



(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 I593513 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：100116191

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 05 月 09 日

(51)Int. Cl. : **B24B49/04 (2006.01)** **B24B49/12 (2006.01)**

(30)優先權：2010/05/17 美國 12/781,644

(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：錢隲 QIAN, JUN (CN)；蓋瑞森查爾斯 C GARRETSON, CHARLES C. (US)；迪漢
達潘尼席維庫瑪 DHANDAPANI, SIVAKUMAR (IN)；大衛傑弗瑞杜魯 DAVID,
JEFFREY DRUE (US)；李哈利 Q LEE, HARRY Q. (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

TW 200607604A

TW 200717637A

TW 200849416A

US 2010/0120331A1

審查人員：張耀文

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：14 共 63 頁

(54)名稱

用於化學機械研磨中研磨速率校正的反饋的方法

METHOD FOR FEEDBACK FOR POLISHING RATE CORRECTION IN CHEMICAL MECHANICAL
POLISHING

(57)摘要

研磨一具有複數個區域之基板並且測量該基板之光譜。針對各個區域，使第一線性函數擬合與參考光譜相關的一組指標值，並且該參考光譜是與該測量光譜最匹配者。根據該第一線性函數決定一參考區域到達目標指標值的預計時間，以及計算至少一個可調整區域的研磨參數調整，使得該可調整區域在該預計時間處比無此調整的情況下更接近該目標指標值。根據前一個基板所計算出的反饋誤差值計算該調整。第二線性函數擬合與參考光譜相關的一組指標值，且該參考光譜是與調整研磨參數後所測得之光譜最匹配者，並根據該第二線性函數計算出用於後續基板的反饋誤差值。

A substrate having a plurality of zones is polished and spectra are measured. For each zone, a first linear function fits a sequence of index values associated with reference spectra that best match the measured spectra. A projected time at which a reference zone will reach the target index value is determined based on the first linear function, and for at least one adjustable zone, a polishing parameter adjustment is calculated such that the adjustable zone has closer to the target index at the projected time than without such adjustment. The adjustment is calculated based on a feedback error calculated for a previous substrate. The feedback error for a subsequent substrate is calculated based on a second linear function that fits a sequence of index values associated with reference spectra that best match spectra measured after the polishing parameter is adjusted.

指定代表圖：

符號簡單說明：

600 . . . 方法

602、604、606、

608 . . . 步驟

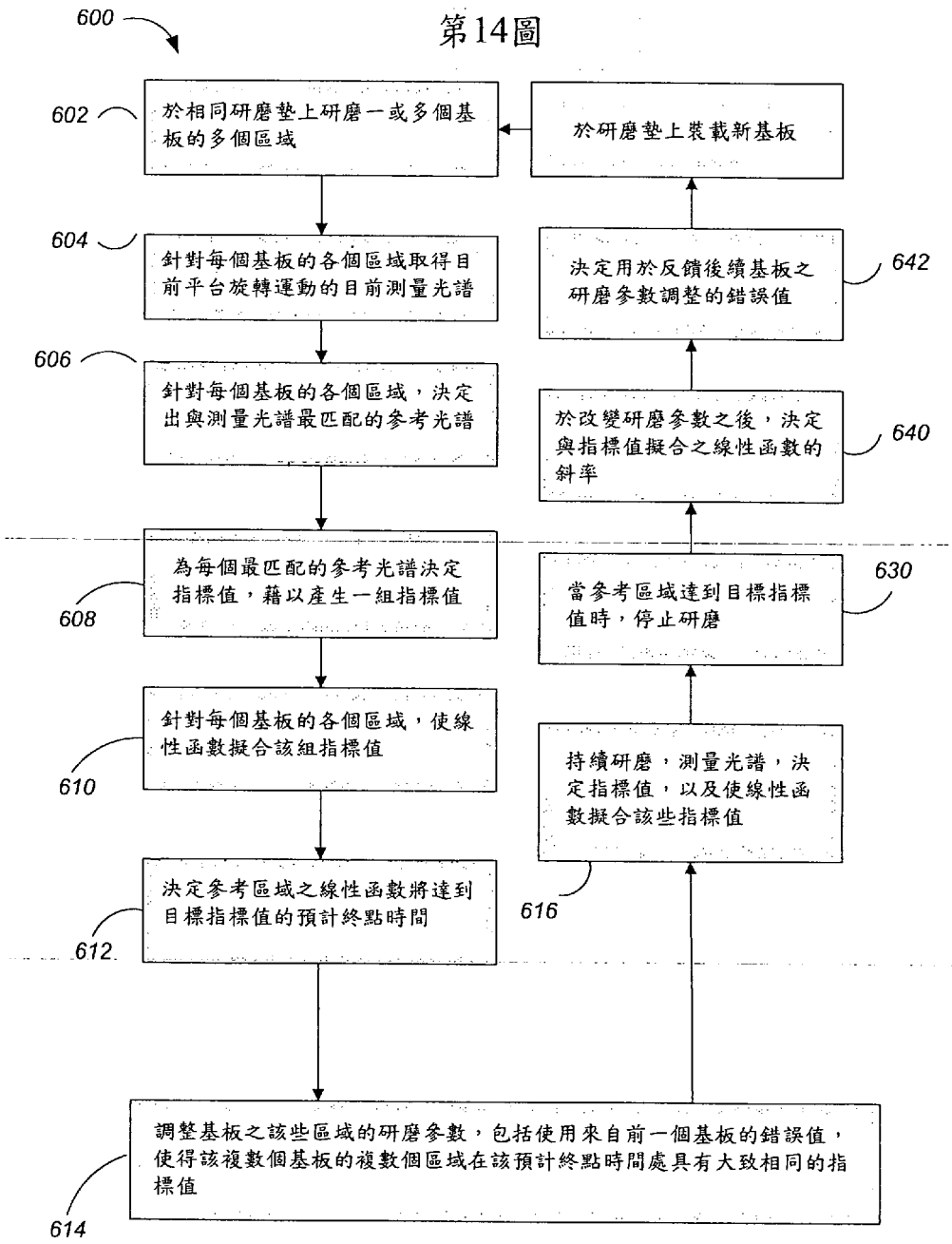
610、612、614、

616 . . . 步驟

630、640、

642 . . . 步驟

第14圖





申請日:

IPC分類

公告本

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: 100116191

※ 申請日期: 100 年 5 月 9 日

※IPC 分類: B24B 49/04 (2006.01)
B24B 49/12 (2006.01)

一、發明名稱: (中文/英文)

用於化學機械研磨中研磨速率校正的反饋的方法/METHOD FOR
FEEDBACK FOR POLISHING RATE CORRECTION IN CHEMICAL
MECHANICAL POLISHING

二、中文發明摘要:

研磨一具有複數個區域之基板並且測量該基板之光譜。針對各個區域, 使第一線性函數擬合與參考光譜相關的一組指標值, 並且該參考光譜是與該測量光譜最匹配者。根據該第一線性函數決定一參考區域到達目標指標值的預計時間, 以及計算至少一個可調整區域的研磨參數調整, 使得該可調整區域在該預計時間處比無此調整的情況下更接近該目標指標值。根據前一個基板所計算出的反饋誤差值計算該調整。第二線性函數擬合與參考光譜相關的一組指標值, 且該參考光譜是與調整研磨參數後所測得之光譜最匹配者, 並根據該第二線性函數計算出用於後續基板的反饋誤差值。

三、英文發明摘要:

A substrate having a plurality of zones is polished and spectra are measured. For each zone, a first linear function fits a sequence of index values associated with reference spectra that best match the measured spectra. A projected time at which a reference zone will reach the

target index value is determined based on the first linear function, and for at least one adjustable zone, a polishing parameter adjustment is calculated such that the adjustable zone has closer to the target index at the projected time than without such adjustment. The adjustment is calculated based on a feedback error calculated for a previous substrate. The feedback error for a subsequent substrate is calculated based on a second linear function that fits a sequence of index values associated with reference spectra that best match spectra measured after the polishing parameter is adjusted.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(14)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

600 方法

602、604、606、608 步驟

610、612、614、616 步驟

630、640、642 步驟

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本案揭示內容大體上係關於化學機械研磨期間進行反饋以影響研磨速率校正。

【先前技術】

積體電路一般是藉由在矽晶圓上連續沉積導電層、半導體層或絕緣層而形成於基板上。其中一個製造步驟涉及在非平面的表面上沉積填料層 (filler layer) 並且使該填料層平坦化。對於某些應用而言，會平坦化該填料層，直到暴露出該已圖案化層的頂表面為止。例如，可於已圖案化的絕緣層上沉積導電填料層，以填充該絕緣層中的溝渠或孔洞。於平坦化後，留在絕緣層之該等凸起圖案之間的導電層部分則形成導孔 (vias)、插銷 (plug) 與線路，該等導孔、插銷與線路可在基板上的薄膜電路之間提供導電路徑。對於其他應用 (例如氧化物研磨) 而言，係平坦化該填料層，直到於該非平面表面上留下預定厚度為止。此外，光微影技術經常需要用到基板表面的平坦化。

化學機械研磨 (CMP) 是一種公認的平坦化方法。此種平坦化方法一般需把基板安裝在承載頭上。通常使基板的暴露表面抵靠著一旋轉研磨墊，並且該旋轉研磨墊具有耐磨的粗糙化表面。承載頭於基板上提供可控制的負

載，以推壓該基板而使基板抵靠著研磨墊。且通常供應研磨液(例如含有研磨顆粒的漿料)至該研磨墊的表面。

CMP 的其中一項問題是使用適合的研磨速率以達成期望的輪廓，例如，平坦化一基板膜層以達到期望的平坦度或厚度或移除期望的材料量。基板膜層的初始厚度差異、漿料組成、研磨墊的狀態、研磨墊與基板之間的相對速度以及基板上的負載可能造成基板與基板之間以及一基板各處上的材料移除速率有所差異。這些差異會造成達到研磨終點所需要之時間以及移除量的差異。因而可能無法判斷出僅為研磨時間函數的研磨終點，或可能無法僅藉由施加一恆定壓力來達成期望輪廓。

一些系統中，可例如透過研磨墊中的窗口於研磨期間在原位(in-situ)光學監視該基板。然而，目前的光學監視技術可能無法滿足半導體元件製造商日益增多的要求。

【發明內容】

在一態樣中，電腦實施方法包含研磨一具有複數個區域的基板且藉由一獨立可變的研磨參數而使每個區域的研磨速率可獨立控制；儲存一目標指標值；藉由原位監視系統於研磨期間從每個區域測量一組光譜；從參考光譜資料庫中為每個區域之該組光譜中的每個測量光譜決定出最匹配的參考光譜；為每個區域的每個最匹配參考光譜決定一指標值以產生一組指標值；針對每個區域使

一第一線性函數擬合(fitting)該組指標值；針對從該複數個區域中選出的一參考區域，根據該參考區域的第一線性函數決定出一預計時間，該參考區域將於該預計時間點達到該目標指標值；以及針對至少一個可調整區域，計算用於該可調整區域之研磨參數的調整(adjustment)，藉以調整該可調整區域的研磨速率，使得該可調整區域在該預計時間處比未經此調整的情況下更接近目標指標值，該計算包含根據前一個基板所計算出的反饋誤差值來計算該調整；於調整該研磨參數之後，針對每個區域持續測量該組光譜、自參考光譜資料庫中決定最匹配的參考光譜，以及決定一指標值以產生於調整該研磨參數之後所獲得的第二組指標值；針對每個基板的該至少一個可調整區域，使一第二線性函數擬合該第二組指標值；以及根據該第二線性函數及該期望斜率計算用於後續基板之該至少一個可調整區域的反饋誤差值。

實施方法可包含一或多個下述特徵。該研磨參數可為研磨設備之承載頭內的壓力。可針對每個可調整區域決定出該可調整區域達到目標指標的時間。可針對至少一個可調整區域調整該研磨參數，使得該至少一個可調整區域在該預計時間處比未經此調整的情況下更接近該目標指標。調整該研磨參數可包含計算該可調整區域的期望斜率。為該可調整區域計算一預計指標，該可調整區域之該第一線性函數在該預計指標處達到該預計時間。

計算一區域之該期望斜率 SD 的步驟可包含計算 $SD = (IT-I)/(TE-T_0)$ ，其中 T_0 是該研磨參數將改變的時間， TE 為該預計終點時間 (projected endpoint time)， IT 為該目標指標 (target index)，以及 I 是該區域在時間 T_0 時的指標值。決定該第一線性函數可包括針對在時間 T_0 之前的一時間決定該第一線性函數的斜率 S 。調整該研磨參數可能包括計算一已調整之壓力 $P_{adj} = (P_{new} - P_{old}) * err + P_{new}$ ，其中 err 為該反饋誤差值， $P_{new} = P_{old} * SD / S$ ，以及 P_{old} 是在時間 T_0 之前施加至該可調整區域的壓力。可由該第二線性函數決定一實際斜率 S' 。該反饋誤差值 err 係計算如下： $err = [(SD-S')/SD]$ 。對該研磨參數進行該調整之前，判斷該可調整區域的期望斜率 SD 是否大於該可調整區域的斜率 S 。若 $SD > S$ ，該反饋誤差 err 係計算如下： $err = [(SD-S')/SD]$ ；以及若 $SD < S$ ，該反饋誤差 err 係計算如下： $[(S'-SD)/SD]$ 。該反饋誤差 err 是從複數個先前基板之該可調整區域的反饋誤差累積計算而得。計算一區域之期望斜率 SD 可包含計算 $SD = (IT_{adj}-I)/(TE-T_0)$ ，其中 T_0 為該研磨參數將要改變的時間， TE 為該預計終點時間， IT_{adj} 為已調整之目標指標，以及 I 是該區域在時間 T_0 處的指標值。調整該研磨參數可包含計算新壓力 $P_{new} = P_{old} * SD / S$ ，其中 P_{old} 為在時間 T_0 之前施加於該區域的該壓力，以及斜率 S 是在時間 T_0 以前之一時間的第一線性函數之斜率。計算在研磨參數改變時之時間 T_0 處的起始指標 SI 。該

已調整的目標指標 IT_{adj} 可計算如下： $IT_{adj} = SI + (IT - SI) * (1 + err)$ ，其中 IT 為該目標指標，以及 SI 為該起始指標。可決定該可調整區域在終點時間 TE' 處所達到的實際指標 AI 。決定該實際指標 AI 可包含計算該第二函數在該終點時間 TE' 處的值。該誤差 err 可計算如下： $err = [(IT - AI) / (IT - SI)]$ ，其中 AI 為該實際指標， SI 為該起始指標，以及 IT 為該目標指標。

於其他態樣中，提供研磨系統及可輕易實施於電腦可讀媒體上的電腦程式產品，藉以執行此等方法。

某些實施例可具有一或多個下列優點。若相同平台上的所有基板於大致相同時間達到終點上，則可避免諸如過早用水清洗基板而造成刮傷或由於未能即時清洗基板而造成腐蝕等缺陷。使多個基板的研磨時間相等亦能增進產量。使一基板內之不同區域的研磨時間相等亦能降低晶圓內的不一致性($WIWNU$)，即是可增進基板膜層的一致性。反饋作用可藉由諸如補償製程漂移(例如研磨墊磨損或研磨溫度改變)而降低晶圓與晶圓之間的不一致性($WTWNU$)。

下述實施方式配合附圖描述一或多個實施例的細節。由下述實施方式、圖式及申請專利範圍將可明白本發明之其他特徵、態樣及優點。

【實施方式】

當例如在同一個研磨墊上同時研磨多個基板時，該等基板之間的研磨速率差異可能導致該等基板在不同時間點達成各自的目標厚度。一方面，若同時停止該等基板的研磨動作，則某些基板可能尚未達到期望的厚度。另一方面，若於不同時間停止該等基板的研磨動作，則一些基板可能具有缺陷，並且研磨設備的產量較低。

藉由原位測量決定每個基板之各個區域的研磨速率，可決定每個基板之各個區域達到目標厚度的預計終點時間或達到目標終點時間的預計厚度，並且可調整至少一個基板之至少一個區域的研磨速率以使該等基板更接近終點狀態。「更接近終點狀態 (closer endpoint conditions)」意指相較於未經此調整的基板而言，該等基板的該等區域達到各自目標厚度的時間接近同一時間，或是若使該等基板於同一時間停止研磨，則相較於未經此調整的基板而言，該等基板的該等區域將會具有接近相同的厚度。

第 1 圖圖示研磨設備 100 之一實例。研磨設備 100 包含一可旋轉之盤狀平台 120，且研磨墊 110 置於該盤狀平台 120 上。該平台可操作以繞著軸 125 旋轉。例如，馬達 121 可轉動驅動軸 124 以旋轉平台 120。可利用黏著層使研磨墊以可卸除的方式固定於平台 120。研磨墊 110 可為雙層式研磨墊，雙層式研磨墊具有外部研磨層 112 及軟背襯層 114。

研磨設備 100 可包含一組合式漿料/清洗臂 (combined

slurry/rinse arm)130。研磨期間，臂 130 係可操作以分配研磨液 132(例如，漿料)至研磨墊 110 上。雖然圖中僅圖示一個漿料/清洗臂 130，但亦可使用額外的多個噴嘴，例如每個承載頭可有一或多個專用漿料臂。研磨設備亦可包含一研磨墊調整器(polishing pad conditioner)，研磨墊調整器係用以摩擦研磨墊 110，以使研磨墊 110 保持一致的研磨粒狀態。

在此實施例中，研磨設備 100 包含兩個(或兩個以上)的承載頭 140。每個承載頭 140 係可操作以抓住一基板(例如一承載頭抓住第一基板 10a 並且另一個承載頭抓住第二基板 10b)，以使基板抵靠著研磨墊 110。每個承載頭 140 可獨立控制與各自基板有關的研磨參數，如壓力。

明確而言，每個承載頭 140 可包含一固定環(retaining ring)142，以維持基板 10 位於彈性膜 144 下方。每個承載頭 140 亦包含由該膜所界定之複數個獨立控制的可加壓腔室(pressurizable chambers)，例如三個腔室 146a~146c，該等腔室可獨立控制地施加壓力至彈性膜 114 上的相關區域 148a~148c，從而施加壓力至基板 10 上(見第 2 圖)。參閱第 2 圖，中心區域 148a 可呈實質圓形，並且其餘區域 148b~148c 可為圍繞著中心區域 148a 的同心環狀區域。雖然第 1 圖與第 2 圖僅圖示三個腔室以便於說明，然而也可能具有兩個腔室或具有四個或四個以上腔室，例如 5 個腔室。

回到第 1 圖，每個承載頭 140 係懸吊於支撐結構(例

如，旋轉架)150 上，並且每個承載頭 140 藉由驅動軸 152 連接至承載頭旋轉馬達 154，使得承載頭可繞著軸 155 旋轉。可選擇使每個承載頭 140 例如在旋轉架 150 的滑動器上做側向振動，或是藉由旋轉架本身的旋轉振動而使每個承載頭 140 做側向振動。操作時，該平台繞著自身的中心軸 125 旋轉，以及每個承載頭繞著自身的中心軸 155 旋轉且側向地移動通過研磨墊之頂表面。

雖然圖中僅圖示兩個承載頭 140，但可提供更多個承載頭以用於抓住額外的基板，而可有效率地使用研磨墊 110 的表面積。因此，用於抓住基板以進行同步研磨製程的承載頭組件數目至少一部份是取決於研磨墊 110 的表面積。

研磨設備亦包含原位監視系統 160，原位監視系統 160 可用來決定是否調整研磨速率或決定如以下所討論的研磨速率之調整(adjustment)。原位監視系統 160 可包含一光學監視系統，例如光譜監視系統或渦電流監視系統。

一實施例中，監視系統 160 是一光學監視系統。藉由包含一孔洞(即，貫穿研磨墊的孔)或實心窗口 118 可提供穿過研磨墊的光學通道(optical access)。實心窗口 118 可固定至研磨墊 110，例如可如同一栓塞(plug)般填入研磨墊內的孔中，或例如該實心窗口 118 可模鑄於研磨墊上或黏著固定至研磨墊，然而在一些實施例中，該實心窗口可架設於平台 120 上並且伸入研磨墊的孔內。

光學監視系統 160 可包含光源 162、光偵測器 164 以

及用以在遠端控制器 190(例如電腦)、光源 162 及光偵測器 164 之間發送與接收信號的電路 166。可使用一或多個光纖傳送來自光源 162 的光線至研磨墊的光學通道中以及使基板 10 反射出光線傳送至偵測器 164。例如，可使用雙叉式光纖 170 傳送來自光源 162 的光線至基板 10 並且把光線傳回偵測器 164。雙叉式光纖可包含主幹線 172 以及兩個分枝線 174 與 176，該主幹線 172 位於光學通道附近，並且該兩分枝線 174 與 176 分別連接至光源 162 和偵測器 164。

在一些實施例中，平台的頂表面可包含一凹部 128，於該凹部 128 內裝入光學頭 168，且光學頭 168 抓住該雙叉式光纖之主幹線 172 的一末端。光學頭 168 可包含一機構，以調整主幹線 172 頂端與實心窗口 118 之間的垂直距離。

電路 166 的輸出可為數位電子訊號，該數位電子訊號通過驅動軸 124 內部的旋轉耦合器 129(例如滑動環)而抵達光學監視系統的控制器 190。同樣地，數位電子訊號可從控制器 190 通過旋轉耦合器 129 而抵達光學監視系統 160，且光源可回應該等數位電子訊號中的控制指令而關閉或開啓。或者電路 166 可藉由無線訊號與控制器 190 通訊。

光源 162 可操作以發出白光。在一實施例中，所發射的白光包含具有 200~800 奈米之波長的光線。適合的光源為氙燈或汞氙燈。

光偵測器 164 可為分光計。分光計是一種用以測量一部份電磁光譜之光強度的光學儀器。適用的分光計為光柵分光計 (grating spectrometer)。分光計的典型輸出是作為波長 (或頻率) 函數的光強度。

如上所述，光源 162 與光偵測器 164 可連接至一運算裝置，例如控制器 190，可操作該運算裝置以控制光源 162 及光偵測器 164 的運作並且接收光源 162 及光偵測器 164 的信號。運算裝置可包括設置在研磨設備附近的微處理器，例如可程式化電腦。關於控制方面，該運算裝置可例如使光源的啟動與平台 120 的旋轉同步化。

在一些實施例中，原位監視系統 106 的光源 162 與偵測器 164 是安裝在平台 120 內並且隨著平台 120 旋轉。在此種情況中，平台的旋轉將造成該偵測器掃描過每個基板。明確而言，當平台 120 旋轉時，控制器 190 可造成光源 162 發出一連串閃光，該一連串閃光是在每個基板 10 通過該光學通道的前一刻開始發射並且在每個基板 10 通過該光學通道之後即結束。或者，該運算裝置可造成光源 162 連續地發射光線，該連續發射的光線是在每個基板 10 通過該光學通道的前一刻開始發射並且在每個基板 10 通過該光學通道之後即結束。在上述任一種情況中，可積分一段取樣期間內來自偵測器的訊號，以產生一取樣頻率下的光譜測量值。

操作時，控制器 190 可接收一訊號，例如攜帶有針對光源一特定閃光或針對偵測器一特定時段而藉由光偵測

器接收光線光譜所描述之資訊的訊號。因此，此光譜為研磨期間於原位測得的光譜。

如第 3A 圖所示，若偵測器安裝於該平台中，由於平台旋轉(如箭頭 204)，使得當窗口 108 行經一承載頭(例如抓住第一基板 10a 的承載頭)下方時，以一取樣頻率進行光譜測量的光學監視系統將會在以弧形行經第一基板 10a 的多個位置 201 處進行光譜測量。例如，每個點 201a~201k 代表該監視系統在第一基板 10a 上進形光學測量的位置(該等點的數目僅為示範，可依據取樣頻率而進行比所示數目更多或更少的測量)。如圖所示，平台每轉一圈，可自基板 10a 上的不同半徑處獲得光譜。即是，可從較接近基板 10a 中心的位置取得一些光譜，並且從較接近邊緣處的位置取得一些光譜。同樣地，如第 3B 圖所示，由於平台旋轉，使得當該窗口行經另一個承載頭(例如抓住第二基板 10b 的承載頭)下方時，以一取樣頻率進行光譜測量的光學監視系統將會在沿著弧形行經第二基板 10b 的多個位置 202 處進行光譜測量。

因此，針對平台的任一指定旋轉而言，該控制器可根據時序(timing)與馬達編碼器資訊來判斷何者基板(例如基板 10a 或 10b)是所測量之光譜的來源。此外，針對光學監視系統在基板(例如基板 10a 或 10b)上的任一指定掃描而言，該控制器可根據時序與馬達編碼器資訊以及光學偵測基板邊緣及/或固定環而計算出來自該次掃描取得每一個測量光譜的徑向位置(相對於正被掃描之特定

基板 10a 或 10b 的中心而言)。該研磨系統亦可包含一旋轉位置感測器，例如附接於平台邊緣的凸緣(flange)，該凸緣將行經一靜態光中斷器(stationary optical interrupter)，以提供附加數據用以判斷是哪一個基板以及在基板上測得該光譜的位置。該控制器因而可使該等各種不同光譜與基板 10a 和 10b 上的可控制區域 148b~148e(見第 2 圖)關聯在一起。在一實施例中，測量光譜的時間可用來取代該徑向位置的精確計算。

該平台旋轉多圈時，可隨著時間針對每個基板的各個區域獲得一組光譜。不侷限於任何特定理論，從基板 10 反射出之光線的光譜會因為最外層的厚度改變而隨著研磨進程(例如，平台旋轉多圈期間，而非單次掃掠過該基板的期間)逐漸演變發展，因而產生一組隨時間變化的光譜。再者，膜層堆疊的特定厚度會表現出特定光譜。

在一些實施例中，該控制器(例如，運算裝置)可經程式化，藉以使一測量光譜與多個參考光譜做比較並且決定哪一個光譜最匹配。明確而言，該控制器可經程式化，藉以使來自每個基板之各個區域的一組光譜中的每個光譜與多個參考光譜做比較，以針對每個基板的各個區域產生一組最匹配的參考光譜。

當用於本文中時，「參考光譜(reference spectrum)」係預定義為在研磨該基板之前所產生的光譜。一參考光譜可與代表研磨製程中之一時間的值具有一預先定義(即，在研磨該基板之前就定義)的關聯性(association)，

假設實際研磨速率遵循期望的研磨速率，在研磨製程的該時間點處預期會出現該光譜。可擇一或額外地，該參考光譜可與一基板性質之值具有一預定義的關聯性，該基板性質係例如最外層的厚度。

可例如憑經驗藉由從測試基板測量光譜而產生一參考光譜，該測試基板可例如是具有已知初始膜層厚度的測試基板。舉例而言，為了產生複數個參考光譜，使用與用以在研磨元件晶圓期間收集一組光譜時所使用之研磨參數相同的研磨參數來研磨一建立基板 (set-up substrate)。針對每個光譜記錄一個值，該值代表在研磨製程中之收集到該光譜的時間。例如，該值可為耗費時間 (elapsed time) 或平台旋轉圈數。該基板可能過度研磨，即，研磨掉超過期望厚度，因此可獲得當達到目標厚度時從基板反射出之光線的光譜。

為了使每個光譜與一種基板性質的值 (例如，最外層的厚度) 關聯在一起，可於研磨之前，使用一度量機台測量一「建立 (set-up)」基板的初始光譜與性質，該建立基板與該產品基板具有相同圖案。可於研磨後，使用相同度量機台或不同度量機台測量該最終光譜及性質。可利用內差法根據來決定介於該等初始光譜與最終光譜間之光譜的性質，內插法係例如根據測量該測試基板之該等光譜所耗費的時間做線性內插。

除了憑藉實驗來決定以外，可由理論 (例如使用該等基板膜層的光學模型) 計算出一部份或所有的該等參考光

譜。例如，可使用一光學模型計算出一指定外層厚度 D 的參考光譜。例如，可藉由假設是以均勻一致的研磨速率移除該最外層，而計算出代表研磨製程中收集到該參考光譜之時間的值。例如，可藉由假設起始厚度為 D_0 且均勻一致的研磨速率為 R ($T_s = (D_0 - D)/R$) 而簡單地計算出一特定參考光譜的時間 T_s 。作為另一個實例，可根據用於光學模型中之厚度 D 來執行研磨前之厚度 D_1 與研磨後之厚度 D_2 (或以度量機台測得的其他厚度) 的測量時間 T_1 和 T_2 之間的線性內插 ($T_s = T_2 - T_1 * (D_1 - D) / (D_1 - D_2)$)。

參閱第 4 或 5 圖，測得的光譜 300 (見第 4 圖) 可與來自一或多個資料庫 310 的參考光譜 320 做比較 (見第 5 圖)。當用於本案中時，參考光譜資料庫是指代表收集的一群參考光譜，該群參考光譜係代表諸多具有一共通性質之基板。然而，在單個資料庫中所具有的該種共通性質可能隨著多個參考光譜資料庫而改變。例如，兩個不同的資料庫可包含代表具有兩種不同下方厚度 (underlying thicknesses) 之基板的參考光譜。針對一指定的參考光譜資料庫，造成光譜強度差異的主要原因可能是上方膜層厚度的差異，而非其他因子 (例如，在晶圓圖案、下方膜層厚度或膜層組成上的差異)。

可藉由研磨多個具有不同基板性質 (例如下方膜層厚度或膜層組成) 的「建立」基板且如上述般收集光譜以建立出不同資料庫 310 的參考光譜 320；來自一建立基板

的該等光譜可提供第一資料庫，並且來自另一個具有不同下方膜層厚度之基板的該等光譜可提供第二資料庫。擇一或額外地，可藉由理論計算出來自不同資料庫的參考光譜，例如可使用具有第一厚度之下方膜層的光學模型計算出第一資料庫的光譜，並且使用具有一不同厚度之下方膜層的光學模型計算出第二資料庫的光譜。

在一些實施方案中，為每個參考光譜 320 指定一個指標值 330。一般而言，每個資料庫 310 可包含許多參考光譜 320，例如是在該基板之預計研磨時間內每次平台旋轉的一或多個(例如正好一個)參考光譜。此指標 330 可能是一個值，例如一個數字，該值代表在研磨製程中預計觀察到該參考光譜 320 之時間。可為該等光譜編注索引指標，使得一特定資料庫中的每個光譜具有一獨有的指標值。可實施該編注索引指標的步驟(indexing)，以使該等指標值依據所測得之光譜的順序排列。可選擇一指標值，以於研磨進程中使該指標值做單調性變化，如增加或降低。明確而言，可選擇該等參考光譜的指標值，如此該等指標值可形成一時間或平台旋轉圈數的線性函數(假設該研磨速率遵循著用來產生該資料庫中之該等參考光譜的模型或測試基板之研磨速率)。例如，該指標值可與平台旋轉圈數成比例，例如等於平台旋轉圈數，該平台旋轉圈數是指測量該測試基板之該等參考光譜的旋轉圈數或於光學模型中將出現的旋轉圈數。因此，每個指標值可能為一個整數。該指標數字可代表相關光譜

出現時的預計平台旋轉。

該等參考光譜與該等參考光譜的相關指標值可儲存於一參考資料庫中。例如，每個參考光譜 320 及該參考光譜的指標值 330 可儲存於一資料庫 350 的一筆記錄 340 中。該等參考光譜之參考資料庫的該資料庫 350 可內建於研磨設備之運算裝置的記憶體內。

如上述，對於每個基板的各個區域，依據該區域及基板所測量光譜的順序，該控制器 190 可經程式化藉以產生一組最匹配的光譜。可藉由使一測量光譜與來自一特定資料庫的該等參考光譜做比較以決定出一最匹配的參考光譜。

在一些實施方案中，可藉由針對各個參考光譜計算出該測量光譜與該參考光譜之間的平方差總和來決定該最匹配的參考光譜。該具有最低平方差總和的參考光譜具有最佳匹配性。用於找出最匹配參考光譜的其他技術亦可行。

可用以降低電腦運算處理的方法限制資料庫中用於搜尋匹配光譜的一部份。該資料庫包含的光譜範圍通常大於在研磨基板期間所獲得的光譜範圍。於基板研磨期間，該資料庫搜尋之步驟受限於一預定的資料庫光譜範圍。在一些實施例中，決定出一正進行研磨之基板的當前旋轉指標 N 。例如，在一初始平台旋轉中，可藉由搜尋該資料庫中的所有參考光譜來決定該指標可 N 。針對一後續旋轉期間所獲得的該等光譜，在自由度為 N 的範

圍內搜尋該資料庫。即是，若在一次旋轉期間，發現該指標數字將會是 N ，於一接續旋轉期間(即旋轉 X 圈之後)，該自由度為 Y ，而將要搜尋的該範圍是從 $(N+X)-Y$ 至 $(N+X)+Y$ 。

參閱第 6 圖，第 6 圖圖示單個基板之單個區域的結果，可決定該組之最匹配光譜的每個光譜之指標值，以產生隨時間而變化的一組指標值 212。這組指標值可稱為一指標軌跡 210。在一些實施方案中，藉由使每個測量光譜與來自恰好一資料庫(exactly one library)的該等參考光譜做比較以產生一指標軌跡。通常，該指標軌跡 210 包含每一次光學監視系統掃過該基板下方時的一個指標值(例如，每次恰好一個指標值)。

對於一指定的指標軌跡 210 而言，具有在光學監視系統之單次掃描掃過一特定基板及區域時所測的多個光譜(稱為「當前光譜」)，決定該等當前光譜之每一個當前光譜與一或多個(例如，恰好一個)資料庫中之該等參考光譜之間的最佳匹配關係。在一些實施例中，每一個所選的當前光譜與該所選資料庫或該等所選資料庫中的每個參考光譜進行比較。例如，假若當前光譜為 e 、 f 與 g 且參考光譜為 E 、 F 與 G ，可針對下列當前光譜與參考光譜的每一種組合計算出一匹配係數，該等當前光譜與參考光譜的組合為： e 與 E 、 e 與 F 、 e 與 G 、 f 與 E 、 f 與 F 、 f 與 G 、 g 與 E 、 g 與 F 以及 g 與 G 。哪一個匹配係數代表最佳匹配(例如最小的匹配係數)就決定該參考光譜是

該最匹配的參考光譜，且從而決定出該指標值。或者，在一些實施方案中，該等當前光譜可加以組合(例如可經平均化)，並且使所產生的組合光譜與該等參考光譜做比較，以決定出最佳匹配性，從而決定出該指標值。

在一些實施方案中，可針對一些基板的至少一些區域產生複數個指標軌跡。對於一指定基板的一指定區域而言，可針對每個關注的參考資料庫產生一指標軌跡。即是，針對該指定基板之指定區域每一個關注的參考資料庫，可使一組測量光譜中的每個測量光譜與來自一指定資料庫中的參考光譜做比較，而決定出一組最佳匹配光譜，並且該組最佳匹配光譜的該等指標值提供該指定資料庫的指標軌跡。

總之，每個指標軌跡包含由多個指標值 212 組成的一組指標值 210，並且藉由從與該測量光譜最匹配之指定資料庫中選出該等參考光譜之指標值而產生出該組指標值中的每一個特定指標值 212。該指標軌跡 210 之每個指標的時間值可能等同於測得該測量光譜的時間。

參閱第 7 圖，第 7 圖圖示複數個指標軌跡。如上述，可針對每個基板的各個區域產生一指標軌跡。例如，可針對第一基板的第一區域產生第一組 210 的指標值 212(如空心圓所示者)，針對第一基板的第二區域產生第二組 220 的指標值 222(如實心圓所示者)，針對第二基板的第一區域產生第三組 230 的指標值 232(如空心方形所示者)，以及針對第二基板的第二區域產生第四組 240 的

指標值 242(如實心方形所示者)。

如第 7 圖所示，針對每個基板指標軌跡，例如使用強健直線擬合法(robust line fitting)使一已知階數的多項式函數(例如，一階函數線函數)與該相關區域及晶圓的該組指標值擬合。例如，第一線 214 可擬合第一基板之第一區域的多個指標值 212，第二線 224 可擬合第一基板之第二區域的多個指標值 222，第三線 234 可擬合第二基板之第一區域的多個指標值 232，以及第四線 244 可擬合第二基板之第二區域的多個指標值 242。使一線與該等指標值擬合的步驟包括計算出該線的斜率 S 以及該線與一起始指標值(例如 0)相交的 x 軸交點時間 T 。該函數可表示成： $I(t) = S \cdot (t - T)$ ，其中 t 為時間。該 x 軸交點時間 T 可能具有負值，負值表示該基板膜層的起始厚度比預期要小。因此，該第一線 214 具有第一斜率 $S1$ 以及第一 x 軸交點時間 $T1$ ，該第二線 224 具有第二斜率 $S2$ 以及第二 x 軸交點時間 $T2$ ，該第三線 234 具有第三斜率 $S3$ 以及第三 x 軸交點時間 $T3$ ，以及該第四線 244 具有第四斜率 $S4$ 以及第四 x 軸交點時間 $T4$ 。

在研磨製程期間的某些時候，例如在時間 $T0$ 處，調整至少一個基板之至少一個區域(例如每個基板之至少一個區域)的一研磨參數，藉以調整該基板之該區域的研磨速率，使得在一研磨終點時間處，該複數個基板的該複數個區域比未經此調整前更接近自己的目標厚度。在一些實施方案中，該複數個基板的各個區域在該終點時間

處可具有大致相同的厚度。

參閱第 8 圖，在一些實施方案中，選擇一基板的一區域作為參考區域，並且決定該參考區域將達到一目標指標 IT 的預計終點時間 TE。例如，如第 8 圖所示，係選擇該第一基板之第一區域做為該參考區域，儘管亦可選擇不同的區域及/或不同的基板。在進行研磨作業之前由使用者設定並且儲存該目標厚度。

為了決定在該參考區域抵達該目標指標時的預計時間，可計算該參考區域之該線(例如，線 214)與該目標指標 IT 的交點。假設在該剩餘的研磨製程過程中該研磨速率未偏離預期的研磨速率，則該組指標值應會保持實質線性前進。因此，可由該線抵達該目標指標 IT 的簡單線性內插計算出該預計終點時間，例如 $IT = S \cdot (TE - T)$ 。因此，在第 8 圖之實例中，係選擇第二基板的第一區域作為參考區域，該參考區域具有相關第三線 234，該第三線 234 如下： $IT = S1 \cdot (TE - T1)$ ，即 $TE = IT/S1 - T1$ 。

可令該參考區域以外的一或多個區域定義為可調整區域，該一或多個區域係例如除了該參考區域的所有區域(包括其他基板上的區域在內)。當該等可調整區域的該等線遇到預期終點時間 TE 之時係定義為該可調整區域的預計終點。每個可調整區域的線性函數(例如第 8 圖中的線 224、234 和 244)則可用於外插以計算出該相關區域於該預期終點時間 TE 的指標(例如指標 EI2、EI3 與 EI4)。例如，第二線 224 可用於外插計算出第一基板之

第二區域在該預期終點時間 TE 處的預期指標 EI2，第三線 234 可用於外插計算出第二基板之第一區域在該預期終點時間 TE 處的預期指標 EI3，以及第四線 244 可用於外插計算出第二基板之第二區域在該預期終點時間 TE 處的預期指標 EI4。

如第 8 圖所示，若在時間 T0 之後未對任何基板之任何區域的研磨速率做調整，且之後若迫使所有基板的終點停在相同時間，則每個基板可具有不同厚度，或是使每個基板具有不同的終點時間(但較不偏好此種做法，因為這會導致產生缺陷並且損失產量)。舉例而言，此時，第一基板的第二區域(如圖中之線 224 所示)將終止於一預期指標 EI2 處，該預期指標 EI2 低於第一基板之第一區域的預期指標(且因此第一基板之第二區域的厚度將小於第一基板之第一區域的厚度)。同樣地，第二基板的第一區域(如圖中線段 234 所示)將終止於一預期指標 EI3 處，該預期指標 EI3 低於第一基板之第一區域的預期指標(且因此第二基板之第一區域的厚度將小於第一基板之第一區域的厚度)。第二基板的第二區域(如圖中線段 244 所示)將終止於一預期指標 EI4 處，該預期指標 EI4 高於第一基板之第一區域的預期指標(且因此第二基板之第二區域的厚度將大於第一基板之第一區域的厚度)

如第 8 圖所示，若不同基板將在不同時間點處達到該目標指標(或相當於該等可調整區域在參考區域的預計終點時間處將會具有不同的預期指標)，可上調或下調該

研磨速率，如此該等基板達到目標指標(從而達到目標厚度)的時間可能比未經此調整的情況下更接近同一時間(例如可在大約相同時間處達到該目標指標)，或者該等基板在該目標時間處可能比未經此調整的情況下具有接近相同的指標值(從而具有接近相同的厚度)，例如在該目標時間處具有大約相同的指標值(從而具有大約相同的厚度)。

因此，在第 8 圖的實例中，在時間 T0 點開始時，改變第一基板之第二區域的至少一個研磨參數，使得該區域的研磨速率增加，且結果是該指標軌跡 220 的斜率增加。同樣地，在此實例中，改變第二基板之第一區域的至少一個研磨參數，使得該區域的研磨速率增加，且結果是該指標軌跡 230 的斜率增加。同樣地，在此實例中，改變第二基板之第二區域的至少一個研磨參數，使得該區域的研磨速率降低，且結果是該指標軌跡 240 的斜率減小。結果是兩個基板的兩個區域將會在大致相同的時間處達到目標指標，且從而達到目標厚度(或是若在相同時間處停止該兩基板的研磨動作，該兩基板的兩個區域將止於大致相同的厚度)。

在一些實施例中，若在該預期終點時間 TE 處的預計指標顯示該基板的一區域落入目標厚度的預定範圍內時，則不需要對該區域進行調整。該範圍可為該目標指標的 2%，例如該目標指標的 1% 以內。

用於該可調整區域的研磨速率可經調整，使得所有該

等區域在該預計終點時間處比未經此調整的情況下更接近該目標指標。例如，參考基板的參考區域可經選擇，並且用於所有其他區域的處理參數經過調整，使得所有該等區域將大約在該參考基板的預計時間處到達終點。該參考區域可例如為一預定區域，例如，中心區域 148a 或緊鄰環繞著該中心區域的區域 148b，該區域在所有基板之所有區域中具有最早或最晚的預計終點時間，或是一基板中具有期望之預計終點的區域。若於相同時間處停止研磨，該最早時間係相當於最薄的基板。同樣地，若於相同時間處停止研磨，該最晚時間係相當於最厚的基板。該參考基板可例如為一預定基板，該預定基板是指在所有基板之中具有最早或最晚預計終點時間之區域的基板。若於相同時間處停止研磨，該最早時間係相當於最薄的區域。同樣地，若於相同時間處停止研磨，該最晚時間係相當於最厚的區域。

可針對每一個可調整區域計算出該指標軌跡的期望斜率，如此，該可調整區域達到該目標指標的時間與該參考區域相同。例如，該期望斜率 SD 可由下式計算而得： $(IT-I)=SD*(TE-T0)$ ，其中 I 是在將要改變研磨參數之時間 T0 處的指標值(可使該線性函數擬合該組指標值而計算出該時間 T0 處的指標值)，IT 為該目標指標，以及 TE 是經計算的預計終點時間。在第 8 圖的實例中，第一基板之第二區域的期望斜率 SD2 可計算如下： $(IT-I2)=SD2*(TE-T0)$ ，該第二基板之第一區域的期望斜

率 SD3 可計算如下： $(IT-I3)=SD3*(TE-T0)$ ，以及第二基板之第二區域的期望斜率 SD4 可計算如下： $(IT-I4)=SD4*(TE-T0)$ 。

參閱第 9 圖，在一些實施例中不具有參考區域。例如，該預計終點時間 TE' 可為例如是使用者在進行研磨製程之前所設定的一預定時間，或可由一或多個基板的兩個或兩個以上區域之預計終點時間的平均值或其他組合方式而計算出該預計終點時間 TE' (例如使各個不同區域的線延伸至該目標指標而計算出預計終點時間 TE')。在此實施例中，該期望斜率實質上係如上述討論般地(使用預計終點時間 TE' ，而非 TE)計算而得，雖然也必需計算出第一基板之第一區域的期望斜率，例如該期望斜率 SD1 可計算如下： $(IT-I1)=SD1*(TE'-T0)$ 。

參閱第 10 圖，在一些實施例中(該等實施例可與第 9 圖的實施例結合)，每個區域可具有不同的目標指標。這麼做允許在基板上刻意但可控制地創造出不一致的厚度輪廓。可由使用者例如利用該控制器上的輸入裝置而輸入該等目標指標。例如，第一基板的第一區域可具有第一目標指標 $IT1$ ，第一基板的第二區域可具有第二目標指標 $IT2$ ，該第二基板的第一區域可具有第三目標指標 $IT3$ ，以及第二基板的第二區域可具有第四目標指標 $IT4$ 。

可由式子 $(IT-I)=SD*(TE-T0)$ 計算出每個可調整區域的期望斜率 SD，其中 I 為(藉由使該線性函數擬合該區域之該組指標值而計算出)該區域在改變該研磨參數之時

間 T_0 處的指標值， IT 是該特定區域的目標指標，以及 TE 是所計算的預計終點時間(該所計算的預期終點時間可由如參照第 8 圖所述之參考區域，或從一預設終點時間，或由如參照第 9 圖所述之多個預期終點時間的組合所計算而得)。在第 10 圖之實例中，由式： $(IT_2 - I_2) = SD_2 * (TE - T_0)$ 計算出第一基板之第二區域的期望斜率 SD_2 ，由式： $(IT_3 - I_3) = SD_3 * (TE - T_0)$ 計算出第二基板之第一區域的期望斜率 SD_3 ，以及由式： $(IT_4 - I_4) = SD_4 * (TE - T_0)$ 計算出第二基板之第二區域的期望斜率 SD_4 。

對於以上針對第 8-10 圖所描述之上述方法之任一種方法而言，可調整該研磨速率以使該指標軌跡的斜率更接近該期望斜率。可藉由例如提高或降低一承載頭之一對應腔室內的壓力而調整研磨速率。可假設該研磨速率的變化直接與壓力變化成比例，例如呈簡單 Prestonian 模式。例如，針對每個基板的各個區域而言，當以一壓力 P_{old} 研磨一區域至時間 T_0 ，在時間 T_0 之後施加的新壓力 P_{new} 可計算如下： $P_{new} = P_{old} * (SD/S)$ ，其中 S 是該線在時間 T_0 以前的斜率，且 SD 為期望斜率。

例如，假設施加壓力 P_{old1} 至第一基板之第一區域，施加壓力 P_{old2} 至第一基板之第二區域，施加壓力 P_{old3} 至第二基板之第一區域，以及施加壓力 P_{old4} 至第二基板之第二區域，則用於第一基板之第一區域的新壓力 P_{new1} 可計算如下： $P_{new1} = P_{old1} * (SD_1/S_1)$ ，用於第一

基板之第二區域的新壓力 P_{new2} 可計算如下： $P_{new2} = P_{old2} \cdot (SD2/S2)$ ，用於第二基板之第一區域的新壓力 P_{new3} 可計算如下： $P_{new3} = P_{old3} \cdot (SD3/S3)$ ，以及用於第二基板之第二區域的新壓力 P_{new4} 可計算如下： $P_{new4} = P_{old4} \cdot (SD4/S4)$ 。

決定該等基板到達目標厚度之預計時間以及調整該研磨速率的方法可在研磨製程期間(例如在一特定時間處)內僅執行一次，例如在該預計研磨時間經過 40% 至 60% 之時執行該方法；或者該方法可在研磨製程期內間執行多次，例如每 30 秒至 60 秒執行一次。如適當時，可於該研磨製程期間內的一後續時間再次調整該等速率。於研磨製程期間，可使該等研磨速率僅變化數次，例如四次、三次、兩次或僅只一次。可在接近該研磨製程之開始時、中段處或趨近尾聲時做出該調整。

在調整該研磨速率之後(例如在時間 T_0 之後)持續進行研磨，該光學監視系統持續收集至少該參考區域的光譜以及決定該參考區域的指標值。在一實施方案中，該光學監視系統針對每個基板的各個區域持續收集以及決定指標值。一旦一參考區域的的指標軌跡到達該目標指標，即為到達終點，並且停止該等兩個基板的研磨作業。

例如，如第 11 圖所示，在時間 T_0 之後，該光學監視系統持續收集該參考區域的光譜並且決定該參考區域的指標值 312。若該參考區域上的壓力未變化(例如，如第 8 圖之實施方案中所示)，則可使用來自於時間 T_0 之前

及時間 T_0 之後的數據點計算出該線性函數，以提供更新的線性函數 314，並且該線性函數 314 達到該目標指標 IT 的時間係表示研磨終點時間。另一方面，若於時間 T_0 處改變該參考區域的壓力(例如，第 9 圖之實施方案中所示)，則可從時間 T_0 以後的該組指標值 312 計算出具有斜率 S' 的新線性函數 314，並且該新線性函數 314 達到該目標指標 IT 的時間係表示研磨終點時間。該用於決定終點的參考區域與上述用以計算該預計終點時間的參考區域可為相同參考區域或不同參考區域(或者，若如以上參照第 8 圖所述般地調整該等所有區域，則可選擇一參考區域以用於決定終點)。若該新線性函數 314 達到目標指標 IT 的時間稍晚於(如第 11 圖所示)或稍早於從該原始線性函數 214 所計算出的預計時間，則該等區域中的一或多個區域可能分別有些許的過度研磨或研磨不足。但由於該預計終點時間與該實際研磨時間之間的差距應少於數秒鐘，因使這並不會嚴重影響研磨一致性。

即使如以上參考第 8 圖所描述般地調整研磨速率，仍然可能發生一或多個可調整區域之實際研磨速率與期望研磨速率不相符的狀況，於是該可調整區域研磨可能不足或過度研磨。在一些實施方案中，反饋程序(feedback process)可用以根據先前基板中之該等可調整區域的研磨結果來修正該等可調整區域的研磨速率。期望研磨速率與實際研磨速率之間可能因為製程漂移而不相符，例如製程溫度、研磨墊狀態、漿料組成發生變化或該等基

板之間產生差異。此外，壓力變化與移除速率變化之間的關係並非總是如初始時於一組指定製程條件下般能夠明確判斷。因使，使用者通常進行實驗矩陣(experiment matrix)設計以觀察不同壓力在不同區域中對於移除速率的影響，或使用原位製程控制測試一系列基板，且逐個基板地調整增益及/或偏移設置，直到達到期望的輪廓為止。然而，反饋機制可自動判斷出此種關係或對此關係作微調。

在一些實施方案中，該反饋可為根據一或多個先前基板的一可調整區域所測量而得的誤差值。該誤差值可用於計算後續基板之可調整區域(即，除參考區域以外的區域)的期望壓力。可根據調整後(例如時間 T_0 之後)的期望研磨速率(例如，以計算的斜率 SD 表示)與實際研磨速率(例如，以實際斜率 S' 表示)計算出該誤差值。該誤差值可用以作為一比例因子(scaling factor)，用以調整於該可調整區域上的所作的壓力修正。對於此種實施方案而言，該光學監視系統在調整研磨壓力之後(例如在時間 T_0 之後)針對至少一個可調整區域(例如每個基板的各個可調整區域)連續地收集光譜並且決定指標值。然而，使用使種反饋技術的實施方案亦可應用於每次只有單個基板在研磨墊上進行研磨的場合。

在一實施例中，當做完該修正之後，在時間 T_0 以後施加於基板上之一可調整區域的已調整壓力 P_{adj} 係計算如下：

$$Padj = (Pnew - Pold) * err + Pnew$$

其中，Pold為在時間 T0 以前施加於該區域的壓力，Pnew係計算如下： $Pnew = Pold * (SD/S)$ ，以及 err 值是根據一或多個先前基板之該區域的實際研磨速率與該等先前基板之該區域的期望研磨速率的差異所計算而得的誤差值。

第 12A~12D 圖圖示四種可調整區域之期望研磨速率與該可調整區域之實際研磨速率不相符的情況，可調整區域之期望研磨速率係以時間 T0 之前從該線性函數計算出的斜率 SD 表示，該可調整區域的實際研磨速率係以時間 T0 之後從該第二線性函數計算出的實際斜率 S' 表示。在這些情況的每一種情況中，可針對該參考區域測量一組光譜，可為來自該參考區域的該等光譜決定指標值 212(在時間 T0 以前)以及指標值 312(在時間 T0 之後)，可使一線性函數 214 與 314 擬合該等指標值 212 和 312，以及可從該線性函數 214/314 與該目標指標 IT 相交的時間來決定該終點時間 TE'。此外，可針對至少一個可調整區域測量一組光譜，例如可為該組光譜決定指標值 222(在時間 T0 之前)及指標值 322(在時間 T0 之後)，一第一線性函數 224 可擬合該等指標值 222 以決定該可調整區域在時間 T0 之前的原始斜率 S，可如上述討論般地計算出該可調整區域的期望斜率 SD，以及一第二線性函數 324 可擬合該等指標值 322 以決定該可調整區域在時間 T0 之後的實際斜率 S'。在一些實施例中，每個

基板的多個可調整區域受監視，並且可為多個可調整區域決定一原始斜率、一期望斜率以及一實際斜率。

如第 12A 圖所示，在某些情況中，該期望斜率 SD 可能超過該原始斜率 S ，但該可調整區域的實際斜率 S' 可能小於該期望斜率 SD 。因此，假設該參考區域在該預計時間達到該目標指標 IT ，由於該基板的多個可調整區域在該終點時間 TE' 未達到目標指標，因此該基板的多個可調整區域為研磨不足 (underpolished)。由於該實際研磨速率 S' 小於此基板之此可調整區域的期望研磨速率 SD ，故當用於後續基板時，必需使此可調整區域的壓力增加至超過該期望研磨速率 SD 之計算所指示的壓力。例如，該誤差 err 可計算如下： $err = [(SD-S')/SD]$ 。

如第 12B 圖所示，在一些情況中，該期望斜率 SD 可能超過該原始斜率 S ，並且該可調整區域的實際斜率 S' 可能大於該期望斜率 SD 。因此，假設該參考區域在該預計時間達到該目標指標 IT ，由於該基板的多個可調整區域在該終點時間 TE' 處超過該目標指標，因此該基板的多個可調整區域為過度研磨 (overpolished)。由於該實際研磨速率 S' 大於此基板之此可調整區域的期望研磨速率 SD ，故當用於後續基板時，必需使此可調整區域的壓力增加但不到該期望研磨速率 SD 之計算所指示的壓力。例如，該誤差 err 可計算如下： $err = [(SD-S')/SD]$ 。

如第 12C 圖所示，在一些情況中，該期望斜率 SD 可能小於該原始斜率 S ，並且該可調整區域的實際斜率 S'

可能大於該期望斜率 SD 。因此，假設該參考區域在該預計時間達到該目標指標 IT ，由於該基板的該可調整區域在該終點時間 TE' 處超過該目標指標，因此該基板的該可調整區域過度研磨。由於該實際研磨速率 S' 大於此基板之此可調整區域的期望研磨速率 SD ，故當用於後續基板時，必需使此可調整區域的壓力降低至超過該期望研磨速率 SD 之計算所指示的壓力。例如，該誤差 err 可計算如下：
$$err = [(S' - SD) / SD]$$
。

如第 12D 圖所示，在一些情況中，該期望斜率 SD 可能小於該原始斜率 S ，並且該可調整區域的實際斜率 S' 可能小於該期望斜率 SD 。因此，假設該參考區域在該預計時間達到該目標指標 IT ，由於該基板的該可調整區域在該終點時間 TE' 處未達到該目標指標，因此該基板的該可調整區域過度研磨。由於該實際研磨速率 S' 小於此基板之此可調整區域的期望研磨速率 SD ，故當用於後續基板時，必需使此可調整區域的壓力降低但不到該期望研磨速率 SD 之計算所指示的壓力。例如，該誤差 err 可計算如下：
$$err = [(S' - SD) / SD]$$
。

在以上參照第 12A~12D 圖所討論的實施方案中，第 12C 和 12D 圖所示情況的誤差正負號係與第 12A 和 12B 圖所示之情況的誤差正負號顛倒。亦即，當期望斜率 SD 大於原始斜率 S 時(亦即，與該期望斜率 SD 小於原始斜率 S 的情況顛倒)，該誤差訊號反轉。

然而在一些實施例中，經常是使用相同方式計算該誤

差： $err = [(SD-S')/SD]$ 。在這些實施例中，不管原始斜率如何，若期望斜率大於實際斜率，則該誤差為正值，並且若期望斜率小於實際斜率，則該誤差為負值。

在某些實施例中，如在第 12A~12D 圖所示之各種情況中，針對前一個基板計算而得的誤差 err 可用於後續基板的計算式 $P_{adj} = (P_{new} - P_{old}) * err + P_{new}$ [式 1] 中。

亦注意到，可計算出該可調整區域的一已調整的目標指標，而非在該已調整之壓力的計算中使用一誤差。則可根據該已調整之目標指標計算出該期望斜率。舉例而言，參閱第 13 圖，該已調整之目標指標 IT_{adj} 可計算如下： $IT_{adj} = SI + (IT - SI) * (1 + err)$ [式 2]，其中 IT 為目標指標，以及 SI 是在時間 T_0 處的起始指標(由線性函數 224 或線性函數 324 計算而得)。該誤差 err 可計算如下： $err = [(IT - AI) / (IT - SI)]$ ，其中 AI 為該可調整區域在終點時間 TE' 處達到的實際指標(由線性函數 324 計算而得)。

在可應用於第 12A~12D 圖以及第 13 圖之實施例的一些實施方案中，該誤差是先前數個基板的累計值。在一簡單的實施方案中，用於式 1 或式 2 任一式之計算中的總誤差 err 係計算如下： $err = k_1 * err_1 + k_2 * err_2$ ，其中 k_1 與 k_2 為常數， err_1 是從緊鄰的前一個基板所計算出的誤差， err_2 是從在前一個基板之前的一或多個基板所計算出的誤差。

一些實施例中，從在當前基板之前的該等基板得出應用誤差之加權平均值，且該當前基板的比例縮放誤差與

該等基板的應用誤差加權平均值合併計算出用於該當前基板之式 1 或式 2 任一式之計算中的應用誤差 err 。此項計算可用下列公式表示：

$$\text{應用誤差}_{X+1} = \text{經比例縮放誤差}_X + \text{總誤差}_{X-1}$$

$$\text{經比例縮放誤差}_X = k1 * err_X; \text{ 以及}$$

$$\begin{aligned} \text{總誤差}_{X-1} = & k2 * (a1 * \text{應用誤差}_{X-2} + a2 * \text{應用誤差}_{X-3} \\ & + \dots + aN * \text{應用誤差}_{(X-(N+1))}) \end{aligned}$$

其中 $k1$ 與 $k2$ 為常數，並且 $a1$ 、 $a2$... aN 為加權平均常數，亦即 $a1 + a2 + \dots + aN = 1$ 。常數 $k1$ 可約為 0.7，以及常數 $k2$ 可為 1。 err_X 係根據上述該等方法之其中一種方法所計算出該等先前基板的誤差，例如第 12A~12D 圖之實施方案的 $err_X = [(SD-S')/SD]$ 或 $err_X = [(S'-SD)/SD]$ ，或是第 13 圖之實施方案的 $err_X = [(IT-AI)/(IT-SI)]$ 。「應用誤差 $_X$ (applied err_X)」一詞係指應用於前一個基板的誤差，例如假設當前基板為基板 $X+1$ ，則「應用誤差 $_{X-2}$ (applied err_{X-2})」是用於往前數第三個基板的誤差，「應用誤差 $_{X-3}$ (applied err_{X-3})」則是用於往前數第四個基板的誤差，依此類推。對於式 1 或式 2 任一者而言， $err = \text{應用誤差}_{X+1}$ 。

在一些實施方案中，例如用於銅的研磨時，在偵測一基板的終點之後，使該基板即刻進行一過度研磨製程，以例如去除銅殘餘物。可使該基板之所有區域處於一致

的壓力(例如，1 至 1.5 psi)下進行該過度研磨製程。該過度研磨製程可具有一預設的持續時間，例如 10 至 15 秒。

在一些實施方案中，該等基板的研磨動作並非同時停止。在這類實施方案中，為了決定終點，可使每個基板具有一參考區域。一旦一特定基板之參考區域的指標軌跡達到該目標指標(例如，藉由與時間 T_0 以後之該組指標值擬合的線性函數達到目標指標時的時間所計算出的目標指標)，表示該特定基板到達終點，並且同時停止對該特定基板的所有區域施加壓力。然而，其他一或多個基板的研磨動作可繼續進行。只有當根據該等其餘基板的參考區域，判斷所有其餘基板皆已達到終點之後(或所有基板皆已完成過度研磨之後)，可開始清洗該研磨墊。

此外，所有的承載頭可同時把該等基板舉離研磨墊。

當針對一特定區域及基板產生多個指標軌跡時，例如針對該特定區域及基板之每一個關注的資料庫產生一指標軌跡，隨後可從該等指標軌跡之中選出一指標軌跡，以用於該特定區域及基板的終點演算或壓力控制演算中。例如，針對該相同區域及基板所產生的各個指標軌跡而言，控制器 190 可使一線性函數擬合該指標軌跡的該等指標值，並且判斷該線性函數與該組指標值擬合的良好程度。所產生指標軌跡直線與該指標軌跡本身之該等指標值具有最佳擬合程度時，可選擇該具有最佳擬合程度的指標軌跡作為該特定區域及基板的指標軌跡。例如，當欲決定如何(例如在時間 T_0 處)調整該等可調整區

域之研磨速率時，該具有最佳擬合程度的線性函數可用於該計算。作為另一實例，當具有最佳擬合性之該線的該計算指標(例如由與該組指標值擬合之線性函數所計算而得)符合或超過該目標指標時，可視為到達終點。亦可使該等指標值本身與該目標指標做比較而決定該終點，而非由該線性函數計算出一指標值。

判斷與一光譜資料庫之指標軌跡與該資料庫之線性函數是否具有最佳擬合程度的步驟可包括：相較於與另一資料庫相關之指標軌跡與該相關強健直線的差異(例如，最小標準偏差、最大相關性或其他差異之測量)而言，判斷該相關光譜資料庫之指標軌跡與該相關強健直線(robust line)是否相對地具有最小量的差異。在一實施方案中，係藉由計算該等指標數據點與該線性函數之間的平方差總和來判斷該擬合程度；具有最低之平方差總和的資料庫具有最佳擬合性。

參閱第 14 圖，第 14 圖圖示一概要流程圖 600。如上述般，在一研磨設備中使用同一個研磨墊同時研磨一或多個基板的複數個區域(步驟 602)。研磨作業期間，每個基板的各個區域具有自己的研磨速率，且可藉由獨立可變的研磨參數相對於其他基板而獨立地控制每個基板之各個區域的研磨速率，該獨立可變研磨參數係例如在該特定區域上方藉由承載頭內的腔室所施加之壓力。研磨作業期間，如上述般監視該等基板(步驟 604)，包括例如從每個基板的各個區域取得一測量光譜。決定出最匹配

的參考光譜(步驟 606)。為每個最匹配之參考光譜決定一指標值以產生一組指標值(步驟 608)。針對每個基板的各個區域，使第一線性函數擬合該組指標值(步驟 610)。在一實施例中，可例如藉由線性函數之線性內插法決定出一參考區域之第一線性函數將達到一目標指標值的預計終點時間(步驟 612)。另一實施例中，多個區域之預計終點時間合併計算或預定為該預計終點時間。如有需要，調整其他基板之其他區域的研磨參數，藉以調整該基板的研磨速率，使得該複數個基板的該複數個區域可在大致相同時間處達到該目標厚度，或使該複數個基板的該複數個區域具有在該目標時間處具有相同厚度(或具有目標厚度)(步驟 614)。調整該研磨參數的步驟可包含使用由前一個基板所產生的一誤差值。在調整該等參數之後持續進行研磨，並且針對每個基板的各個區域進行下列步驟：測量一光譜、從一資料庫中決定出最匹配的參考光譜、為每個最匹配的光譜決定指標值藉以為該研磨參數經調整後的該段時間產生新的一組指標值，以及使第二線性函數擬合該新一組指標值(步驟 616)。當一參考區域的指標值(例如由第一或第二線性函數所產生的計算指標值)達到目標指標時，可停止研磨(步驟 630)。針對於每個可調整區域，決定已與該區域之該新一組指標值擬合(亦即，該等參數經調整之後)的該第二線性函數之斜率(步驟 640)。針對各個可調整區域，根據該區域的實際研磨速率(以第二線性函數的斜率表示)與期望研磨

速率(以該期望斜率表示)之間的差異計算出一誤差值(步驟 642)。使至少一個新基板裝載於該研磨墊上，以及重複上述製程，並且使用步驟 642 中所計算的誤差值於步驟 614 中對該等研磨參數進行調整。

上述技術亦可用於使用渦電流系統監視金屬層。在此情況中，不執行光譜匹配步驟，而改用渦電流監視系統直接測量膜層厚度(或代表該膜層厚度之值)，並且該膜層厚度可取代該指標值而用於計算。

用於調整終點的方法可依據所執行的研磨種類而有所不同。用於銅的大量研磨製程時，可使用單一渦電流監視系統。用於多個晶圓在單一平台上進行銅清潔 CMP 製程時，可優先使用單一渦電流監視系統，以便所有的基板在相同時間處達成首次磨穿(breakthrough)。此時可從該渦電流監視系統切換為雷射監視系統，藉以清潔與過度研磨該等晶圓。用於多個晶圓在單一平台上進行阻障層與介電質 CMP 製程時，可使用光學監視系統。

本案說明書中描述的本發明實施例及所有功能操作可實施於數位電子電路或實施於電腦軟體、韌體或硬體中，包括本案說明書所揭示之結構構件、所述結構構件之結構等效物或該等構件之組合。本發明之實施例可實施成一或更多種電腦程式產品，亦即內建於機械可讀儲存媒體中的一或更多台電腦程式，而可藉由數據處理設備執行該等電腦程式或控制數據處理設備之操作，該數據處理設備係例如一可程式化處理器、一電腦或多個處

理器或多台電腦。電腦程式(也稱程式、軟體、軟體應用程式或編碼)可採用任何形式的程式語言編寫，該程式語言可包括編譯語言或解釋語言，並且可採任何形式部署該電腦程式，包括可部署成一單獨程式或部署成一模組、部件、子常式或適用於運算環境中的其他單元。電腦程式未必一定是一個檔案。程式可儲存於一檔案(該檔案尚包含其他程式或資料)的一部分中，可儲存在專用於上述程式的單一檔案中，或儲存於多個協調檔案(例如，儲存有一或多個模組、子程式或數個部份的檔案)。可部署一電腦程式，以在一處或在散置於多處的一台電腦或多台電腦上藉由通訊網路互連以執行該電腦程式。

可利用一或多個可程式化處理器執行一或多個電腦程式，以運算輸入資料並產生輸出以執行多項功能，以執行本案說明書所描述之製程流程與邏輯流程。亦可利用特殊用途邏輯電路執行該等製程流程及邏輯流程，並且亦可使設備實施成為特殊用途邏輯電路，特殊用途邏輯電路係例如 FPGA(現場可程式化閘陣列)或 ASIC(特殊用途積體電路)。

上述之研磨設備及方法可應用於各種研磨系統。研磨墊或承載頭其中任一者或兩者皆可移動，以在研磨表面和基板之間提供相對運動。例如，該平台可為軌道式運轉(orbit)而非旋轉。研磨墊可為固定在平台上的圓形墊或某些其他形狀的墊。一些終點偵測系統態樣可應用於線性研磨系統，例如應用於研磨墊是連續式或捲盤至捲

盤式(reel to reel)之線性移動帶的研磨系統。研磨層可為標準研磨材料(例如含有或不含填料的聚胺甲酸酯)、軟性材料或固定化研磨粒材料(fixed-abrasive material)。文中使用相對位置用語，並且應瞭解研磨表面與基板可採取垂直位向或其他位向設置。

現已描述本發明之多個具體實施例。後附申請專利範圍可涵蓋其他實施例。

【圖式簡單說明】

第 1 圖圖示一研磨設備實例的概要剖面圖，該研磨設備具有兩個研磨頭。

第 2 圖圖示具有多個區域之基板的概要俯視圖。

第 3A 圖圖示研磨墊的俯視圖且顯示在第一基板上取得原位測量的位置。

第 3B 圖圖示研磨墊的俯視圖並且顯示在第二基板上取得原位測量的位置。

第 4 圖圖示來自原位光學監視系統的測量光譜。

第 5 圖圖示參考光譜資料庫。

第 6 圖圖示一指標軌跡(index trace)。

第 7 圖圖示不同基板之不同區域的複數個指標軌跡。

第 8 圖圖示根據一參考區域之指標軌跡達到目標指標的時間計算出複數個可調整區域的複數個期望斜率。

第 9 圖圖示根據一參考區域之指標軌跡達到目標指標

的時間計算出複數個可調整區域的複數個期望斜率。

第 10 圖圖示不同基板之不同區域的複數個指標軌跡，且不同區域具有不同的目標指標。

第 11 圖圖示根據一參考區域之指標軌跡達到目標指標的時間計算出終點。

第 12A~12D 圖圖示四種情況下的期望斜率與實際斜率之比較結果以達成產生一誤差反饋的目的。

第 13 圖圖示目標指標與一可調整區域所達成之實際指標的比較結果。

第 14 圖為一示範製程之流程圖，該示範製程係用以調整複數個基板中之複數個區域的研磨速率，使得該複數個區域於目標時間處具有大致相同的厚度。

各種圖式中係使用相同元件符號及名稱表示相同元件。

【主要元件符號說明】

10、10a、10b 基板

100 研磨設備

108 窗口

110 研磨墊

112 外部研磨層

114 軟背襯層

118 實心窗口

- 120 平 台
- 121 馬 達
- 124 驅 動 軸
- 125 中 心 軸
- 128 凹 部
- 129 旋 轉 耦 合 器
- 130 漿 料 / 清 洗 臂
- 132 研 磨 液
- 140 承 載 頭
- 142 固 定 環
- 144 彈 性 膜
- 146a、146b、146c 腔 室

- 148a 中 心 區 域
- 148b、148c 區 域
- 150 支 撐 結 構 / 旋 轉 架
- 152 驅 動 軸
- 154 承 載 頭 旋 轉 馬 達
- 155 軸
- 160 監 視 系 統

- 162 光 源
- 164 光 偵 測 器
- 166 電 路
- 168 光 學 頭
- 170 雙 叉 式 光 纖

172 主幹線

174、176 分枝線

190 控制器

201 位置

201a~k 點

202 位置

204 箭頭

210、220、240 指標軌跡

212、222、232、242 指標值

214、224、234、244 線/線性函數

230 第三組指標值

300 光譜

310 資料庫

312 指標值

314 線性函數

320 參考光譜

322 指標值

324 線性函數

330 指標值

340 記錄

350 資料庫

600 方法

602、604、606、608 步驟

610、612、614、616 步驟

630、640、642 步驟

七、申請專利範圍：

1. 一種用於化學機械研磨中研磨速率校正的反饋電腦實施方法，該方法包含以下步驟：

研磨具有複數個區域之一基板，並且藉由一獨立可變研磨參數使每個區域之一研磨速率是可獨立控制的；

儲存一目標指標值；

藉由一原位監視系統於研磨期間自每個區域測量一組光譜；

從一參考光譜資料庫中為每個區域之該組光譜中的每個測量光譜決定出一最匹配的參考光譜；

為每個區域之每個最匹配的參考光譜決定一指標值以產生一組指標值；

針對每個區域，使一第一線性函數擬合該組指標值；

針對從該複數個區域中選出的一參考區域，根據該參考區域的該第一線性函數決定出一預計時間，該參考區域將於該預計時間達到該目標指標值；以及

針對至少一個可調整區域，計算用於該可調整區域之該研磨參數的一調整，藉以調整該可調整區域的該研磨速率，使得該可調整區域於該預計時間處比無此調整值的情況下更接近該目標指標值，該計算步驟包含根據前一個基板所計算出的一反饋誤差值計算該調整；

於調整該研磨參數之後，針對每個區域持續測量該組光譜、自一參考光譜資料庫中決定一最匹配的參考光

譜，以及決定一指標值以產生於調整該研磨參數之後所獲得的一第二組指標值；

針對每個基板的該至少一個可調整區域，使一第二線性函數擬合該第二組指標值；以及

根據該第二線性函數及該期望斜率計算用於一後續基板之該至少一個可調整區域的該反饋誤差值。

2. 如請求項 1 之電腦實施方法，其中該研磨參數係該研磨設備之一承載頭內的一壓力。

3. 如請求項 1 之電腦實施方法，該方法進一步包含以下步驟：為每個可調整區域決定出該可調整區域到達該目標指標值的一時間。

4. 如請求項 3 之電腦實施方法，該方法進一步包含以下步驟：調整該至少一個可調整區域的該研磨參數，使得該至少一個可調整區域在該預計時間處比無此調整的情況下更接近該目標指標值。

5. 如請求項 4 之電腦實施方法，其中調整該研磨參數的步驟包含以下步驟：計算該可調整區域的一期望斜率。

6. 如請求項 5 之電腦實施方法，該方法進一步包含以下步驟：為該可調整區域計算一預計指標，該可調整區域

之該第一線性函數在該預計指標處到達該預計時間。

7. 如請求項 6 之電腦實施方法，其中計算一區域之該期望斜率 SD 的步驟包括以下步驟：計算 $SD = (IT-I)/(TE-T_0)$ ，其中 T_0 為該研磨參數將改變的時間， TE 為該預計終點時間， IT 為該目標指標，以及 I 為該區域在時間 T_0 處的指標值。

8. 如請求項 7 之電腦實施方法，其中決定該第一線性函數的步驟包括以下步驟：針對在時間 T_0 之前的一時間，決定該第一線性函數的一斜率 S 。

9. 如請求項 8 之電腦實施方法，其中調整該研磨參數的步驟包含以下步驟：計算一已調整之壓力 $P_{adj} = (P_{new} - P_{old}) * err + P_{new}$ ，其中 err 為該反饋誤差值， $P_{new} = P_{old} * SD / S$ ，以及 P_{old} 為時間 T_0 之前施加於該可調整區域的壓力。

10. 如請求項 9 之電腦實施方法，該方法進一步包括以下步驟：由該第二線性函數決定一實際斜率 S' 。

11. 如請求項 10 之電腦實施方法，其中該反饋誤差值 err 係計算如下： $err = [(SD - S') / SD]$ 。

12. 如請求項 10 之電腦實施方法，該方法進一步包含以下步驟：在對該研磨參數進行該調整之前，判斷該可調整區域的該期望斜率 SD 是否大於該可調整區域的該斜率 S 。

13. 如請求項 12 之電腦實施方法，其中若 $SD > S$ ，該反饋誤差 err 係計算如下： $err = [(SD - S')/SD]$ ，以及若 $SD < S$ ，該反饋誤差 err 係計算如下： $[(S' - SD)/SD]$ 。

14. 如請求項 9 之電腦實施方法，其中該反饋誤差 err 是從複數個先前基板之該可調整區域的反饋誤差累積計算而得。

15. 如請求項 6 之電腦實施方法，其中計算一區域之該期望斜率 SD 的步驟包含以下步驟：計算 $SD = (IT_{adj} - I)/(TE - T_0)$ ，其中 T_0 為該研磨參數將改變的時間， TE 為該預計終點時間， IT_{adj} 為一已調整之目標指標，以及 I 為該區域在時間 T_0 處的指標值。

16. 如請求項 15 之電腦實施方法，其中調整該研磨參數的步驟包含以下步驟：計算該新壓力 $P_{new} = P_{old} * SD / S$ ，其中 P_{old} 為在時間 T_0 之前施加於該區域的該壓力，以及斜率 S 為在時間 T_0 以前之一時間處的該第一線性函數之斜率。

17. 如請求項 15 之電腦實施方法，該方法進一步包含以下步驟：計算在該研磨參數改變時之該時間 T_0 處的一起始指標 SI 。

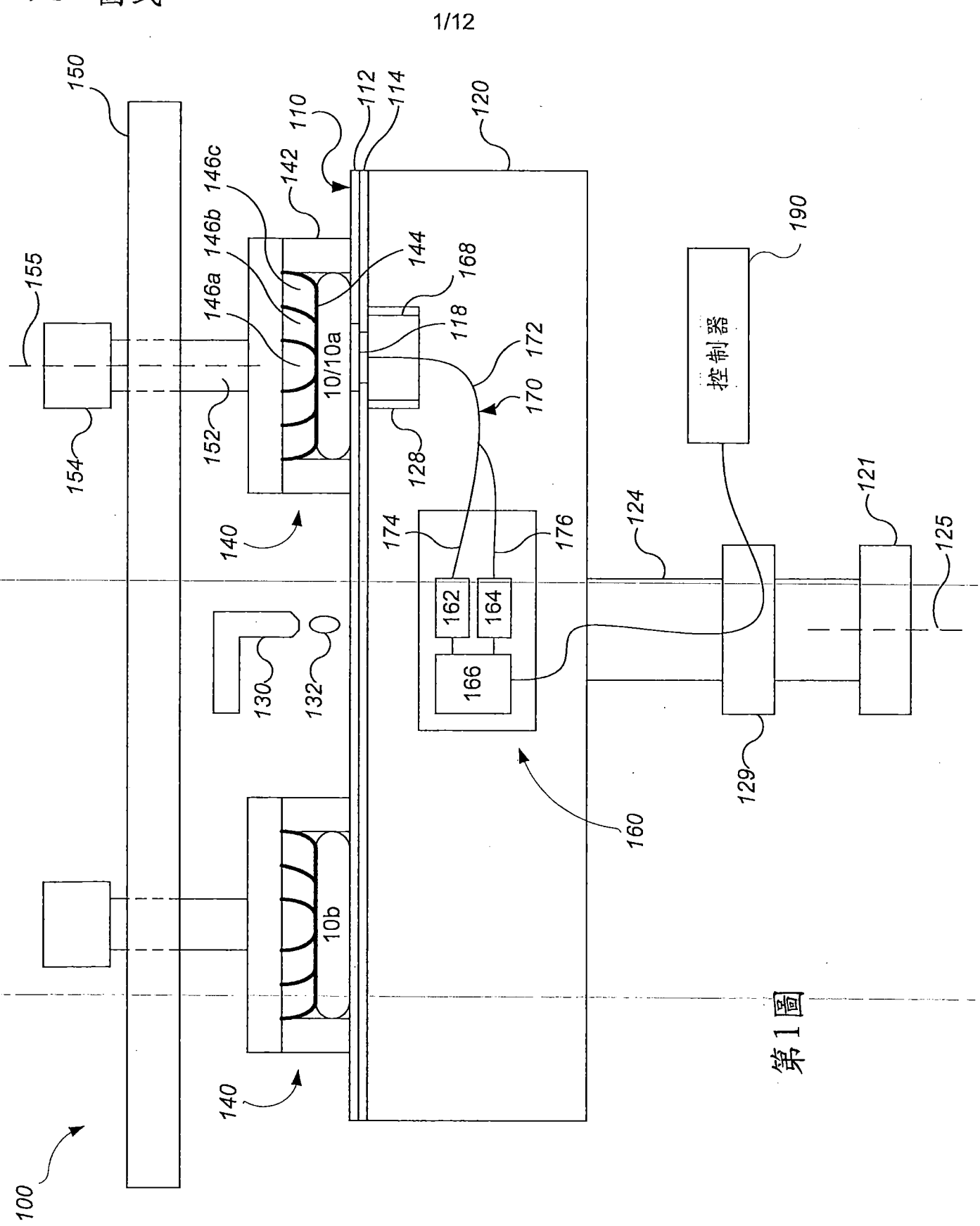
18. 如請求項 17 之電腦實施方法，其中該已調整之目標指標 IT_{adj} 係計算如下： $IT_{adj} = SI + (IT - SI) * (1 + err)$ ，其中 IT 為該目標指標，以及 SI 為該起始指標。

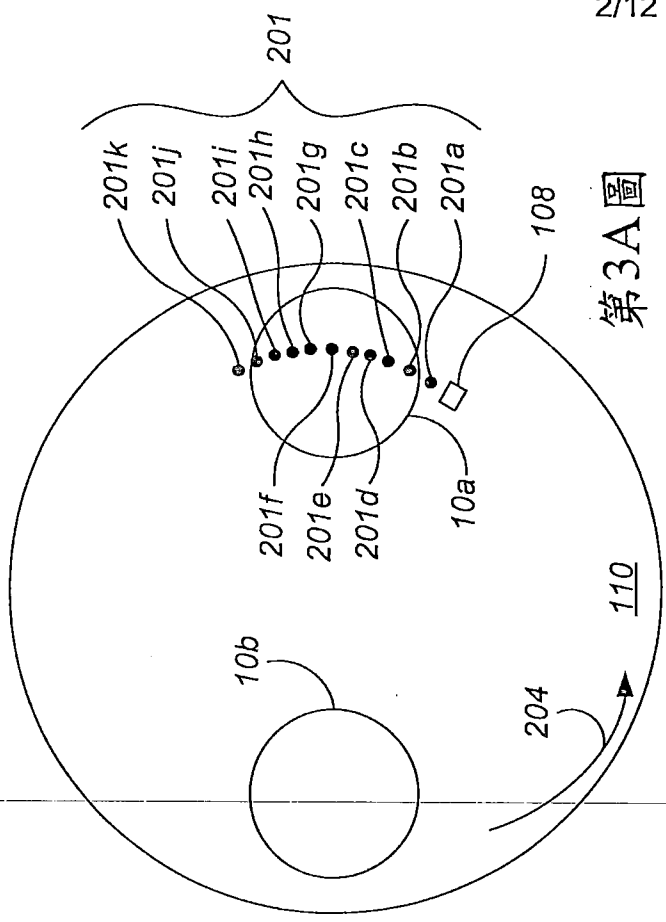
19. 如請求項 18 之電腦實施方法，該方法進一步包含以下步驟：決定該可調整區域於一終點時間 TE' 處所達到的一實際指標 AI 。

20. 如請求項 19 之電腦實施方法，其中決定該實際指標 AI 的步驟包含以下步驟：計算該第二函數在該終點時間 TE' 處的一值。

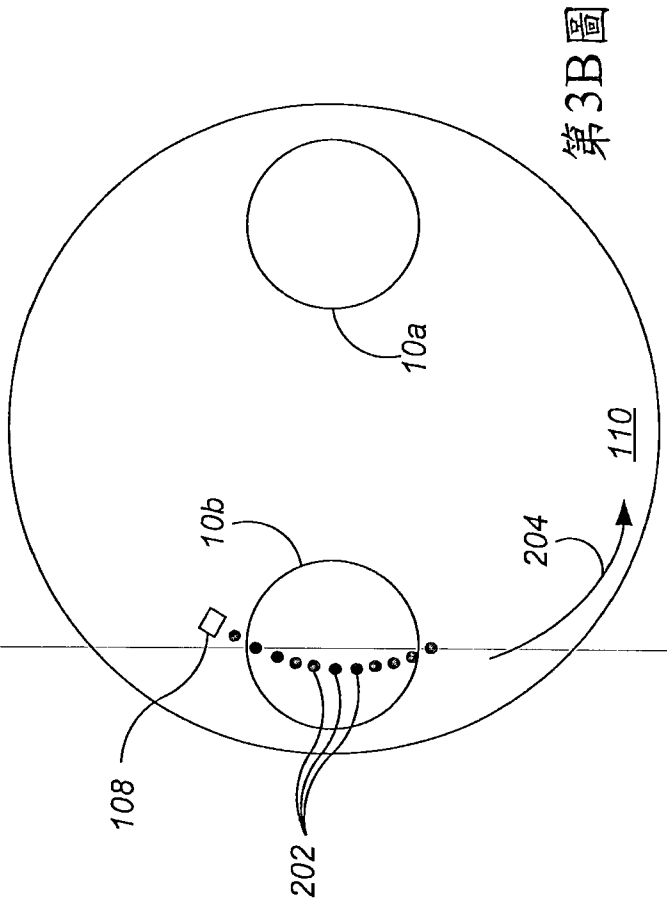
21. 如請求項 20 之電腦實施方法，其中該誤差 err 係計算如下： $err = [(IT - AI) / (IT - SI)]$ ，其中 AI 為該實際指標， SI 為該起始指標，以及 IT 為該目標指標。

八、圖式：

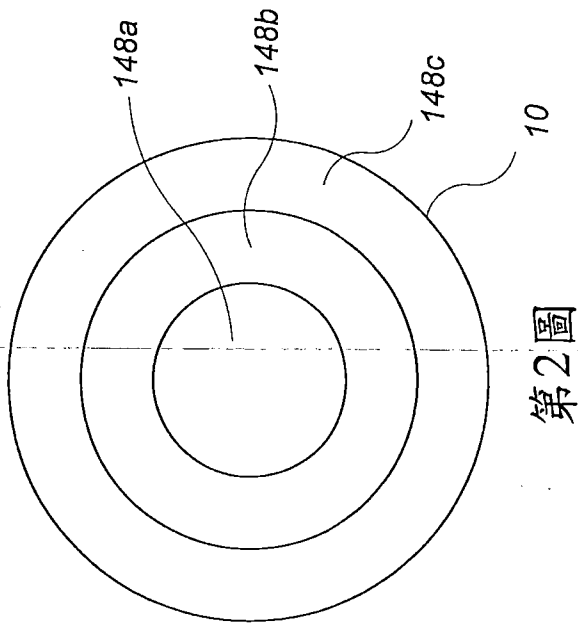




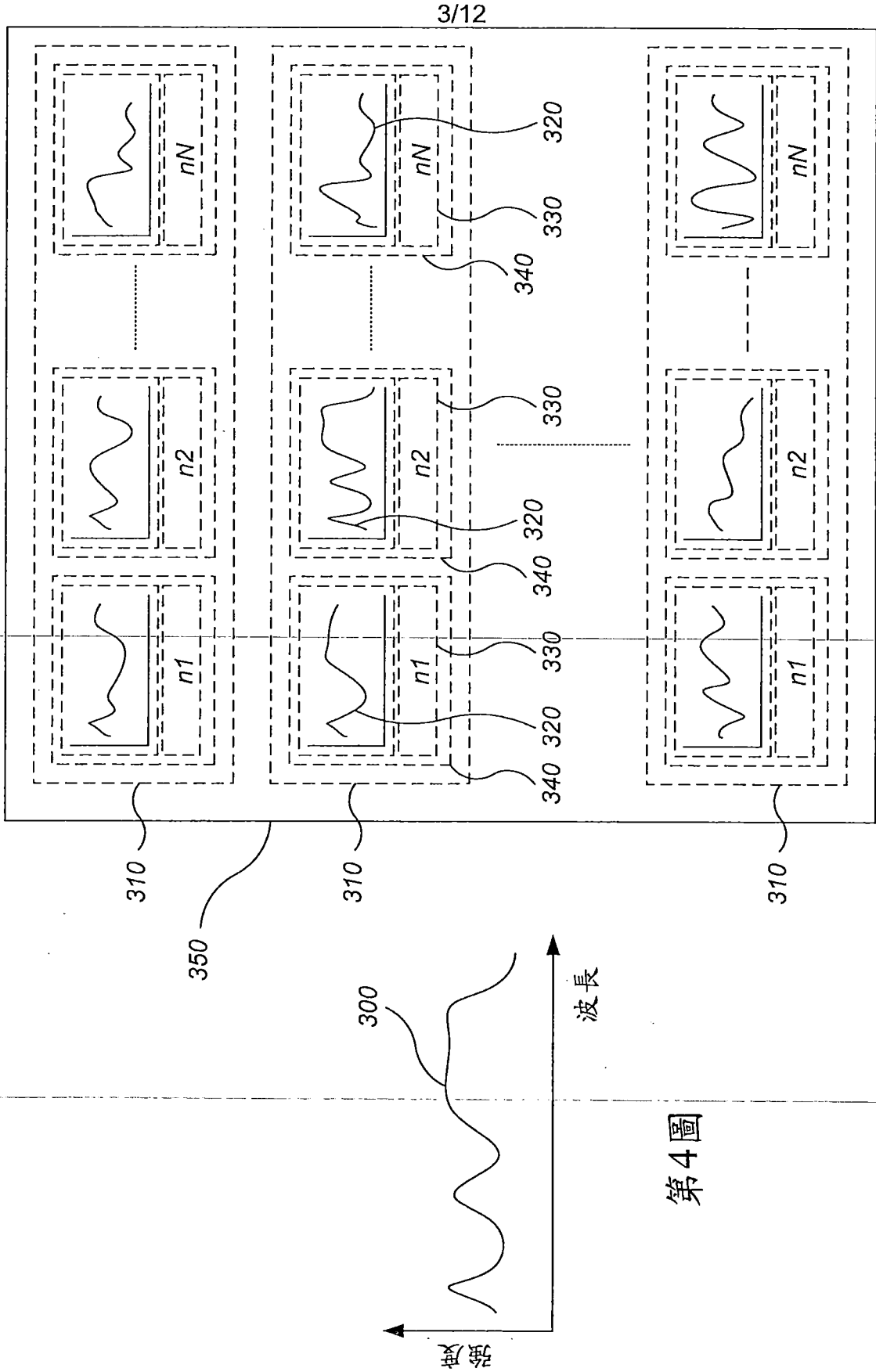
第3A圖



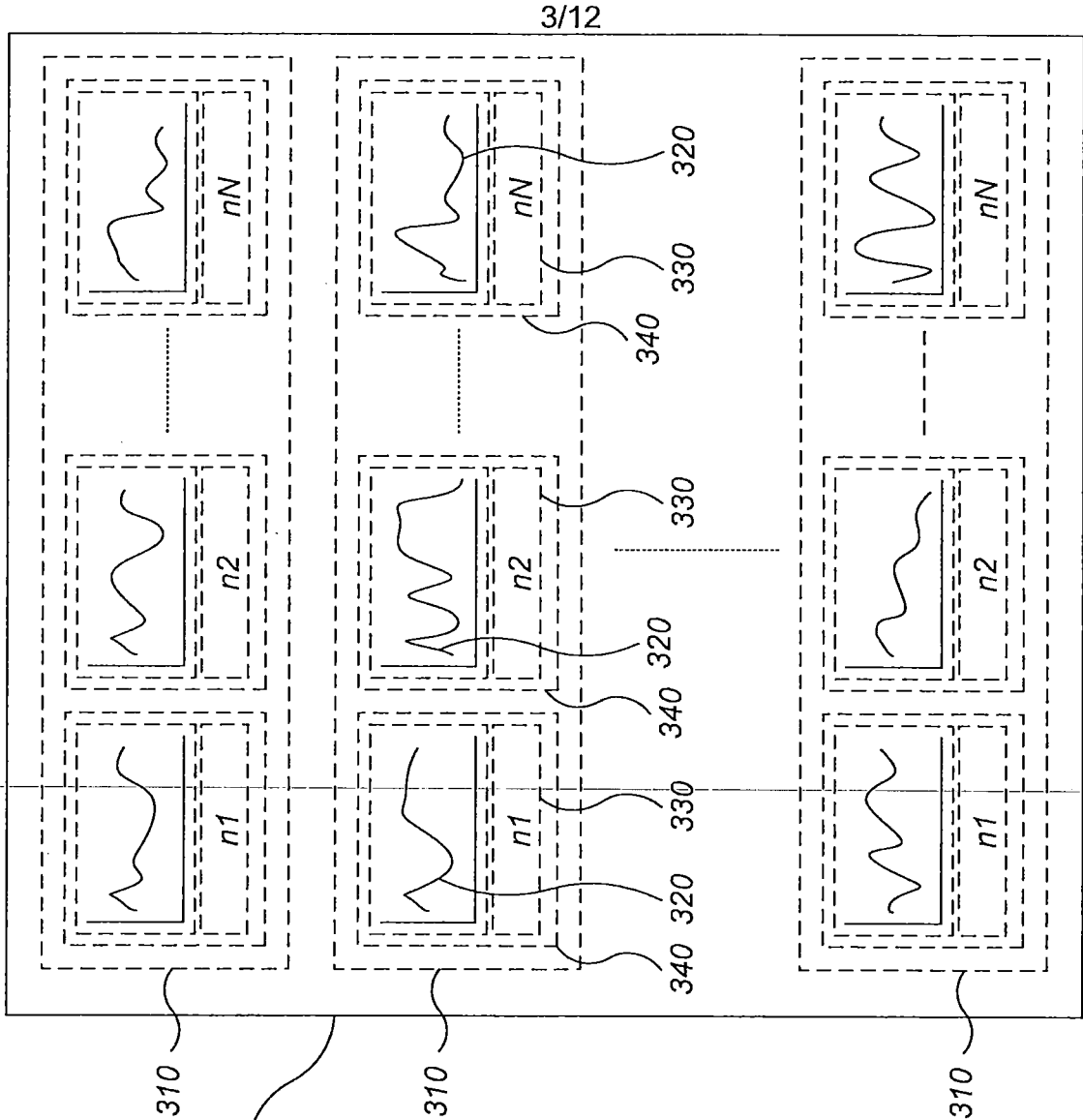
第3B圖



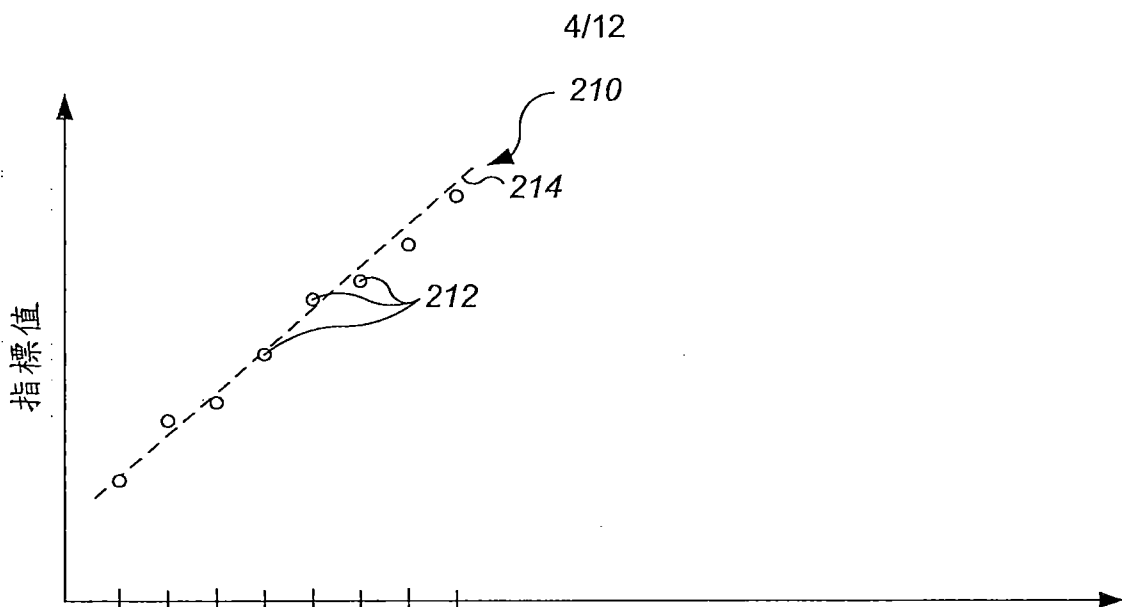
第2圖



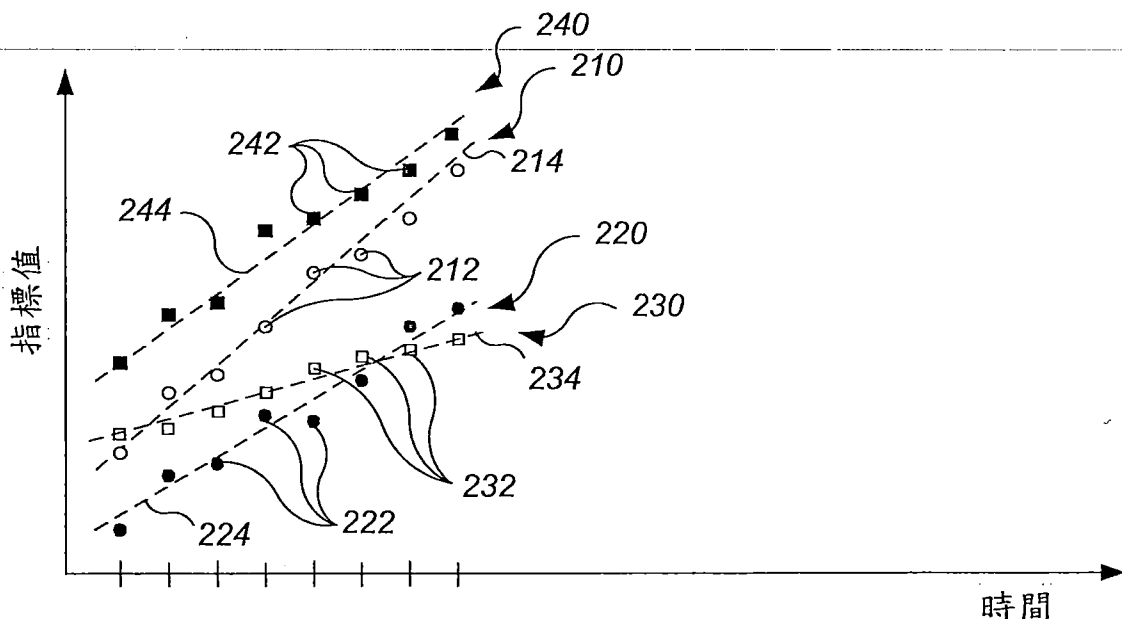
第4圖



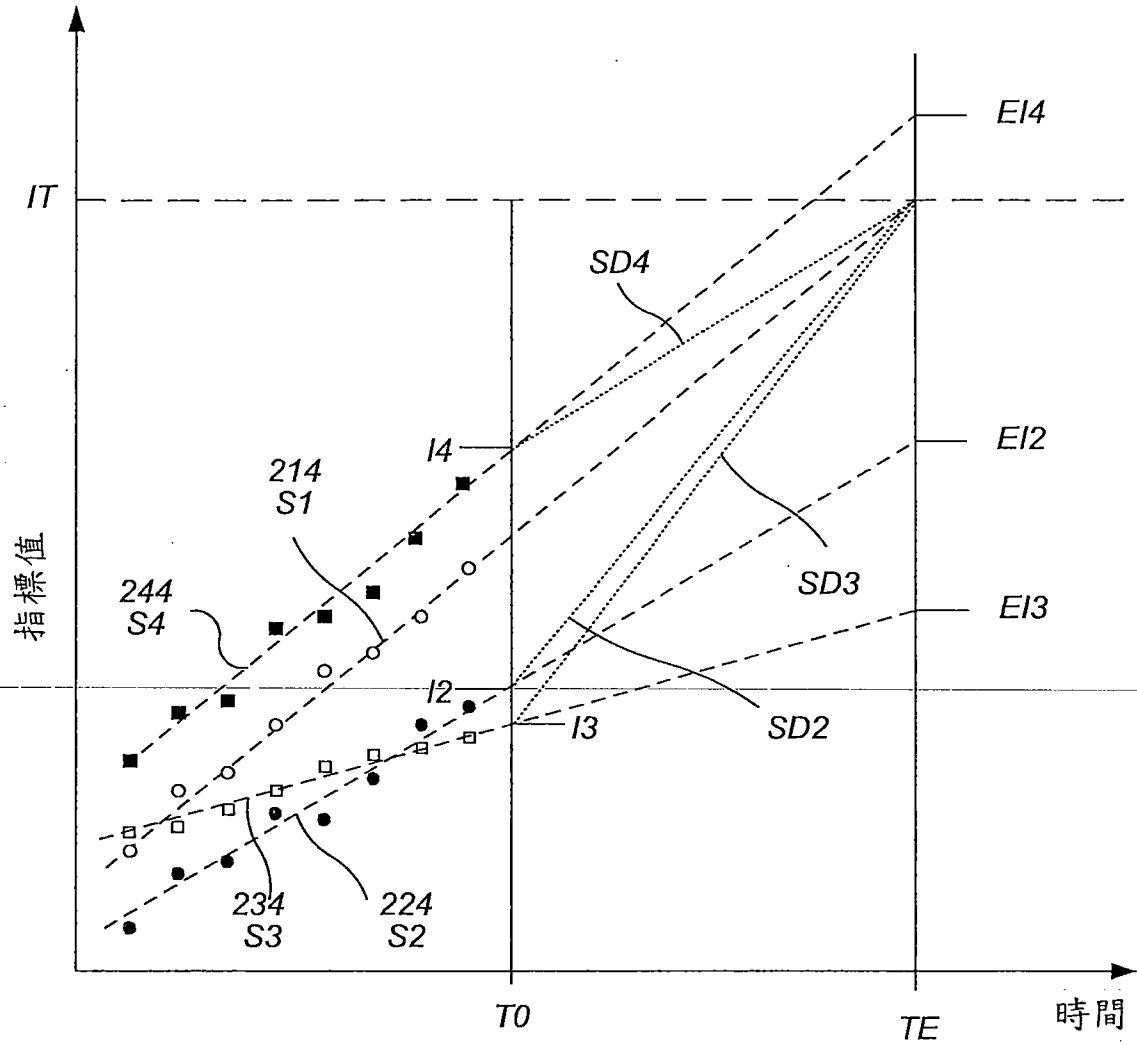
第5圖



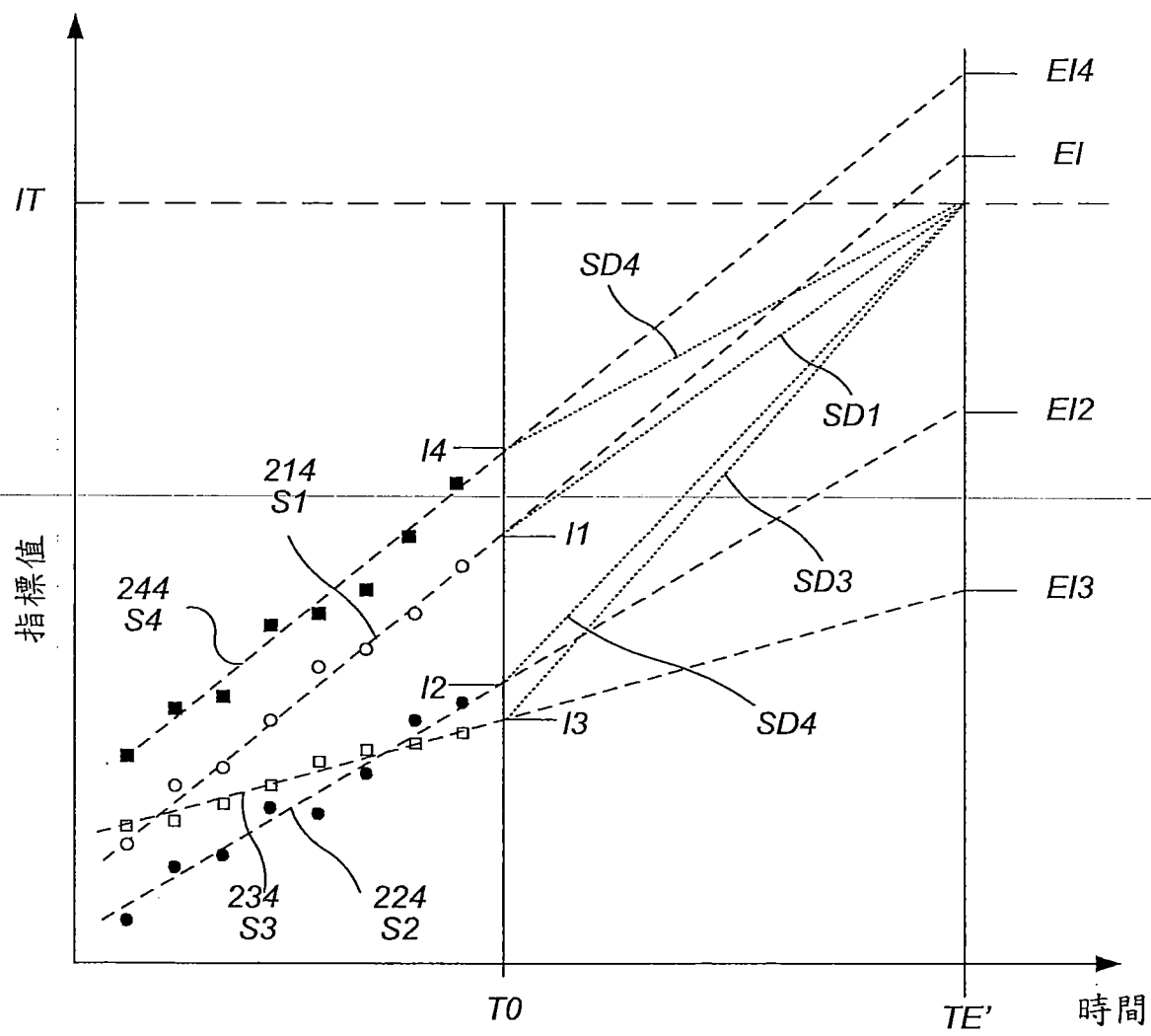
第6圖



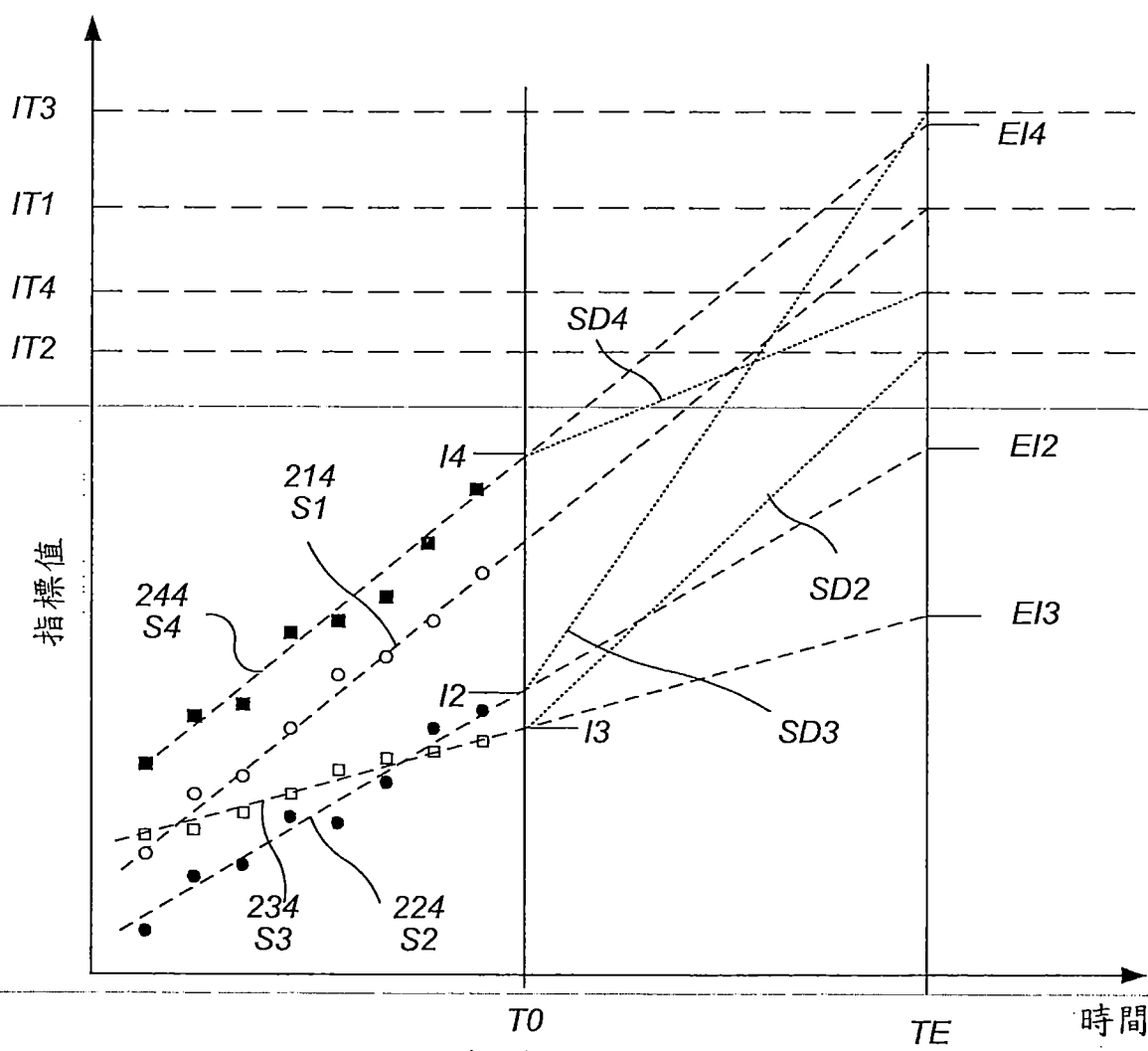
第7圖



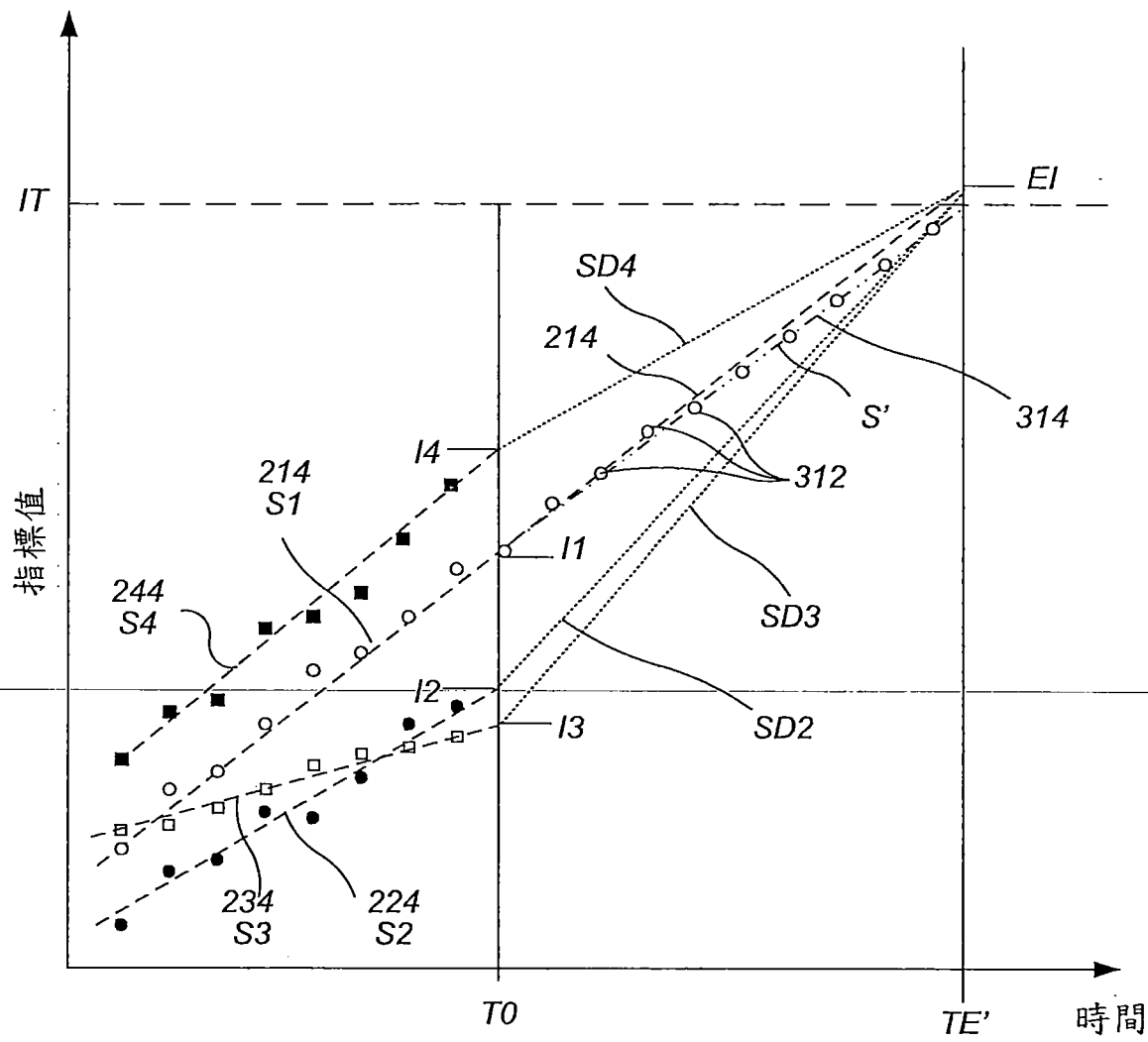
第8圖



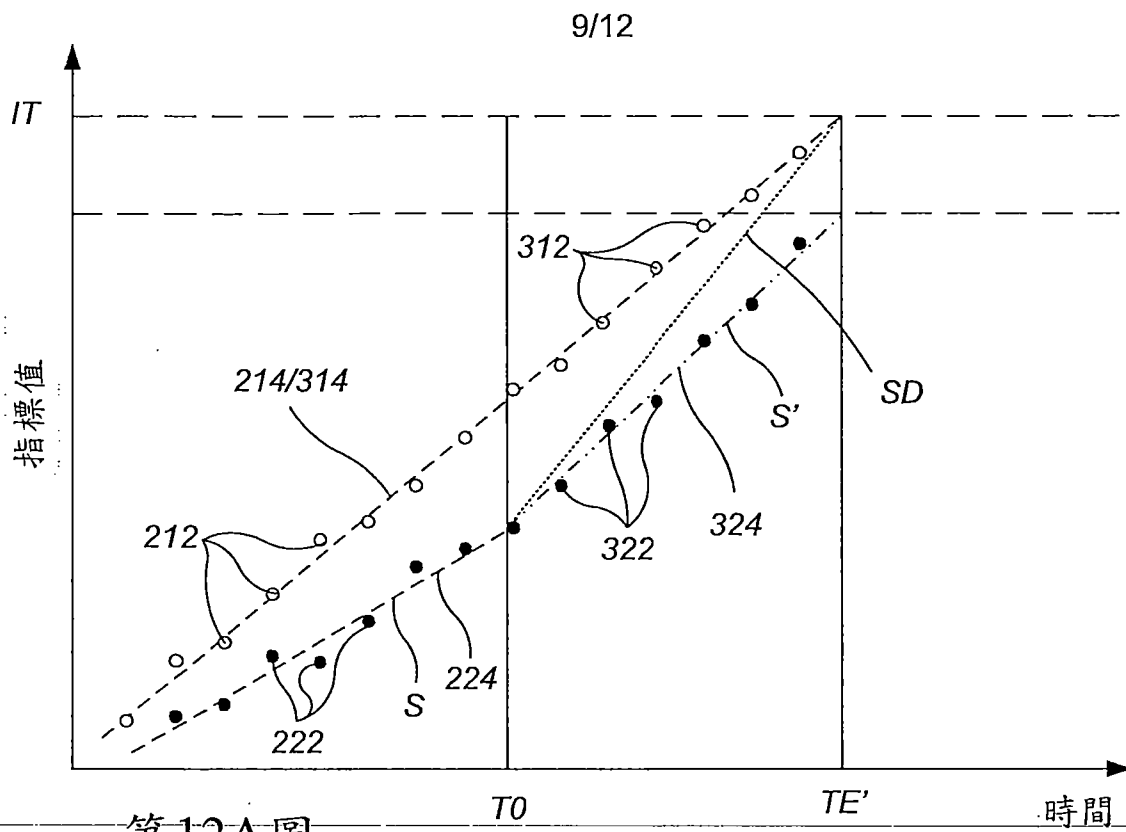
第9圖



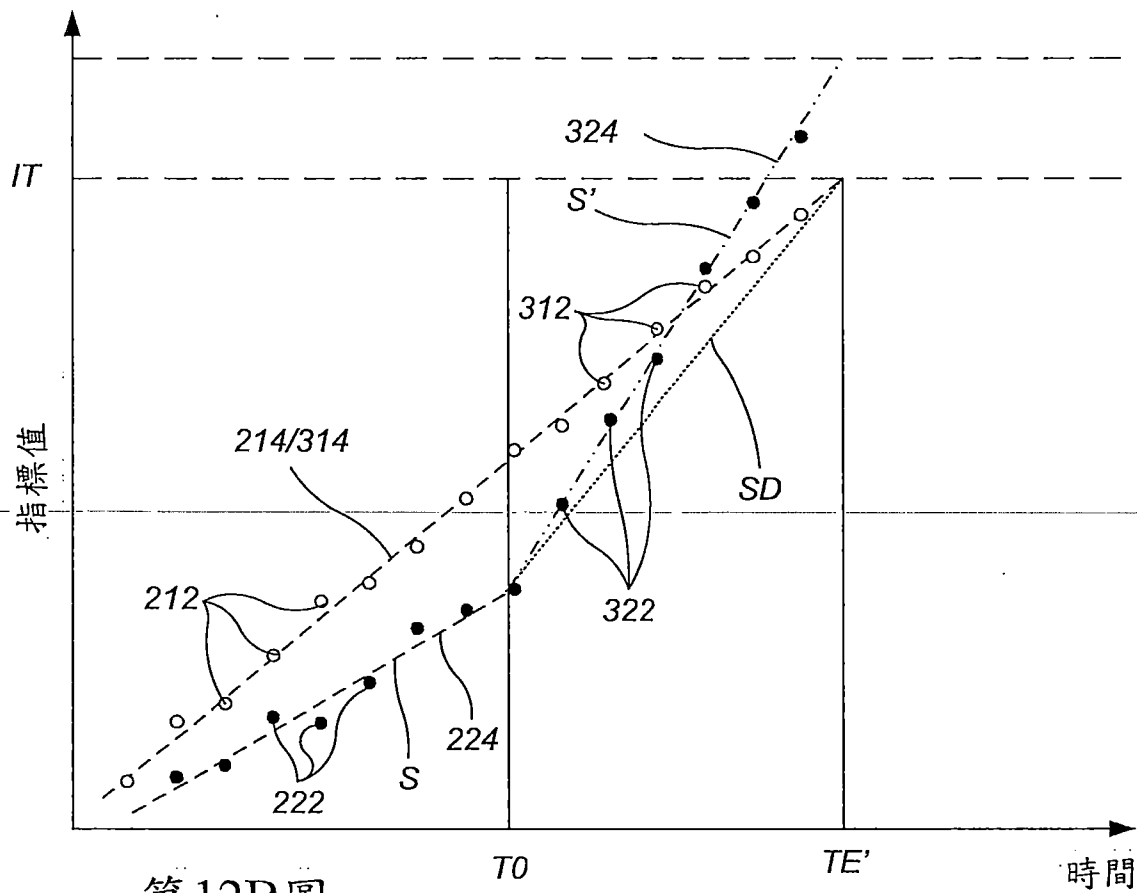
第10圖



第11圖

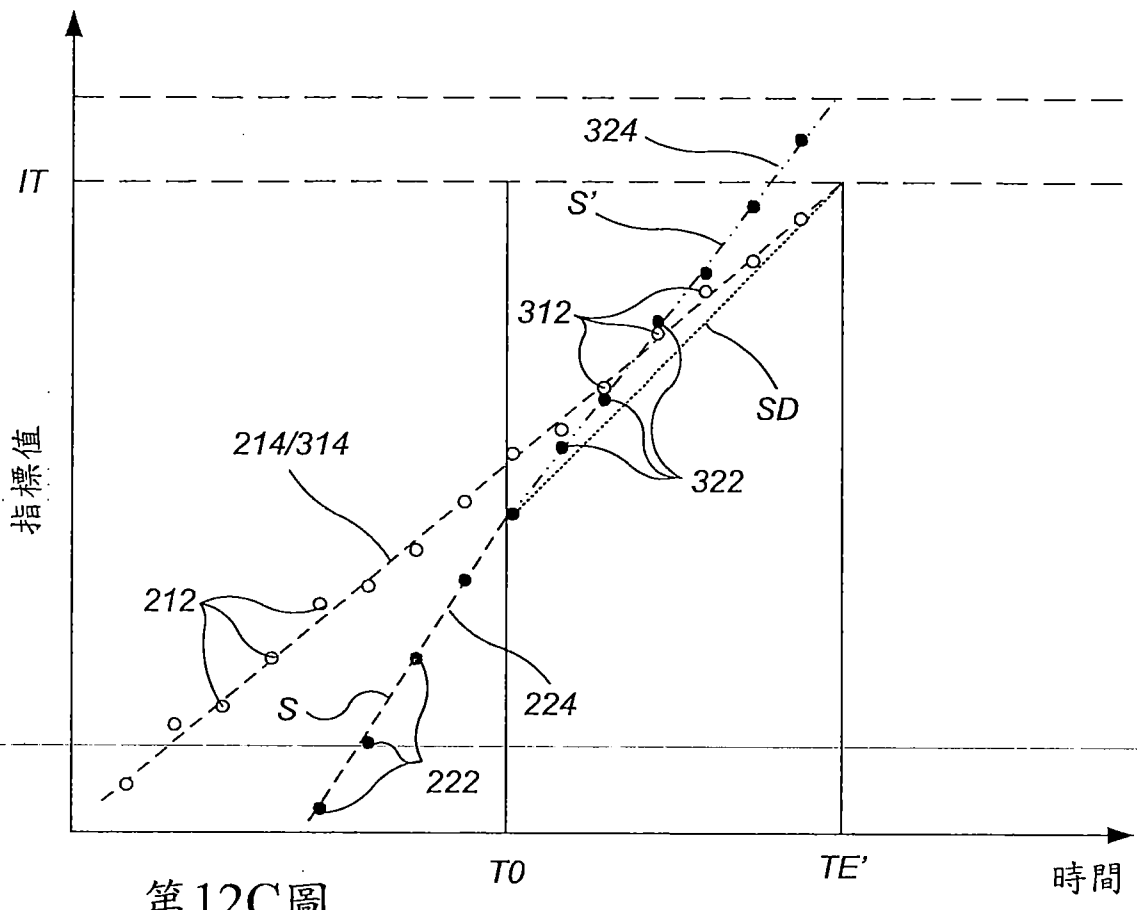


第12A圖

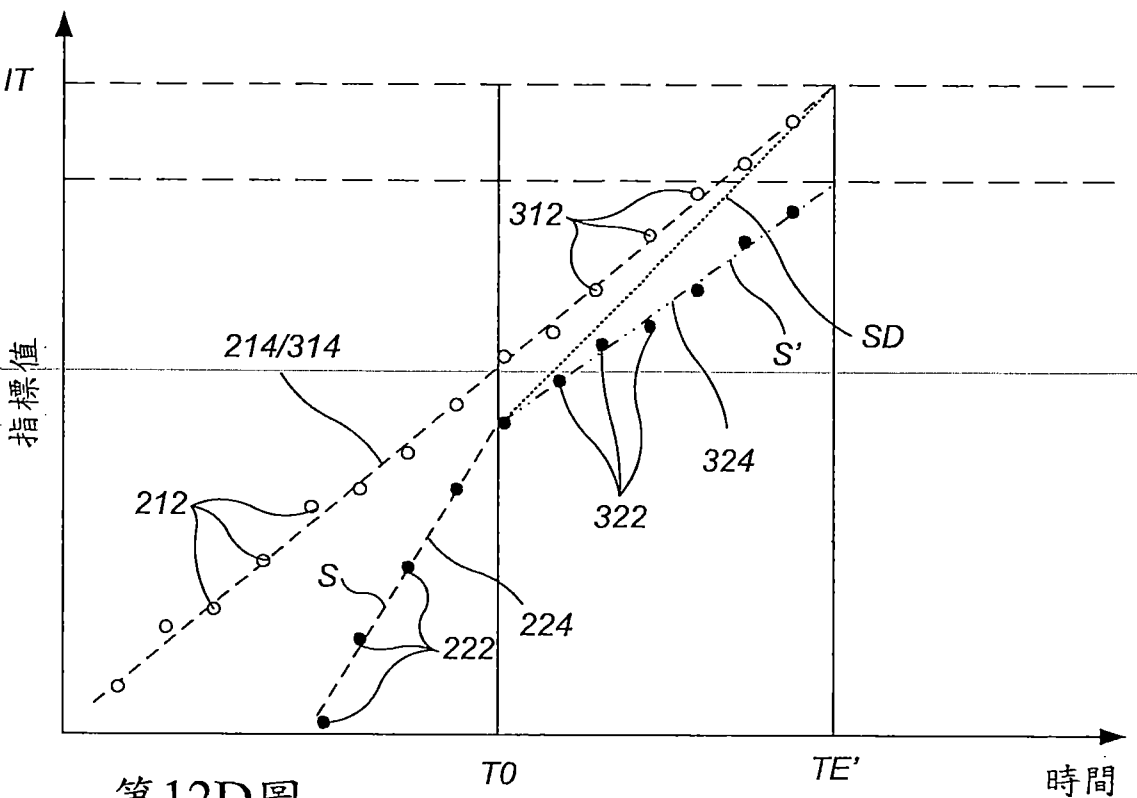


第12B圖

10/12

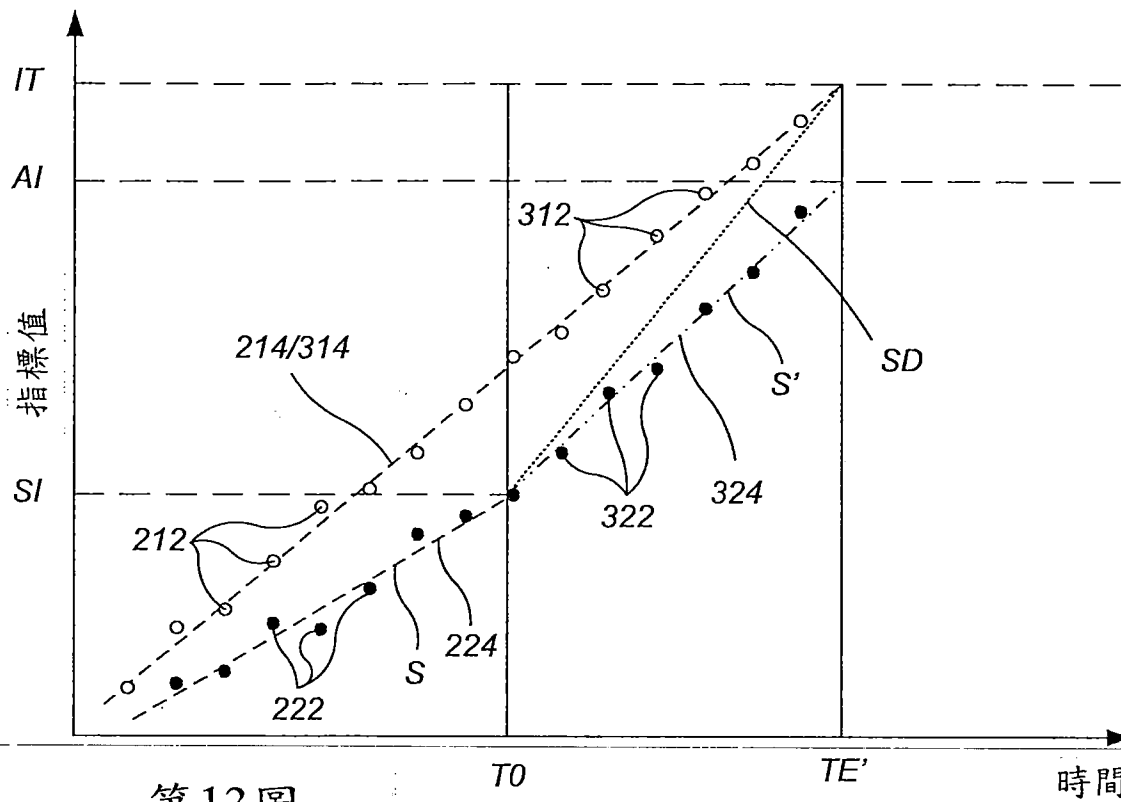


第12C圖



第12D圖

11/12



第13圖

第14圖

