



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201112302 A1

(43)公開日：中華民國 100 (2011) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：099121511

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 06 月 30 日

(51)Int. Cl. : **H01J37/32 (2006.01)**

(30)優先權：2009/06/30 美國 61/222,102

2009/06/30 美國 61/222,024

(71)申請人：蘭姆研究公司 (美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：王江欣 WANG, JIANGXIN (CN)；派瑞 安德魯 詹姆斯 PERRY, ANDREW

JAMES (AU)；維納寇帕 維傑亞庫瑪 C VENUGOPAL, VIJAYAKUMAR C. (IN)

(74)代理人：許峻榮

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：5 共 36 頁

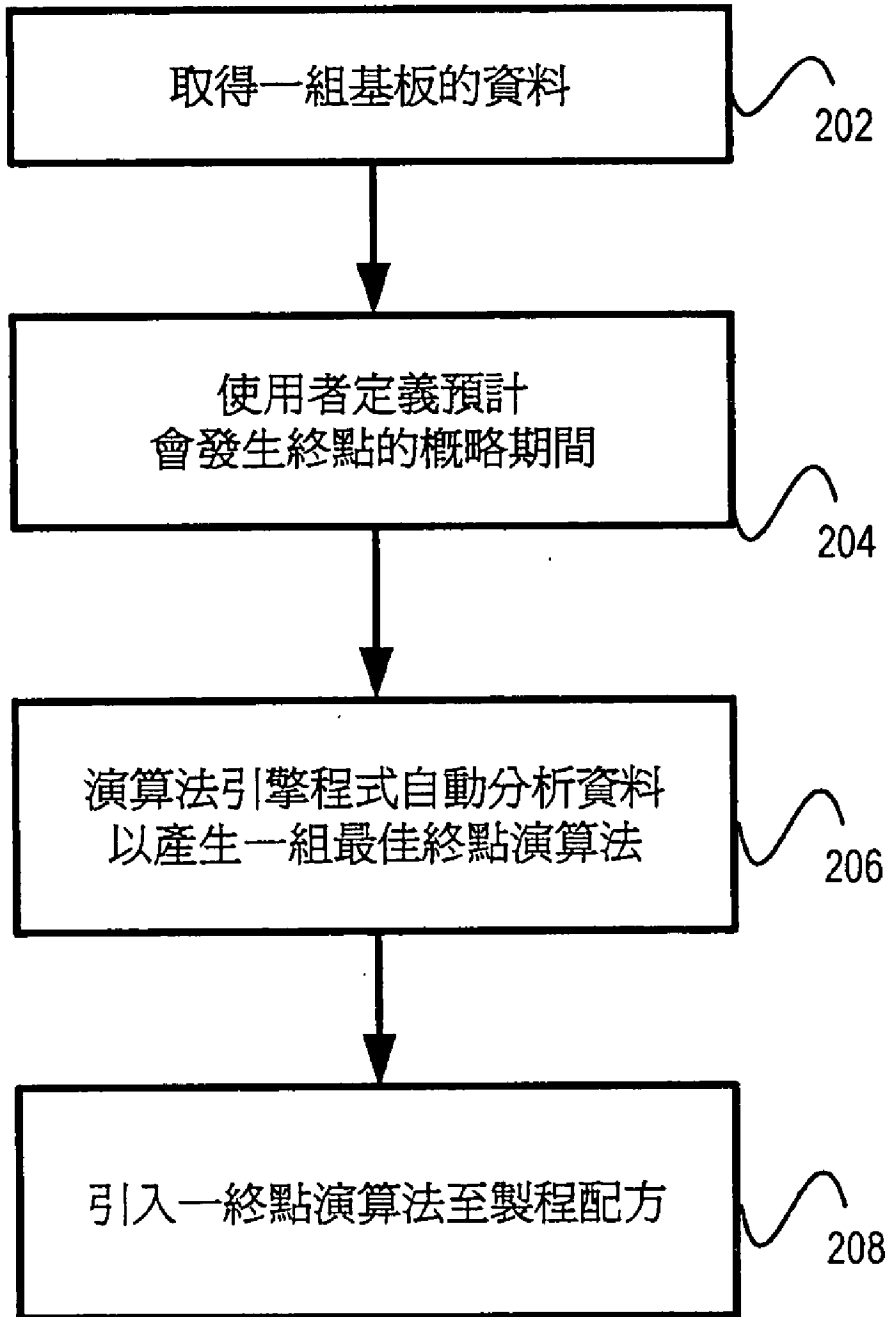
(54)名稱

最佳終點演算法的建構方法

METHODS FOR CONSTRUCTING AN OPTIMAL ENDPOINT ALGORITHM

(57)摘要

提供一種自動辨識一最佳終點演算法之方法，其用以鑑定在一電漿處理系統中處理基板的期間之一製程終點。該方法包括在該電漿處理系統中處理至少一個基板的期間，從數個感測器接收感測器資料，其中該感測器資料包括從數個感測器管道而來的數個信號流。該方法亦包括辨識一終點域，其中該終點域為預計會發生該製程終點的一概略區間。該方法更包括分析該感測器資料以產生一組可能終點特徵記號。該方法還包括轉化該組可能終點特徵記號成為一組最佳終點演算法。該方法另外尚包括引入該組最佳終點演算法的一最佳終點演算法至生產環境中。





(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201112302 A1

(43)公開日：中華民國 100 (2011) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：099121511

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 06 月 30 日

(51)Int. Cl. : **H01J37/32 (2006.01)**

(30)優先權：2009/06/30 美國 61/222,102

2009/06/30 美國 61/222,024

(71)申請人：蘭姆研究公司 (美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：王江欣 WANG, JIANGXIN (CN)；派瑞 安德魯 詹姆斯 PERRY, ANDREW

JAMES (AU)；維納寇帕 維傑亞庫瑪 C VENUGOPAL, VIJAYAKUMAR C. (IN)

(74)代理人：許峻榮

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：5 共 36 頁

(54)名稱

最佳終點演算法的建構方法

METHODS FOR CONSTRUCTING AN OPTIMAL ENDPOINT ALGORITHM

(57)摘要

提供一種自動辨識一最佳終點演算法之方法，其用以鑑定在一電漿處理系統中處理基板的期間之一製程終點。該方法包括在該電漿處理系統中處理至少一個基板的期間，從數個感測器接收感測器資料，其中該感測器資料包括從數個感測器管道而來的數個信號流。該方法亦包括辨識一終點域，其中該終點域為預計會發生該製程終點的一概略區間。該方法更包括分析該感測器資料以產生一組可能終點特徵記號。該方法還包括轉化該組可能終點特徵記號成為一組最佳終點演算法。該方法另外尚包括引入該組最佳終點演算法的一最佳終點演算法至生產環境中。

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於最佳終點演算法的構建方法。

本申請案主張共同擁有的臨時專利申請案「電漿處理機具的先進設備控制/先進製程控制之方法與系統」之優先權，其美國專利申請案第 61/222,102 號、代理人案號第 P2012P/LMRX-P183P1 號，由發明人 Venugopal 等人於 2009 年 6 月 30 日提出申請，全文內容併入本文以供參考。

本部分連續案主張共同受讓之專利申請案「辨識在製程模組階段的未受控制事件之佈置與其方法」之優先權與權益，其申請序號第 12/555,674 號、代理人案號第 P2002/LMRX-P179 號，由發明人 Huang 等人於 2009 年 9 月 8 日提出申請，該案係相關於並主張共同受讓之臨時專利申請案「辨識在製程模組階段的未受控制事件之佈置與其方法」之優先權，其申請序號第 61/222,024 號、代理人案號第 P2002P/LMRX-P179P1 號，由發明人 Huang 等人於 2009 年 6 月 30 日提出申請，全文內容併入本文以供參考。

### 【先前技術】

為易於論述，定義數個詞彙如下。

資料組 - 測量記錄，其為處理機具參數之時間函數。

變化點 - 若干變化發生時之時間序列上的一點。

終點 - 一製程(如矽層蝕刻)已達到或接近完成時之時間點。

終點域 - 在資料組中預期終點要發生期間之區間。終點域通常相當寬且係基於使用者預估。

部分最小平方鑑別分析(PLS-DA, Partial Least Squares Discriminant Analysis) - 找出二組資料之間關係的方法。當有多個自變數(在輸入矩陣 X 中)與多個可能應變數(在輸出矩陣 Y)時可使用 PLS-DA。在 PLS-DA 中，Y 變數並不連續，而是由一組獨立的離散值或集合組成。PLS-DA 會嘗試找出 X 變數的線性組合，其可用以將輸入資料分類至離散集合之其中一者中。

預終點域 - 在終點域之前的資料組部分。

後終點域 - 在終點域之後的資料組部分。

特徵記號 - 在一參數或參數組合的推展中之一特殊的變化點(或變化點之組合)，其指示一製程的終點。該參數組合與該變化本質通常形成一特徵記號之部分。

逐步迴歸 - 意指在有限的暫時資料(從一個別感測器管道而來)區間中，使用最小平方配適演算法為資料值配適一直線。

電漿處理之進展已提供半導體產業的成長。為取得具競爭性的優勢，半導體元件製造商需保持對處理環境的嚴密掌控，俾使消耗最少並生產高品質的半導體元件。

保持嚴密掌控的一種方法係藉由辨識一製程終點。如本文所論，詞彙終點意指一製程(如矽層蝕刻)已達到或接近完成時之時間點。辨識終點的程序可像辨識具最大變化的信號一樣簡單。然而，信號變化不一定總與終點同時。其他因素(如管道雜訊)會導致信號圖形改變。

為利於討論，圖 1 呈現建構終點演算法之一種簡單方法。舉例而言，如圖 1 所述的方法係經常由專家使用者手動執行之。

舉例而言，考量測試基板正被處理中的情況。因為有不同類型的基板，所以測試基板的類型傾向與用於生產環境中的基板類型相同。舉例而言，若在生產期間使用特定圖形的基板，使用相似圖形的基板作為測試基板。

在第一步驟 102，為基板取得資料。在一實例中，當處理基板時，感測器(如壓力計、光學放射光譜儀(OES, optical emission spectrometer)、溫度感測器等等)取得資料。可從數以百計(若非數以千計)的感測器管道蒐集資料。

在已處理基板之後，可分析已蒐集的資料。因為有過多資料可用，在數以千計的信號流中要找出終點是相當具有挑戰性的任務，經常需要具備該機具與配方的深度知識。因此，專家使用者通常負責執行該分析任務。

在下一步驟 104，專家使用者會針對一個以上的信號檢視信

號圖形的變化。專家使用者利用一個以上的軟體程式來協助分析。在一實例中，軟體程式為一簡單分析工具，執行簡單計算與分析。在另一實例中，軟體程式為簡單的資料視覺化程式，舉例而言，係用以圖形化描繪信號歷程。

然而，即使有專家使用者的專業知識與經驗，由感測器取得且可用以分析的資料量仍會多到難以招架。因此，辨識終點特徵記號的任務可能是令人卻步的任務。在一實例中，在 OES 感測器管道中有超過 2,000 個波長測量結果。因為終點資料亦可在其他感測器管道(如提供關於溫度、壓力、電壓等等資料的感測器管道)中找到，若是需要分析每個信號與信號組合，專家使用者會面臨無法克服的任務。

如可預期的，根據應用，若干信號可提供優於其他信號的終點資料。舉例而言，二信號 A 與 B 皆具有終點資料。然而，因為信號 B 具有少於信號 A 的雜訊，信號 B 可提供較佳的終點特徵記號。假設有幾十或幾百個信號，為了終點特徵記號分析資料組的任務(更別提最佳終點特徵記號)會變得極度乏味且耗時的過程。

專家使用者在分析資料時會找尋信號變化(如信號圖形的變化)作為終點的徵兆。舉例而言，若是信號為向下傾斜，信號斜率的峰值便代表變化。雖然在過去手動辨識信號變化一直為乏味的任務，然而近年來，隨著信號變化變得較不明顯，此任務變得更加困難。對於用以處理基板上的小型開放區域之配方而言更是如此。在一實例中，正被處理(如蝕刻)的開放區域小到(如 $< 1\%$ 的基板區域)信號變化極為細微，以致人眼幾乎無法察覺。

為利於分析，專家使用者會刪除其認為與辨識終點無關的資料值。縮小資料組的一種方法包括辨識並刪除專家使用者不預期終點會發生的信號流之區域。換句話說，專家使用者限縮其終點搜尋於信號流中的標的區域，其係經常位於預終點域與後終點域之間。因為找出並琢磨終點特徵記號的成本很高(在專家時間上)，所以目標為令預終點與後終點域盡可能地大，以限制剩餘要找尋終點的區域。

因為專家使用者通常熟悉製程，專家使用者可藉由僅分析精選信號進一步縮小資料組。精選信號包括基於專家使用者的經驗會包含終點資料之信號或信號組合。通常，當信號組合係作為一群組來分析時，該信號組合經常來自單一信號感測器來源。一般而言，因為感測器之間的差異會使得相關性分析難以(若非無法)手動執行，所以不會結合來自不同感測器來源的資料。

如可預期的，僅由一過濾資料組運作會增加不慎將最佳終點特徵記號刪除之風險。換句話說，藉由過濾資料，專家使用者假定終點特徵記號(更別提最佳終點特徵記號)係位於過濾後所剩信號的其中之一。因此，在所剩信號中所辨識的終點特徵記號不必然是最佳終點特徵記號。

在已辨識信號變化之後，專家使用者執行驗證分析，判定信號變化作為終點候選值之穩健性。舉例而言，專家使用者會分析信號歷程，判定該信號變化之獨特性。若是該信號變化並不獨特(即在信號歷程中發生不止一次)，該信號便從資料組中刪除。專家使用者接著便重回其乏味的任務，在其他信號中辨識「難以捉摸」的終點。

在下一步驟 106，一組過濾器(如一組數位過濾器)係用在資料組中以移除雜訊並平順資料。舉例而言，可用的過濾器實例非限制性地包括時序過濾器、頻率過濾器。雖然對資料組使用過濾器會減少資料組的雜訊，但因為過濾器亦會增加信號的即時延遲，所以通常會審慎使用過濾器。

在若干情況下，執行多變量分析(如主成分分析或部分最小平方方法)以分析資料。執行多變量分析以進一步縮小資料組。為了使用多變量分析，專家使用者需要定義終點特徵的形狀(如曲線)。換句話說，即使尚未辨識出終點候選值，專家使用者被指望要預設終點的形狀。藉由預定終點形狀，多變量分析本質上刪除未呈現預期形狀的信號。在一實例中，若是終點形狀係定義為波峰，未呈現此形狀的信號便被刪除。因此，若是最佳終點特徵記號不具有「期望」形狀，就會錯過該最佳終點特徵記號。

如由前述可知，從過多資料中辨識單一終點特徵記號之任務可為令人卻步的任務且執行起來耗時(若非以週計算)。另外，一旦辨識出終點特徵記號，僅會執行極少或不執行信號或信號組合作為終點特徵記號的合適性之定量分析。在一實例中，為驗證作為終點特徵記號的信號變化，專家使用者分析其他信號，在約略相同的時間帶中找尋相似的信號變化。然而，考量專家使用者已花費大量時間辨識第一終點特徵記號，專家使用者可能不會總是有時間、資源以及/或是意願驗證結果。

在下一步驟 108，專家使用者基於轉變的本質挑選終點演算法的型態。通常，終點演算法的型態係基於譜線的形狀，舉例而言，其代表終點。在一實例中，終點可由斜率變化代表。因此，專家使用者會提議取決於斜率的演算法。

此外，終點演算法係基於可提供最佳終點特徵記號之導數。然而，終點特徵記號的一階導數(如斜率的變化)可能無法提供最佳終點演算法。舉例而言，斜率的二階導數(如反曲點)反而可提供較佳的終點演算法。不僅能辨識終點特徵記號還能辨識終點特徵記號所相關的最佳終點演算法之能力需要少數使用者(即使是專家使用者)擁有的專業知識。

在下一步驟 110，最佳化以及/或是測試演算法的設定值。一旦已辨識出終點演算法，終點演算法便轉化為生產終點演算法。因為測試環境與生產環境之間存有差異，在將終點演算法移至生產前需要調整終點演算法的設定值。舉例而言，要調整的設定值非限制性地包括平順過濾器、延遲時間、演算法型態的特定設定值等等。

在一實例中，在測試環境中用以平順資料的過濾器在生產環境中可能導致無法接受的即時延遲。如本文所論，即時延遲意指未過濾信號變化與過濾信號變化之間的時間差。舉例而言，信號的波峰可能發生在製程中的第 40 秒。然而，在使用過濾器之後，直到 5 秒之後才會產生波峰。若是終點演算法係偕同過濾器設定值一起使用，在終點演算法辨識終點之前基板可能會蝕刻過度。

為了使即時延遲最小，必須調整過濾器。

在將終點演算法移向生產之前，會執行測試以判定是否已最佳化設定值。在一實例中，使用終點演算法於已用來建構終點演算法的資料組上。若是終點演算法使用調整的設定值正確辨識終點，就視該設定值為最佳。然而，若是終點演算法無法正確辨識終點，就必須調整設定值。在設定值為最佳之前必須執行多次測試(透過試誤法)。

在下一步驟 112，針對在終點演算法執行穩健性測試進行判定。若是已執行穩健性測試(步驟 114)，便使用該終點演算法於與其他基板相關的資料組。在一實例中，可處理第二測試基板並蒐集資料。接著就使用終點演算法於第二資料組中。若是該終點演算法能夠辨識終點，就視該終點演算法為穩健，並沿用該終點演算法到生產上(步驟 116)。然而，若是終點演算法無法辨識終點，就視該終點演算法為不夠穩健，而專家使用者便回到步驟 104，重新開始辨識另一終點候選值與建構另一終點演算法之任務。

考量穩健性測試需要時間來執行與分析，許多終點演算法係被沿用到生產環境中而未經歷穩健性測試。換句話說，步驟 112 經常被視為建構終點演算法的選擇性步驟。

如由圖 1 可知，建構終點演算法的方法大多為手動程序，其經常由具專業知識與經驗的專家執行複雜的分析。考量資源的限制，移至生產上的終點演算法可能缺乏量化支持。另外，因為在合理時間內，單一人員不可能有辦法分析所有信號以及/或是信號組合，所建構的終點演算法對該製程而言可能不總是最佳終點演算法。

因此，建構穩健的終點演算法之簡化方法備受期待。

## 【發明內容】

## 【實施方式】

本發明現將參照如隨附圖式所示的數個實施例詳細描述之。

在下列描述中，為提供對本發明的透徹了解，提出大量具體細節。然而，熟習本技術者當可明白在不具若干或全部該具體細節下，仍可施行本發明。在其他狀況下，為避免不亦要的干擾本發明，並未詳述熟知的製程步驟以及/或是結構。

以下描述包括方法與技術之各式實施例。應當謹記在心本發明可能亦涵蓋製造產品，包括用以執行本發明技術實施例的電腦可讀指令所儲存之電腦可讀媒體。舉例而言，電腦可讀媒體包括半導體、磁性、光磁性、光學式、或用以儲存電腦可讀編碼的其他形式之電腦可讀媒體。另外，本發明亦涵蓋施行本發明實施例之設備。此類設備包括電路(專用以及/或是可程式化)以執行本發明實施例有關任務。此類設備的實例包括經適當程式撰寫的通用型電腦以及/或是專用運算裝置，並包括適合本發明實施例有關的各式任務之電腦/運算裝置與專用/可程式化電路之組合。

依照本發明實施例，提供用以自動發覺並最佳化終點演算法之方法。本發明實施例包括建構終點演算法之方法，其判定一製程的最佳終點。本發明實施例亦包括在生產環境中使用終點演算法之就地方法。

在本文件中，各式實施例係使用終點作為實例來討論。然而，本發明並非限於終點，而是包括會發生在製程中的任何變化點。因此，這些論述係意圖作為實例，而本發明並不限於所示實例。

在本發明實施例中，提供建構終點演算法之方法。本方法包括簡單、具親和性、自動化的方法，無論專家與非專家使用者皆可使用。該方法包括取得感測器資料、自動定義概略終點期間、自動分析資料、自動判定一組可能終點特徵記號、與自動引入最佳終點演算法至生產上。

在先前技術中，單一人員純粹是因為資料量而無法在合理的時間期間內能分析所有信號。不像先前技術，在實施例中的分析涉及極少或完全沒有人為介入。取而代之，在一實施例中，可運用演算法引擎來執行分析。因為資料係自動而非手動分析，所以可分析更多(若非全部)的資料。在一實施例中，所有可能信號皆受

分析，且各信號係以其與可能終點特徵記號的相關性為特徵。此外，因為現由演算法引擎執行分析，分析就不再僅限於從單一基板而來的資料檔。所以，可分析更多資料以建構一組穩健的最佳終點演算法。

演算法引擎為一軟體程式，其係基於與終點之標的區域(如終點域)相關的時間函數。一旦使用者已定義概略終點區域(如終點域)，便可使用該演算法引擎分析資料，發覺一組最佳終點特徵記號。

在一實施例中，演算法引擎辨識一組可能形狀，其代表多變量分析中的可能終點特徵記號。不像先前技術，使用者不需要對於每個可能終點特徵記號的形狀擁有先前知識(如波峰、波谷、間距等等)。取而代之的是，一旦演算法引擎已辨識可能終點特徵記號，演算法引擎會產生可能形狀的列表。因此，由演算法引擎所辨識的可能終點特徵記號並不限於單一形狀(如曲線)。在一實施例中，演算法引擎係配置為執行已知終點候選值之資料調節與測試，以辨識一製程的最佳終點特徵記號。作為時間函數之各參數變異性可藉由執行逐步迴歸導出，俾使在整個製程歷程的一串有限時間區間中，判定各資料輸入參數的斜率。在一實施例中，用在計算斜率的時間區間係可設定為在接續資料中去除雜訊，且一併去除與終點不相關之資料慢速偏移。

在一實施例中，OES 信號會根據隨製程推展而可見的變異性之變化程度(即斜率)分組。在一實例中，會把具相似斜率變異的連續波長分在一起。藉由依斜率分組 OES 信號，需要分析的信號量與該信號中的雜訊會大幅減少。此結果會以信號與信號群組的列表呈現，其最可能包含與終點相關的資訊。

在一實施例中，執行揀選以減少可能的終點特徵記號量。在一實施例中，穩健的終點特徵記號為存在於所有已處理基板中的信號。在一實例中，若是一終點特徵記號並非在所有或極大部分的測試基板中之特徵，則該終點特徵記號並不穩健而可刪除。然而，若是一終點特徵記號出現在控制基板上，因為控制基板為並

未接受蝕刻而因此不應產生終點特徵記號之基板，所以該終點特徵記號亦可刪除。

在一實施例中執行多變量分析。在一實例中，由該分析所得結果係用作為部分最小平方鑑別分析(PLS-DA, Partial Least Squares Discriminant Analysis)的輸入，俾使在每個依斜率群組中的各個別信號之權重為最佳。在一實施例中，並非要求使用者輸入終點曲線的預期形狀(如先前技術所要求)，而是 PLS-DA 會依照終點之標的區域以及由演算法引擎所提供之形狀。

在一實施例中，由 OES 信號而來經 PLS-DA 的結果可與其他感測器信號聯合並結合。在一實施例中，可重複 PLS-DA 於新的聯合信號組，以產生精實的最佳可能終點特徵記號組合，其具有高對比與即時終點計算的低運算負荷。

在一實施例中，可能終點特徵記號係轉化為具最小可能延遲時間的終點演算法。不能轉化為具最小即時延遲的即時終點演算法之可能終點特徵記號會被刪除。換句話說，若是與演算法相關的即時延遲超過最大可容許的即時延遲，則該即時終點演算法便會被捨棄。

在一實施例中，會基於有用資訊對無關資訊之比率(此後稱為保真率)以及/或是即時延遲將可能終點演算法分等。在一實例中，具高保真率與低即時延遲之演算法係視為較穩健的演算法。一旦已執行分等，即時終點演算法之其中一者會被選出並移至生產中。

參照圖式與下列論述可更加了解本發明的特徵與優點。

圖 2 呈現在本發明實施例中的一簡單流程圖，描繪建構終點演算法之方法。

在第一步驟 202，藉由處理腔室中的一組感測器取得資料。舉例而言，考慮測試基板正被處理中的情況。當基板正被處理中，資料(例如光放射、電子信號、壓力資料、電漿資料等等)係藉由一組感測器蒐集。

在一實施例中，用以建構最佳終點演算法的資料可能來自不止一個測試基板。藉由併入由不同測試基板而來的資料，可消除

與基板之間的材料差異或製程變異性有關的雜訊。在一實施例中，資料可來自不同腔室所處理的測試基板。藉由併入來自不同腔室的資料，亦可消除與腔室之間的差異相關的雜訊。

在下一步驟 204，辨識預計會發生製程終點之概略時間期間。換句話說，定義一終點域。不像先前技術，終點域為一概略且相對寬廣的時間區間，而演算法引擎將在其中搜尋有效的終點特徵記號。舉例而言，由於搜尋的高速，使用者可擴展終點域以併入在先前技術中為預終點域之若干部分。藉由如此，演算法引擎能辨識在製程中較早發生的終點特徵記號。這些提早的終點降低該製程損害下面半導體層之風險。

在下一步驟 206，啟動演算法引擎以執行資料分析與產生一組最佳終點演算法。在一實施例中，因為並非手動執行資料分析，所以可分析來自不止一個基板的資料檔。熟習本技術者知悉即使涉及較大量的資料，因為未在受分析基板中共同尋得之終點特徵會被刪除，所以由多個基板而來的資料檔所建構之終點演算法傾向較為穩健。

圖 3A 與 3B 呈現本發明實施例的一簡單流程圖，描繪執行資料組分析及產生最佳終點演算法列表之步驟與演算法引擎。為利於討論，將偕同圖 5 一併討論圖 3A 與 3B。圖 5 呈現一方塊圖，描繪在一實施例中資料組推展成為最佳終點演算法列表之實例。

在第一步驟 302，演算法引擎對可用資料組(初始資料群組 502)執行線性配適。換句話說，各信號係基於時間區間分成均勻片段(資料群組 504)。為使雜訊最少並使辨識終點特徵之可能性最大，片段的長度相當重要。若片段長度太長，終點會被平均掉而錯過該終點。若片段太短，斜率(如之後在步驟 304 所述)會受雜訊影響。在一實施例中，可預定片段長度的最小與最大量。在一實施例中，最小片段長度較 1/10 秒長。在另一實施例中，針對在 10Hz 所蒐集的資料，最大片段長度較 2 秒短。

在下一步驟 304，演算法引擎會針對各片段計算斜率及其相應的斜率雜訊值(配適斜率的不確定性)。在一實例中，若是信號 A

已被分成十個片段，便會判定信號 A 的十個斜率與斜率雜訊值(資料群組 506A)。在一實施例中，斜率雜訊值可用以使該斜率標準化(資料群組 506B)。

此外或另外，演算法引擎會使用由斜率雜訊值所縮放的斜率作為輸入來執行多變量分析(如部分最小平方分析)，基於來自感測器管道組合的資料，產生斜率與斜率雜訊值的額外列表(亦包括於資料群組 506A)。在一實施例中，斜率雜訊值可用以使斜率標準化(亦包括於資料群組 506B)。

一旦已建構各片段的斜率與斜率雜訊值列表(資料群組 506A)，在下一步驟 306，演算法引擎會辨識帶有終點資料的信號候選值。在一實例中，演算法引擎分析各信號(與其片段)，量化各信號斜率的變異量。量化斜率變異量的一種方法包括計算標準化斜率的標準差。在一實例中，高標準差代表斜率發生變化的信號。在此實例中，高標準差代表帶有可能終點資料之信號。因此，具高斜率變異(相對於斜率雜訊)之信號會被辨識為信號候選值(資料群組 508)。

因為 OES 資料包括大量的波長測量結果(至少 2,000 個信號)，在下一步驟 308，演算法引擎會藉由結合具相似斜率變異的連續波長至信號波長頻帶(資料群組 510)來減少 OES 信號量。在一實例中，若是在 255 奈米與 208 奈米之間有 100 個波長測量結果，且該波長測量結果具有相似的斜率變異，則該 100 個波長測量結果會被結合至一個單一信號波長頻帶，且在分析中被視為一個單一單元。舉例而言，若是有 2,000 個波長測量結果，則可能僅需分析 10 個信號波長頻帶。藉由將波長測量結果分組，因為需要分析的物件量已大幅減少，所以可減輕運算負荷。

在下一步驟 310，演算法引擎辨識標準化信號列表(資料群組 506B)，其會在下面製程中捕捉偏移與雜訊。換句話說，演算法引擎辨識適於標準化的信號，因其具有高斜率但低變異(相對於斜率雜訊)。標準化信號(資料群組 512)代表在感測器信號中移除一般模式變化(如偏移、雜訊等等)之可能候選值。

在下一步驟 312，演算法引擎藉由結合具相似斜率變異的連續波長至標準化信號波長頻帶(資料群組 514)來減少標準化 OES 信號量。步驟 312 在某種程度上與步驟 308 類似，除步驟 312 係用在標準化 OES 信號。

在下一步驟 314，演算法針對所有信號管道產生高對比感測器信號(資料群組 508)、高對比感測器信號波長頻帶(資料群組 510)、標準化信號(資料群組 512)、與標準化波長頻帶(資料群組 514)之列表。在一實施例中，將各資料組中的信號分等。因為已量化各信號中的終點資料之可能性，所以可將各資料組中的信號分等。在一實例中，相較具低斜率變異的信號，具高斜率變異的信號具有較高分等。

在下一步驟 316，演算法引擎搜尋高對比感測器信號以及/或是頻帶以尋找終點域中的可能終點特徵記號(資料群組 516)。在一實施例中，終點特徵記號可透過一組分類特徵(波峰、波谷、反曲點等等)而辨識。在一實施例中可預定該組分類特徵。可在不同的信號導數中搜尋該組分類特徵。

在一實施例中，可應用過濾器於資料群組 508 與 510 上，以移除雜訊並平順資料。在一實施例中，應用在資料群組上的過濾器為時間對稱過濾器。時間對稱過濾器在一特定點之前與之後使用等量的點以計算平均值。此過濾器僅能用於後處理模式，而非在即時的製程執行期間。不像時間不對稱過濾器，時間對稱過濾器傾向引起最小的時間扭曲以及/或是振幅扭曲。所以，過濾資料會經歷最小的即時延遲。

如由前述可知，各資料群組包括過量的信號。在一實施例中，因為已將各資料群組分等，所以資料分析時間可藉由減少搜尋值而大幅降低。在一實例中，並非搜尋資料群組 508 中的所有物件，而是僅分析前 10 個高對比感測器信號。可搜尋的物件量可能不同。執行回收遞減分析以判定最佳數量。

在下一步驟 318，演算法引擎搜尋高對比感測器信號/頻帶(資料群組 508 與 510)對標準化感測器信號/頻帶(資料群組 512 與 514)

之比率以尋找終點域中的可能終點特徵記號(資料群組 518)。藉由採用各高對比感測器信號/頻帶對各標準化感測器信號/頻帶之比率，可辨識的可能終點特徵記號會具有較高的保真率。

在下一步驟 320，演算法引擎搜尋資料結果(資料群組 516 與 518)以將組合(資料群組 520)分等。換句話說，執行匹配以結合具相似形狀與時間期間之終點特徵記號，以增進對比與信號對雜訊比率(SNR, the signal-to-noise ratio)。在一實施例中，在相同導數上執行線性組合。換句話說，即使發生在第一導數的峰值與發生在第二導數的峰值在相同的時間區間內發生，仍不會結合兩者。

在下一步驟 322，演算法引擎執行穩健性測試以移除可能的非重複性終點特徵記號。在一實施例中，穩健性測試會確認多個基板間的一致性。在一實例中，若是可能終點特徵記號在多個基板間並不一致，舉例而言，因為該終點特徵記號可能為雜訊/偏移的結果，所以會捨棄該可能終點特徵記號。

在另一實例中，穩健性測試會確認測試基板與控制基板(或一組控制基板)之間的相似性。舉例而言，考量測試基板為具有一部分為裸露矽區的光阻遮罩之基板。控制基板具有與測試基板相同的特性，除了控制基板係全由光阻遮罩所覆蓋。測試基板與控制基板兩者皆經歷相同的基板處理。然而，因為控制基板的全部表面皆由光阻遮罩覆蓋，所以控制基板應當不會呈現蝕刻的跡象。因此，控制基板應當不具有終點。因此，若是控制基板的變化匹配可能終點特徵記號之其中一者，則會捨棄該匹配的可能終點特徵記號。

在另一實例中，穩健性測試包括測試獨特性。在一實例中，被測試的可能終點特徵記號具有波峰特徵。分析信號的剩餘部分以判定其他的波峰特徵是否發生在該可能終點特徵記號發生之前或之後。若辨識出其他波峰，就刪除該可能終點特徵記號。

上述為不同的穩健性評斷標準實例，其可用以刪除非真正的終點特徵記號之特徵記號。藉由應用穩健性測試於可能終點特徵記號上，就可進一步確定真正終點之可能終點特徵記號列表。

在一實施例中，演算法引擎執行多變量相關性分析，例如基於相關性的部分最小平方鑑別分析(PLS-DA)，以使可能終點特徵記號列表為最佳。如先前所提，多變量分析(如基於相關性的 PLS 分析)通常要求先定義終點特徵記號的形狀。換句話說，多變量分析需要知道特徵記號曲線的預期形狀。在先前技術中，使用者通常為必須提供終點特徵記號形狀(如波峰、波谷、斜率等等)的人。考量判定終點候選值的形狀(在先前技術中)耗時(若非以週計算)，使用者通常僅能提供一個形狀特徵作為多變量分析的輸入。不像先前技術，由演算法引擎所辨識的可能終點特徵記號具有不同的形狀特徵。因此，可輸入至多變量相關性分析的輸入量係依照已被辨識的可能終點特徵記號的形狀。

在一實施例中，使形狀/多個形狀(由可能終點特徵記號列表所決定)與各信號相關聯，以產生可能終點特徵記號與各感測器管道中信號之間的相關矩陣。相關矩陣包括可應用至每個信號的最佳權重以及/或是單位，用以使各可能終點特徵記號的對比最佳。雖然多變量分析可幫助最佳化可能終點特徵記號列表(資料群組 522)，並不需要多變量相關性分析以辨識最佳終點演算法列表。並且，即使相關性的 PLS 分析係用於前述實例中，本發明並非限於相關性的 PLS 分析，而可為任何型態之相關性的多變量分析。

在下一步驟 324，演算法引擎轉化剩餘的可能終點特徵記號(資料群組 522)成具最小即時延遲的即時終點演算法(資料群組 524)。換句話說，演算法引擎係配置為轉化可能終點特徵記號成以最小即時延遲於生產期間執行的終點演算法。在一實施例中，會自動計算各終點演算法所需的設定值。在一實例中，即時過濾器的設定值係自動最佳化為以最小過濾器延遲在每個處理測試基板上召喚終點。即時過濾器係成串並使用串列記憶體組件的初始值以最小化發生於無限脈衝回應過濾器的初始瞬變脈波。這對於終點接近資料歷程開端之終點演算法係特別重要。

演算法引擎會針對各可能終點特徵記號提供即時終點演算法。在一實施例中，若是演算法引擎無法建構即時終點演算法，

則不會提供終點演算法。在一實例中，若是演算法引擎無法建構能在每個處理測試基板上召喚/辨識終點之即時終點演算法，則不會提供終點演算法。

在下一步驟 326，演算法引擎刪除超過最大可容許即時延遲的終點演算法。在一實例中，若是辨識終點所需時間超過預定門檻，因為該即時延遲會導致生產期間的過度蝕刻基板，所以會刪除該終點演算法。

在下一步驟 328，演算法引擎刪除未通過一組穩健性評斷標準之即時終點演算法。穩健性評斷標準實例包括以最小即時延遲在所有測試基板上辨識終點。換句話說，各終點演算法係需要在所有測試基板上辨識終點。穩健性評斷標準的另一實例包括不在控制基板上辨識終點。換句話說，若是終點演算法能在控制基板上辨識終點，該終點演算法就不夠穩健，而會被捨棄該終點演算法。

在下一步驟 330，演算法引擎會將即時終點演算法分等。在一實施例中，分等係基於保真率以及/或是即時延遲。在一實例中，若是二個即時終點演算法具有相同的保真率，則具有較小即時延遲的終點演算法之分等會較高。在另一實例中，若是二個終點演算法具有相同的即時延遲，則具有較高保真率的終點演算法會具有較高等級。

回頭參照圖 2，在下一步驟 208，即時終點演算法係移至生產上。在一實施例中，具最高分等的即時終點演算法係自動移至生產上。在另一實施例中，移至生產上的即時終點演算法係可由使用者控制，因而讓使用者能選擇最符合其需求的終點演算法。在一實例中，即時延遲為元件製造商所擔憂。為此，該元件製造商會寧願選擇較不穩健的終點演算法，若是其可提供較短的延遲時間。

實證經驗顯示藉由自動化製程，建構最佳的即時終點演算法之任為可在幾分鐘內執行。另外，因為演算法引擎係配置為在人員輸入為最小的情況下執行分析，建構終點演算法的程序現可由非專家使用者執行。因此，若是該方法無法針對已知終點域產出

可接受的終點演算法列表，使用者可迅速重新定義終點域並回傳給演算法引擎，以在數分鐘內產生新的終點演算法列表。

圖 4 呈現本發明實施例的一簡單流程圖，其用以實行即時終點演算法於生產環境中。

在第一步驟 402 執行一配方。

在下一步驟 404，藉由一組感測器在基板處理期間取得資料。

在下一步驟 406，就地利用終點演算法，分析資料以辨識製程終點。在一實施例中，利用運算引擎分析資料。因為可能蒐集大量的資料，運算引擎配置為處理大量資料的高速處理模組。資料會從感測器直接送出，而不需先經過製造主控制器或甚至是製程模組控制器。由 Huang 等人於 2009 年 9 月 8 日提出申請的美國專利申請案第 12/555,674 號描述適合用以執行該分析之分析電腦實例。

在下一步驟 408，系統作出關於是否辨識終點之判定。

若是尚未辨識終點，則系統會回到步驟 404。

然而，若是已辨識終點，則在下一步驟 410 就停止配方。

如由前述可知，本發明一個以上的實施例提供辨識最佳的即時終點演算法之方法。藉由自動化分析，該方法本質上刪除對專家使用者之需求。經由如本文所述的方法，可將較穩健的終點演算法移至生產中。並且，因為構建終點演算法所需時間已大幅減少，更新或建構新的終點演算法係不再是資源密集及耗時的任務。

雖然已用數個較佳實施例描述本發明，但仍有落在本發明範疇中的變更、替換、與均等物。雖然本文提供各式實例，該實例係意圖為作為例證而非限制本發明。並且，即使本文件自始至終皆使用終點作為實例，本發明亦可用於變化點，其為發生在處理期間的信號變化事件。

並且，為求方便，本文提供標題與發明內容，但其不應用以建構本文的申請專利範圍之範疇。另外，摘要係撰寫為高度簡化的形式，且為求方便而提供於此，因而不應用以建構或限制整體發明，其係陳述於申請專利範圍中。若是本文使用詞彙「組」，該

詞彙係意圖具有一般理解的數學意義，包括零、一、或多於一的構件。應當注意實行本發明的方法與設備有許多替代方式。因而應解釋下列隨附申請專利範圍為包括所有變更、替換、與均等物，只要其係落在本發明的真實精神與範疇中。

**【圖式簡單說明】**

本發明藉由隨附圖式的圖中實例非限制性地說明之，且其中類似的參考數字表示相似的元件，以及其中：

圖 1 呈現建構終點演算法之一種簡單方法。

圖 2 呈現本發明實施例的一簡單流程圖，描繪建構終點演算法的一種方法。

圖 3A 與 3B 呈現本發明實施例的一簡單流程圖，描繪執行發覺最佳終點演算法的步驟與演算法引擎。

圖 4 呈現本發明實施例的一簡單流程圖，其用以實行該最佳終點演算法於生產環境中。

圖 5 呈現本發明實施例的一方塊圖，描繪資料組推展為最佳終點演算法列表之實例。

**【主要元件符號說明】**

102-116 步驟

202-208 步驟

302-330 步驟

402-410 步驟

502 初始資料群組

504 信號均勻片段

506A、506B、508-524 資料群組

# 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)

※申請案號：99121511

※申請日：99.6.30

※IPC 分類：

H01J 37/32

一、發明名稱：(中文/英文)

最佳終點演算法的建構方法

METHODS FOR CONSTRUCTING AN OPTIMAL  
ENDPOINT ALGORITHM

(2006.01)

二、中文發明摘要：

提供一種自動辨識一最佳終點演算法之方法，其用以鑑定在一電漿處理系統中處理基板的期間之一製程終點。該方法包括在該電漿處理系統中處理至少一個基板的期間，從數個感測器接收感測器資料，其中該感測器資料包括從數個感測器管道而來的數個信號流。該方法亦包括辨識一終點域，其中該終點域為預計會發生該製程終點的一概略區間。該方法更包括分析該感測器資料以產生一組可能終點特徵記號。該方法還包括轉化該組可能終點特徵記號成為一組最佳終點演算法。該方法另外尚包括引入該組最佳終點演算法的一最佳終點演算法至生產環境中。

三、英文發明摘要：

A method for automatically identifying an optimal endpoint algorithm for qualifying a process endpoint during substrate processing within a plasma processing system is provided. The method includes receiving sensor data from a plurality of sensors during substrate processing of at least one substrate within the plasma processing system, wherein the sensor data includes a plurality of signal streams from a plurality of sensor channels. The method also includes identifying an endpoint domain, wherein the endpoint domain is an approximate period within which the process endpoint is expected to occur. The method further includes analyzing the sensor

data to generate a set of potential endpoint signatures. The method yet also includes converting the set of potential endpoint signatures into a set of optimal endpoint algorithms. The method yet further includes importing one optimal endpoint algorithm of the set of optimal endpoint algorithms into production environment.

七、申請專利範圍：

1. 一種自動辨識一最佳終點演算法之方法，其用以鑑定在一電漿處理系統中處理基板的期間之一製程終點，包含：

在該電漿處理系統中處理至少一個基板的期間，從數個感測器接收感測器資料，其中該感測器資料包括從數個感測器管道而來的數個信號流；

辨識一終點域，其中該終點域為預計會發生該製程終點的一概略期間；

分析該感測器資料以產生一組可能終點特徵記號；

轉化該組可能終點特徵記號成為一組最佳終點演算法；以及引入該組最佳終點演算法的一最佳終點法至生產環境中。

2. 如申請專利範圍第 1 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中該感測器資料係從多於一個的基板蒐集而來。

3. 如申請專利範圍第 1 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中該感測器資料之該分析包括對該感測器資料執行線性配適，以將從該數個信號流而來的各信號流基於時間區間分成數個片段。

4. 如申請專利範圍第 3 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中該數個片段之各片段係均勻的。

5. 如申請專利範圍第 3 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中為了產生該組可能終點特徵記號之第一組可能終點特徵記號，該感測器資料之該分析包括

針對該感測器資料，計算第一組斜率與第一組相應斜率雜訊值，其中針對該數個片段之各片段計算一斜率與一相應斜率雜訊值，

計算該斜率的斜率變異，以從該數個信號流中辨識出一組高

對比信號，其中該組高對比信號具有高斜率變異，

結合具相似斜率變異的連續波長成為一組信號波長頻帶，

把該高對比信號分等，

把該組信號波長頻帶分等，以及

藉由應用一組分類特徵於至少部分的該高對比信號與該組信號波長頻帶，辨識該第一組可能終點特徵記號，其中該組分類特徵包括波峰、波谷、與反曲點之其中至少一者。

6. 如申請專利範圍第 5 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中為了產生該組可能終點特徵記號之第二組可能終點特徵記號，該感測器資料之該分析包括

藉由結合由該第一組斜率的相應斜率雜訊值所縮放之斜率以及該第一組相應斜率雜訊值，執行多變量分析，以產生一組標準化的斜率與一組標準化的相應斜率雜訊值，

計算該組標準化的斜率之斜率變異，以從該數個信號流中辨識出標準化信號，其中該標準化信號具有高斜率與低變異，

結合具相似斜率變異的連續波長成為一組標準化信號波長頻帶。

把該標準化信號分等，

把該組標準化信號波長頻帶分等，以及

應用一組分類特徵於該高對比信號與一組信號波長頻帶對該標準化信號與該組標準化信號波長頻帶之比率，以產生該第二組可能終點特徵記號。

7. 如申請專利範圍第 5 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中轉化該組可能終點特徵記號成為該組最佳終點演算法包括

若是該組可能終點特徵記號之第一可能終點特徵記號與第二可能終點特徵記號具有相似的形狀與時間期間，結合該第一可能終點特徵記號與該第二可能終點特徵記號，

執行一穩健性測試以從該組可能終點特徵記號中移除可能的非重複性終點特徵記號，

執行一多變量相關性分析以辨識該組可能終點特徵記號的一組最佳終點特徵記號，

轉化該組最佳終點特徵記號成為一組具最小即時延遲之即時終點演算法，其中該即時延遲係基於過濾器延遲，

藉由執行下列之至少一者產生該組最佳終點演算法

移除具有大於一預定門檻的相應即時延遲之即時終點演算法，以及

若是該即時終點演算法無法通過一穩健性測試，刪除該即時終點演算法，以及

把該組最佳終點演算法之各最佳終點演算法分等，其中該分等係基於保真率與該即時延遲之其中至少一者。

8. 如申請專利範圍第6項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中轉化該組可能終點特徵記號成為該組最佳終點演算法包括

若是該組可能終點特徵記號之第一可能終點特徵記號與第二可能終點特徵記號具有相似的形狀與時間期間，結合該第一可能終點特徵記號與該第二可能終點特徵記號，

執行一穩健性測試以從該組可能終點特徵記號中移除可能的非重複性終點特徵記號，

執行一多變量相關性分析以辨識該組可能終點特徵記號的一組最佳終點特徵記號，

轉化該組最佳終點特徵記號成為一組具最小即時延遲之即時終點演算法，其中該即時延遲係基於過濾器延遲，

藉由執行下列之至少一者產生該組最佳終點演算法

移除具有大於一預定門檻的相應即時延遲之即時終點演算法，以及

若是該即時終點演算法無法通過一穩健性測試，刪除該即時終點演算法，以及

把該組最佳終點演算法之各最佳終點演算法分等，其中該分等係基於保真率與該即時延遲之其中至少一者。

9. 如申請專利範圍第 1 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中該最佳終點演算法之引入係基於分等與一組使用者定義條件之其中至少一者。

10. 一種在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，包含：

在一基板上執行一配方；  
在基板處理期間從一組感測器接收處理資料；  
藉由應用一最佳終點演算法分析該處理資料；  
辨識一製程終點；以及  
停止該基板處理。

11. 如申請專利範圍第 10 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該分析係藉由一運算引擎執行，其中該運算引擎為配置成處理大量資料之一高速處理模組。

12. 如申請專利範圍第 10 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該最佳終點演算法係由下列敘述所建構

在該電漿處理系統中處理至少一個基板的期間，從數個感測器接收感測器資料，其中該感測器資料包括從數個感測器管道而來的數個信號流；

辨識一終點域，其中該終點域為預計會發生該製程終點的一概略期間；

分析該感測器資料以產生一組可能終點特徵記號；  
轉化該組可能終點特徵記號成為一組最佳終點演算法；以及  
引入該組最佳終點演算法的一最佳終點法至生產環境中。

13. 如申請專利範圍第 12 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該感測器資料係從多於一個的基板蒐集而來。

14. 如申請專利範圍第 13 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該感測器資料之該分析包括對該感測器資料執行線性配適，以把從該數個信號流而來的各信號流基於時間區間分成數個片段。

15. 如申請專利範圍第 14 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中為了產生該組可能終點特徵記號之第一組可能終點特徵記號，該感測器資料之該分析包括

針對該感測器資料，計算第一組斜率與第一組相應斜率雜訊值，其中針對該數個片段之各片段計算一斜率與一相應斜率雜訊值；

計算該斜率的斜率變異，以從該數個信號流中辨識出一組高對比信號，其中該組高對比信號具有高斜率變異，

結合具相似斜率變異的連續波長成為一組信號波長頻帶，

把該高對比信號分等，

把該組信號波長頻帶分等，以及

藉由應用一組分類特徵於至少部分的該高對比信號與該組信號波長頻帶，辨識該第一組可能終點特徵記號，其中該組分類特徵包括波峰、波谷、與反曲點之其中至少一者。

16. 如申請專利範圍第 15 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中為了產生該組可能終點特徵記號之第二組可能終點特徵記號，該感測器資料之該分析包括

藉由結合由該第一組斜率的相應斜率雜訊值所縮放之斜率以及該第一組相應斜率雜訊值，執行多變量分析，以產生一組標準化的斜率與一組標準化的相應斜率雜訊值，

計算該組標準化的斜率之斜率變異，以從該數個信號流中辨識出標準化信號，其中該標準化信號具有高斜率與低變異，

結合具相似斜率變異的連續波長成為一組標準化信號波長頻帶。

把該標準化信號分等，

把該組標準化信號波長頻帶分等，以及

應用一組分類特徵於該高對比信號與一組信號波長頻帶對該標準化信號與該組標準化信號波長頻帶之比率，以產生該第二組可能終點特徵記號。

17. 如申請專利範圍第 15 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中轉化該組可能終點特徵記號成為該組最佳終點演算法包括

若是該組可能終點特徵記號之第一可能終點特徵記號與第二可能終點特徵記號具有相似的形狀與時間期間，結合該第一可能終點特徵記號與該第二可能終點特徵記號，

執行一穩健性測試以從該組可能終點特徵記號中移除可能的非重複性終點特徵記號，

執行一多變量相關性分析以辨識該組可能終點特徵記號的一組最佳終點特徵記號，

轉化該組最佳終點特徵記號成為一組具最小即時延遲之即時終點演算法，其中該即時延遲係基於過濾器延遲，

藉由執行下列之至少一者產生該組最佳終點演算法

移除具有大於一預定門檻的相應即時延遲之即時終點演算法，以及

若是該即時終點演算法無法通過一穩健性測試，刪除該即時終點演算法，以及

把該組最佳終點演算法之各最佳終點演算法分等，其中該分等係基於保真率與該即時延遲之其中至少一者。

18. 如申請專利範圍第 16 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中轉化該組可能終點特徵記號成為該組最佳終點演算法包括

若是該組可能終點特徵記號之第一可能終點特徵記號與第二可能終點特徵記號具有相似的形狀與時間期間，結合該第一可能終點特徵記號與該第二可能終點特徵記號，

執行一穩健性測試以從該組可能終點特徵記號中移除可能的非重複性終點特徵記號，

執行一多變量相關性分析以辨識該組可能終點特徵記號的一組最佳終點特徵記號，

轉化該組最佳終點特徵記號成為一組具最小即時延遲之即時終點演算法，其中該即時延遲係基於過濾器延遲，

藉由執行下列之至少一者產生該組最佳終點演算法

移除具有大於一預定門檻的相應即時延遲之即時終點演算法，以及

若是該即時終點演算法無法通過一穩健性測試，刪除該即時終點演算法，以及

把該組最佳終點演算法之各最佳終點演算法分等，其中該分等係基於保真率與該即時延遲之其中至少一者。

19. 如申請專利範圍第 12 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該最佳終點演算法之該引入係基於分等與一組使用者定義條件之其中至少一者。

20. 如申請專利範圍第 14 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該數個片段之各片段係均勻的。

八、圖式：

18. 如申請專利範圍第 16 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中轉化該組可能終點特徵記號成為該組最佳終點演算法包括

若是該組可能終點特徵記號之第一可能終點特徵記號與第二可能終點特徵記號具有相似的形狀與時間期間，結合該第一可能終點特徵記號與該第二可能終點特徵記號，

執行一穩健性測試以從該組可能終點特徵記號中移除可能的非重複性終點特徵記號，

執行一多變量相關性分析以辨識該組可能終點特徵記號的一組最佳終點特徵記號，

轉化該組最佳終點特徵記號成為一組具最小即時延遲之即時終點演算法，其中該即時延遲係基於過濾器延遲，

藉由執行下列之至少一者產生該組最佳終點演算法

移除具有大於一預定門檻的相應即時延遲之即時終點演算法，以及

若是該即時終點演算法無法通過一穩健性測試，刪除該即時終點演算法，以及

把該組最佳終點演算法之各最佳終點演算法分等，其中該分等係基於保真率與該即時延遲之其中至少一者。

19. 如申請專利範圍第 12 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該最佳終點演算法之該引入係基於分等與一組使用者定義條件之其中至少一者。

20. 如申請專利範圍第 14 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該數個片段之各片段係均勻的。

八、圖式：

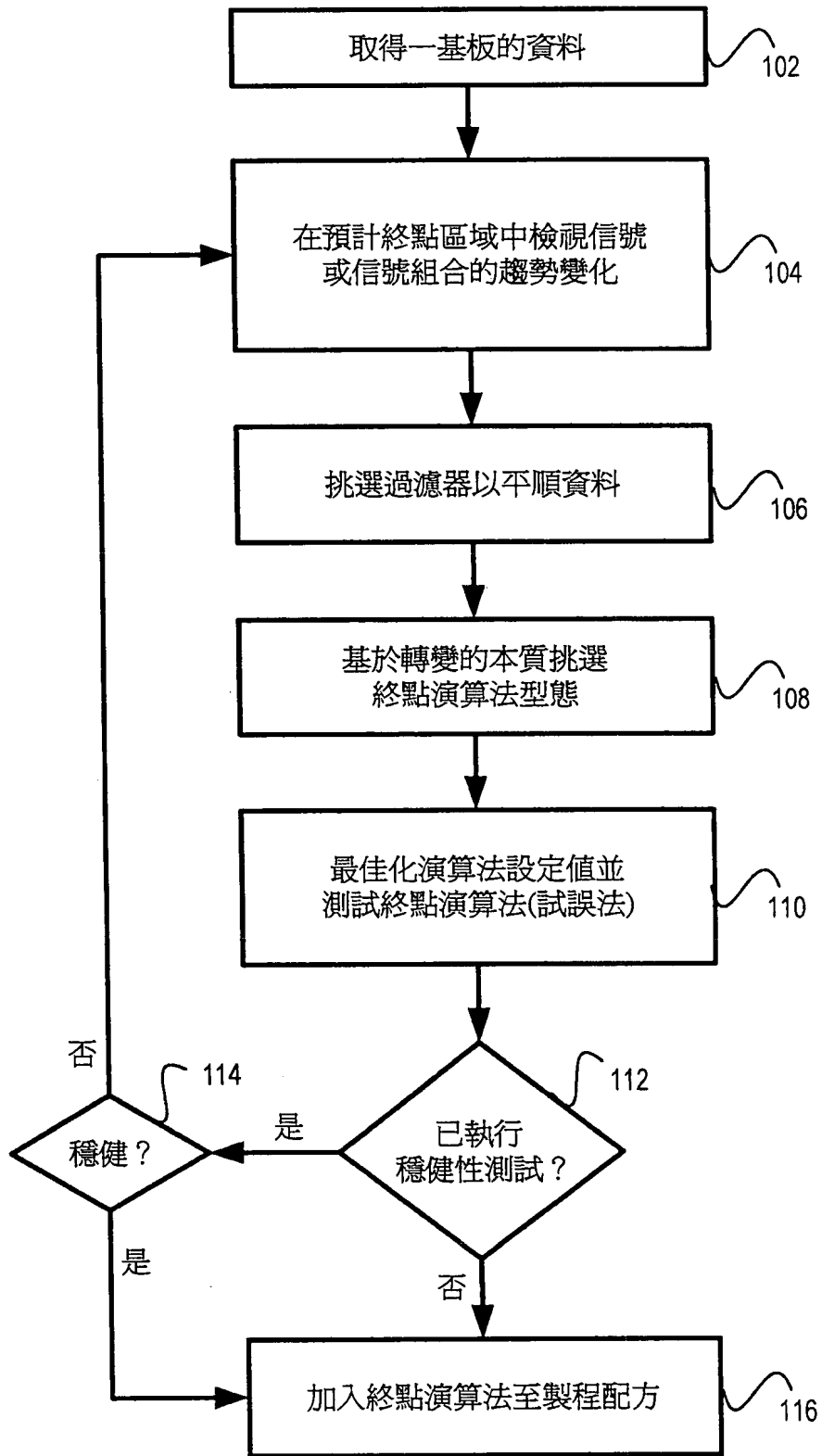


圖 1

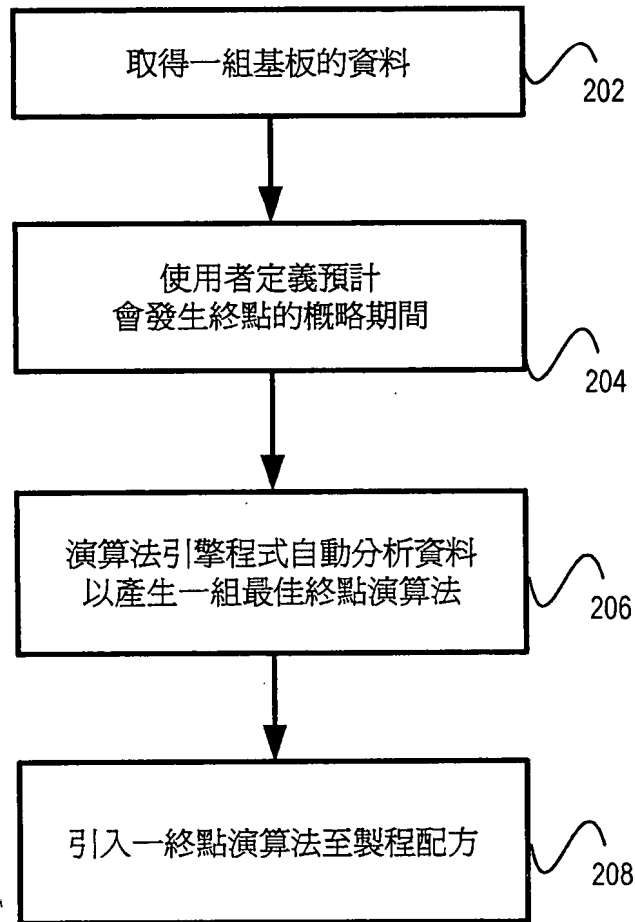


圖 2

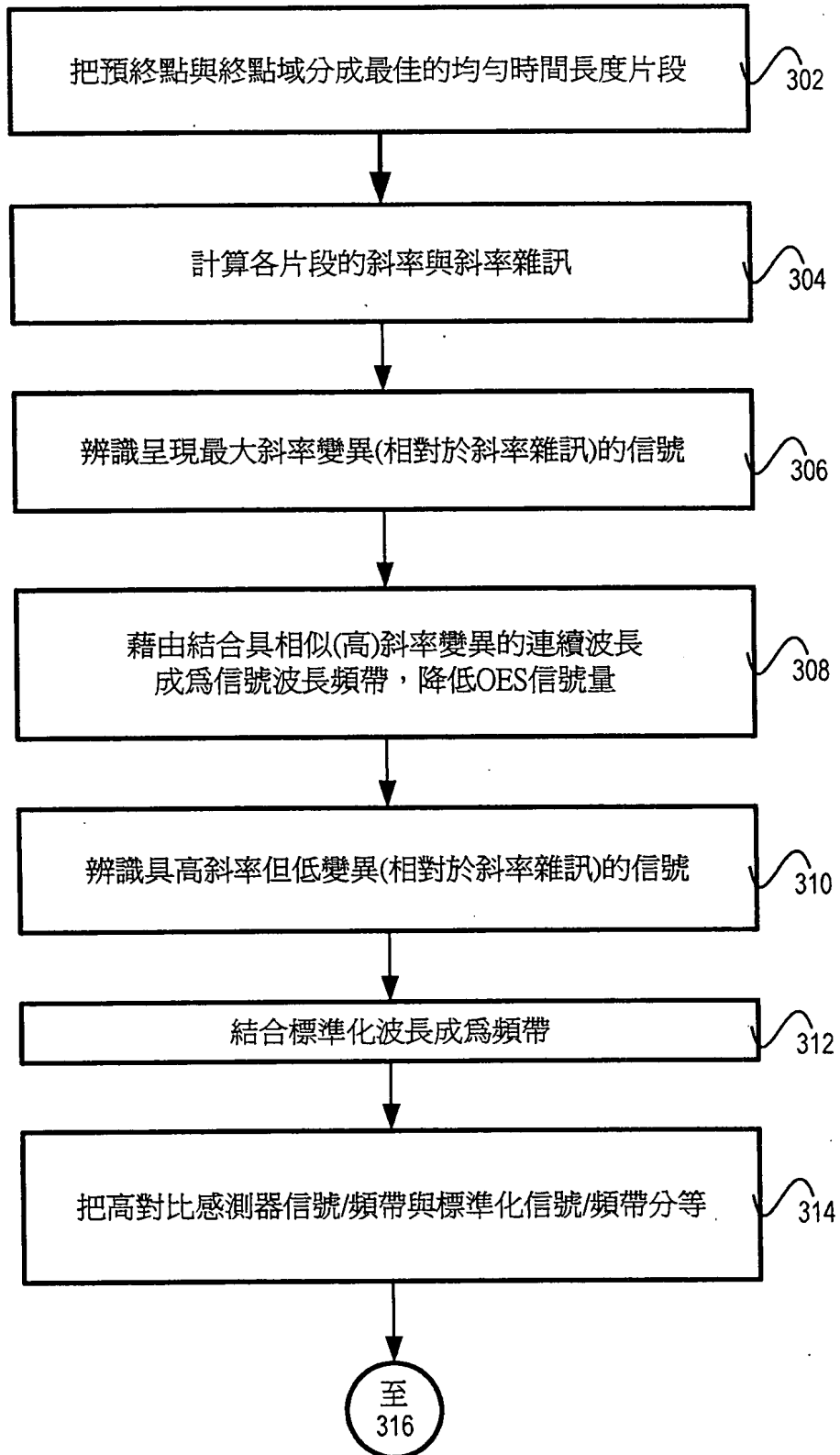


圖 3A

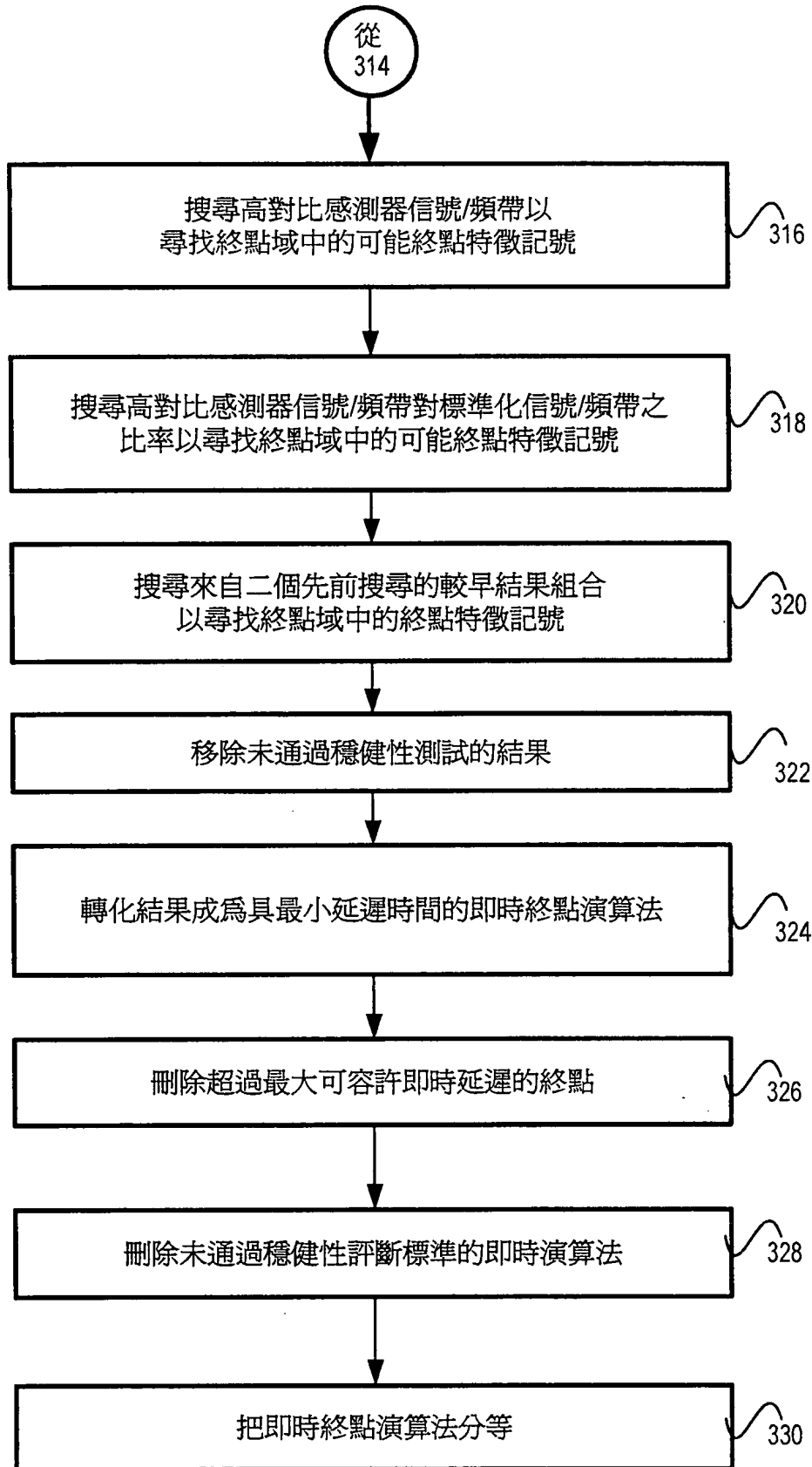


圖 3B

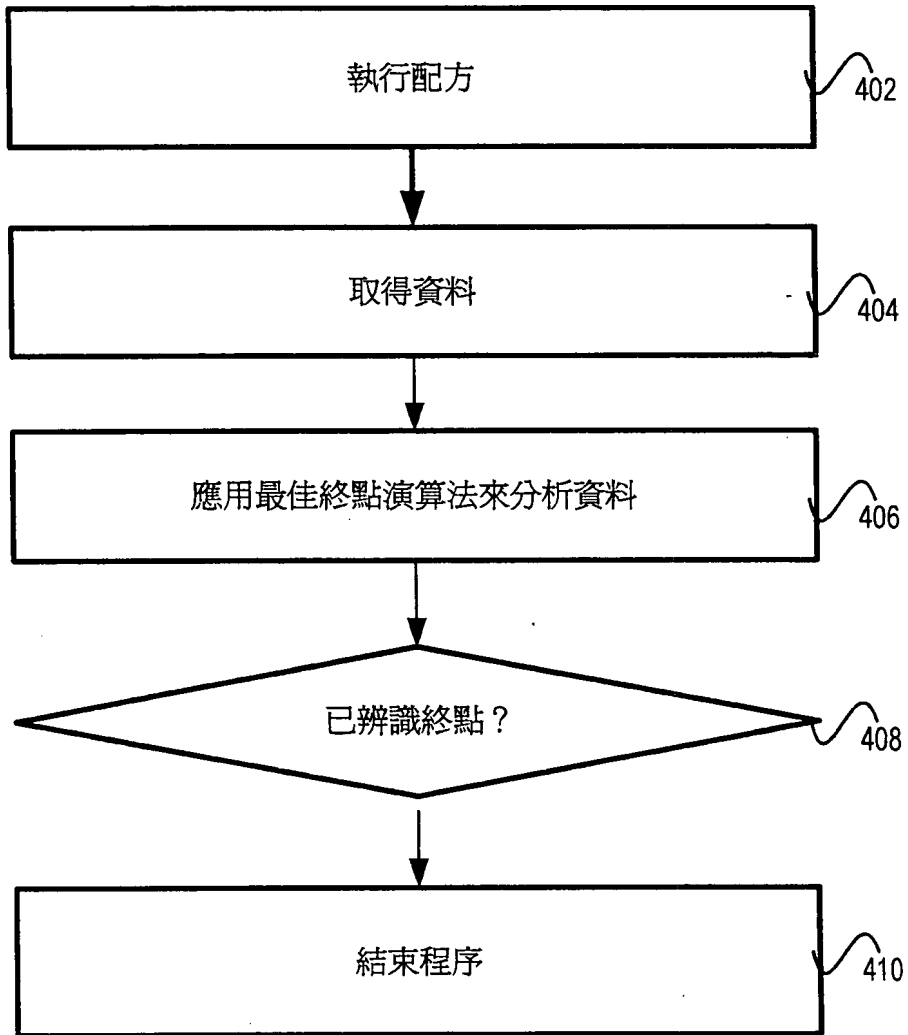


圖 4

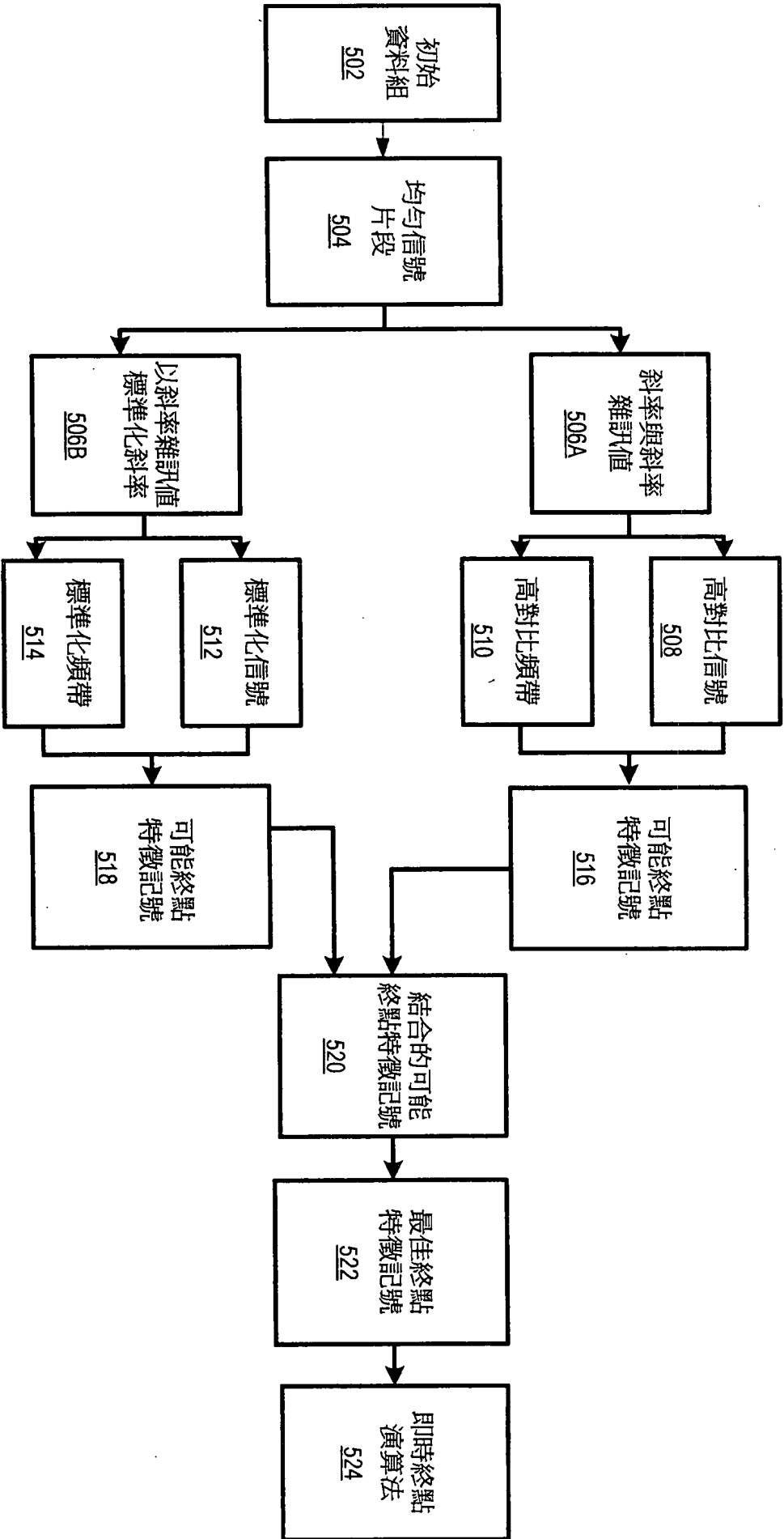


圖 5

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

202-208 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)

為了使即時延遲最小，必須調整過濾器。

在將終點演算法移向生產之前，會執行測試以判定是否已最佳化設定值。在一實例中，使用終點演算法於已用來建構終點演算法的資料組上。若是終點演算法使用調整的設定值正確辨識終點，就視該設定值為最佳。然而，若是終點演算法無法正確辨識終點，就必須調整設定值。在設定值為最佳之前必須執行多次測試(透過試誤法)。

在下一步驟 112，針對在終點演算法執行穩健性測試進行判定。若是已執行穩健性測試(步驟 114)，便使用該終點演算法於與其他基板相關的資料組。在一實例中，可處理第二測試基板並蒐集資料。接著就使用終點演算法於第二資料組中。若是該終點演算法能夠辨識終點，就視該終點演算法為穩健，並沿用該終點演算法到生產上(步驟 116)。然而，若是終點演算法無法辨識終點，就視該終點演算法為不夠穩健，而專家使用者便回到步驟 104，重新開始辨識另一終點候選值與建構另一終點演算法之任務。

考量穩健性測試需要時間來執行與分析，許多終點演算法係被沿用到生產環境中而未經歷穩健性測試。換句話說，步驟 112 經常被視為建構終點演算法的選擇性步驟。

如由圖 1 可知，建構終點演算法的方法大多為手動程序，其經常由具專業知識與經驗的專家執行複雜的分析。考量資源的限制，移至生產上的終點演算法可能缺乏量化支持。另外，因為在合理時間內，單一人員不可能有辦法分析所有信號以及/或是信號組合，所建構的終點演算法對該製程而言可能不總是最佳終點演算法。

因此，建構穩健的終點演算法之簡化方法備受期待。

### 【發明內容】

本發明一實施例係關於一種自動辨識一最佳終點演算法之方法，其用以鑑定在一電漿處理系統中處理基板的期間之一製程終點。該方法包括在該電漿處理系統中處理至少一個基板的期間，

從數個感測器接收感測器資料，其中該感測器資料包括從數個感測器管道而來的數個信號流。該方法亦包括辨識一終點域，其中該終點域為預計會發生該製程終點的一概略區間。該方法更包括分析該感測器資料以產生一組可能終點特徵記號。該方法還包括轉化該組可能終點特徵記號成為一組最佳終點演算法。該方法另外尚包括引入該組最佳終點演算法的一最佳終點演算法至生產環境中。

上述發明內容係僅關於本文所揭露之本發明眾多實施例的其中一者，而非意圖用以限制本發明範疇，其係在本文申請專利範圍中提出。本發明的這些及其他特點將在下述本發明的實施方式中偕同隨附圖式而予以詳述。

### 【實施方式】

本發明現將參照如隨附圖式所示的數個實施例詳細描述之。在下列描述中，為提供對本發明的透徹了解，提出大量具體細節。然而，熟習本技術者當可明白在不具若干或全部該具體細節下，仍可施行本發明。在其他狀況下，為避免不亦要的干擾本發明，並未詳述熟知的製程步驟以及/或是結構。

以下描述包括方法與技術之各式實施例。應當謹記在心本發明可能亦涵蓋製造產品，包括用以執行本發明技術實施例的電腦可讀指令所儲存之電腦可讀媒體。舉例而言，電腦可讀媒體包括半導體、磁性、光磁性、光學式、或用以儲存電腦可讀編碼的其他形式之電腦可讀媒體。另外，本發明亦涵蓋施行本發明實施例之設備。此類設備包括電路(專用以及/或是可程式化)以執行本發明實施例有關任務。此類設備的實例包括經適當程式撰寫的通用型電腦以及/或是專用運算裝置，並包括適合本發明實施例有關的各式任務之電腦/運算裝置與專用/可程式化電路之組合。

依照本發明實施例，提供用以自動發覺並最佳化終點演算法之方法。本發明實施例包括建構終點演算法之方法，其判定一製程的最佳終點。本發明實施例亦包括在生產環境中使用終點演算

法之就地方法。

在本文件中，各式實施例係使用終點作為實例來討論。然而，本發明並非限於終點，而是包括會發生在製程中的任何變化點。因此，這些論述係意圖作為實例，而本發明並不限於所示實例。

在本發明實施例中，提供建構終點演算法之方法。本方法包括簡單、具親和性、自動化的方法，無論專家與非專家使用者皆可使用。該方法包括取得感測器資料、自動定義概略終點期間、自動分析資料、自動判定一組可能終點特徵記號、與自動引入最佳終點演算法至生產上。

在先前技術中，單一人員純粹是因為資料量而無法在合理的時間期間內能分析所有信號。不像先前技術，在實施例中的分析涉及極少或完全沒有人為介入。取而代之，在一實施例中，可運用演算法引擎來執行分析。因為資料係自動而非手動分析，所以可分析更多(若非全部)的資料。在一實施例中，所有可能信號皆受分析，且各信號係以其與可能終點特徵記號的相關性為特徵。此外，因為現由演算法引擎執行分析，分析就不再僅限於從單一基板而來的資料檔。所以，可分析更多資料以建構一組穩健的最佳終點演算法。

演算法引擎為一軟體程式，其係基於與終點之標的區域(如終點域)相關的時間函數。一旦使用者已定義概略終點區域(如終點域)，便可使用該演算法引擎分析資料，發覺一組最佳終點特徵記號。

在一實施例中，演算法引擎辨識一組可能形狀，其代表多變量分析中的可能終點特徵記號。不像先前技術，使用者不需要對於每個可能終點特徵記號的形狀擁有先前知識(如波峰、波谷、間距等等)。取而代之的是，一旦演算法引擎已辨識可能終點特徵記號，演算法引擎會產生可能形狀的列表。因此，由演算法引擎所辨識的可能終點特徵記號並不限於單一形狀(如曲線)。在一實施例中，演算法引擎係配置為執行已知終點候選值之資料調節與測試，以辨識一製程的最佳終點特徵記號。作為時間函數之各參數

變異性可藉由執行逐步迴歸導出，俾使在整個製程歷程的一串有限時間區間中，判定各資料輸入參數的斜率。在一實施例中，用在計算斜率的時間區間係可設定為在接續資料中去除雜訊，且一併去除與終點不相關之資料慢速偏移。

在一實施例中，OES 信號會根據隨製程推展而可見的變異性之變化程度(即斜率)分組。在一實例中，會把具相似斜率變異的連續波長分在一起。藉由依斜率分組 OES 信號，需要分析的信號量與該信號中的雜訊會大幅減少。此結果會以信號與信號群組的列表呈現，其最可能包含與終點相關的資訊。

在一實施例中，執行揀選以減少可能的終點特徵記號量。在一實施例中，穩健的終點特徵記號為存在於所有已處理基板中的信號。在一實例中，若是一終點特徵記號並非在所有或極大部分的測試基板中之特徵，則該終點特徵記號並不穩健而可刪除。然而，若是一終點特徵記號出現在控制基板上，因為控制基板為並未接受蝕刻而因此不應產生終點特徵記號之基板，所以該終點特徵記號亦可刪除。

在一實施例中執行多變量分析。在一實例中，由該分析所得結果係用作為部分最小平方鑑別分析(PLS-DA, Partial Least Squares Discriminant Analysis)的輸入，俾使在每個依斜率群組中的各個別信號之權重為最佳。在一實施例中，並非要求使用者輸入終點曲線的預期形狀(如先前技術所要求)，而是 PLS-DA 會依照終點之標的區域以及由演算法引擎所提供之形狀。

在一實施例中，由 OES 信號而來經 PLS-DA 的結果可與其他感測器信號聯合並結合。在一實施例中，可重複 PLS-DA 於新的聯合信號組，以產生精實的最佳可能終點特徵記號組合，其具有高對比與即時終點計算的低運算負荷。

在一實施例中，可能終點特徵記號係轉化為具最小可能延遲時間的終點演算法。不能轉化為具最小即時延遲的即時終點演算法之可能終點特徵記號會被刪除。換句話說，若是與演算法相關的即時延遲超過最大可容許的即時延遲，則該即時終點演算法便

會被捨棄。

在一實施例中，會基於有用資訊對無關資訊之比率(此後稱為保真率)以及/或是即時延遲將可能終點演算法分等。在一實施例中，具高保真率與低即時延遲之演算法係視為較穩健的演算法。一旦已執行分等，即時終點演算法之其中一者會被選出並移至生產中。

參照圖式與下列論述可更加了解本發明的特徵與優點。

圖 2 呈現在本發明實施例中的一簡單流程圖，描繪建構終點演算法之方法。

在第一步驟 202，藉由處理腔室中的一組感測器取得資料。舉例而言，考慮測試基板正被處理中的情況。當基板正被處理中，資料(例如光放射、電子信號、壓力資料、電漿資料等等)係藉由一組感測器蒐集。

在一實施例中，用以建構最佳終點演算法的資料可能來自不止一個測試基板。藉由併入由不同測試基板而來的資料，可消除與基板之間的材料差異或製程變異性有關的雜訊。在一實施例中，資料可來自不同腔室所處理的測試基板。藉由併入來自不同腔室的資料，亦可消除與腔室之間的差異相關的雜訊。

在下一步驟 204，辨識預計會發生製程終點之概略時間期間。換句話說，定義一終點域。不像先前技術，終點域為一概略且相對寬廣的時間區間，而演算法引擎將在其中搜尋有效的終點特徵記號。舉例而言，由於搜尋的高速，使用者可擴展終點域以併入在先前技術中為預終點域之若干部分。藉由如此，演算法引擎能辨識在製程中較早發生的終點特徵記號。這些提早的終點降低該製程損害下面半導體層之風險。

在下一步驟 206，啟動演算法引擎以執行資料分析與產生一組最佳終點演算法。在一實施例中，因為並非手動執行資料分析，所以可分析來自不止一個基板的資料檔。熟習本技術者知悉即使涉及較大量的資料，因為未在受分析基板中共同尋得之終點特徵會被刪除，所以由多個基板而來的資料檔所建構之終點演算法傾向較為穩健。

圖 3A 與 3B 呈現本發明實施例的一簡單流程圖，描繪執行資料組分析及產生最佳終點演算法列表之步驟與演算法引擎。為利於討論，將偕同圖 5 一併討論圖 3A 與 3B。圖 5 呈現一方塊圖，描繪在一實施例中資料組推展成為最佳終點演算法列表之實例。

在第一步驟 302，演算法引擎對可用資料組(初始資料群組 502)執行線性配適。換句話說，各信號係基於時間區間分成均勻片段(資料群組 504)。為使雜訊最少並使辨識終點特徵之可能性最大，片段的長度相當重要。若片段長度太長，終點會被平均掉而錯過該終點。若片段太短，斜率(如之後在步驟 304 所述)會受雜訊影響。在一實施例中，可預定片段長度的最小與最大量。在一實施例中，最小片段長度較 1/10 秒長。在另一實施例中，針對在 10Hz 所蒐集的資料，最大片段長度較 2 秒短。

在下一步驟 304，演算法引擎會針對各片段計算斜率及其相應的斜率雜訊值(配適斜率的不確定性)。在一實例中，若是信號 A 已被分成十個片段，便會判定信號 A 的十個斜率與斜率雜訊值(資料群組 506A)。在一實施例中，斜率雜訊值可用以使該斜率標準化(資料群組 506B)。

此外或另外，演算法引擎會使用由斜率雜訊值所縮放的斜率作為輸入來執行多變量分析(如部分最小平方分析)，基於來自感測器管道組合的資料，產生斜率與斜率雜訊值的額外列表(亦包括於資料群組 506A)。在一實施例中，斜率雜訊值可用以使斜率標準化(亦包括於資料群組 506B)。

一旦已建構各片段的斜率與斜率雜訊值列表(資料群組 506A)，在下一步驟 306，演算法引擎會辨識帶有終點資料的信號候選值。在一實例中，演算法引擎分析各信號(與其片段)，量化各信號斜率的變異量。量化斜率變異量的一種方法包括計算標準化斜率的標準差。在一實例中，高標準差代表斜率發生變化的信號。在此實例中，高標準差代表帶有可能終點資料之信號。因此，具高斜率變異(相對於斜率雜訊)之信號會被辨識為信號候選值(資料群組 508)。

因為 OES 資料包括大量的波長測量結果(至少 2,000 個信號)，在下一步驟 308，演算法引擎會藉由結合具相似斜率變異的連續波長至信號波長頻帶(資料群組 510)來減少 OES 信號量。在一實例中，若是在 255 奈米與 208 奈米之間有 100 個波長測量結果，且該波長測量結果具有相似的斜率變異，則該 100 個波長測量結果會被結合至一個單一信號波長頻帶，且在分析中被視為一個單一單元。舉例而言，若是有 2,000 個波長測量結果，則可能僅需分析 10 個信號波長頻帶。藉由將波長測量結果分組，因為需要分析的物件量已大幅減少，所以可減輕運算負荷。

○ 在下一步驟 310，演算法引擎辨識標準化信號列表(資料群組 506B)，其會在下面製程中捕捉偏移與雜訊。換句話說，演算法引擎辨識適於標準化的信號，因其具有高斜率但低變異(相對於斜率雜訊)。標準化信號(資料群組 512)代表在感測器信號中移除一般模式變化(如偏移、雜訊等等)之可能候選值。

在下一步驟 312，演算法引擎藉由結合具相似斜率變異的連續波長至標準化信號波長頻帶(資料群組 514)來減少標準化 OES 信號量。步驟 312 在某種程度上與步驟 308 類似，除步驟 312 係用在標準化 OES 信號。

○ 在下一步驟 314，演算法針對所有信號管道產生高對比感測器信號(資料群組 508)、高對比感測器信號波長頻帶(資料群組 510)、標準化信號(資料群組 512)、與標準化波長頻帶(資料群組 514)之列表。在一實施例中，將各資料組中的信號分等。因為已量化各信號中的終點資料之可能性，所以可將各資料組中的信號分等。在一實例中，相較具低斜率變異的信號，具高斜率變異的信號具有較高分等。

在下一步驟 316，演算法引擎搜尋高對比感測器信號以及/或是頻帶以尋找終點域中的可能終點特徵記號(資料群組 516)。在一實施例中，終點特徵記號可透過一組分類特徵(波峰、波谷、反曲點等等)而辨識。在一實施例中可預定該組分類特徵。可在不同的信號導數中搜尋該組分類特徵。

在一實施例中，可應用過濾器於資料群組 508 與 510 上，以移除雜訊並平順資料。在一實施例中，應用在資料群組上的過濾器為時間對稱過濾器。時間對稱過濾器在一特定點之前與之後使用等量的點以計算平均值。此過濾器僅能用於後處理模式，而非在即時的製程執行期間。不像時間不對稱過濾器，時間對稱過濾器傾向引起最小的時間扭曲以及/或是振幅扭曲。所以，過濾資料會經歷最小的即時延遲。

如由前述可知，各資料群組包括過量的信號。在一實施例中，因為已將各資料群組分等，所以資料分析時間可藉由減少搜尋值而大幅降低。在一實例中，並非搜尋資料群組 508 中的所有物件，而是僅分析前 10 個高對比感測器信號。可搜尋的物件量可能不同。執行回收遞減分析以判定最佳數量。

在下一步驟 318，演算法引擎搜尋高對比感測器信號/頻帶(資料群組 508 與 510)對標準化感測器信號/頻帶(資料群組 512 與 514)之比率以尋找終點域中的可能終點特徵記號(資料群組 518)。藉由採用各高對比感測器信號/頻帶對各標準化感測器信號/頻帶之比率，可辨識的可能終點特徵記號會具有較高的保真率。

在下一步驟 320，演算法引擎搜尋資料結果(資料群組 516 與 518)以將組合(資料群組 520)分等。換句話說，執行匹配以結合具相似形狀與時間期間之終點特徵記號，以增進對比與信號對雜訊比率(SNR, the signal-to-noise ratio)。在一實施例中，在相同導數上執行線性組合。換句話說，即使發生在第一導數的峰值與發生在第二導數的峰值在相同的時間區間內發生，仍不會結合兩者。

在下一步驟 322，演算法引擎執行穩健性測試以移除可能的非重複性終點特徵記號。在一實施例中，穩健性測試會確認多個基板間的一致性。在一實例中，若是可能終點特徵記號在多個基板間並不一致，舉例而言，因為該終點特徵記號可能為雜訊/偏移的結果，所以會捨棄該可能終點特徵記號。

在另一實例中，穩健性測試會確認測試基板與控制基板(或一組控制基板)之間的相似性。舉例而言，考量測試基板為具有一部

分為裸露矽區的光阻遮罩之基板。控制基板具有與測試基板相同的特性，除了控制基板係全由光阻遮罩所覆蓋。測試基板與控制基板兩者皆經歷相同的基板處理。然而，因為控制基板的全部表面皆由光阻遮罩覆蓋，所以控制基板應當不會呈現蝕刻的跡象。因此，控制基板應當不具有終點。因此，若是控制基板的變化匹配可能終點特徵記號之其中一者，則會捨棄該匹配的可能終點特徵記號。

在另一實例中，穩健性測試包括測試獨特性。在一實例中，被測試的可能終點特徵記號具有波峰特徵。分析信號的剩餘部分以判定其他的波峰特徵是否發生在該可能終點特徵記號發生之前或之後。若辨識出其他波峰，就刪除該可能終點特徵記號。

上述為不同的穩健性評斷標準實例，其可用以刪除非真正的終點特徵記號之特徵記號。藉由應用穩健性測試於可能終點特徵記號上，就可進一步確定真正終點之可能終點特徵記號列表。

在一實施例中，演算法引擎執行多變量相關性分析，例如基於相關性的部分最小平方鑑別分析(PLS-DA)，以使可能終點特徵記號列表為最佳。如先前所提，多變量分析(如基於相關性的PLS分析)通常要求先定義終點特徵記號的形狀。換句話說，多變量分析需要知道特徵記號曲線的預期形狀。在先前技術中，使用者通常為必須提供終點特徵記號形狀(如波峰、波谷、斜率等等)的人。考量判定終點候選值的形狀(在先前技術中)耗時(若非以週計算)，使用者通常僅能提供一個形狀特徵作為多變量分析的輸入。不像先前技術，由演算法引擎所辨識的可能終點特徵記號具有不同的形狀特徵。因此，可輸入至多變量相關性分析的輸入量係依照已被辨識的可能終點特徵記號的形狀。

在一實施例中，使形狀/多個形狀(由可能終點特徵記號列表所決定)與各信號相關聯，以產生可能終點特徵記號與各感測器管道中信號之間的相關矩陣。相關矩陣包括可應用至每個信號的最佳權重以及/或是單位，用以使各可能終點特徵記號的對比最佳。雖然多變量分析可幫助最佳化可能終點特徵記號列表(資料群組

522)，並不需要多變量相關性分析以辨識最佳終點演算法列表。並且，即使相關性的PLS分析係用於前述實例中，本發明並非限於相關性的PLS分析，而可為任何型態之相關性的多變量分析。

在下一步驟324，演算法引擎轉化剩餘的可能終點特徵記號(資料群組522)成具最小即時延遲的即時終點演算法(資料群組524)。換句話說，演算法引擎係配置為轉化可能終點特徵記號成以最小即時延遲於生產期間執行的終點演算法。在一實施例中，會自動計算各終點演算法所需的設定值。在一實例中，即時過濾器的設定值係自動最佳化為以最小過濾器延遲在每個處理測試基板上召喚終點。即時過濾器係成串並使用串列記憶體組件的初始值以最小化發生於無限脈衝回應過濾器的初始瞬變脈波。這對於終點接近資料歷程開端之終點演算法係特別重要。

演算法引擎會針對各可能終點特徵記號提供即時終點演算法。在一實施例中，若是演算法引擎無法建構即時終點演算法，則不會提供終點演算法。在一實例中，若是演算法引擎無法建構能在每個處理測試基板上召喚/辨識終點之即時終點演算法，則不會提供終點演算法。

在下一步驟326，演算法引擎刪除超過最大可容許即時延遲的終點演算法。在一實例中，若是辨識終點所需時間超過預定門檻，因為該即時延遲會導致生產期間的過度蝕刻基板，所以會刪除該終點演算法。

在下一步驟328，演算法引擎刪除未通過一組穩健性評斷標準之即時終點演算法。穩健性評斷標準實例包括以最小即時延遲在所有測試基板上辨識終點。換句話說，各終點演算法係需要在所有測試基板上辨識終點。穩健性評斷標準的另一實例包括不在控制基板上辨識終點。換句話說，若是終點演算法能在控制基板上辨識終點，該終點演算法就不夠穩健，而會被捨棄該終點演算法。

在下一步驟330，演算法引擎會將即時終點演算法分等。在一實施例中，分等係基於保真率以及/或是即時延遲。在一實例中，若是二個即時終點演算法具有相同的保真率，則具有較小即時延

遲的終點演算法之分等會較高。在另一實例中，若是二個終點演算法具有相同的即時延遲，則具有較高保真率的終點演算法會具有較高等級。

回頭參照圖 2，在下一步驟 208，即時終點演算法係移至生產上。在一實施例中，具最高分等的即時終點演算法係自動移至生產上。在另一實施例中，移至生產上的即時終點演算法係可由使用者控制，因而讓使用者能選擇最符合其需求的終點演算法。在一實例中，即時延遲為元件製造商所擔憂。為此，該元件製造商會寧願選擇較不穩健的終點演算法，若是其可提供較短的延遲時間。

實證經驗顯示藉由自動化製程，建構最佳的即時終點演算法之任為可在幾分鐘內執行。另外，因為演算法引擎係配置為在人員輸入為最小的情況下執行分析，建構終點演算法的程序現可由非專家使用者執行。因此，若是該方法無法針對已知終點域產出可接受的終點演算法列表，使用者可迅速重新定義終點域並回傳給演算法引擎，以在數分鐘內產生新的終點演算法列表。

圖 4 呈現本發明實施例的一簡單流程圖，其用以實行即時終點演算法於生產環境中。

在第一步驟 402 執行一配方。

在下一步驟 404，藉由一組感測器在基板處理期間取得資料。

在下一步驟 406，就地利用終點演算法，分析資料以辨識製程終點。在一實施例中，利用運算引擎分析資料。因為可能蒐集大量的資料，運算引擎配置為處理大量資料的高速處理模組。資料會從感測器直接送出，而不需先經過製造主控制器或甚至是製程模組控制器。由 Huang 等人於 2009 年 9 月 8 日提出申請的美國專利申請案第 12/555,674 號描述適合用以執行該分析之分析電腦實例。

在下一步驟 408，系統作出關於是否辨識終點之判定。

若是尚未辨識終點，則系統會回到步驟 404。

然而，若是已辨識終點，則在下一步驟 410 就停止配方。

如由前述可知，本發明一個以上的實施例提供辨識最佳的即時終點演算法之方法。藉由自動化分析，該方法本質上刪除對專家使用者之需求。經由如本文所述的方法，可將較穩健的終點演算法移至生產中。並且，因為構建終點演算法所需時間已大幅減少，更新或建構新的終點演算法係不再是資源密集及耗時的任務。

雖然已用數個較佳實施例描述本發明，但仍有落在本發明範疇中的變更、替換、與均等物。雖然本文提供各式實例，該實例係意圖為作為例證而非限制本發明。並且，即使本文件自始至終皆使用終點作為實例，本發明亦可用於變化點，其為發生在處理期間的信號變化事件。

並且，為求方便，本文提供標題與發明內容，但其不應用以建構本文的申請專利範圍之範疇。另外，摘要係撰寫為高度簡化的形式，且為求方便而提供於此，因而不應用以建構或限制整體發明，其係陳述於申請專利範圍中。若是本文使用詞彙「組」，該詞彙係意圖具有一般理解的數學意義，包括零、一、或多於一的構件。應當注意實行本發明的方法與設備有許多替代方式。因而應解釋下列隨附申請專利範圍為包括所有變更、替換、與均等物，只要其係落在本發明的真實精神與範疇中。

### 【圖式簡單說明】

本發明藉由隨附圖式的圖中實例非限制性地說明之，且其中類似的參考數字表示相似的元件，以及其中：

圖 1 呈現建構終點演算法之一種簡單方法。

圖 2 呈現本發明實施例的一簡單流程圖，描繪建構終點演算法的一種方法。

圖 3A 與 3B 呈現本發明實施例的一簡單流程圖，描繪執行發覺最佳終點演算法的步驟與演算法引擎。

圖 4 呈現本發明實施例的一簡單流程圖，其用以實行該最佳終點演算法於生產環境中。

圖 5 呈現本發明實施例的一方塊圖，描繪資料組推展為最佳

終點演算法列表之實例。

【主要元件符號說明】

102-116 步驟

202-208 步驟

302-330 步驟

402-410 步驟

502 初始資料群組

504 信號均勻片段

506A、506B、508-524 資料群組

## 七、申請專利範圍：

1. 一種自動辨識一最佳終點演算法之方法，其用以鑑定在一電漿處理系統中處理基板的期間之一製程終點，包含：

在該電漿處理系統中處理至少一個基板的期間，從數個感測器接收感測器資料，其中該感測器資料包括從數個感測器管道而來的數個信號流；

辨識一終點域，其中該終點域為預計會發生該製程終點的一概略期間；

分析該感測器資料以產生一組可能終點特徵記號；

轉化該組可能終點特徵記號成為一組最佳終點演算法；以及  
引入該組最佳終點演算法的一最佳終點法至生產環境中。

2. 如申請專利範圍第 1 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中該感測器資料係從多於一個的基板蒐集而來。

3. 如申請專利範圍第 1 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中該感測器資料之該分析包括對該感測器資料執行線性配適，以將從該數個信號流而來的各信號流基於時間區間分成數個片段。

4. 如申請專利範圍第 3 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中該數個片段之各片段係均勻的。

5. 如申請專利範圍第 3 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中為了產生該組可能終點特徵記號之第一組可能終點特徵記號，該感測器資料之該分析包括

針對該感測器資料，計算第一組斜率與第一組相應斜率雜訊值，其中針對該數個片段之各片段計算一斜率與一相應斜率雜訊值，

計算該斜率的斜率變異，以從該數個信號流中辨識出一組高

對比信號，其中該組高對比信號具有高斜率變異，  
結合具相似斜率變異的連續波長成為一組信號波長頻帶，  
把該高對比信號分等，  
把該組信號波長頻帶分等，以及  
藉由應用一組分類特徵於至少部分的該高對比信號與該組信號波長頻帶，辨識該第一組可能終點特徵記號，其中該組分類特徵包括波峰、波谷、與反曲點之其中至少一者。

6. 如申請專利範圍第 5 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中為了產生該組可能終點特徵記號之第二組可能終點特徵記號，該感測器資料之該分析包括

藉由結合由該第一組斜率的相應斜率雜訊值所縮放之斜率以及該第一組相應斜率雜訊值，執行多變量分析，以產生一組標準化的斜率與一組標準化的相應斜率雜訊值，

計算該組標準化的斜率之斜率變異，以從該數個信號流中辨識出標準化信號，其中該標準化信號具有高斜率與低變異，

結合具相似斜率變異的連續波長成為一組標準化信號波長頻帶，

把該標準化信號分等，

把該組標準化信號波長頻帶分等，以及

應用一組分類特徵於該高對比信號與一組信號波長頻帶對該標準化信號與該組標準化信號波長頻帶之比率，以產生該第二組可能終點特徵記號。

7. 如申請專利範圍第 5 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中轉化該組可能終點特徵記號成為該組最佳終點演算法包括

若是該組可能終點特徵記號之第一可能終點特徵記號與第二可能終點特徵記號具有相似的形狀與時間期間，結合該第一可能終點特徵記號與該第二可能終點特徵記號，

執行一穩健性測試以從該組可能終點特徵記號中移除可能的非重複性終點特徵記號，

執行一多變量相關性分析以辨識該組可能終點特徵記號的一組最佳終點特徵記號，

轉化該組最佳終點特徵記號成為一組具最小即時延遲之即時終點演算法，其中該即時延遲係基於過濾器延遲，

藉由執行下列之至少一者產生該組最佳終點演算法

移除具有大於一預定門檻的相應即時延遲之即時終點演算法，以及

若是該即時終點演算法無法通過一穩健性測試，刪除該即時終點演算法，以及

把該組最佳終點演算法之各最佳終點演算法分等，其中該分等係基於保真率與該即時延遲之其中至少一者。

8. 如申請專利範圍第6項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中轉化該組可能終點特徵記號成為該組最佳終點演算法包括

若是該組可能終點特徵記號之第一可能終點特徵記號與第二可能終點特徵記號具有相似的形狀與時間期間，結合該第一可能終點特徵記號與該第二可能終點特徵記號，

執行一穩健性測試以從該組可能終點特徵記號中移除可能的非重複性終點特徵記號，

執行一多變量相關性分析以辨識該組可能終點特徵記號的一組最佳終點特徵記號，

轉化該組最佳終點特徵記號成為一組具最小即時延遲之即時終點演算法，其中該即時延遲係基於過濾器延遲，

藉由執行下列之至少一者產生該組最佳終點演算法

移除具有大於一預定門檻的相應即時延遲之即時終點演算法，以及

若是該即時終點演算法無法通過一穩健性測試，刪除該即時終點演算法，以及

把該組最佳終點演算法之各最佳終點演算法分等，其中該分等係基於保真率與該即時延遲之其中至少一者。

9. 如申請專利範圍第 1 項之自動辨識一最佳終點演算法之方法，其中該最佳終點演算法之引入係基於分等與一組使用者定義條件之其中至少一者。

10. 一種在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，包含：

在一基板上執行一配方；

在基板處理期間從一組感測器接收處理資料；

藉由應用一最佳終點演算法分析該處理資料；

辨識一製程終點；以及

停止該基板處理。

11. 如申請專利範圍第 10 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該分析係藉由一運算引擎執行，其中該運算引擎為配置成處理大量資料之一高速處理模組。

12. 如申請專利範圍第 10 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該最佳終點演算法係由下列敘述所建構

在該電漿處理系統中處理至少一個基板的期間，從數個感測器接收感測器資料，其中該感測器資料包括從數個感測器管道而來的數個信號流；

辨識一終點域，其中該終點域為預計會發生該製程終點的一概略期間；

分析該感測器資料以產生一組可能終點特徵記號；

轉化該組可能終點特徵記號成為一組最佳終點演算法；以及

引入該組最佳終點演算法的一最佳終點法至生產環境中。

13. 如申請專利範圍第 12 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該感測器資料係從多於一個的基板蒐集而來。

14. 如申請專利範圍第 13 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該感測器資料之該分析包括對該感測器資料執行線性配適，以把從該數個信號流而來的各信號流基於時間區間分成數個片段。

15. 如申請專利範圍第 14 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中為了產生該組可能終點特徵記號之第一組可能終點特徵記號，該感測器資料之該分析包括

針對該感測器資料，計算第一組斜率與第一組相應斜率雜訊值，其中針對該數個片段之各片段計算一斜率與一相應斜率雜訊值，

計算該斜率的斜率變異，以從該數個信號流中辨識出一組高對比信號，其中該組高對比信號具有高斜率變異，

結合具相似斜率變異的連續波長成為一組信號波長頻帶，

把該高對比信號分等，

把該組信號波長頻帶分等，以及

藉由應用一組分類特徵於至少部分的該高對比信號與該組信號波長頻帶，辨識該第一組可能終點特徵記號，其中該組分類特徵包括波峰、波谷、與反曲點之其中至少一者。

16. 如申請專利範圍第 15 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中為了產生該組可能終點特徵記號之第二組可能終點特徵記號，該感測器資料之該分析包括

藉由結合由該第一組斜率的相應斜率雜訊值所縮放之斜率以及該第一組相應斜率雜訊值，執行多變量分析，以產生一組標準化的斜率與一組標準化的相應斜率雜訊值，

計算該組標準化的斜率之斜率變異，以從該數個信號流中辨識出標準化信號，其中該標準化信號具有高斜率與低變異，

結合具相似斜率變異的連續波長成為一組標準化信號波長頻帶，

把該標準化信號分等，

把該組標準化信號波長頻帶分等，以及

應用一組分類特徵於該高對比信號與一組信號波長頻帶對該標準化信號與該組標準化信號波長頻帶之比率，以產生該第二組可能終點特徵記號。

17. 如申請專利範圍第 15 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中轉化該組可能終點特徵記號成為該組最佳終點演算法包括

若是該組可能終點特徵記號之第一可能終點特徵記號與第二可能終點特徵記號具有相似的形狀與時間期間，結合該第一可能終點特徵記號與該第二可能終點特徵記號，

執行一穩健性測試以從該組可能終點特徵記號中移除可能的非重複性終點特徵記號，

執行一多變量相關性分析以辨識該組可能終點特徵記號的一組最佳終點特徵記號，

轉化該組最佳終點特徵記號成為一組具最小即時延遲之即時終點演算法，其中該即時延遲係基於過濾器延遲，

藉由執行下列之至少一者產生該組最佳終點演算法

移除具有大於一預定門檻的相應即時延遲之即時終點演算法，以及

若是該即時終點演算法無法通過一穩健性測試，刪除該即時終點演算法，以及

把該組最佳終點演算法之各最佳終點演算法分等，其中該分等係基於保真率與該即時延遲之其中至少一者。

18. 如申請專利範圍第 16 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中轉化該組可能終點特徵記號成為該組最佳終點演算法包括

若是該組可能終點特徵記號之第一可能終點特徵記號與第二可能終點特徵記號具有相似的形狀與時間期間，結合該第一可能終點特徵記號與該第二可能終點特徵記號，

執行一穩健性測試以從該組可能終點特徵記號中移除可能的非重複性終點特徵記號，

執行一多變量相關性分析以辨識該組可能終點特徵記號的一組最佳終點特徵記號，

轉化該組最佳終點特徵記號成為一組具最小即時延遲之即時終點演算法，其中該即時延遲係基於過濾器延遲，

藉由執行下列之至少一者產生該組最佳終點演算法

移除具有大於一預定門檻的相應即時延遲之即時終點演算法，以及

若是該即時終點演算法無法通過一穩健性測試，刪除該即時終點演算法，以及

把該組最佳終點演算法之各最佳終點演算法分等，其中該分等係基於保真率與該即時延遲之其中至少一者。

19. 如申請專利範圍第 12 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該最佳終點演算法之該引入係基於分等與一組使用者定義條件之其中至少一者。

20. 如申請專利範圍第 14 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該數個片段之各片段係均勻的。

八、圖式：

18. 如申請專利範圍第 16 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中轉化該組可能終點特徵記號成為該組最佳終點演算法包括

若是該組可能終點特徵記號之第一可能終點特徵記號與第二可能終點特徵記號具有相似的形狀與時間期間，結合該第一可能終點特徵記號與該第二可能終點特徵記號，

執行一穩健性測試以從該組可能終點特徵記號中移除可能的非重複性終點特徵記號，

執行一多變量相關性分析以辨識該組可能終點特徵記號的一組最佳終點特徵記號，

轉化該組最佳終點特徵記號成為一組具最小即時延遲之即時終點演算法，其中該即時延遲係基於過濾器延遲，

藉由執行下列之至少一者產生該組最佳終點演算法

移除具有大於一預定門檻的相應即時延遲之即時終點演算法，以及

若是該即時終點演算法無法通過一穩健性測試，刪除該即時終點演算法，以及

把該組最佳終點演算法之各最佳終點演算法分等，其中該分等係基於保真率與該即時延遲之其中至少一者。

19. 如申請專利範圍第 12 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該最佳終點演算法之該引入係基於分等與一組使用者定義條件之其中至少一者。

20. 如申請專利範圍第 14 項之在一處理腔室中處理基板的期間鑑定一終點之方法，其中該數個片段之各片段係均勻的。

八、圖式：