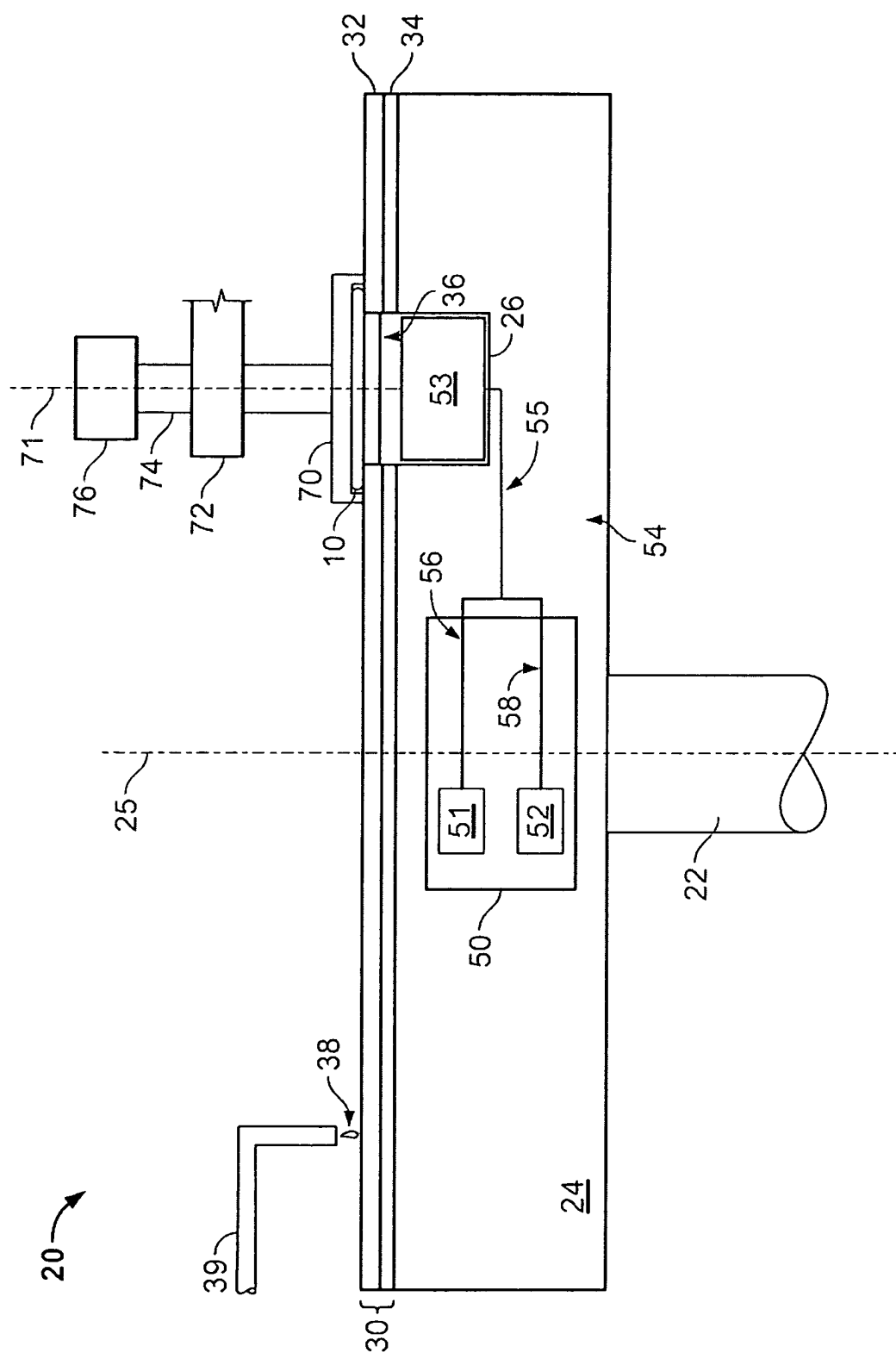
茲揭示一種研磨方法，包含研磨基板，接收欲在研磨期間監視之選定光譜特徵的識別，在研磨基板的同時，量測從基板反射回的光的光譜序列，對於光譜序列中的每一光譜，決定選定光譜特徵的位置值與相關強度值，以產生座標序列，以及基於座標序列，決定研磨終點或對研磨速率的調整之至少一者。因為在研磨期間所移除的材料，光譜序列中的至少一些光譜有分異，且座標為位置值與相關強度值對。

三、英文發明摘要：

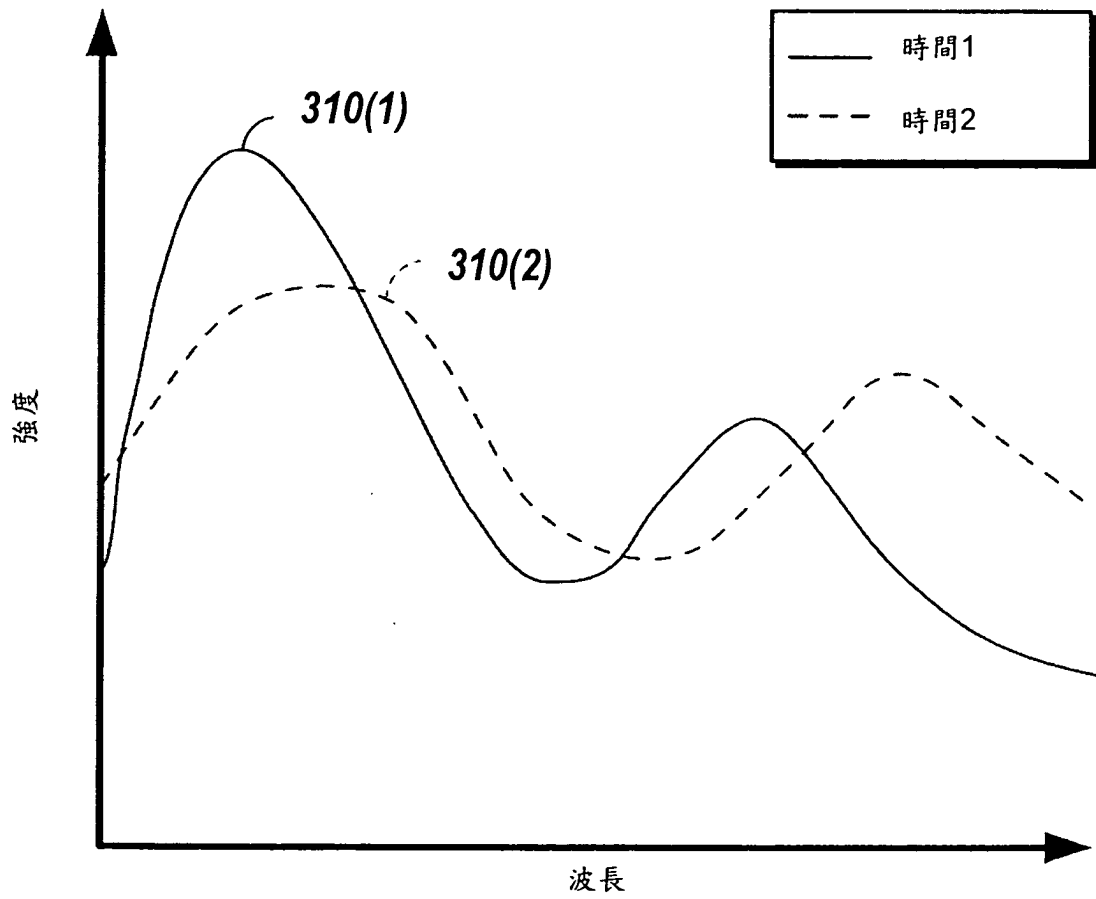
A method of polishing includes polishing a substrate, receiving an identification of a selected spectral feature to monitor during polishing, measuring a sequence of spectra of light reflected from the substrate while the substrate is being polished, determining a location value and an associated intensity value of the selected spectral feature

for each of the spectra in the sequence of spectra to generate a sequence of coordinates, and determining at least one of a polishing endpoint or an adjustment for a polishing rate based on the sequence of coordinates. At least some of the spectra of the sequence differ due to material being removed during the polishing, and the coordinates are pairs of location values and associated intensity values.

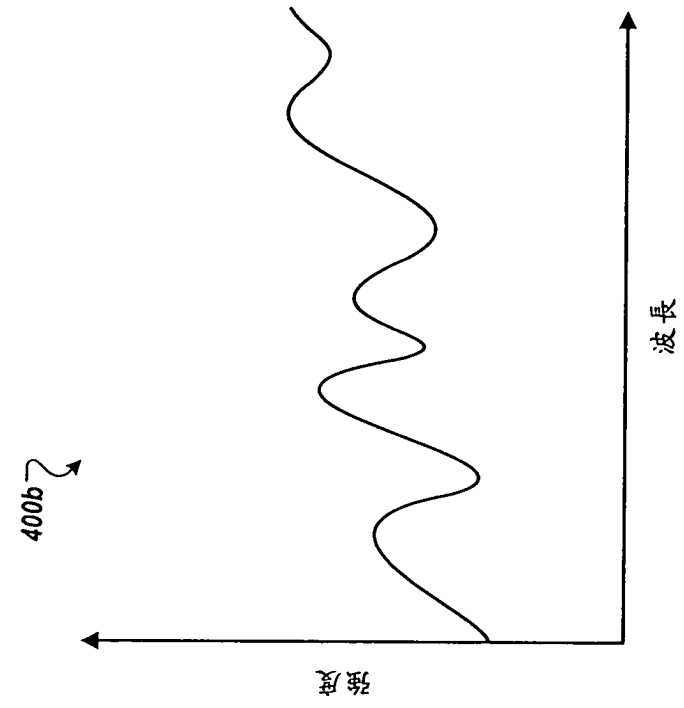
八、圖式：



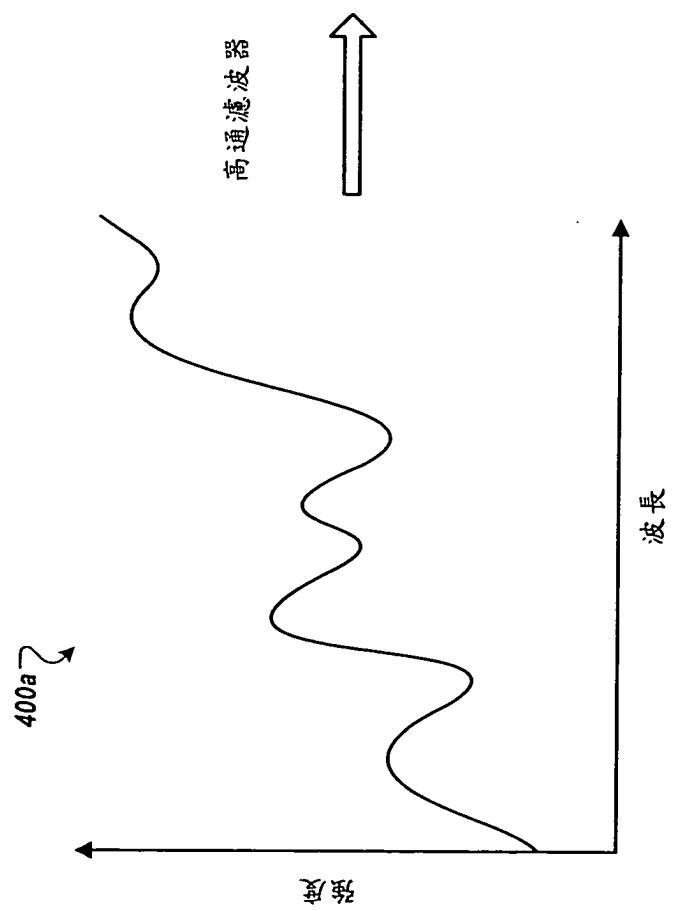
第1圖



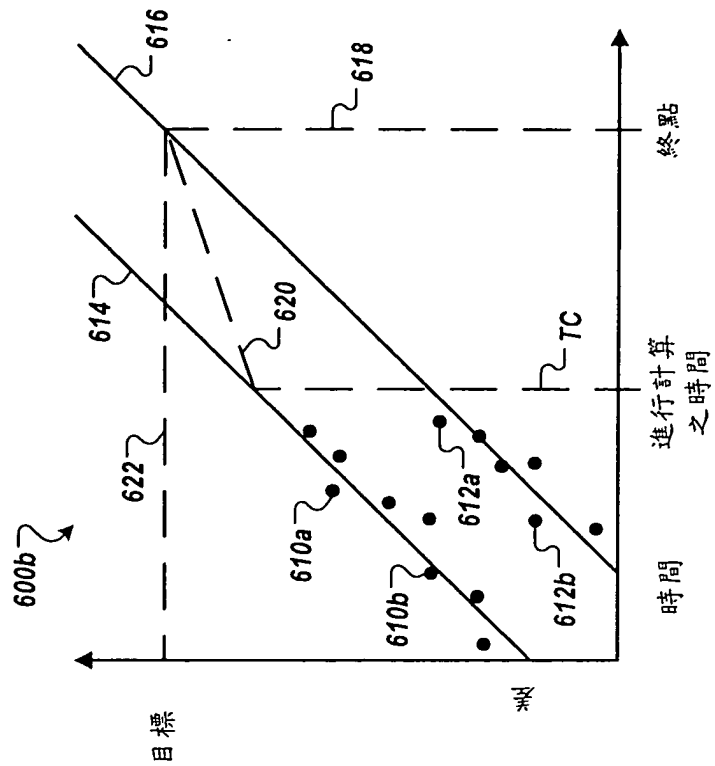
第3B圖



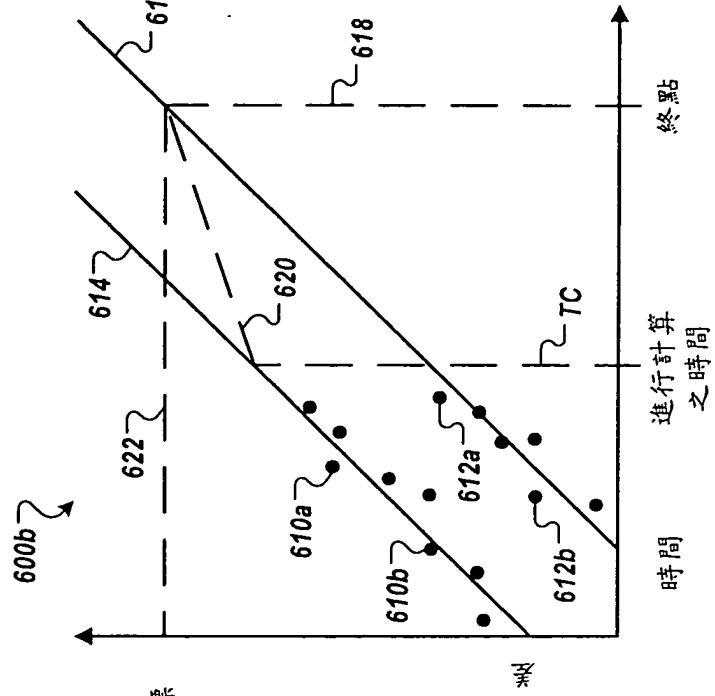
第4B圖



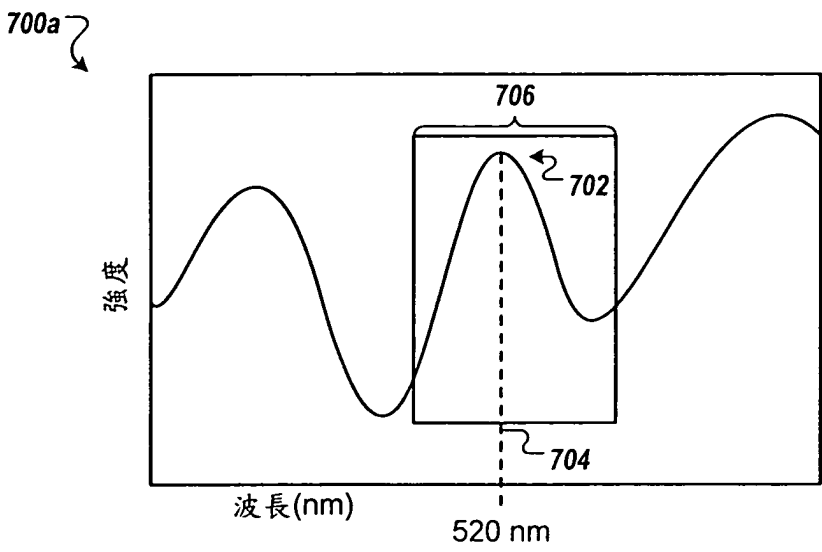
第4A圖



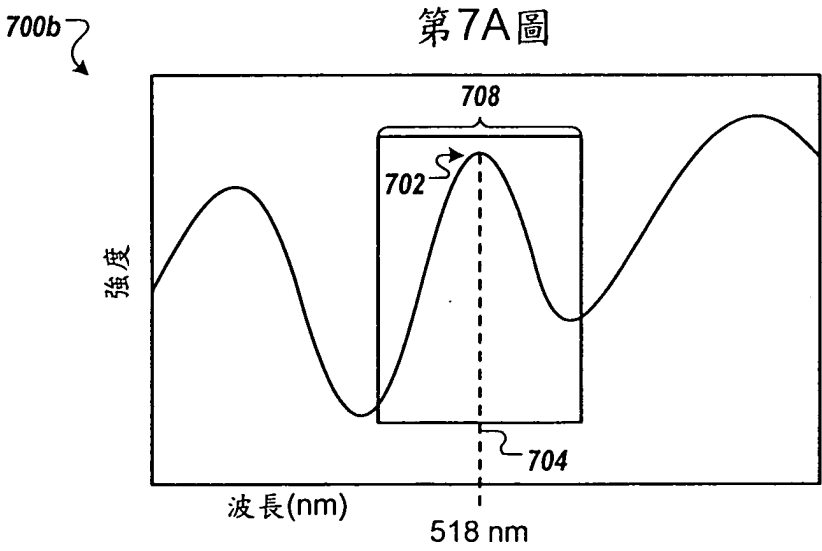
第6A圖



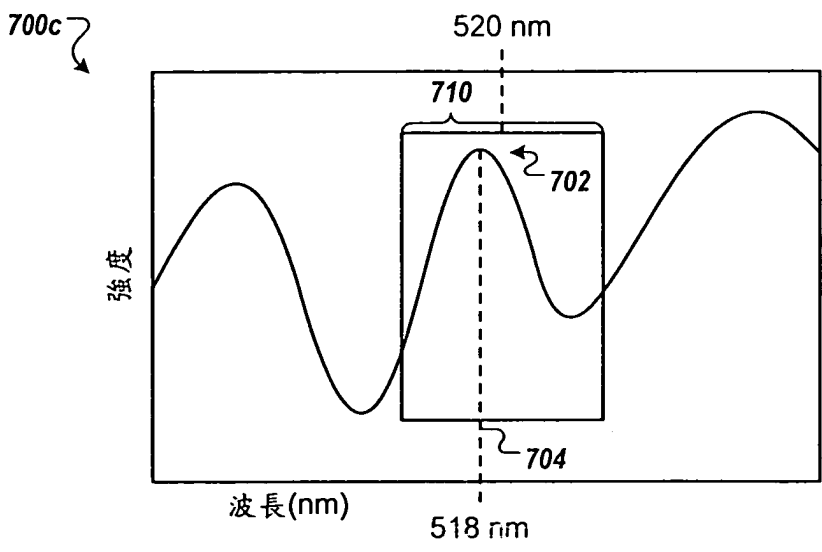
第6B圖



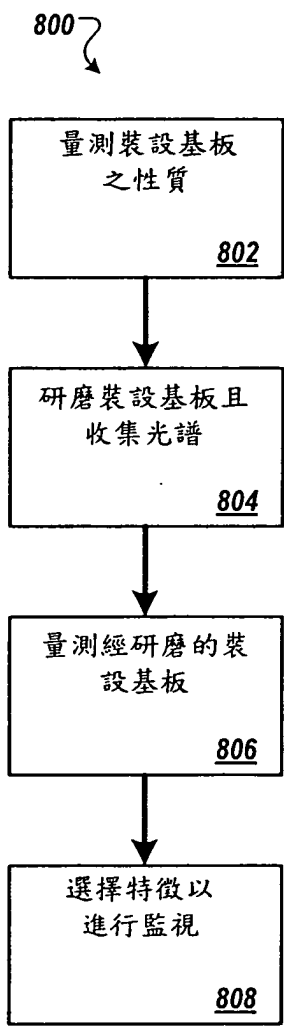
第7A圖



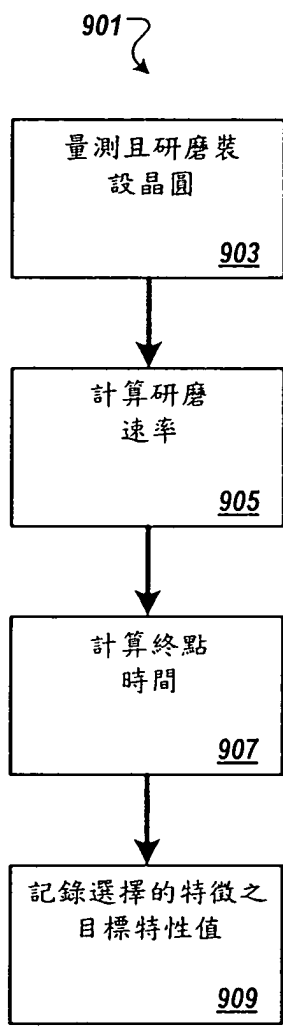
第7B圖



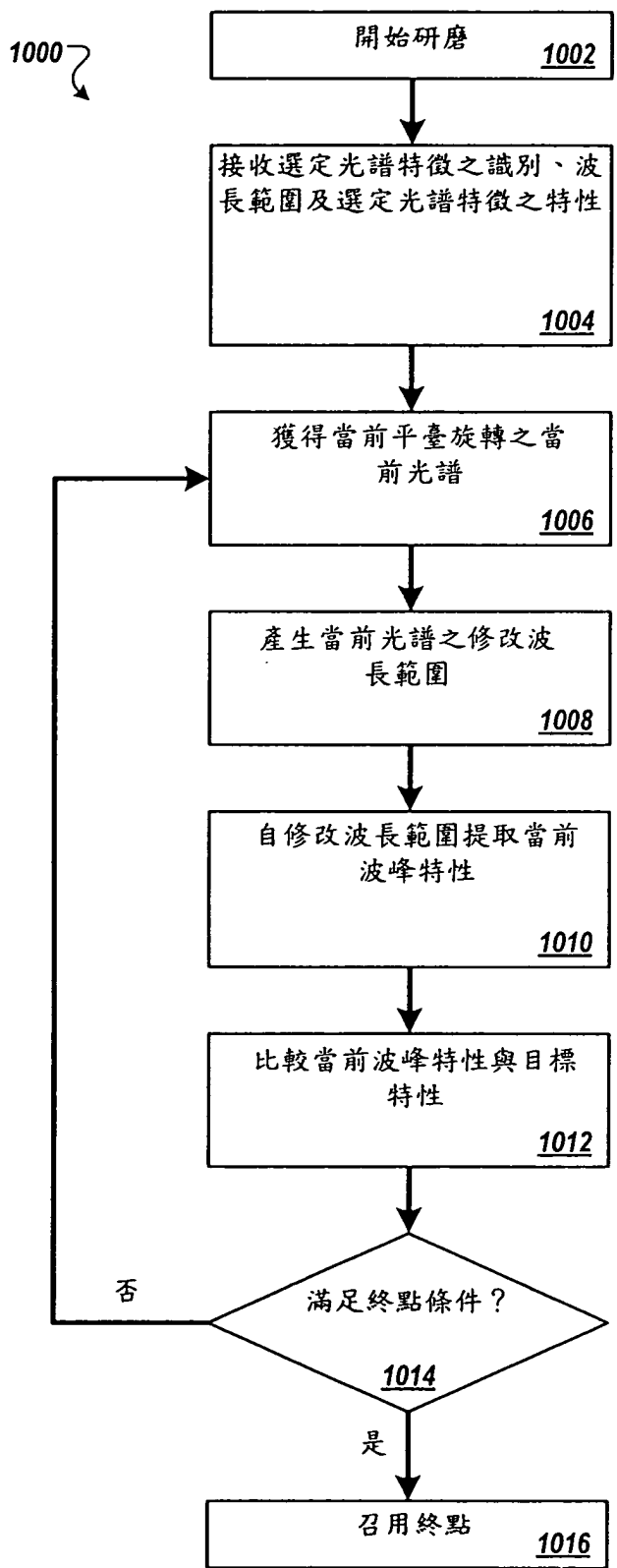
第7C圖



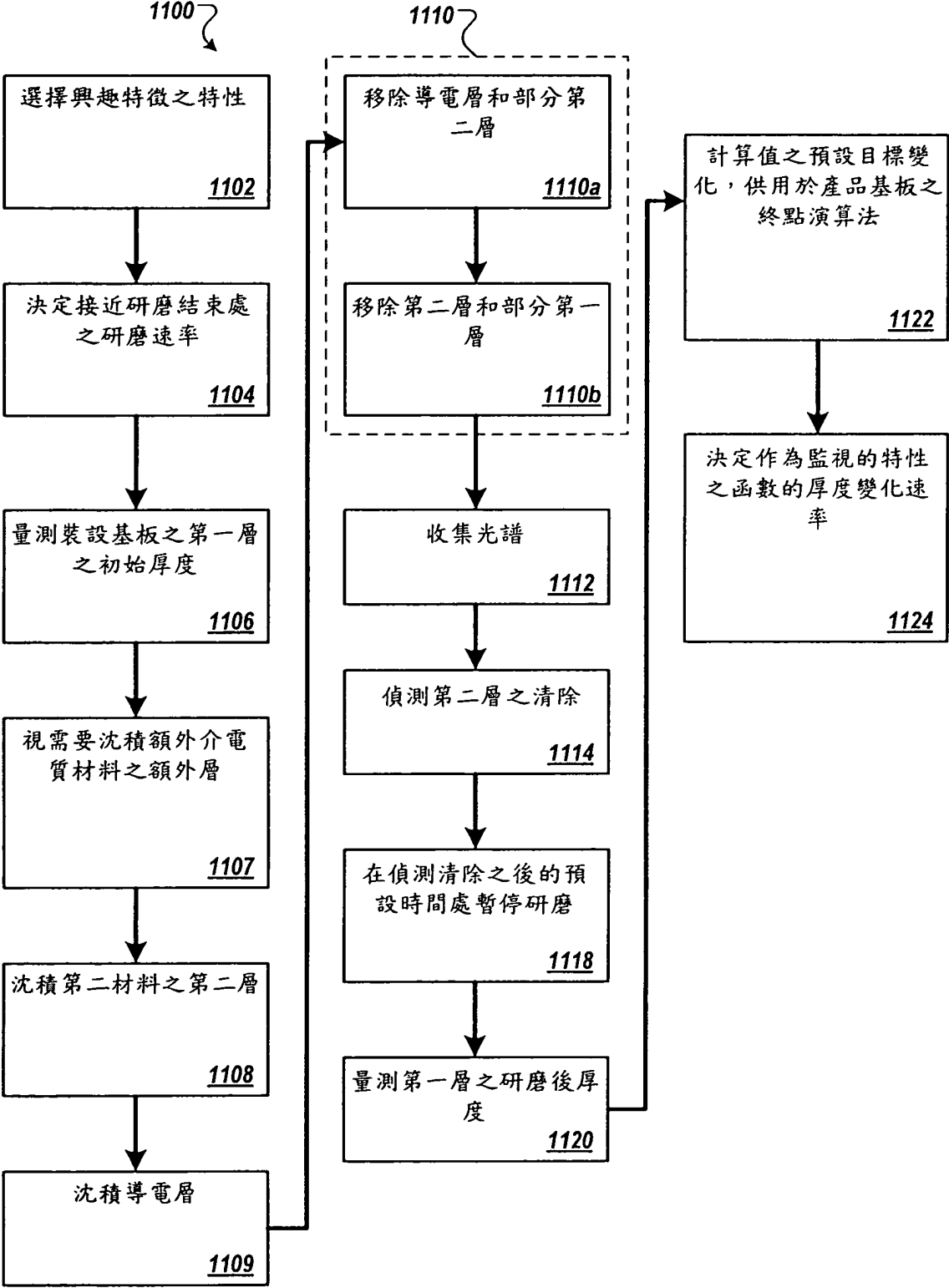
第8圖



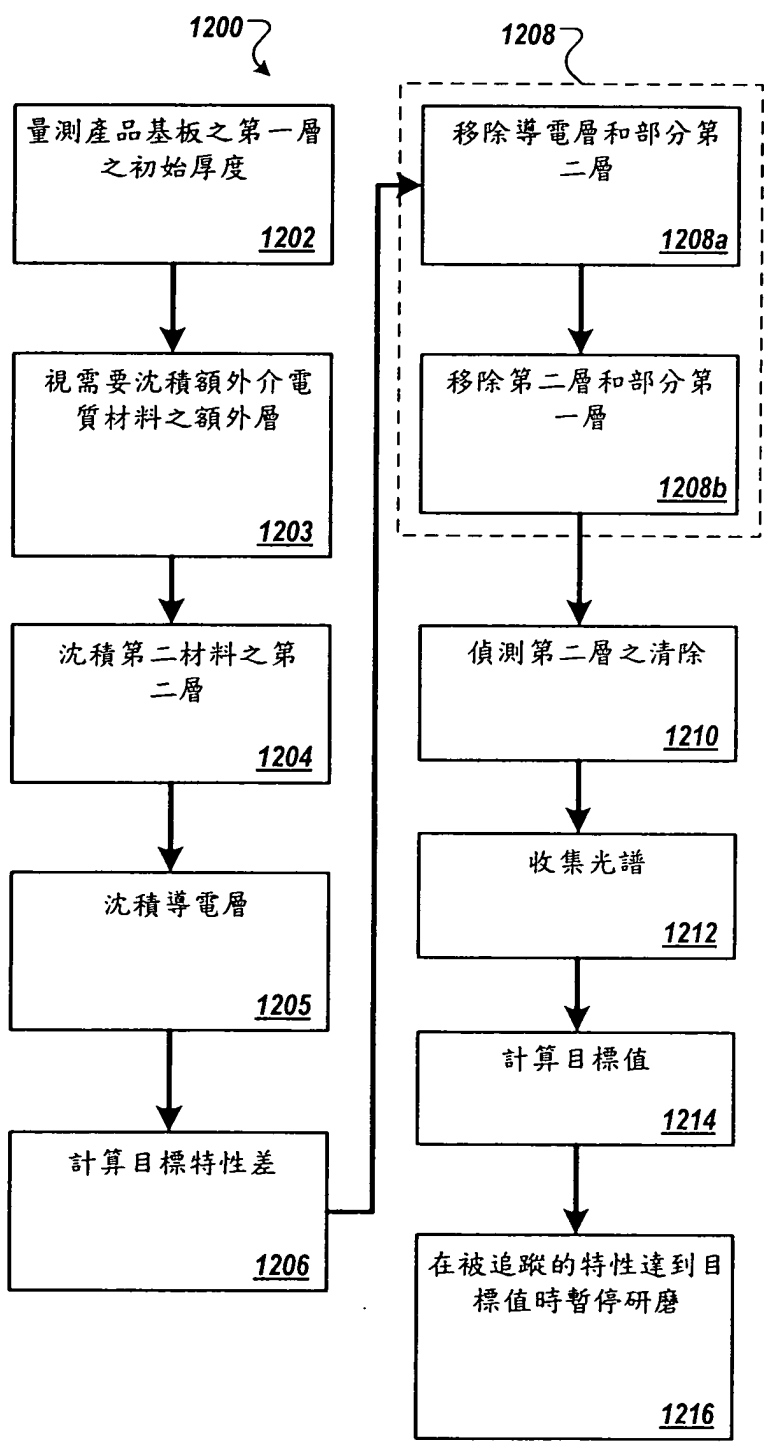
第9圖



第10圖

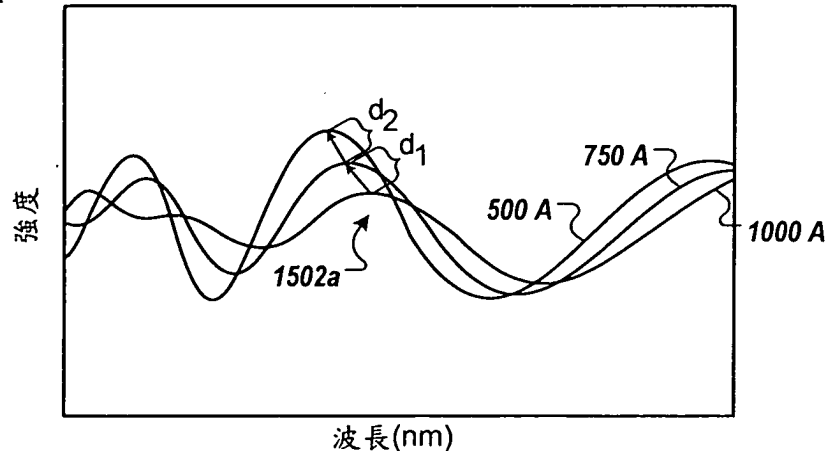


第11圖



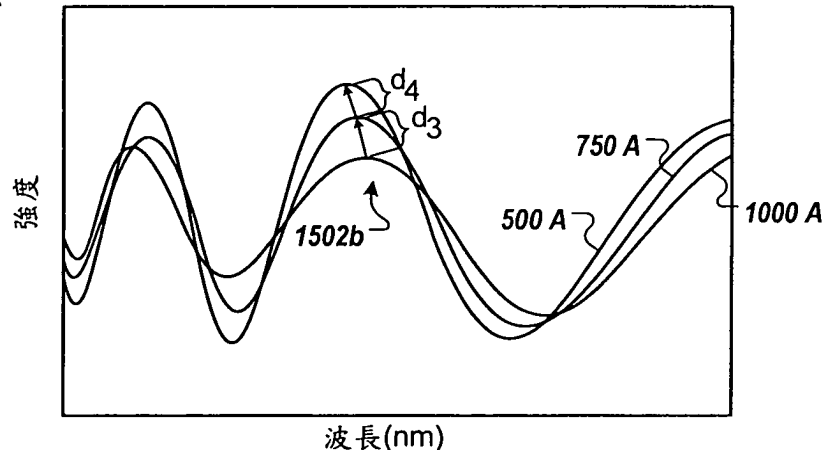
第12圖

1500a



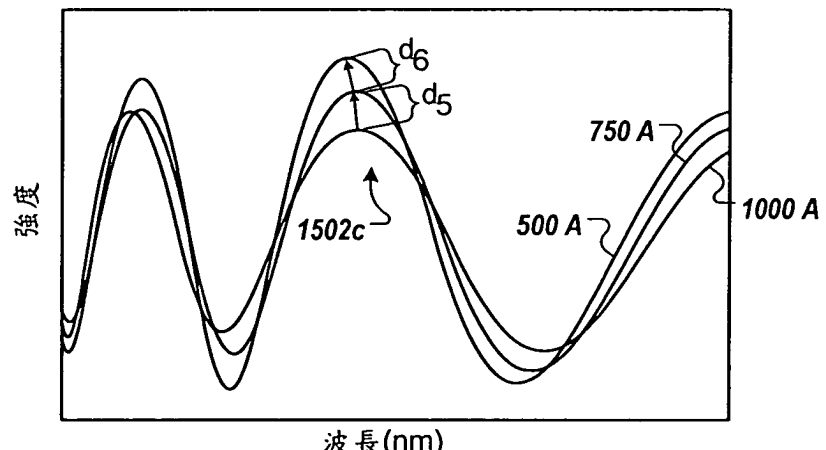
波長(nm)
第15A圖

1500b



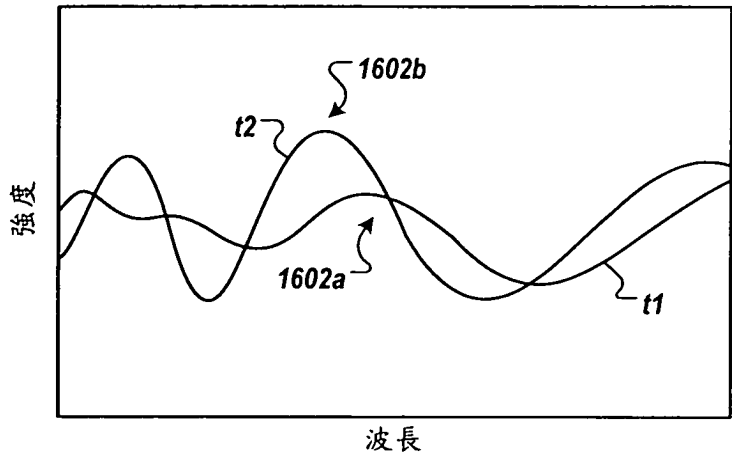
波長(nm)
第15B圖

1500c



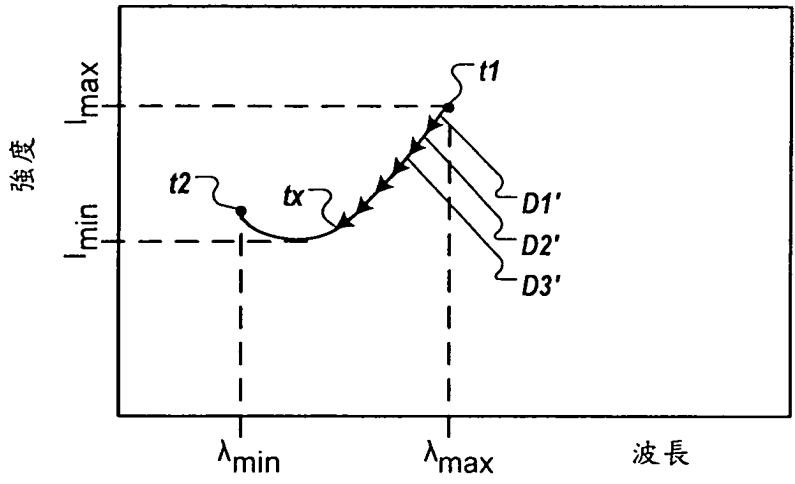
波長(nm)
第15C圖

1600a



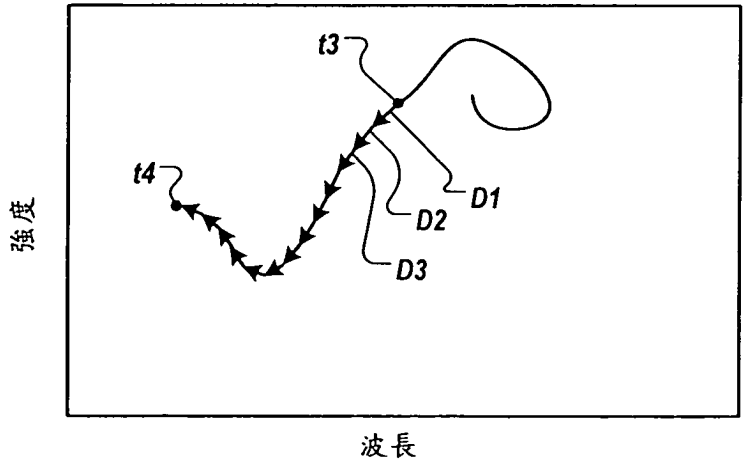
第16A圖

1600b

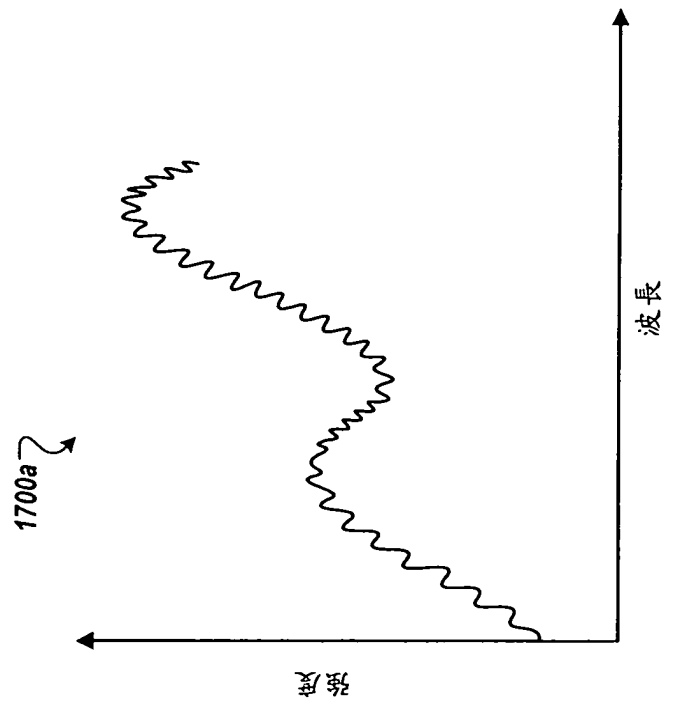


第16B圖

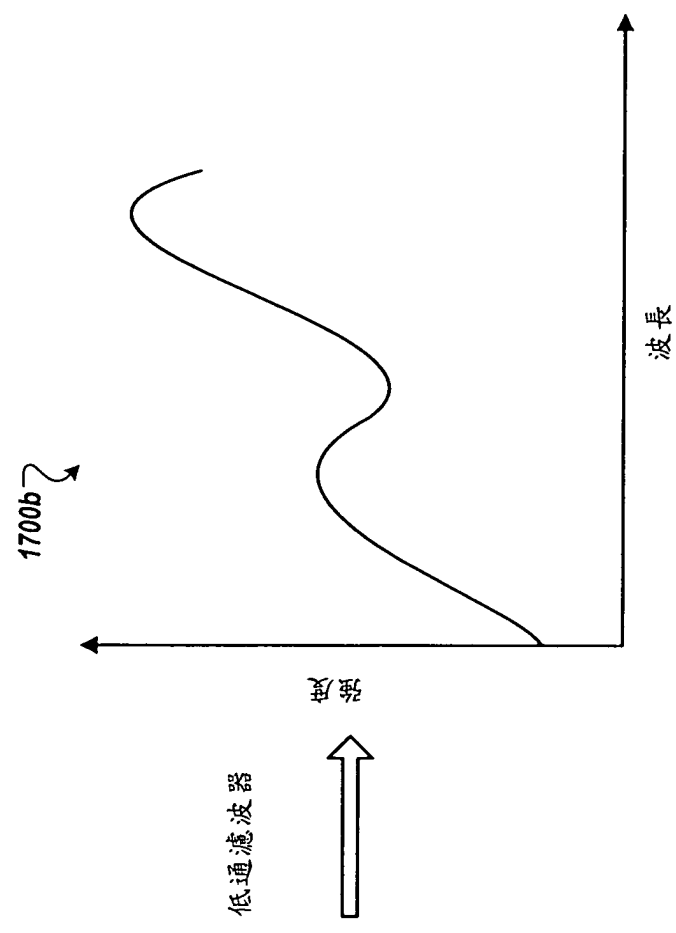
1600c



第16C圖



第17A圖



第17B圖

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(16B) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1600b 圖表

t_1 時間

t_2 時間

t_x 時間

D1'-D3' 距離值

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

七、申請專利範圍：

1. 一種研磨方法，包含以下步驟：

研磨一基板；

接收欲在研磨期間監視之一選定光譜特徵的一識別；

在研磨該基板的同時，量測從該基板反射回的光的一光譜序列，由於在該研磨期間移除材料，該光譜序列中的至少一些光譜有分異；

對於該光譜序列中的每一光譜，決定該選定光譜特徵的一位置值與一相關強度值，以產生一座標序列，該等座標為位置值與相關強度值對；以及

基於該座標序列，決定一研磨終點或對一研磨速率的一調整之至少一者。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該選定光譜特徵包含一波峰或一波谷。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之方法，其中該位置值包含該波峰之一最大值或該波谷之一最小值的一波長或一頻率。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該座標序列包含一起始座標與一當前座標，並更進一步包含以下步驟：決定從該起始座標至該當前座標的一距離。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之方法，更進一步包含以下步驟：在該距離超過一臨限時暫停研磨。
6. 如申請專利範圍第 4 項所述之方法，其中該座標序列界定一路徑，且決定該距離之步驟包含以下步驟：決定沿著該路徑的一距離。
7. 如申請專利範圍第 6 項所述之方法，其中決定沿著該路徑的該距離之步驟包含以下步驟：將在該座標序列中的連續座標之間的距離加總。
8. 如申請專利範圍第 4 項所述之方法，其中光的該光譜序列係來自該基板的一第一部分的反射，且更進一步包含以下步驟：在研磨該基板的同時，量測從該基板的一第二部分反射的光的一第二光譜序列，對於該第二光譜序列中的每一光譜決定該選定光譜特徵的一位置值與一相關強度值，以產生一第二座標序列。
9. 如申請專利範圍第 8 項所述之方法，其中該第二座標序列包含一第二起始座標與一第二當前座標，且更進一步包含以下步驟：決定從該第二起始座標至該第二當前座標的一第二距離。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之方法，其中決定對該研磨速率的該調整之步驟包含以下步驟：比較從該起始座標至該當前座標的該距離，與從該第二起始座標至該第二當前座標的該第二距離。
11. 如申請專利範圍第 4 項所述之方法，其中該基板具有覆蓋一第一層的一第二層，且該方法更進一步包含以下步驟：以一原位(in-situ)監視系統偵測該第一層的曝露，且其中該起始座標包含在該原位監視系統偵測到該第一層的曝露的一時間處，該特徵的一座標。
12. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更進一步包含以下步驟：將一量測位置正規化以決定該位置值，並將一量測強度正規化以產生該強度值。
13. 如申請專利範圍第 12 項所述之方法，更進一步包含以下步驟：在一裝設晶圓中量測該光譜特徵的一最大位置與一最小位置，且其中正規化之步驟包含以下步驟：將該量測位置除以在該最大位置與一最小位置之間的一差異。
14. 如申請專利範圍第 13 項所述之方法，更進一步包含以下步驟：在一裝設晶圓中量測該光譜特徵的一最大強度與一最小強度，且其中正規化之步驟包含以下步驟：將

該量測強度除以在該最大強度與一最小強度之間的一差異。

15. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中量測光的該光譜序列之步驟包含以下步驟：使一感測器跨該基板進行複數次拂掠，且其中決定該位置值與該相關強度值之步驟包含以下步驟：將在來自該複數次拂掠的一拂掠中量測到的複數個光譜平均化。